طبيعة العالم الفيزيائي

سير آرثر ستانلي إدنجتون

- المؤلف: سير آرثر ستانلي إدنجتون
- العنوان: طبيعة العالم الفيزيائي
- المترجم: أحمد سمير سعد
- الطبعة: الأولى 2019
- تصميم الغلاف: عمرو الكفراوي
- مستشار النشر: سوسن بشير
- المدير العام: مصطفى الشيخ

رقم الإيداع:
٢٠١٨ / ٢٦٣٠٠
الترقيم الدولي: ISBN
978 - 977 - 765 - 209 - 4

جميع الحقوق محفوظة. لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أى جزء منه. أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات، أو نقله بأي شكل من الأشكال دون إذن مسبق من الناشر.

All rights are reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means without prior permission in writing from the publisher.

Afaq Bookshop & Publishing House

1 Kareem El Dawla st. - From Mahmoud Basiuny st. Talaat Harb
CAIRO – EGYPT - Tel: 00202 25778743 - 00202 25779803 Mobile: +202-01111602787
E-mail: afaqbooks@yahoo.com – www.afaqbooks.com
١ شارع كريم الدولة- من شارع محمود بسيوني - ميدان طلعت حرب- القاهرة - جمهورية مصر العربية
ت: ٢٥٧٧٨٧٤٣ ٠٠٢٠٢ - ٢٥٧٧٩٨٠٣ ٠٠٢٠٢ - موبايل: ٠١١١١٦٠٢٧٨٧

سير آرثر ستانلي إدنجتون

طبيعة العالم الفيزيائي

ترجمة

أحمد سمير سعد

آفاق للنشر والتوزيع

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشؤون الفنية

إدنجتون، سير آرثر ستانلي.

طبيعة العالم الفيزيائي – سير آرثر ستانلي إدنجتون

ترجمة: أحمد سمير سعد

ط 1 القاهرة –آفاق للنشر والتوزيع – 2019

384 ص، 24 سم.

رقم الإيداع 26300 / 2018

الترقيم الدولي 4 – 209 – 765 – 977 – 978

1 – العنوان

أ – إدنجتون، سير آرثر ستانلي

مقدمة المترجم

في عام ١٩٢٧ كتب إدنجتون هذا الكتاب، ومنذ ذلك الحين امتد الكون وتوسع كثيرًا بفضل أرصادنا التي أخذت في التطور، وتغيرت الذرة فلم تعد مكونة من بروتونات وإلكترونات فقط، بل اكتشف النيوترون المتعادل، ووصل الإنسان إلى القمر وأرسل مركباته إلى المريخ وإلى أقمار المشتري وإلى خارج المجموعة الشمسية كلها، ظهرت مفاهيم أكثر غرابة لمادة مظلمة، نعرف بوجودها لكننا لا نراها ولا نرصدها، وطاقة مظلمة نستشعر تأثيرها لكننا لا نستطيع الاستدلال عليها، تم اكتشاف بلوتو كتاسع كواكب المجموعة الشمسية، وتم تجريده من هذا الشرف أيضًا ليعود مجرد كوكب قزم، كل هذا وأكثر قد حدث؛ إلا أن المبادئ الأساسية الحاكمة لهذا الكون كما نعرفها ربما لم تتغير كثيرًا، بقيت النظرية النسبية ونظرية الكم في خلفية المشهد تحكمان كل شيء، بقيتا مع كافة تداعياتهما العلمية والفلسفية.

إن لهذا الكتاب أهمية فريدة؛ فصاحبه قد حضر أهم ثورة معاصرة في تاريخ العلم، وكان شاهدًا عيانًا على القفزة الضخمة التي حدثت من المفاهيم الكلاسيكية المحدودة إلى المفاهيم الحديثة واسعة الأفق،

لذلك فهو ينقلها في سلاسة وعفوية لم أرها حقيقة مع أحد سابق ممن حاولوا شرح هذه المفاهيم للعامة، ربما لأنهم تربوا عليها وعايشوها طويلًا قبل أن يكتبوا عنها، لكن إدنجتون عاصر القفزة نفسها، عاصر أينشتاين وهو يقدم فرضيته وحضر الجدل الذي دار حولها، عاصر بزوغ نجم نظرية الكم وقواعدها الأساسية. إن إدنجتون في شرحه يركز على ذلك الانتقال الآخذ في المضي، لذلك فهو يأخذ بيد القارئ خطوة بخطوة على الدرب، ولا يلقي به أبدًا في جحيم الغرابة المستعر بلا دليل يرشده عبر دروبها.

لكنني لا أعتقد أبدًا أن ذلك هو السبب الوحيد. لم يكن إدنجتون من ناظري الثورة المحتدمة، بل كان أحد المشاركين فيها وبجسارة بعلمه واطلاعه الواسع ورياضياته التي يتقن وأرصاده الفلكية، حيث عمل في المراصد، وتأملاته في الفيزياء. قليلون هم من يملكون موهبة الفطنة إلى الحصان الرابح بتدقيق بسيط فيه. ويبدو أن إدنجتون قد كان أحد أولئك القلة، لقد راهن على النظرية النسبية وقت أن كان العالم ينظر إليها في توجس والمجتمع العلمي منقسم حيالها وأغلب أعضائه يميلون إلى دعم القديم ولا يقدرون على رؤية اللمعان الساحر لواحدة من أضخم لآلئ العلم خلف الستائر.

إن كان أينشتاين هو أول من أشار إلى اللؤلؤة، فإدنجتون هو من أزاح أول ستار وأبهر العيون بالبريق.

في عام ١٩١٩ ضرب موعدًا مع كسوف للشمس في جزيرة برينسيب الواقعة ضمن أرخبيل جزر في خليج غينيا، غرب قارة أفريقيا.

كانت واحدة من نبوءات النظرية النسبية أن الأجرام الضخمة تستطيع أن تحني الضوء بسبب مجال جاذبيتها (لا يهم تفاصيل ذلك

الآن، فإدنجتون قد تكفل بشرحه في إسهاب داخل الكتاب).

كانت الفكرة التي سعى إدنجتون لتنفيذها تتلخص في استغلال قرص الشمس المنكسف من أجل إثبات الفرضية. مع انكساف الشمس تظلم السماء وساعتها سيكون في إمكان إدنجتون رصد النجوم التي تقع خلف الشمس، ولو اكتشف الراصد تغير مواضع النجوم خلف الشمس، فذلك سيعود ببساطة إلى أن قرص الشمس قد قام بحني ضوء النجوم عندما مر به، وهو ما تسبب في أن يراها الراصد في مواضع غير مواضعها.

لقد تم لإدنجتون ذلك بالفعل ورصد النجوم في مواضع غير مواضعها، وطابقت أرصاده تلك النتائج التي توقعتها معادلات النسبية على نحو منضبط تمامًا.

قال أينشتاين يومًا عن واحدة من كتابات إدنجتون عن النظرية النسبية التي جاءت تحت عنوان (النظرية الرياضية للنسبية): «هو أدق ما كتب عن النسبية في كل اللغات قاطبة».

لقد كان إدنجتون هو أول من كتب عن النظرية النسبية في اللغة الإنجليزية، حيث كتب تقارير للمجتمع الفيزيائي، منها (نظرية النسبية) و(الفضاء والزمن والجاذبية).

ساهم إدنجتون كذلك في تطوير الهندسة اللاإقليدية؛ من أجل تقديم هندسة صالحة لوصف العالم في إطار النسبية.

تتبع كذلك أفكار البلجيكي لوميتر عن تمدد العالم، ذلك التمدد الذي افترضه من واقع النظرية النسبية، أسهم إدنجتون في البحث في ذلك الأمر وتعزيز فرضياته.

ولا ننسى بالطبع إسهاماته العامة في مجال الفيزياء الفلكية وعلم الفلك، حيث قدم الكثير من الدراسات حول حركة النجوم وتركيبها ونشأتها وتطورها.

الكتاب الذي بين أيدينا قد كتبه إدنجتون للعامة، لكننا لو طالعنا آخر طبعاته -طبع الكتاب مرات كثيرة في طبعات متنوعة منذ أول مرة قد صدر فيها- تلك الطبعة التي صدرت عام ٢٠٠٨، سنجدها تبدأ بمقدمة كتبها الفيزيائي ريتشارد كون هنري، وسنجده قد بدأ المقدمة بأن هذا كتاب يجب أن يقرأه كل فيزيائي حتى إن كان الجمهور الذي كتب من أجله الكتاب هو جمهور العامة، بل لا يكتفي ريتشارد كون هنري بذلك، بل يذهب إلى أن كل فيزيائي يجب أن يقرأه من الغلاف إلى الغلاف دون أن يفوت كلمة.

وهو إذ بدأ بذلك، نجده قد أضاف في خاتمة مقدمته أن أقصى متعة من الممكن أن يحوزها قارئ للكتاب ستكون من نصيب الفيزيائي، لا ينكر ريتشارد كون هنري المتعة على الرجل العادي لكنه يؤمن أن المتعة الأكبر ستكون من نصيب الفيزيائي العارف.

قليلون هم من يستطيعون استهداف جمهور متنوع بهذا الشكل، الكل سيفهم والكل سيستمتع، بل كلما زادت معرفتك، زادتك متعتك وأبدًا لن تصاب بالملل.

يعود ذلك ربما إلى أن إدنجتون لا يكتفي بعرض المعارف، بل يضعها في تصورات تستثير الخيال وتدفع القلب للوجيب، والعقل للتساؤل، والفم للابتسام.

جميعنا نعرف بروفيسور ستيفين هوكينج، ونعرف كيف استطاع كتابه «موجز تاريخ الزمن» أن يصبح من الكتب الأفضل مبيعًا، وهو أمر

نادر فيما يتعلق بالكتب العلمية المكتوبة للعامة، جعل هذا البعض يظن أن الكتابة العلمية للعامة ربما بدأت في هذا التاريخ المتأخر، أو لعلها كانت موجودة لكنها لم تحقق زخمها إلا مع بروفيسور هوكينج وميشيو كوكو وبرايان جرين وجون جريبين وغيرهم من العلماء المعاصرين الذين قرروا ألا تصبح علومهم مجرد شعوذة صعبة لا ينال أسرارها سوى فئة محدودة يحركهم شغفهم لتحمل صعوبات لا طاقة لبشر عليها؛ من أجل فك الرموز والألغاز واستحقاق حيازة السر، سر تحويل التراب إلى ذهب، هؤلاء العلماء الذين قرروا أن يتكلموا عن العالم السحري الذي تكشَّف لهم عندما نالوا الكشف كي ينقلوا بعض ما رأوه وشعروا به.

لكن حقيقة لم يبدأ الأمر من عند هوكينج، أو حتى من عند كارل ساجان، العالم الفلكي الوسيم صاحب الباع الطويل في الحديث مع العامة عبر صفحات الكتب وشاشات التلفاز منذ عقود قليلة مضت.

ربما يمتد الشغف بالكتابة عن العلم إلى زمن قديم جدًّا، لكن منذ تعقدت العلوم وتخصصت وتعمقت، أصبحت كتبها شديدة التخصص، إلا أن هناك من قرر أن يدرك التحدي ويبسط المفاهيم، ربما لا ينقلها كلها، لكنه ينقل أقوى تأثيراتها وأبرز ما فيها، لعل إدنجتون بهذا الكتاب قد كان من أوائل ذلك الرعيل، خاصة أنه قد ألزم نفسه بالحديث عن فيزياء حديثة وعجيبة قد بدأت تتشكل وعالم لم يتخيل بشر أو جان احتواءه على كل هذا السحر والغرابة.

إذا أردت أن تدرك تأثير إدنجتون، لن أطلب منك البحث عن ذكره في كثير من كتابات العلماء والمفكرين، أو إرهاق نفسك بتعقب سيرته وتاريخه عبر وصلات الشبكة العنكبوتية، فقط سأذكرك بكتاب

لبروفيسور هوكينج، كتاب نشر تحت اسم (الكون في قشرة جوز).

الآن سأقدم لك اقتباسًا من داخل الكتاب الذي بين يدينا الآن، حيث كتب إدنجتون: «نقول مع هاملت: (قد أكون مقيدًا في قشرة جوز وأعد نفسي ملكًا للفضاء اللانهائي)»

كان إدنجتون عندما أورد الاقتباس السابق يناقش فكرة أننا نعيش في كون متناهٍ لكنه بلا حدود، كما هي الكرة متناهية أي (لا تمتد إلى ما لا نهاية) لكنها رغم ذلك بلا حدود، قد تستمر في تتبع سطحها أبدًا دون أن تصل لحدودها، تمامًا كهاملت الذي يرى نفسه مقيدًا في قشرة جوز لكنه -رغم ذلك- يعد نفسه ملكًا للفضاء اللانهائي.

ألا ترى معي أن هوكينج قد تأثر بذلك التعبير، حتى إن كان ذلك بلا وعي منه؟ ألا ترى معي مدى تأثير إدنجتون على الوعي العام حتى لأهم العلماء المعاصرين لنا؟

كما ذكرت مسبقًا لقد تغير وجه العالم كثيرًا منذ كتب إدنجتون هذا الكتاب، لكن نقاط الارتكاز الجوهرية لم تزل كما هي، وعلى طول هذا الكتاب لن تجد ربما إلا بعض الأرقام وبعض الأرصاد التي تعدلت بناء على القياسات والأرصاد الحديثة وقد أشرت إلى أغلبها في الهوامش. يبدأ إدنجتون بوضعنا في قلب الفيزياء الحديثة وهو يفعل ذلك حقيقة على نحو يخصه وحده، إنه لا يفسر بشكل نظامي مدرسي ممل، لكنه يختار دائمًا زاوية معينة يبدأ منها في الاقتراب مما يريد وابتداء من ذلك الموضع الذي جعله بداية طرحه، نجد الرؤية قد اتضحت في سلاسة ويسر، وقد كشف كل الموضوع عن نفسه في أريحية.

وفي خضم ذلك نجده يقتبس من شكسبير ومن أليس في بلاد العجائب ومن أغاني الأطفال ومن فردوس ملتون المفقود، وغيرها من

الاقتباسات المحفزة الثرية.

وبعد أن وضعنا في قلب العالم، بدأ يسرب لنا تداعيات ذلك الفلسفية وهي التداعيات التي تحيط بنا حاليًا من كل صوب، وتملأ كل الفضاء وتتسرب في أحكامنا سواء كنا ندري بذلك أو لا ندري.

لقد كان هذا الكتاب في البداية عبارة عن مجموعة من المحاضرات التي ألقاها سير إدنجتون ضمن محاضرات جيفورد، وهي مجموعة محاضرات سنوية تُعنى بدراسات اللاهوت الطبيعي، وتعد أحد أهم الأحداث التي تقيمها الأكاديمية الإسكتلندية وأعلاها شرفًا وتكريمًا، تُلقى هذه المحاضرات في عدة جامعات إسكتلندية، وموضوعها الأساسي اللاهوت الطبيعي، حيث تُعنى بالتأسيس لوجود الله بناء على الاستدلال المنطقي والخبرة العادية بالطبيعة.

قد يدفع ذلك البعض للشك، فكثيرون يحاولون أحيانًا التلاعب بالحقائق عن وعي أو عن غير وعي من أجل إثبات وجهة نظرهم، خاصة إن كانت وجهة النظر تلك دينية، لكن إدنجتون كان منتبهًا تمامًا لهذه النقطة، بل أشار لها كذلك في متن الكتاب، لقد كان أغلب الكتاب علميًّا صرفًا، لم يحاول أن يخطو بالعلم نحو الفلسفة إلا في الفصول الأخيرة فقط، وهي الخطوة التي جاهد كي يجعلها سلسة وغير متكلفة ومن هذه الفلسفة بدأ في بناء رؤيته الميتافيزيقية. طوال التاريخ كان الإنسان مشغولًا بأسئلة المعنى والجدوى والما وراء، والعلم -على الأغلب- لا يجيب عن تلك الأسئلة لكن العلم غير كثيرًا من وعينا بالأشياء، وبالتالي أصبحت رؤانا التي تحاول إجابة هذه الأسئلة أكثر عمقًا وبهاءً. وإدنجتون فيما يبدو قد قرر اصطحابنا إلى تلك الأرض الوعرة محاولًا الإجابة عن ذات الأسئلة التي أرقت الإنسان دائمًا،

مجتهدًا في تقديم إجابات تخصه من وحي الوعي الإنساني الجديد.

لكن بعيدًا عن طرحه الباطني الصوفي، فإدنجتون قد وضع يده مبكرًا على دلالة أحد أهم نتائج نظرية الكم، إن اللايقين الضارب في المعادلة، هو جزء من العالم وهو لايقين حتمي، ليس بعيب فينا أو في أدوات القياس، لكنه مفردة من مفردات الطبيعة.

هذا اللايقين هو الذي دفع أينشتاين يومًا لرفض نظرية الكم ومحاولة إثبات تهافتها بشتى الطرق، لكن نظرية الكم لم تخسر الرهان أبدًا حتى اليوم، ولم تخذلها أي تجربة أبدًا.

إدنجتون كعادته ربما أدرك سحر نظرية الكم وهي في المهد، وعلى خلاف أينشتاين، راهن عليها لذلك تكشفت له تداعياتها سريعًا، كافأته بذلك على الفور.

في هذا الكتاب يبدو إدنجتون مثاليًّا، رافضًا للمادة وللمادية، لكنه ليس مغاليًا في مثاليته، صحيح أنه يذهب إلى أن العالم هو صنيعة العقل، لكنه لا ينفي عنه الوجود بغير العقل، لكن العقل هو ما يختار ما يظهره لنا منه وكيف يظهره.

لقد طرح إدنجتون على نحو سريع في هذا الكتاب كثيرًا من المسائل التي أثارتها ولا تزال تثيرها اتجاهات فلسفة العلم المختلفة، ولقد كان واعيًا بها مبكرًا جدًّا.

في هذا الكتاب قد نجد بذور واقعية علمية ونسبوية علمية، بل أحيانًا برجماتية علمية كذلك، لكننا لو أردنا تصنيف إدنجتون، فربما أراه أكثر ميلًا للواقعية العلمية، يؤمن في التراكم وفي اعتبار النظريات العلمية التي سادت يومًا ثم استبعدها العلم كحالات حدية في النظريات الجديدة،

وفي أن العلم على الأرجح يمضي متقدمًا، ربما ليس نحو قبض مطلق على الحقيقة في النهاية لكنه تقدم نحو معرفة أكبر بها.

إن هذا سفر ضخم ولوحة لا تقل بهاء عن أعمال فناني عصر النهضة، كتبها رياضي وفيزيائي وفلكي متدين، كان ابنًا لناظر مدرسة وعضو جماعة دينية بروتستانتية، تركه يتيمًا في عمر عامين، بهذا الثراء كله وهذه الخبرات العريضة، حاور إدنجتون العلم والفلسفة والدين، وأهدانا هذه الجوهرة.

أحمد سمير سعد

نوفمبر ٢٠١٨

توطئة

إن هذا الكتاب بالأساس هو المقرر الدراسي لمحاضرات جيفورد التي قمت بإلقائها في جامعة إدنبرة في الفترة من يناير وحتى مارس ١٩٢٧. وهو يعالج التداعيات الفلسفية للتغيرات العظيمة في الأفكار العلمية التي تنزلت علينا مؤخرًا. قادت النظرية النسبية ونظرية الكم إلى مفاهيم جديدة غريبة عن العالم الفيزيائي؛ لقد تم تطويع التطورات في مبادئ الديناميكا الحرارية بشكل أكثر تدرجًا وإن لم يكن التغير الذي حدث فيها أقل عمقًا. إن الفصول الأحد عشر الأولى في أغلبها قد انشغلت بالنظريات الفيزيائية الجديدة، وبالأسباب التي أدت إلى تبنيها، كما انشغلت على نحو خاص بالمفاهيم التي يبدو أنها تؤسس لها. كان الغرض منها توضيح مشهد العالم العلمي كما هو قائم في الوقت الحالي، وكذلك تبيان المساحات التي لا يكون فيها تام الاكتمال، للحكم على الاتجاه الذي تبدو الأفكار الحديثة قد انتهجته. في الفصول الأربعة الأخيرة اهتممت بالموضع الذي ينبغي على وجهة النظر العلمية هذه أن تشغله في علاقتها بالملامح الأعرض للخبرة الإنسانية، بما في ذلك علاقتها بالدين والعقيدة. لقد نصصت على الروح العامة للتساؤلات المطروحة في المحاضرات في فقرة الخلاصة، في المقدمة.

آمل أن تكون قراءة الفصول العلمية ممتعة بغض النظر عن تطبيقاتها التالية في الكتاب؛ فهي لم تكتب ملتزمة تمامًا بالخطوط التي سيتم تبنيها في الفصول الأخيرة، لقد جاءت مستقلة بالكامل. حيث لن يخدم هدفي المقدمات السهلة والمبتسرة

لأوليات نظريتي النسبية والكم؛ كان من الضروري الوصول في الشرح والتفسير إلى التطورات الأخيرة المعضلة والأكثر غموضًا حيث يمكن العثور في خضمها على مفاهيم الدلالات الفلسفية الأعظم. ينحو الكتاب في أغلبه إلى البساطة إلا أن هناك محاجات تحمل بعض الصعوبة الملحوظة يجب التعامل معها في حينها.

إن هدفي الرئيس هو توضيح أن هذه التطورات العلمية قد زودت الفلاسفة بمادة خام جديدة. إلا أنني قد ذهبت إلى أبعد من ذلك وأشرت بنفسي إلى الكيفية التي أظن أن هذه المادة الخام للأفكار قد تستخدم بها. أدركت أن وجهات النظر الموضحة هاهنا يمكنها فقط أن تحظى بالانتباه إذا ما كانت نتيجة مباشرة لدراسة وفهم الجهد العلمي الحديث. أما الأفكار العامة عن طبيعة الأشياء التي قد أكون كونتها بعيدًا عن هذا المحفز الخاص النابع من العلم فليس لها إلا ثقل ضئيل بالنسبة إلى أي حد فيما عداي. لكن على الرغم من أن مصدري الأفكار كليهما قد كانا متمايزين تمامًا في عقلي عندما بدأت في التحضير لهذه المحاضرات إلا أنهما قد أصبحا مندمجين بحيث لا يمكن استخلاص أحدهما من الآخر في خضم المجهود المبذول للوصول إلى منظور متماسك وللدفاع عنه ضد النقد المحتمل. لهذا السبب أحب أن أذكر أن اللمحة المثالية في مفهومي عن العالم الفيزيائي قد بزغت من الأبحاث الرياضية في مجال النظرية النسبية. وإن كانت لديّ أي تصورات فلسفية مسبقة، فقد كانت ذات صبغة مختلفة تمامًا.

لقد انتابني الشك من البداية إن كان مقبولًا من العالم أن يغامر بالارتحال بعيدًا جدًّا إلى حدود تعتبر فوق علمية ومجاوزة. التبرير المبدئي الوحيد الذي لديّ أن مثل هذه الرحلة قد توفر تصورًا أفضل عن المجال العلمي ذاته. لم يبد لي في خضم المحاضرات الشفهية أن الحديث بحرية عن مختلف فرضياتي التي علي تقديمها قد كان عملًا طائشًا، تداعياته مهلكة. لكن كان من الصعب اتخاذ قرار حيال إن كان من الواجب تسجيل تلك المحاضرات لتبقى وإعطائها مظهرًا أقرب لمظاهر الأعمال

المنتهية. كان علي أن أقلق كثيرًا من ناقد الفلسفة المحترف، لكن خشية أكبر كانت تملأ صدري، خشية من أفكار القراء الذين قد ينظرون ليروا إن كان الكتاب «ملتزمًا بجادة الصواب»[1] أم لا ويحكمون من خلال ذلك على جدارته بالثقة من عدمها. طوال العام الذي انقضى منذ قمت بإلقاء المحاضرات بذلت جهدًا كبيرًا من أجل تشكيل هذا وكذلك الأجزاء الأخرى من الكتاب في قالب ربما تشعرون معه برضا أكبر. أنا الآن بصدد إصدار الكتاب وأشعر بقلق وخوف أكبر مما شعرت بهما عند إصداري لكتبي السابقة.

يعتبر نمط الحوارات التي تدور في قاعات المحاضرات غير مناسب إلى حد كبير في الأغلب الأعم لاستخدامه في كتاب طويل مثل هذا، لكنني آثرت عدم تغييره. قد يطمع الكاتب العلمي في بعض التنازلات من قبل القارئ في مقابل تخليه عن معادلاته الرياضية التي تعتبر وسيطه الطبيعي والأوضح للتعبير. أعترف أن أجزاء كبيرة من الموضوع صعبة جدًّا من حيث بنيتها الداخلية وقد يكون الأمل الوحيد في فهمها كامن في شرح نقاطها وكأنني أقف وجها لوجه مع السائل، أحاوره.

ربما يكون من اللازم أن أذكر القارئ الأمريكي أن اصطلاحاتنا فيما يتعلق بالأرقام الكبيرة تختلف عن اصطلاحاته، على ذلك فالبليون هنا يعني مليون مليون.

أ. س. إ.

أغسطس ١٩٢٨

---

(١) الجملة التي استخدمها إدنجتون قد كانت «**on the side of the angles**» وهي تعني حرفيًّا: «إلى جانب الملاك»، وقد تم صك ذلك التعبير بواسطة بنچامين ديسرائيلي عام ١٨٦٤ حيث كان يقول في معرض مناقشته لنظرية التطور: «إن السؤال على هذه الصورة: هل الإنسان قرد أم ملاك؟ والآن أنا إلى جانب الملاك».
استخدمت هذه الجملة في البداية كما استخدمها ديسرائيلي؛ لنقد نظرية التطور ورفضها، لكنها لم تلبث أن اتسع معناها ليشمل كل ما هو صائب، خاصة لو كان أخلاقيًّا.
المصدر: **www.dictionary.com**

مقدمة

كنت قد عزمت على أخذ مهمة كتابة هذه المحاضرات على عاتقي وسحبت كرسيي الاثنين إلى طاولتي الاثنتين. طاولتان! نعم؛ هناك نسختان من كل شيء يخصني – طاولتان وكرسيان وقلمان.

ليست هذه بداية عميقة جدًّا لمادة دراسية ينبغي لها أن تصل إلى مستويات ترانسدانتالية[1] سماوية سامية للفلسفة العلمية. لكننا لا نستطيع لمس حجر الأساس في التو والحال؛ يجب أن نخربش سطح الأشياء أولًا قليلًا. وعندما أبدًا الخربشة فأول ما ألقاه– طاولتي الاثنتين.

كانت واحدة منهما مألوفة لي، معي منذ سنواتي الأبكر. إنها شيء معتاد وجوده في المحيط الذي أدعوه عالمًا. كيف سأصفها؟ إن لها امتدادًا؛ تتميز بديمومة نسبية؛ إنها ملونة؛ فوق كل هذا لها هيكل مادي. لا أقصد بالهيكل المادي مجرد أنها لا تنهار عندما أميل عليها؛ أعني أنها تتكون من «مادة» وبواسطة هذه الكلمة أحاول أن أوصل لك مفهومًا ما عن طبيعتها الداخلية. إنه شيء، ليس مثل الفضاء/ المكان، مجرد خواء؛ وليس مثل الزمن، الذي

(١) الفلسفة الترانسدانتالية أو الفلسفة المتعالية هي فلسفة تذهب إلى أن المعرفة لا تنحصر أبدًا في الخبرة والملاحظة والتجريب، وأن الحقيقة تكمن في عالم الروح، ويمكن الوصول إليها بملكة العقل القادر على إدراك ظواهر وانعكاسات عالم الروح. (المترجم).

هو – تعرف السماء ماهيته! لكن ذلك لن يساعدك في إدراك مقصدي لأن تلك هي الخاصية المميزة «لشيء»، أنه يحظى بهذه المادية، ولا أعتقد أن المادية يمكن لها أن توصف بأفضل من قولنا إنها صنف من صنوف الطبيعة، يمكن ضرب مثال لها بالطاولة المعتادة. وبذلك فنحن ندور في دوائر. في النهاية لو أنك رجل تعتمد على الحس المشترك وبسيط، بلا أي خلفية عن الأمر، غير مشغول كثيرًا للغاية بالهواجس العلمية، سوف تكون واثقًا من أنك فاهم لطبيعة الطاولة العادية. لقد سمعت حتى عن أناس بسطاء بلا خلفيات لديهم فكرة أنهم قادرون على فهم غموض طبيعتهم خاصتهم بشكل أفضل لو أن العلماء قد اكتشفوا طريقة لتفسيرها في مصطلحات سهلة الفهم كتلك التي لطبيعة الطاولة.

أما الطاولة رقم اثنين فهي الطاولة العلمية. لقد أصبحت معروفة في وقت أحدث من تلك الأولى ولا أشعر بألفة كبيرة نحوها. إنها لا تنتمي إلى العالم المذكور مسبقًا – العالم الذي يظهر أمامي تلقائيًّا ومن حولي عندما أفتح عيني، حتى وإن لم أكن أهتم هاهنا بمقدار ما هو موضوعي وما هو ذاتي فيه. إنه جزء من العالم قام بدفع نفسه إلى انتباهي بطريقة أكثر مراوغة. غالبية طاولتي العلمية فراغ. في ذلك الفراغ شحنات كهربية عديدة متناثرة ومتفرقة تندفع بسرعات عظيمة، لكن كتلتها مجتمعة أقل من واحد على بليون من كتلة الطاولة نفسها. مع ذلك فقد تبين أن هذا التركيب الغريب هو لطاولة فعالة تمامًا. إنها تدعم ورقتي التي أكتب فيها، على نحو كاف ومشابه للطاولة رقم ١؛ بحيث إنني عندما أضع ورقتي عليها تواصل الجسيمات الكهربية الصغيرة بسرعاتها المتهورة ضرب السطح التحتي، ونتيجة ذلك تبقى تلك الورقة في مستوى ثابت تقريبًا بنمط يشبه ذلك الذي لكرة الريشة. إذا ما ملت على هذه الطاولة فإنني لن أمر من خلالها؛ أو، على وجه الدقة، فرصة أن يعبر مرفقي

العلمي من خلال الطاولة العلمية صغيرة جدًّا للغاية، بحيث يمكن تجاهلها في الحياة العملية. بمراجعة خصائصهما الواحدة تلو الأخرى، فلا يبدو أن هناك سببًا للاختيار من بين الطاولتين للأغراض العادية؛ لكن عندما تحدث وقائع غير طبيعية، قد تظهر الطاولة العلمية حينها تميزًا. إذا ما أضرمت النيران في المنزل سوف تتبخر طاولتي العلمية تمامًا بشكل طبيعي إلى دخان علمي، بينما تقوم طاولتي المألوفة بتحول في طبيعتها المادية، لا يمكنني أن أعتبره إلا إعجازًا.

لا يوجد شيء مادي فيما يتعلق بمنضدتي الثانية. كلها تقريبًا من فضاء فارغ – فضاء تتخلله مجالات قوى، لكن تلك المجالات محسوبة على صنف «المؤثرات» لا «الأشياء». حتى في الأجزاء متناهية الصغر غير الفارغة، لا يجب علينا أن ننقل المفهوم القديم للمادة. بتشريحنا المادة إلى شحنات كهربية فقد مضينا بعيدًا عن صورتها التي تسببت في البداية في ظهور مفهوم المادة لدينا، ومعنى ذلك المفهوم- إن كان له أي معنى على الإطلاق – قد فقد تمامًا بالمناسبة. تميل كل وجهات العلم الحديث نحو كسر الفوارق بين الأصناف والتصنيفات المختلفة للأشياء وللمؤثرات وللأشكال إلى ما آخره. واستبدال ذلك بخلفية مشتركة لكل الخبرة. سواء كنا ندرس شيئًا ماديًّا أو مجالًا مغناطيسيًّا أو شكلًا هندسيًّا أو فترة من الزمن، يتم تجميع المعلومات العلمية في قياسات؛ ولا تشير معدات القياس ولا الطرق التي تستخدم بها إلى وجود أي شيء مختلف جوهريًّا فيما يخص تلك المسائل. لا توفر القياسات نفسها أي أرضية للتصنيف في مجموعات. نشعر بضرورة إسباغ خلفية على القياسات – عالم خارجي؛ لكن خواص هذا العالم، باستثناء ما ينعكس منها في القياسات- خارج مجال التحري العلمي. لقد ثار العلم أخيرًا على ربط معرفة محددة محتواة في هذه القياسات بمعرض تصورات تقليدي لمفاهيم،

لا تقوم بتوصيل أي معلومة أصلية عن الخلفية بل تقحم لاعقلانيات في مخطط المعرفة.

لن أركز هاهنا أكثر من ذلك على لا مادية الإلكترونات، حيث إن ذلك بالكاد ضروريًّا لخط الأفكار الحالي. فلتدركها كمادة كما تفعل، هناك فارق ضخم بين طاولتي العلمية بمادتها (إن كانت هناك)، تلك المتناثرة في تخلخل في بؤر في منطقة أغلبها فراغ وطاولة المفاهيم اليومية التي نعتبرها كنموذج للواقع الصلب – وكأنها احتجاج متجسد ضد ذاتية بركلي[1]. لا يوجد أي فارق بالنسبة لاستخدامي العملي للطاولة في كتابة الورقة سواء كانت الورقة التي أمامي مستقرة على سرب من الذباب ومعلقة بنمط يشبه ذلك الذي لكرة الريشة حيث تتعرض للكمات صغيرة من السرب تحتها أو سواء كانت مدعومة بسبب وجود مادة من تحتها، ممثلة الطبيعة الداخلية للمادة من حيث شغلها لفضاء ما بشكل حصري، يمنع أي مادة أخرى من شغله.

لست في حاجة إلى أن أخبرك أن الفيزياء الحديثة من خلال اختبارات دقيقة ومنطق لا يتعاطف قد طمأنتني إلى أن طاولتي الثانية العلمية هي الوحيدة التي توجد هناك – أيًّا ما قد يكون معنى «هناك». على الجانب الآخر لست في حاجة إلى أن أخبرك أن ذلك العالم الحديث لن ينجح في طرد تلك الطاولة الأولى – ذلك المركب الغريب للطبيعة الخارجية والتصور العقلي والحكم المسبق الموروث – تلك الطاولة المرئية لعيني والملموسة لقبضتي. علينا أن نودعها بـ(صحبتك السلامة) في الوقت الحالي حيث إننا على وشك التحول من العالم المألوف إلى العالم العلمي الذي كشفت عنه الفيزياء. هذا الذي هو –أو المقصود به أن يكون – عالم خارجي بالكامل.

(١) فيلسوف بريطاني أيرلندي مثالي، كان متطرفًا في نفيه لوجود أي مادة، فكل ما حولنا مجرد أفكار في عقل الإله. (المترجم).

"تتحدث بشكل متناقض عن عالمين. أليسا بالفعل ملمحين أو ترجمتين لنفس العالم الواحد؟»

بلى، وبلا شك. في النهاية سوف يتم الوصول لذلك بعد بعض التعديل. لكن العملية التي تحول بها العالم الخارجي للفيزياء إلى عالم معروف في ألفة في الوعي البشري، هي خارج منظور الفيزياء. وكذلك العالم المدروس وفق مناهج الفيزياء منفصل عن العالم المألوف للوعي، حتى بعد أن ينهي الفيزيائي عمله عليه. مبدئيًا، لذلك نعتبر الطاولة موضوع بحثنا الفيزيائي منفصلة بالكلية عن الطاولة المألوفة، دون حكم مسبق في مسألة تعريفهما النهائي. من الصحيح أن كل التساؤل العلمي يبدأ من العالم المألوف وفي الختام يجب أن يعود للعالم المألوف؛ لكن جزء الرحلة التي كلف بها الفيزيائي يقع في سلطان غريب.

حتى وقت قريب كان هناك رابط أكثر وثاقة؛ استخدمه الفيزيائي كي يستعير المادة الخام لعالمه من العالم المألوف، لكنه لم يعد يفعل ذلك. باتت مواده الخام هي الأثير والإلكترونات والكوانتا والجهود ودوال هاميلتون وما إلى غير ذلك. وهو حاليًا حريص في توجس على حماية هذه المواد من التلوث بمفاهيم مستعارة من العالم الآخر. هناك طاولة مألوفة توازي الطاولة العلمية، لكن لا وجود لإلكترون مألوف أو كم مألوف أو جهد مألوف توازي الإلكترون العلمي أو الكم العلمي أو الجهد العلمي. إننا لا نرغب حتى في تشكيل نظائر مألوفة لهذه الأشياء -أو كما اعتدنا أن نقول- لا نرغب في تفسير الإلكترون. ربما يكون الربط بالعالم المألوف أو تعريف ما توصلنا إليه مسموحًا، بعد أن أنهى الفيزيائي بناء العالم تمامًا؛ لكن أي محاولة مبكرة وغير ناضجة للربط كشفت عن ضرر جسيم. يهدف العلم إلى تشييد عالم رمزي لعالم الخبرة المألوفة. ليس من الضروري على الإطلاق أن يمثل كل رمز مفرد مستخدم شيئًا

في الخبرة المشتركة أو حتى شيئًا يمكن تفسيره وشرحه باصطلاحات الخبرة المشتركة. دائمًا ما يطالب رجل الشارع بهذا، تفسير ملموس للأشياء المشار إليها في العلم؛ لكن ولأسباب ضرورية يجب أن يصيبه الاحباط دون ذلك. إن الأمر يشبه خبرتنا فيما يتعلق بتعلم القراءة. إن ذلك المكتوب في الكتاب هي علامات رمزية لقصة في الحياة الواقعية. إن غرض الكتاب الكلي هو قيام القارئ في النهاية بتعريف بعض الرموز، فلنقل **BREAD** (خبز)، تحمل أحد مفاهيم الحياة المألوفة. لكنه من الضار محاولة القيام بمثل هذا التعريف بشكل أبكر من موعده المضبوط، قبل أن تترابط الحروف في كلمات والكلمات في جمل. الرمز **A** ليس مناظرًا لأي شيء في الحياة المألوفة. بالنسبة لطفل سيبدو حرف **A** مجردًا جدًّا؛ لذلك نمنحه مفهومًا مألوفًا يتماشى معه. «حرف **A** قد كان **Archer** (رام) يصوب على ضفدع. يساعده ذلك في تجاوز الصعوبة اللحظية؛ لكنه لن يستطيع مساعدته في إحداث تقدم جاد مع بناء الكلمات ما دام **Archers** بقيت (رماة) و**butchers** (جزارون) و**captains** (ربان)[1] محلقة حول الحروف. ما الحروف إلا تجريد، وعاجلًا أو آجلًا على الطفل أن يدرك ذلك. في الفيزياء تخلصنا من **Archer** (رام) و**apple-pie** (فطيرة التفاح)، تعريفات الرموز الأساسية. عند طلب تفسيرًا لما يفترض أن تكون عليه الماهية الفعلية للإلكترون، يمكننا أن نجيب فقط بالإجابة التالية، «هو جزء من **ABC** (ألف باء) الفيزياء».

لذلك قد أصبح العالم الخارجي للفيزياء عالمًا من الظلال. بمحو توهماتنا فقد محونا المادة، لقد رأينا حقًّا أن المادة هي واحدة من أعظم توهماتنا. فيما بعد قد نتساءل إذا كنا ربما في غمرة حماسنا لاستئصال كل ما هو غير واقعي

(١) اختار كلمات تبدأ بحروف الهجاء الإنجليزية تمامًا مثل أ (أسد) وب (بطة) وت (تفاحة) فيصبح المعادل الموضوعي للجملة في العربية «أسد وبطة وتفاحة محلقة حول الحروف». (المترجم).

لم نستخدم السكين بالحدة الكافية. ربما يكون الواقع حقًّا طفلًا لا يمكن أن يستمر في الحياة دون رعاية التوهم. لكن إن كان الحال كذلك، فهو لا يعني العالِم إلا قليلًا، ذلك الذي لديه منطقه الجيد والكافي للسعي وراء اختباراته في عالم الظلال وهو راضٍ بترك تحديد وضعه المضبوط فيما يتعلق بالواقع للفيلسوف. في عالم الفيزياء نطالع عرض خيال ظل لدراما الحياة المألوفة. يستقر ظل مرفقي على ظل الطاولة بينما يتدفق ظل الحبر على ظل الورقة. كل شيء رمزي والفيزيائي يتركها كرموز. من ثم يأتي العقل الخيميائي[1] الذي يحول الرموز. تصبح أنوية القوة الكهربية المتناثرة المنتشرة صلبًا ملموسًا؛ يصبح اختلاجها الذي لا يستقر دفء الصيف؛ يصبح أوكتاف الذبذبات الأثيرية قوس قزح براقًا. ولا يتوقف الخيميائي هنا. في العالم المتحول تظهر دلالات جديدة، يمكن تعقبها بالكاد في عالم الرموز؛ بذلك يصبح العالم عالم الجمال والغاية – والأسف والمعاناة والشر.

الإدراك الواضح بكون العلم الفيزيائي معني بعالم من الظلال هو أحد أكثر المنجزات الحديثة أهمية. لا أقصد أن الفيزيائيين مشغولون بأي قدر بتداعيات ذلك الفلسفية. من وجهة نظرهم هو ليس تراجعًا عن ادعاءات لا يمكن الدفاع عنها بقدر ما هو تأكيد لحرية التطور المستقل. في اللحظة الراهنة لا ألح على الطبيعة الرمزية والمبهمة والمليئة بالظلال لعالم الفيزياء بسبب حمولة ذلك الفلسفية لكن بسبب أن العزلة عن المفاهيم المألوفة سوف تتجلى ظاهرة في النظريات العلمية التي علي وصفها. إذا لم تكن مستعدًّا لهذه العزلة والانفصال فمن المحتمل أن تفقد تعاطفك وتفهمك للنظريات العلمية الحديثة وربما تظنها حتى سخيفة –كما أحسب أن كثيرًا من الناس يفعلون.

(١) خيميائي العصور الوسطى من كان قادرًا على تحويل التراب إلى ذهب أو على الأقل قد كانت تلك غاية كل خيميائي. (المترجم).

من الصعب تعليم أنفسنا معالجة العالم الفيزيائي كعالم رمزي خالص. دائمًا ما ننتكس ونخلط بالرموز مفاهيم متناقضة مأخوذة من عالم الوعي. دون أن نتعلم من الخبرة الطويلة، نمد أيدينا لنقبض على الظلال بدلًا من أن نقبل بطبيعتها كظلال. حقيقة، لو لم نقصر أنفسنا بالكلية على الترميز الرياضي فمن الصعب تجنب إلباس رموزنا أثوابًا خادعة. عندما أفكر في الإلكترون يقفز إلى عقلي كرة صلبة حمراء صغيرة للغاية؛ بالمثل البروتون لكن في لون رمادي محايد. بالتأكيد الألوان منافية للعقل – وهي ربما ليست منافية للعقل بأكثر من بقية المفاهيم – لكن ذلك مما لا يمكن العدول عنه ولا يمكن تقويمه. يمكنني أن أتفهم جيدًا تمامًا أن العقول الأصغر سنًّا قد تجد هذه التصورات ملموسة للغاية وتكون مدفوعة في سعي شغوف نحو تشييد العالم من دوال هاميلتون ورموز بعيدة للغاية عن المدركات البشرية سابقة التصور، تلك التي لا تطيع حتى قوانين الحساب التقليدية. بالنسبة لي أنا نفسي، أجد بعض الصعوبة في بلوغ نطاق الفكر هذا، لكنني مقتنع ومتيقن من حلوله يومًا.

في هذه المحاضرات أطرح نقاشًا لبعض النتائج الحديثة فيما يتعلق بدراسة العالم الفيزيائي، تلك التي تمد الفكر الفلسفي بأغلب غذائه. سوف تضم مفاهيم جديدة في العلم ومعارف جديدة أيضًا. في كلا المجالين. نساق للتفكير في الكون المادي بطريقة مختلفة جدًّا عن تلك التي سادت في نهاية القرن الماضي. لن أترك الهدف الأبعد خارج المنظور، فهو بالتأكيد في بال محاضر في جيفورد[1]، ذلك المتعلق بمسألة علاقة هذه الاكتشافات الفيزيائية

(١) لورد آدم جيفورد محام وقاض إسكتلندي تأسست محاضرات جيفورد بناء على وصيته وهي مجموعة محاضرات سنوية تعنى بدراسات اللاهوت الطبيعي وهو أحد أهم الأحداث التي تقيمها الأكاديمية الإسكتلندية وأعلاها شرفًا وتكريما، تلقى هذه المحاضرات في عدة جامعات إسكتلندية، من بينها جامعة إدنبرة، الجامعة التي ألقيت فيها محاضرات إدنجتون. واللاهوت الطبيعي يقصد به التأسيس لوجود الله بناء على الاستدلال المنطقي والخبرة العادية بالطبيعة. (المترجم).

الخالصة بأوجه واهتمامات طبيعتنا البشرية الأعرض. لا يمكن لهذه العلاقات إلا أن تتغير حيث إن مفهومنا الكلي عن العالم الفيزيائي قد تغير جذريًّا. أنا مقتنع بأن مجرد تقدير العالم الفيزيائي كما هو مفهوم الآن يحمل معه ما يدفع العقول المتفتحة نحو قياس علمي أعرض في دلالته وسموه (سماويته) (ترانسدانتاليته)، ربما كان ليبدو غير منطقي منذ جيل؛ وفي المحاضرات الأخيرة سوف أحاول التركيز على ذلك الشعور والقيام بجهود غير خبيرة لمعرفة إلى أين تقود، لكن سأكون خائنًا للعلم إن لم ألح على أن دراسته (العلم) هي غاية في حد ذاتها. يجب تتبع مسار العلم لأجله هو ذاته، بغض النظر عن وجهات النظر ذات المنظور الأعرض التي قد يقدمها؛ بهذه الروح علينا أن نتبع الطريق، أيًّا ما كان ما يقود إليه، سواء إلى تل البصيرة أو نفق الغموض. لذلك حتى بلوغ آخر مراحل الحلقات الدراسية يجب أن ترضى بتتبع طريق العلم الممهد معي، ولا تتأفف وتصرخ فيَّ بسبب التسكع بين زهور طرق جانبية. ذلك سوف يكون الاتفاق المبني على تفهم فيما بيننا. فلنمض قدمًا الآن ولنبدأ.

* * *

الفصل الأول

انهيار الفيزياء الكلاسيكية

بنية الذرة:

بين عامي ١٩٠٥ و١٩٠٨ أدخل أينشتاين ومينكوفسكي[١] تغييرات جوهرية في فكرتنا عن الزمن والمكان. في عام ١٩١١ أدخل رذرفورد التغيير الأعظم في فكرتنا عن المادة. اعتبرت الأفكار الجديدة عن الزمن والمكان ثورية من كافة النواحي؛ تم استقبالها بأقصى حماس ممكن من قبل البعض وأخلص أنواع المعارضة والرفض من البعض الآخر. أما الفكرة الجديدة عن المادة فقد مرت بالخبرة المعتادة للاكتشاف العلمي؛ برهنت على جدواها تدريجيًّا، وعندما أصبح الدليل مقنعًا على نحو ساحق حلت محل النظريات السابقة تمامًا. لم يكن هناك شعور بصدمة عظيمة. إلى الآن، عندما أسمع باحتجاجات حالية ضد بلشفية[٢] العلم الحديث والنحيب النادم على النظام القديم المستقر، فإنني أميل إلى الاعتقاد في أن الوغد الفعلي بطل هذه الحبكة هو رذرفورد وليس أينشتاين. عندما نعقد مقارنة بين الكون كما هو من المفترض أن يكون عليه الحال الآن وبين الكون كما اعتدنا أن ندركه في السابق فإن التغيير الأعظم اللافت الذي يستوقفنا، ليس إعادة ترتيب الزمان والمكان الذي قام به أينشتاين، بل

(١) هيرمان مينكوفسكي عالم فيزياء ورياضيات ألماني كان أستاذًا لأينشتاين إلا أن أهم إنجازاته قد كانت تطوير نسبية أينشتاين الخاصة، أحد منجزات تلميذه وذلك من خلال تطوير هندسة قادرة على احتوائها. (المترجم).

(٢) يشير إدنجتون إلى الثورة البلشفية التي قامت عام ١٩١٧ وهي ثورة قام بها البلاشفة في روسيا بقيادة لينين وتروتسكي كأول ثورة شيوعية تحدث في العالم وكان من نتائجها قيام الاتحاد السوفيتي. (المترجم).

تحلل كل ما كنا نعتبره على الأرجح صلبًا إلى بقع غاية في الصغر طافية في الخواء. أصاب ذلك أولئك الذين يعتقدون في أن الأشياء هي إلى حد ما على هيئة ما تبدو عليه بزلزال مفاجئ. لقد كان كشف الفيزياء الحديثة عن الخواء ضمن الذرة أكثر أثرًا من كشف علم الفلك عن الخواء الهائل في الفضاء بين النجمي.

الذرة مثلها كمثل النظام الشمسي مسامية ومليئة بالفجوات. إذا ما أزلنا كل الفضاء غير المملوء في جسم الإنسان وجمعنا بروتوناته وإلكتروناته في كتلة واحدة، فإن الإنسان سوف يتم اختزاله إلى بقعة بالكاد مرئية بعدسة مكبرة.

لم يكن هناك ما ينبئ بمثل مسامية المادة هذه في النظرية الذرية. بالتأكيد قد كان من المعروف أن الذرات في الغازات مثل الهواء بعيدة عن بعضها البعض بشكل كبير، ومن المعروف أنها تترك مساحات عظيمة من الفضاء الفارغ فيما بينها؛ لكن كان المفهوم من ذلك أن المادة التي لها خواص الهواء بالتأكيد تحتوي على مادة أقل نسبيا، وجملة «هوائي بلا وزن» هي جملة دارجة تعبر عن الخفة وانعدام الثقل. أما في الأجسام الصلبة فتحتشد الذرات في تلاصق شديد، لذلك تتفق النظرية الذرية القديمة مع مفاهيمنا المسبقة فيما يتعلق بالأجسام الصلبة باعتبارها مادة مكدسة بالأساس مع قليل من الفجوات البينية.

لم تغير النظرية الكهربية للمادة التي ظهرت حول نهايات القرن التاسع عشر في البداية من هذا المنظور. كان المعروف أن الكهربية السالبة مركزة في وحدات للشحنة كتلتها صغيرة للغاية ؛ لكن المكون الآخر للمادة، الكهربية الموجبة قد تم تصويره ككرة من الهلام لها نفس أبعاد الذرة كما أن الشحنات السالبة الضئيلة مطمورة فيها. على ذلك فالفضاء داخل الجسم الصلب لم يزل ممتلئًا في أغلب أجزائه.

لكن في عام ١٩١١ بيَّن رذرفورد أن الكهربية الموجبة مركزة كذلك في بقع ضئيلة. برهنت تجربة التشتت خاصته أن الذرة قد كانت قادرة على بذل قوى كهربية كبيرة وهو الأمر المستحيل ما لم تعمل الشحنات الموجبة كمصادر شديدة التركيز للجذب.

وعلى ذلك ولأول مرة تم تفريغ الحجم الرئيس للذرة تمامًا وتم استبدال نموذج «كرة البلياردو» المادية للذرة بنموذج «النظام الشمسي» للذرة. بعد ذلك بعامين قام نيلز بور بتطوير نظريته الشهيرة على القواعد التي أرساها رذرفورد عن الذرة، ومنذ ذلك الحين تم إنجاز تقدم سريع. وأيًّا ما كانت التغيرات الأبعد في المنظور التي تلوح في الأفق، فمن غير المتصور أن نعود مجددًا إلى الذرات القديمة المادية.

يذهب الاستنتاج المقبول في الوقت الحالي إلى أن كل تنويعات المادة مكونة في النهاية من مكونين أساسيين – البروتونات والإلكترونات. إنها أضداد بعضها البعض كهربيًّا بالضبط، كون البروتون مشحون بشحنة كهربية موجبة والإلكترون مشحون بشحنة كهربية سالبة. لكن خواصهما مختلفة جدًّا من نواح أخرى. للبروتون كتلة تعادل ١٨٤٠ مرة كتلة الإلكترون، لذلك فتقريبًا كل كتلة المادة هي نتيجة مكوناتها من البروتونات. لا يوجد البروتون بشكل محض إلا في الهيدروجين، الذي يبدو كأكثر أشكال المادة أولية، تتكون ذرته من بروتون واحد وإلكترون واحد. في ذرات أخرى يتماسك عدد من البروتونات مع عدد أقل من الإلكترونات مكونة النواة[١]؛ تتناثر الإلكترونات اللازمة لإحداث التوازن مثل أقمار بعيدة للنواة، ويمكنها حتى الهرب من الذرة والتجول بحرية خلال المادة. قطر الإلكترون حوالي ١/٥٠,٠٠٠ من قطر الذرة؛ أما قطر النواة فليس أكبر كثيرًا؛ حيث إن البروتونات المنعزلة لا تزال أصغر كثيرًا.

منذ ثلاثين عامًا قد كان هناك الكثير من الجدل حول سؤال سحب الأثير – عما إذا كانت الأرض تسحب الأثير معها وهي تدور حول الشمس. في ذلك الوقت قد كانت صلابة الذرة وكونها مصمتة فوق المساءلة، وكان من العسير الاعتقاد في أن المادة قد

(١) لم يكتشف جيمس تشادويك ويا للغرابة النيوترونات إلا في عام ١٩٣٢ حيث كان يعتقد قبلها أن النواة مكونة من بروتونات وبعض الإلكترونات لتقلل من شحنتها قليلًا لكنه سرعان ما ثبت أنه يستحيل وجود إلكترونات في قلب النواة ليتضح أن ما تحويه النواة هو بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات لها كتلة مقاربة من كتلة البروتونات لكنها متعادلة الشحنة (المترجم).

تندفع في طريقها عبر الأثير دون أن تؤثر فيه. كان أمرًا مفاجئًا ومعقدًا ومربكًا أن نجد نتائج التجارب تشير إلى عدم حدوث حمل وحركة للأثير. لكننا ندرك الآن أن الأثير يمكنه أن ينزلق عبر الذرات بسهولة كما يحدث الانزلاق عبر النظام الشمسي، وكل توقعاتنا باتت على النقيض.

سوف نعود إلى ذرات «النظام الشمسي» في فصول تالية. في الوقت الحالي فإن الشيئين اللذين يعنيانا هما:

١- فراغها المفرط للغاية.

٢- حقيقة أنها مصنوعة من شحنات كهربية.

لا تعد نظرية رذرفورد عن الذرة في العادة كواحدة من ثورات القرن الحالي العلمية. لقد كان اكتشافًا بعيد المدى لكنه يقع ضمن المخطط الكلاسيكي للفيزياء. يمكن النص على طبيعة ودلالة الاكتشاف في اصطلاحات واضحة، عادية أي اصطلاحات لمفاهيم موجودة بالفعل حاليًا في العلم. عادة ما يتم الاحتفاظ بصفة الثورية لتطورين حديثين عظيمين - النظرية النسبية ونظرية الكم. إنهما ليسا مجرد اكتشافين جديدين فيما يتعلق بمحتوى العالم لكنهما يتضمنان تغييرات في طريقة تفكيرنا وفي تصورنا عن العالم. لا يمكن النص عليهما في الحال في اصطلاحات واضحة وعادية لأن علينا أولًا القبض على المفاهيم الجديدة التي لم ترد حتى في أحلام المخطط الكلاسيكي للفيزياء.

لست متأكدًا مما إذا كانت عبارة الفيزياء الكلاسيكية قد تم تعريفها أبدًا على نحو وثيق. لكن الفكرة العامة أن مخطط القوانين الطبيعية الذي طوره نيوتن في كتابه المبادئ **Principia** قد وفر نسقًا ربما كان المتوقع في ذلك الحين أن تتبعه التطورات اللاحقة. جرت تغيرات عظيمة ضمن الأركان الأربعة للمخطط، لكن تعديل بنية المخطط وفق هذه التغيرات قد كان ممكنًا؛ حلت نظرية الضوء الموجية محل النظرية الجسيمية؛ تغيرت الحرارة من مادة (كالورية) إلى طاقة حركية؛ الكهربية من سائل

متواصل مستمر إلى أنوية انفعال في الأثير. لكن كل هذه التغييرات قد كانت ممكنة بسبب مرونة المخطط الأصلي. كانت للموجات ولطاقة الحركة وللانفعال مكانها بالفعل في المخطط؛ وتطبيق نفس المفاهيم لتفسير مدى أوسع لظاهرة كان يعزى إلى شمولية منظور نيوتن الأصلي.

علينا الآن أن نرى الكيفية التي انهار بها المخطط الكلاسيكي.

تقلص فيتزجيرالد:

يمكننا أن نبدأ على النحو الأفضل من الحقيقة التالية. فلتفترض أن لديك عصا تتحرك بسرعة عالية جدًّا. دعها أولًا تكون موجهة عموديًّا على اتجاه حركتها. الآن فلتدرها بزاوية قائمة، بذلك تكون على طول اتجاه حركتها. تتقلص العصا. تصبح أقصر عندما تكون على طول خط حركتها منها عندما تكون موجهة بالعرض على خط حركتها.

يعرف هذا التقلص بتقلص فيتزجيرالد، وهو صغير للغاية تحت كل الظروف العادية. لا يعتمد ذلك على مادة العصا مطلقًا لكن على السرعة فقط. على سبيل المثال، لو كانت السرعة ١٩ ميلًا لكل ثانية -سرعة الأرض حول الشمس- سيكون تقلص الطول جزء من ٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠ جزء أو ١/٢ بوصة من قطر الأرض.

لقد تم تبيان ذلك عن طريق عدد كبير من أنواع مختلفة من التجارب، كانت التجربة الأبكر والمعروفة أكثر من بينها هي تجربة مايكلسون - مورلي التي أجريت أولًا عام ١٨٨٧ وأعيدت بدقة أكبر بواسطة مورلي وميللر عام ١٩٠٥ وأعيدت مجددًا مؤخرًا عن طريق راصدين متعددين خلال السنة الأخيرة أو السنتين الأخيرتين. لا أنوي وصف هذه التجارب فقط سأشير إلى أن الطريقة المناسبة والمتاحة لتزويد عصاك بسرعة كبيرة بحملها على الأرض التي تتحرك بسرعة عالية حول الشمس. ولن أناقش هنا كمال البرهان المقدم من خلال التجارب. الأهم من ذلك أن عليك أن تدرك أن

التقلص هو بالضبط ما عليك أن تتوقعه من معلوماتنا الحالية عن العصا المادية.

يفاجئك تغير أبعاد العصي المتحركة بالكاد عن طريق توجيهها بطرق مختلفة. تتوقع أن تبقى بلا تغير. لكن أي العصي هي تلك التي تفكر فيها؟ (تتذكر الطاولتين خاصتي) إذا كنت تفكر في مادة متواصلة ممتدة في المكان لأن تلك هي طبيعة المادة، شغل الفضاء، من ثم لا يبدو أن هناك سببًا صالحًا لتفسير تغير الأبعاد. لكن ما العصا العلمية إلا سرب من الجسيمات الكهربية المندفعة والمتباعدة كثيرًا عن بعضها البعض. إن المعجزة الحقيقية تتمثل في أن مثل هذا السرب يميل إلى الإبقاء على أي أبعاد محددة. مع ذلك تحافظ الجسيمات على معدل معين للمسافات، وهو ما يتسبب في بقاء الحجم الكلي ثابتًا عمليًّا؛ تبذل الجسيمات قوى كهربية على بعضها البعض ويتوافق الحجم الذي تشغله مع توازن بين القوى التي تدفعها نحو بعضها البعض والحركة العكسية التي تميل إلى نشرها وتفريقها عن بعضها البعض. عندما تصير العصا في حالة حركة، تتغير هذه القوى الكهربية. تُكون الكهربية المتحركة تيارًا كهربيًّا. لكن التيارات الكهربية تمد بنوع من القوى يختلف عن ذلك الذي تمد به الكهربية في حالة سكون، أقصد، القوى المغناطيسية. علاوة على ذلك فهذه القوى الناتجة عن حركة الشحنات الكهربية سوف تكون ذات شدة مختلفة في الاتجاه على طول خط الحركة عن شدتها في الاتجاه العابر لخط الحركة بالعرض على نحو طبيعي.

بدفع العصا إلى التحرك مع كل الشحنات الكهربية الضئيلة المحتواة فإننا ندخل قوى مغناطيسية جديدة بين الجسيمات. على نحو واضح قد تم التشويش على التوازن الأصلي، ويجب أن يتغير متوسط المسافات بين الجسيمات حتى يتم العثور على توازن جديد. وعلى ذلك تتغير أبعاد سرب الجسيمات – طول العصا.

بالفعل لا يوجد أي غموض يكتنف تقلص فيتزجيرالد. إن تصور العصا كما كان في المفاهيم العتيقة كمادة متواصلة تشغل الفضاء بفضل ماديتها هو تصور مبني على

خاصية غير طبيعية.؛ لكن من الطبيعي تمامًا لسرب من الجسيمات متماسك بسبب توازن رقيق من خلال القوى الكهرومغناطيسية ويشغل الفضاء عن طريق صدم أي شيء يحاول الدخول في مجاله. أو يمكنك أن تنظر إلى الأمر على الصورة التالية: بالتأكيد تنبني توقعاتك عن كون العصا ستحتفظ بطولها الأصلي المسبق على أنها ستستقبل تأثيرًا متساويًا عادلا ولن تتعرض لإجهاد مغناطيسي جديد، إلا أن ما يحدث لا يأتي من خارج ظالم متلاعب لكنه يأتي كنتيجة لازمة نظرًا لتركيبها الكهربي؛ ويحدث التقلص تحت تأثير هذا الإجهاد. ربما ستذهب إلى أن العصا لو كانت على درجة كافية من القساوة، لكانت قادرة ربما على مقاومة القوى الضاغطة. ليس الأمر على تلك الصورة. تقلص فيتزجيرالد هو نفسه سواء كان لعصا من الصلب أو عصا من المطاط؛ حيث ترتبط القساوة مع الإجهاد الضاغط بطريقة تجعلهما يتزايدان معًا على نحو متساوق ويتناقصان معًا. من الضروري أن نخلص أذهاننا من فكرة أن ذلك الفشل في المحافظة على طول ثابت راجع إلى عيب في العصا؛ سوف تكون معيبة فقط إذا ما قارناها بشيء تخيلي ليس له هذا التكوين الكهربي وبالتالي هو ليس شيئًا ماديًّا على الإطلاق. ليس تقلص فيتزجيرالد بعيب لكنه خاصية ثابتة مميزة للمادة مثله كمثل القصور الذاتي.

لقد أوجدنا هاهنا انعكاسًا كيفيًّا لبنية المادة الكهربية؛ علينا أن نترك أمر حساب تأثيرها الكمي للرياضي. وقد عمل بالفعل على هذه المسألة كل من لورنتز ولامور في حدود عام ١٩٠٠ تقريبًا، حيث قاما باحتساب التغير في متوسط المسافات بين الجزيئات اللازم لاستعادة التوازن بعد أن تم التشويش عليه بواسطة القوى الجديدة الناتجة عن تغير حركة الشحنات. وجد أن هذه الحسابات تعطي بدقة تقلص فيتزجيرالد، أي الكمية التي تم الاستدلال عليها بالفعل من التجارب التي ذكرناها مسبقًا. هكذا بات لدينا رجلان كي نقف عليهما. سوف يفضل البعض الوثوق في النتائج لأنها تبدو مثبتة جيدًا من خلال التجريب؛ البعض الآخر سوف يقتنع على

نحو أسهل بأن تقلص فيتزجيرالد نتيجة ضرورية لمخطط قوانين الكهرومغناطيسية، المقبول عالميًّا منذ زمن ماكسويل. قد تذهب التجارب والنظريات أحيانًا إلى نتائج خاطئة؛ لذلك من الجيد تمامًا أن نحظى بالبديلين.

تداعيات التقلص:

هذه النتيجة وحدها -على الرغم من أنها قد لا تقود تمامًا إلى النظرية النسبية- قادرة على أن تجعلك غير مستريح فيما يتعلق بالفيزياء الكلاسيكية. عندما يرغب الفيزيائي في قياس طول -وهو لا يستطيع أن يمضي قدمًا في أي تجربة دون أن يقيس طولًا- فإنه يأخذ مقياسًا ويديره في الاتجاه الذي يحتاج إلى قياسه. لم يصادفه أبدًا في السابق أن غير المقياس من طوله على الرغم من كل إجراءاته الاحترازية التي اتخذها عند قيامه بالقياس؛ لكن ما لم يصادفه حقًّا هو أن تكون الأرض في حالة من السكون، لا بد أن تكون الأرض متحركة ولا بد أن يحدث التغير. إن ثبات المقياس المستخدم في القياس هو الحجر الذي تقوم عليه كل بنية الفيزياء؛ وقد تهشم الحجر نثارًا. قد تظن أن هذه الفرضية لا يمكن أن تخدع الفيزيائي بشكل كبير جدًّا؛ لا يمكن للتغيرات في الطول أن تكون خطيرة أو أن تكون ملحوظة. انتظر ولترَ.

دعنا ننظر في أمر بعض تداعيات تقلص فيتزجيرالد. في البداية فلنأخذ ما قد يبدو إلى حد ما كحالة فانتازية خيالية. تخيل أنك على كوكب يتحرك بسرعة كبيرة جدًّا حقًّا، فلنقل ١٦١,٠٠٠ ميل لكل ثانية. سيكون التقلص الحادث مع هذه السرعة هو نصف الطول. سيتقلص أي جسم صلب إلى نصف طوله الأصلي عندما يتم تدويره من كونه قائمًا بالعرض بالنسبة لخط الحركة إلى قائمًا على طول الخط. سوف تقصر رحلة السكة الحديدية بين مدينتين كانت المسافة بينهما ١٠٠ ميل عند الظهيرة إلى خمسين ميلًا في الساعة السادسة مساء وذلك عندما غير الكوكب من مساره بزاوية قائمة. سوف يستنسخ سكان الكوكب مقولة أليس في بلاد العجائب: إننا نفتح ونطوى مثل تليسكوب.

لا أعرف كوكبًا يتحرك بسرعة ١٦١,٠٠٠ ميل لكل ثانية، لكنني أستطيع الإشارة إلى سديم حلزوني بعيد في الفضاء يتحرك بسرعة ١٠٠٠ ميل لكل ثانية. قد يحتوي هذا السديم على كوكب (أتحدث بشكل غير احترافي)، ربما لا أحظى بتأييد كبير للغاية إن قمت بوضع كائنات ذكية على سطحه. عند سرعة ١٠٠٠ ميل لكل ثانية لن يكون التقلص على النحو الكافي لتدركه الكائنات في معاملاتها العادية؛ لكنه سيكون كبيرًا كفاية ليكون ملحوظًا ومقدرًا في القياسات العلمية الدقيقة أو حتى القياسات الهندسية. أحد أكثر العمليات أساسية في الفيزياء قياس الأطوال بمقياس يمكن تحريكه وتوجيهه في أي جهة. تخيل ذعر الفيزيائيين على هذا الكوكب عندما يعرفون أنهم قد ارتكبوا خطأ فادحًا بافتراضهم أن مقياسهم هو مقياس ثابت للطول.

يا له من عمل لو قاموا بالعودة إلى كل تلك التجارب التي أجريت، وقاموا بتطبيق تصحيحات وجهة المقياس عند زمن القياس، ثم يهتمون باستنتاج دلالات وأنظمة قوانين الفيزياء من المعلومات المصححة بطريقة بكر! بأي قدر يجب أن يكون فيزيائيونا ممتنين، كونهم ليسوا في هذا السديم المهرول لكنهم على كوكب مهذب يتحرك ببطء مثل الأرض!

لكن تمهل للحظة. هل من المؤكد جدًّا أننا على كوكب يتحرك ببطء.؟ يمكنني تخيل الفلكيين في السديم يرصدون بعيدًا في الفضاء نجمًا بلا أهمية، في حضرته كوكب بلا أهمية يدعى الأرض. يرصدون أيضًا أنه يتحرك بسرعة ضخمة تصل إلى ١٠٠٠ ميل لكل ثانية بسبب أنه من الطبيعي لو رأيناهم يبتعدون عنا بسرعة ١٠٠٠ ميل لكل ثانية فسوف يروننا نبتعد عنهم بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثانية. يهتف فيزيائيو السديم في تعجب: «ألف ميل لكل ثانية! يا له من سوء حظ يعاني منه فيزيائيو الأرض المساكين! سوف يكون تقلص فيتزجيرالد ملحوظًا ومؤثرًا تمامًا، وكل قياساتهم باستخدام المقاييس سوف تكون خاطئة على نحو خطير. يا له من نظام قوانين عجيب للطبيعة ذلك الذي سوف يكونون قد استنتجوه إذا ما فات عليهم هذا التصحيح!»

لا توجد أي وسيلة لتقرير من منهما على صواب – من منا بالفعل تخصه السرعة النسبية المرصودة ١٠٠٠ ميل لكل ثانية. فلكيًّا، لا تبدو المجرة التي تحتوي على الأرض كأحد أعضائها أكثر أهمية أو أكثر مركزية من السديم. لا يوجد أي أساس للافتراض الذاهب إلى أننا نحن الأقرب إلى أن نكون في حالة سكون؛ إن ذلك لا يعدو أن يكون غرورًا زائفًا.

سوف تقول: «لكن بالتأكيد لو أن هناك تغيرات في الطول ذات أهمية وتأثير قد حدثت على الأرض، فبالتأكيد كنا لنرصدها من خلال قياساتنا» ذلك يمضي بي إلى النقطة المثيرة. لا يمكننا رصد التغيرات من خلال أي قياس؛ يمكن أن تحدث التغيرات وتمر رغم ذلك دون أن تلاحظ مطلقًا. دعني أحاول تبيان كيف يحدث هذا.

سوف نقول إن هذه الحجرة تسافر بسرعة ١٦١,٠٠٠ ميل لكل ثانية رأسيًّا نحو الأعلى. هذه إفادتي، وعلى عاتقك أنت مهمة البرهنة على خطئها. أحرك ذراعي من الوضع أفقيًّا إلى رأسيًّا فيتقلص إلى نصف طوله الأصلي. لا تصدقني؟ إذا فلتجلب مقياسًا بطول الياردة ولتقم بالقياس. أولًا يكون القياس ٣٠ بوصة أفقيًّا؛ فلنقم الآن بالقياس رأسيًّا، النتيجة هي ٣٠ نصف بوصة. يتوجب عليك أن تسمح بالحقيقة التي مفادها أن الجزء من المقياس الذي هو بطول بوصة سوف يتقلص إلى نصف بوصة عندما يتم توجيه المقياس الذي بطول الياردة رأسيًّا.

"لكن يمكننا أن نلاحظ أن ذراعك لم يصبح أقصر، ألا يمكننا الوثوق في أعيننا؟»

بالتأكيد نعم لا يمكننا، إن لم تتذكر أنك عندما استيقظت هذا الصباح ونهضت من الفراش، تقلصت شبكيتك إلى نصف طولها في الاتجاه الرأسي؛ يترتب على ذلك أنها الآن تضخم المسافات الرأسية مرتين قدر المسافات الأفقية.

ترد: حسنًا للغاية، لن أنهض من الفراش. سوف أبقى راقدًا في الفراش وأراك وأنت تقوم بالعرض خاصتك في مرآة مائلة. وستكون إذن شبكيتي على ما يرام، لكنني أعرف أنني لن أرى أي تقلصات، لا زلت.

لكن ألا تزود المرآة المتحركة بصورة مشوهة لما يحدث؟ تتغير زاوية انعكاس الضوء نتيجة حركة المرآة، بالضبط كما تتغير زاوية ارتداد كرة البلياردو لو كان المصد الذي تصطدم به متحركًا. لو قمت بدراسة وبحث تأثير حركة المرآة بسرعة ١٦١,٠٠٠ ميل لكل ثانية مستخدمًا قوانين البصريات العادية، فسوف تجد أن تلك الحركة تدخل تشوها، يخفي بالضبط التقلص الحادث لذراعي.

وهكذا ستجري الأمور فيما يتعلق بأي اختبار مقترح. لا يمكنك دحض دفعي وبالتأكيد لا يمكنني إثباته. قد أختار على ذات النحو أي سرعة أخرى وأدافع عنها بذات الدرجة. في البداية يبدو ذلك مناقضًا لما تمت البرهنة عليه وقيس عن طريق تجربة مايكلسون – مورلي والتجارب الأخرى، لكن فعليًّا لا وجود لأي تناقض. قد كانت جميعها تجارب بلا طائل، تمامًا مثلما كانت تجربتك التي شاهدت فيها ذراعي في مرآة مائلة بلا طائل او عائد. لقد تم البحث عن نتائج بصرية وكهربية معينة تسببت فيها حركة الأرض من نفس نوع تشوه الصور نتيجة حركة المرآة؛ كان ليتم رصدها ما لم يحدث تقلص بالكمية الصحيحة تمامًا لمعادلتها. لم يتم رصدها؛ على ذلك فالتقلص المعادل قد حدث. كان هناك بديل واحد فقط؛ ألا وهو أن السرعة الحقيقية للأرض خلال الفضاء قد صادف وكانت صفرًا. تم استبعاد ذلك بإعادة التجربة بعد ستة أشهر، حيث إنه يستحيل أن تكون سرعة الأرض صفرًا في المناسبتين. هكذا تم تبيان التقلص وتأكيد صحة قانونه المتأثر بالسرعة. لكن مقدار التقلص الفعلي بقي غير معروف في كلتا المناسبتين، حيث إن سرعة الأرض الحقيقية (منفصلة ومتمايزة عن سرعتها المدارية بالنسبة لسرعة الشمس) كانت غير معروفة. كما أنها تبقى غير معروفة؛ لأن التأثيرات البصرية والكهربية التي قد نأمل في قياسها بها دائمًا ما تتم معادلتها بواسطة التقلص.

لقد قلت إن ثبات المقياس المستخدم في القياس هو الحجر الذي قامت عليه بنية الفيزياء. كانت البنية كذلك مدعومة بوسائل إضافية؛ لأن الأجهزة الكهربية والبصرية

يمكن أن تستخدم دائمًا بدلًا من المقاييس المادية لتأكيد الأطوال والمسافات. لكننا قد وجدنا أن كلها مترابطة في مؤامرة بحيث لا يمكن أن تتفلت من بعضها البعض وتأخذ إحداها بناصية الأمر. لقد تفتت الحجر وبالتزامن مع ذلك انهارت كل الدعائم الأخرى.

أطر المكان/ الفضاء:

يمكننا الآن العودة إلى المشاحنة القائمة بين فيزيائيي السديم وبيننا. لأحدنا سرعة كبيرة وقد تأثرت قياساته العلمية بتقلص مقاييسه على نحو خطير. كلانا قد سلم حتى الآن أن رفيقه الآخر هو الذي يرتكب الخطأ. لا يمكننا أن نقطع في النزاع بالاحتكام إلى التجريب لأنه في كل تجربة تُجرى يتم إدخال خطأين، يعادل كل منهما الآخر تمامًا.

إنه نوع غريب من الأخطاء، يحمل دائمًا معه المعادل له. لكن تذكر أن تلك المعادلة تنطبق على الظاهرة المرصودة فعليًّا أو تلك التي من الممكن رصدها فقط. لا تنطبق تلك المعادلة على الجزء الوسيط من استنتاجنا – نظام الاستدلال عبر الرصد الذي يشكل النظرية الفيزيائية الكلاسيكية للكون.

افترض أننا وفيزيائيي السديم نمسح الكون راصدين إياه، ما يعني أننا نقوم بتعيين الأجسام المحيطة في مواضعها الخاصة بها. لأحد الفريقين –فلنقل فيزيائيي السديم– سرعة كبيرة، سوف تتقلص مقاييسهم التي بطول الياردة وتصبح ذات طول أقل من الياردة عندما يقومون بقياس مسافة في اتجاه معين؛ نتيجة لذلك سوف يقدرون المسافات في ذلك الاتجاه معظمين منها كثيرًا. لا يهم ما إذا كانوا يستخدمون مقياس الياردة أو المزواة (أداة لقياس الزوايا) أو بالكاد يحكمون على المسافات بأعينهم؛ يجب أن تتفق كل طرق القياس. إذا ما تسببت الحركة في عدم اتفاق من أي نوع، يجب أن نكون قادرين على تحديد الحركة برصد مقدار عدم الاتفاق؛ لكن كما رأينا

سابقًا، تشير النظرية والرصد إلى أن هناك معادلة كاملة تحدث. لو حاول فيزيائيو السديم تشكيل مربع فإنهم سوف ينتهون إلى تشكيل مستطيل. لا يوجد أي اختبار في إمكانه أبدًا كشف حقيقة أنه ليس مربعا لهم؛ أعظم إنجاز قد يقومون به هو إدراكهم أن هناك أشخاصًا في عالم آخر يتعرفون على هذا الشكل في رؤوسهم كمستطيل، وقد يكونون منفتحي العقل على نحو كاف كي يقبلوا بأن وجهة النظر هذه، على غرابتها ولا معقوليتها كما تبدو يمكن الدفاع عنها بنفس القدر الذي يستطيعون به الدفاع عن خاصتهم. من الواضح أن مفهومهم في مجمله عن الفضاء مشوه إذا ما قورن بخاصتنا، وخاصتنا مشوه مقارنة بخاصتهم. إننا معنيون بنفس الكون، لكننا قد قمنا بترتيبه في فضاءين مختلفين. لقد أدت مشاحنتنا الأصلية حول من منا المتحرك بسرعة ١٠٠٠ ميل لكل ثانية إلى شق عميق بيننا حتى إننا لن نستطيع استخدام نفس الفضاء.

الفضاء/ المكان والزمن كلمتان تقومان بتوصيل أكثر من معنى واحد. الفضاء هو خواء فارغ؛ أو هو عدد من البوصات والفدادين والجالونات[١]. الزمن هو تيار دائم التدفق؛ أو هو شيء يتم بثه إلينا لاسلكيًّا. لا يمكن للفيزيائي الإفادة من المفاهيم المشوشة، لكنه -وأسفاه- دائمًا ما يحظى بها. لكنه لا يستطيع الاستفادة منها فعليًّا. لذلك عندما يتحدث عن الفضاء، فهي دائمًا البوصات أو الفدادين التي يجب أن تحضر في عقله. من وجهة النظر هذه يتبين أن فضاءنا وفضاء فيزيائيي السديم هما فضاءان مختلفان؛ حيث إن تقدير البوصات والفدادين يختلف فيهما. كي نتجنب سوء الفهم، فمن الأفضل ربما أن نقول إن لدينا أطرًا مختلفة للفضاء - أطرًا مختلفة نرجع إليها مواضع الأشياء. مع ذلك، لا تفكر في إطار الفضاء كشيء مختلق من قبل الوعي؛ يدخل إطار الفضاء إلى عقولنا مع أول إدراك لنا للفضاء. على سبيل المثال، فلنتفكر في أقصى الحالات عندما كان تقلص فيتزجيرالد هو النصف. لو أن رجلًا قد

(١) نلاحظ استخدام إدنجتون لوحدة أطوال (بوصات) ومساحات (فدادين) وأحجام (جالونات) (المترجم).

رأى مستطيلًا أبعاده «٢ × ١» كأنه مربع، فمن الواضح أن الفضاء بالتأكيد قد بزغ في ذهنه وأفكاره بطريقة مختلفة جدًّا من تلك التي قد أدركناه بها.

يعتمد إطار الفضاء المستخدم من قبل الراصد على حركته فقط. سوف يتفق الراصدون الذي يقطنون كواكب مختلفة لها نفس السرعة (أي أن سرعاتها النسبية تساوي الصفر) فيما يتعلق بمواضع الأشياء في الكون؛ لكن الراصدين على الكواكب التي لها سرعات مختلفة لهم أطر مختلفة. قد تسأل: كيف يمكنني أن أكون متأكدًا جدًّا فيما يخص الطريقة التي سوف تفسر بها هذه الكائنات المتخيلة أرصادها؟ إذا ما كان هذا الاعتراض ضاغطًا، فلن أدافع عن نفسي؛ لكن يتوجب على أولئك الذين لا يحبون كائناتي المتخيلة أن يواجهوا البديل من خلال تتبع الحجاج والجدل بالرموز الرياضية. كان هدفنا التعبير عن نتائج معينة بطريقة مفهومة ومناسبة، تلك النتائج التي تتوالى من تجارب أجريت على الأرض وحسابات فيما يتعلق بتأثير الحركة على الظواهر الكهربية والبصرية والمترية (القياسات بالنظام المتري). تم إنجاز الكثير من العمل المتقن في هذا الشأن حيث بات العلم في موضع يمكنه من النص على نتائج القياس التي سوف تسجلها أدوات تسافر بسرعات هائلة – سواء كانت أدوات من نوع تقني أو على سبيل المثال، شبكية بشرية. لقد عاملت راصدي من السديم كأكثر من مجرد جهاز لتسجيل النتائج من منحى واحد فقط؛ حيث افترضت أنه عرضة لسقطة الطبيعة البشرية الشائعة، أعني، أنه يسلم بأن كوكبه قد كان هو الكوكب الماثل في عقل الإله بالأساس عندما قام بخلق الكون. لذلك فهو (مثل قارئي ربما؟) غير ميال إلى أخذ وجهات النظر التي تخص أولئك الناس الذين قد تم تضليلهم بسبب حركتهم بسرعة ١٠٠٠ ميل لكل ثانية على محمل الجد بسبب منظوره الضيق.

قد يأخذ راصد متواضع على نحو استثنائي كوكبًا ما آخر غير كوكبه الخاص

كمعيار للثبات. من ثم سيكون عليه تصحيح كل قياساته بسبب تقلص فيتزجيرالد الناتج عن حركته الخاصة بالنسبة إلى المعيار، وسوف تزود القياسات المصوبة بإطار الفضاء الخاص بالكوكب المعياري حيث كانت القياسات الأصلية تزود بإطار الفضاء الذي كان لكوكبه خاصته. بالنسبة له فإن المعضلة أكثر ضغطًا وإثارة للتوتر حتى، حيث إنه لا يوجد شيء يرشده إلى الكوكب المختار كمعيار للثبات. بمجرد أن يهجر الافتراض الساذج بأن إطاره الخاص هو الإطار المختار والوحيد الصحيح يتصاعد التساؤل، إذَنْ أي من الأطر الأخرى العصية على الإحصاء هو الصحيح؟ لا توجد إجابة، وعلى قدر فهمنا وإدراكنا لا توجد احتمالية للإجابة. في الوقت نفسه تبقى كل قياساته التجريبية دون اختزال، لأن التصويبات واجبة التطبيق عليها تعتمد على الإجابة. أخشى أن راصدنا المتواضع سيتخلف على الأرجح وسيغادره رفاقه الأقل خنوعًا.

لم تكن المشكلة التي ظهرت أننا قد وجدنا شيئًا ما خطأ بالضرورة في إطار الموضع الذي تم توظيفه في نظام الفيزياء خاصتنا؛ وبالتالي فهو لم يقدنا إلى تضارب تجريبي. الخطأ الوحيد الذي نعرفه فيما يتعلق به أنه ليس متفردًا. لو كنا قد وجدنا أن إطارنا غير مرض وأن إطارًا آخر مفضل عليه، ما كان ذلك ليسبب ثورة فكرية كبيرة، لكن اكتشاف أن إطارنا هو واحد من ضمن أطر عديدة كثيرة، كلها مرضية بشكل متكافئ يقودنا إلى تغيير فهمنا لدلالة إطار الموضع.

اعتراضات الحس المشترك:

قبل أن نذهب أبعد، يجب أن أجيب الناقد الذي يعترض باسم الحس المشترك. الفضاء -فضاءه- جلي جدًّا بالنسبة له. «من الواضح أن هذا الشيء هنا؛ وأن ذلك الشيء هناك بالضبط. أعرف ذلك؛ ولن يصيبني بالشك أي قدر من الغموض العلمي حول تقلص عصي القياس تلك»

إن لدينا أفكارًا مسبقة عن الموضع في الفضاء/ المكان انحدرت لنا من أسلافنا أمثال القرود. إنها متجذرة بعمق في طريقة تفكيرنا، لذلك من الصعب جدًّا انتقادها في غير تحيز وادراك الأساس غير الآمن أبدًا الذي تستقر عليه. نفترض في اعتياد أن لكل الأشياء المحيطة بنا موضعًا محددًا في الفضاء/ المكان وأننا على وعي بالمواضع الصحيحة. الأشياء في دراستي في مواضعها الفعلية حيث إننا على وعي بوجودها؛ ولو أن راصدًا (على كوكب آخر) يقوم بمسح الحجرة بعصي قياس وما إلى غير ذلك، قد خلص إلى ترتيب مغاير للمواضع، فإنه بالكاد يلفق متناقضة علمية، لا تزعزع الحقائق الفعلية للموضع الواضح لأي رجل يؤمن في الحس المشترك. يتجاهل هذا السلوك في ازدراء سؤال، كيف أعي بالموضع؟ إذا كان يتم تحديد الموضع من خلال القياسات العلمية مع إجراءات احترازية دقيقة، فإننا على استعداد كاف لافتراض كل أنواع الطرق التي قد تكون الأجهزة قد أخطأت بها؛ لكن لو تم الحصول على معلومات الموضع بلا إجراءات احترازية، لو أنها قد ألقيت في رؤوسنا دون بحث، إذَنْ فصحتها واضحة وشكك فيها هو تحليق ضد تيار الحس المشترك! لدينا انطباع من نوع ما (بالرغم من أننا لا نحب الاعتراف به) أن عقولنا تضع مجسًّا في الفضاء ليؤكد مباشرة أين يوجد كل شيء مألوف. ذلك هراء؛ لا يتم تحصيل معرفة الحس المشترك للموضع بتلك الطريقة. إنها معرفة حسية صارمة وليست معرفة حس مشترك. يتم تحصيلها جزئيًّا من خلال اللمس والإحساس بالحركة؛ مثل أن جسمًا على مسافة بطول ذراع أو على بعد عدة خطوات قليلة. هل هناك أي فارق جوهري بين هذه الطريقة والقياسات العلمية باستخدام مقياس غير أن هذه الطريقة غير دقيقة؟ لقد تم تحصيلها جزئيًّا من خلال النظر – نسخة غير دقيقة للقياس العلمي باستخدام المزواة. ليست معرفتنا المشتركة عن مكان الأشياء منحة إعجازية من سلطة لا تساءل؛ إنه استدلال من أرصاد من نفس النوع عدا كونها أقل دقة من تلك التي يتم إجراؤها في مسح علمي. ضمن حدود الدقة الخاصة بمخطط

مواضع الأجسام التي أعي بها غريزيًّا فإن هذا المخطط مثله كمثل المخطط العلمي للمواضع، أو إطار الفضاء.

عندما نستخدم عدسة تليسكوب ولوح حساس قد جرت صناعتهما بعناية بدلا من عدسة من الكريستال أو شبكية العين فإننا نزيد الدقة لكننا لا نغير من صفة مسحنا للفضاء. لقد أصبحنا على وعي بخواص معينة للفضاء عن طريق زيادة التحسينات تلك، لم يكن سلفنا الشبيه بالقرد يعرفها عندما قام بتأسيس الأفكار المشتركة التي انحدرت لنا. يعمل مخططه للمواضع بشكل متساوق ما دام لم تكن هناك تغيرات هامة في حركته (عدة مئات في الثانية لا تصنع اختلافًا واضحًا يمكن تقدير أثره)؛ لكن التغيرات الكبيرة تتضمن الانتقال إلى نظام مختلف للمواضع متسق ذاتيًّا بالرغم من كونه غير متسق مع ذلك الأصلي. مع وجود أي عدد من أنظمة المواضع هذه لدينا أو أطر الفضاء، لم يعد في إمكاننا التظاهر أن كلا منها يشير «إلى حيث توجد الأشياء تمامًا» ليس الموضع بالشيء الذي تكشف للعقل في ظاهرة فوق طبيعية؛ إنه نوع من الإجمال المألوف لخواص الأجسام أو علاقاتها التي تحدد الظروف لأحاسيس بصرية ولمسية معينة.

ألم يبين ذلك أن الموضع «الصحيح» في الفضاء لا يمكن أن يكون مهمًّا وجوهريًّا جدًّا على ذلك النحو الذي أشير إليه في مخطط نيوتن للأشياء؟ يمكن للراصدين المختلفين أن يتعاملوا معه باستهانة واستهتار دون حدوث تأثيرات سيئة.

افترض أن الموضع -لن أقول أنه كالخرافة تمامًا لكنه - ليس بالشيء المحدد تمامًا الذي أشارت إليه الفيزياء الكلاسيكية؛ حيث تحتوي فكرة نيوتن عن الموضع على بعض الحقيقة وبعض الحشو وليست الحقيقة هي التي تتسبب في المشاحنات القائمة بين راصدينا لكنه الحشو. ذلك سوف يفسر الكثير جدًّا. سوف يفسر في التو لماذا تبدو كل القوى في الطبيعة وكأنها قد انخرطت في مؤامرة كي تمنع اكتشافنا

الموضع المحدد لأي جسم (موضعه في الإطار «الصحيح» من الفضاء)؛ من الطبيعي ألا تقدر على كشفه، لو كان غير موجود.

سوف يتم تعقب هذه الفكرة في الفصل القادم. أما الآن فدعنا ندقق النظر رجوعًا إلى ذلك الحجاج الذي قادنا للوضع الحالي. لقد نشأ من فشل مقاييسنا التي نستخدمها في القياس ونوليها ثقة كبيرة، فشل يمكننا أن نعزوه إلى الإثباتات العلمية أو على نحو أبسط إلى التداعيات الحتمية الناتجة عن قبول النظرية الكهربية للمادة. هذا السلوك غير المتوقع ما هو إلا خاصية ثابتة لكل أنواع المادة بل تتشاركها حتى أجهزة القياس البصرية والكهربية. على ذلك فهي لا تعاني أي نوع من التضارب ولا يشوش عليها به عند تطبيق المناهج المعتادة للقياس. يتكشف التضارب عندما نغير من الحركة المعيارية لمعدات القياس، على سبيل المثال عندما نقارن الأطوال والمسافات كما قيست عن طريق راصدين أرضيين بتلك التي سيقوم بقياسها راصدين على كوكب له سرعة مختلفة. مبدئيًّا يمكننا أن نطلق على الأطوال المقاسة التي تحتوي على هذا التضارب «أطوالا مختلقة»

بحسب مخطط نيوتن تكون الأطوال محددة وفريدة؛ وعلى كل راصد أن يدخل تصحيحيات (معتمدة على سرعته) كي يختزل أطواله المختلقة إلى أطوال نيوتن المتفردة. لكن هناك اعتراضين في مواجهة ذلك. أولهما أن التصحيحات التي سوف يتم إدخالها لأجل ذلك الاختزال إلى أطوال نيوتن غير محددة؛ إننا نعرف التصحيحات اللازمة لاختزال قياساتنا المختلقة خاصتنا إلى تلك المقاسة بواسطة راصد له أي حركة أخرى مغايرة موصوفة، لكن لا توجد أي خاصية أو ملمح لتقرير أي الأنظمة هو ذلك المقصود في مخطط نيوتن. ثانيهما أن كل الفيزياء الحالية مبنية على أطوال تم قياسها بواسطة راصدين أرضيين دون إجراء هذه التصحيحات، لذلك بينما ترجع تأكيداتها ظاهريًّا إلى أطوال نيوتن إلا أنه قد تمت البرهنة فعليًّا

على كونها أطوالًا مختلقة.

قد يبدو تقلص فيتزجيرالد كشيء ضئيل كي يتسبب في قلب كل بنية الفيزياء الكلاسيكية رأسًا على عقب. لكن التجارب المساهمة في معارفنا العلمية التي لن يثبت تهافتها حقيقة إلا لو كانت مناهجنا في قياس الأطوال غير منضبطة قليلة. نجد الآن أنه لا يوجد ما يضمن عدم عرضة مناهجنا لخطأ نظامي. وما زال الأسوأ أننا لا نعرف إن كان الخطأ قد وقع أم لا، ونملك كل المنطق كي نظن أن معرفة ذلك مستحيلة.

* * *

الفصل الثاني

النسبية

مبدأ أينشتاين:

كان الراصد المتواضع الذي ذكر في الفصل الأول ملزمًا بالتصدي لمهمة الاختيار بين عدد من أطر الفضاء من دون أي دليل قد يرشد اختياره. الأطر مختلفة من حيث كونها تؤطر أشياء العالم المادية بما فيها الراصد نفسه، على نحو مختلف فيما بينها؛ لكنها غير متمايزة من حيث إن العالم المؤطر في أحد الفضاءات يتصرف ويعبر عن نفسه بذات القوانين بالضبط مثله كمثل أي عالم مؤطر في فضاء آخر. حتى اليوم يتبنى راصدنا نتيجة صدفة الميلاد على كوكب معين أحد هذه الأطر دون تفكير أو مراجعة؛ لكنه بات يدرك ألا وجود لأساس للإصرار على أن أحد هذه الأطر هو بالتأكيد الإطار الصحيح. إذَنْ فأيها هو الإطار الصحيح فعلًا؟

عند هذا المنحى تقدم أينشتاين بفرضية:

«إنك تجد في البحث عن إطار للفضاء تدعوه بالإطار الصحيح. على ماذا تقوم «صحته» تلك؟».

تقف وفي يدك بطاقة أمام صف من الصناديق، جميعًا متماثلة تمامًا. أنت مهموم وقلق لأنه لا يوجد ما قد يساعدك في اتخاذ قرار حول أي من هذه الصناديق يجب أن توضع عليه البطاقة. انظر إلى البطاقة واقرأ ما كتب عليها. لا شيء.

ما «الصحيح» إلا بطاقة خالية عند تطبيق ما فيها على أطر الفضاء. إن ما فيها يفترض أن هناك شيئًا ما يميز الإطار الصحيح من الإطار الخاطئ؛ لكن عندما نسأل ما هي هذه الخاصية المميزة، تكون الإجابة الوحيدة التي نتلقاها هي «الصحة»، وهي الإجابة التي لا تجعل المعنى أوضح أو تقنعنا في الأساس بوجود معنى.

أنا على استعداد للتسليم بأن أطر الفضاء بالرغم من تشابهها الحالي قد لا تبقى في المستقبل على هذه الحالة من عدم التمايز التام. (أظن أن ذلك غير محتمل، لكنني لا أستبعده) قد يجد فيزيائي المستقبل الإطار الخاص بنجم -فلنقل- السماك الرامح متفردًا في بعض الخواص ليست معروفة بعد للعلم. من ثم ما من شك في أن صديقنا الذي في يده البطاقة سوف يسارع إلى تثبيتها. «لقد أخبرتك بذلك. أعرف أنني قد عنيت شيئًا عندما تحدثت عن الإطار الصحيح» لكن لا يبدو أنها تجارة رابحة حيث نثير ضوضاء عالية، تتعلق بفرصة لائحة مشكوك فيها، تشير إلى أن جيل المستقبل قد يجد دلالة ما يعزوها إلى إطار ما. ربما نرد على أولئك الضاربين على وتر إطار الفضاء الصحيح بكلمات بوتوم الحائك:

«إذ من الذي بلغ به الغباء حد الدخول في جدل مع طائر غبي كالوقواق؟ ومن بوسعه أن يُكذّب طائرًا ولو ظل ساعات يردد صيحته: «كوكو.. كوكو»؟»[1].

على ذلك لا تنخرط نظرية أينشتاين في موقف يسعى إلى طرح التساؤلات عن إطار الفضاء الصحيح المتفرد. هناك إطار للفضاء بالنسبة إلى الراصد الأرضي، هناك إطار آخر بالنسبة إلى راصدي السديم، أطر أخرى منسوبة لنجوم أخرى. أطر الفضاء نسبية. المسافات والأطوال والحجوم -كل الكميات المقدرة مكانيًّا وتنتمي إلى الأطر- هي بالمثل نسبية. المسافة المقدرة بواسطة راصد على نجم ما، هي بذات كفاءة المسافة التي يقدرها راصد على نجم آخر. لا يجب أن نتوقع اتفاقهما؛ واحدة

(١) اقتباس من مسرحية (حلم في منتصف ليلة صيف) لويليام شكسبير، ترجمة: حسين أحمد أمين، الفصل الثالث، المشهد الأول. وقد آثرت اعتماد ترجمة حسين أحمد أمين كما هي. (المترجم)

منهما هي مسافة بالنسبة إلى إطار ما، الأخرى هي مسافة بالنسبة إلى إطار آخر. أما المسافات المطلقة، غير النسبية لإطار ما خاص فهي بلا معنى.

النقطة التالية الجديرة بالملاحظة هي أن كميات الفيزياء الأخرى المتماشية مع إطار الفضاء، هي بذلك نسبية أيضًا. ربما تكون قد رأيت واحدًا من جداول وحدات قياس كميات الفيزياء المختلفة التي تظهر ارتباطها جميعا معًا بتقديرات الطول والزمن والكتلة. إذا ما قمت بتغيير تقدير الطول، فإنك ستقوم بتغيير تقديرات الكميات الفيزيائية كافة.

تخيل جسمًا مشحونًا كهربيًّا في حالة ثبات على الأرض. ولأنه في حالة ثبات فهو يزود بمجال كهربي لكنه لا يزود بمجال مغناطيسي. لكنه بالنسبة لفيزيائي من السديم جسم مشحون يتحرك بسرعة ١٠٠٠ ميل لكل ثانية. تُكوّن الشحنة المتحركة تيارًا كهربيًّا وهو التيار الذي يتسبب في نشوء مجالًا مغناطيسيًّا بحسب قوانين الكهرومغناطيسية. كيف يمكن لنفس الجسم أن يزود وألا يزود بمجال مغناطيسي؟ من وجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية علينا أن نفسر واحدة من هذه النتائج على أنها خداع. (لا توجد صعوبة في القيام بذلك؛ فقط لا يوجد ما يحدد لنا أي من النتيجتين هي التي يجب استبعادها). من وجهة نظر النظرية النسبية فإن كلتا النتيجتين مقبولتان. المجالات المغناطيسية نسبية. لا يوجد مجال مغناطيسي بالنسبة لإطار الفضاء الأرضي؛ هناك مجال مغناطيسي بالنسبة لإطار الفضاء السديمي. سوف يرصد الفيزيائي السديمي على نحو واف المجال المغناطيسي باستخدام معداته مع أن معداتنا تظهر عدم وجود أي مجال مغناطيسي. ذلك بسبب أنه يستخدم معدات في حالة ثبات على كوكبه ونستخدم نحن معدات في حالة ثبات على كوكبنا؛ أو على الأقل نقوم نحن بتصحيح أرصادنا لتتوافق مع ما تشير به علينا معداتنا الثابتة في إطار الفضاء/ المكان المقابل لنا.

هل هناك مجال مغناطيسي بالفعل أم لا؟ هذه المشكلة مثل سابقتها المتعلقة

بالمربع والمستطيل. هناك توصيف ما للمجال بالنسبة لكوكب ما، وتوصيف آخر بالنسبة لكوكب آخر. لا وجود لتوصيف مطلق.

ليس صحيحًا تمامًا أن نقول أن كل كميات الفيزياء نسبية ونسبيتها ترجع إلى أطر الفضاء/ المكان. يمكننا أن نُكوّن كميات فيزيائية جديدة بالضرب والقسمة وما إلى غير ذلك.؛ هكذا نضرب الكتلة في السرعة لتزودنا بالزخم/ كمية التحرك، نقسم الطاقة على الزمن كي تزودنا بقوة الحصان. يمكننا أن نضع نحن أنفسنا المشكلة (المسألة) الرياضية الخاصة بتكوين كميات غير متغيرة بهذه الطريقة، ما يعني أنها كميات ستكون لها نفس القياس بغض النظر عن إطار الفضاء/ المكان الذي قد يستخدم. تبين أن واحدًا أو اثنين من هذه الكميات غير المتغيرة قد كانت بالفعل كميات معروفة ومدركة في فيزياء ما قبل النسبية؛ أشهرها «الفعل» و«الإنتروبيا». تهتم فيزياء النسبية على نحو خاص بالكميات غير المتغيرة ولقد اكتشفت وأسمت عددًا قليلًا، أكثر منها. افتراض أن نظرية أينشتاين النسبية تؤكد أن كل شيء نسبي هو خطأ شائع. في الحقيقة تقول: «هناك أشياء مطلقة في العالم لكن عليك أن تنظر عميقًا بحثًا عنها. الأشياء التي تقدم نفسها في البداية لتلاحظها هي في الأغلب الأعم نسبية».

الكميات النسبية والمطلقة:

سوف أحاول أن أوضح الفارق بين الكميات المطلقة والنسبية. العدد (الخاص بأفراد منفصلين) هو مطلق. إنه ناتج عن العد والعد عملية مطلقة. إذا قام رجلان بعد عدد الأفراد في هذه الحجرة ووصلا إلى نتيجتين مختلفتين، فبالتأكيد أحدهما مخطئ.

قياس المسافات ليس بالعملية المطلقة. من الممكن لرجلين قياس نفس المسافة والوصول إلى نتيجتين مختلفتين، وما يزال كلاهما مصيبين.

أضع نقطتين على السبورة وأسأل طالبين أن يقيسا على نحو دقيق جدًّا المسافة

بينهما. أقوم بإعطائهما تعليمات دقيقة فيما يتعلق بالمعيار المستخدم والاحترازات اللازمة لأجل الحصول على قياسات دقيقة للمسافة وذلك حتى لا يكون هناك أي شك محتمل فيما يخص ما قصدته بالمسافة. يجلبان إلي نتيجتين مختلفتين. أسألهما أن يقارنا الملاحظات كي يكتشفا من منهما قد كان على خطأ ولماذا؟ في الحال يعودان إليّ قائلين: «إن الخطأ خطأك أنت لأن تعليماتك لم تكن واضحة فيما يتعلق بأحد النقاط. لم تذكر الحركة التي ينبغي أن يكون عليها المقياس الذي نستخدمه في القياس عند استخدامه.» أحدهما دون أن يفكر كثيرًا في الأمر أبقى المقياس في حالة ثبات على الأرض. الآخر انعكست عليه معارفه بكون الأرض كوكب غير ذي بال تمامًا وكذلك معرفته برأي البروفيسور في ذلك الأمر حيث إن رأيه يحط منه. ظن أن المنطق الوحيد يقتضي منه اختيار جسم أكثر أهمية كي ينظم حركة المقياس، وبناء على ذلك زوده بحركة تتوافق مع تلك التي للنجم منكب الجوزاء شديد الضخامة. على نحو طبيعي كان تقلص فيتزجيرالد مسؤولًا عن اختلاف النتائج.

لا أميل إلى تقبل هذا العذر. أقول بحدة: «كل ذلك الهراء حول اعتماد سحب الأرض أو سحب منكب العذراء أو أي جسم آخر. لا تحتاجان إلى أي معيار خارج المسألة. طلبت منكما أن تقيسا المسافة بين النقطتين على السبورة؛ يجب أن تجعلا حركة المقياس تتفق مع تلك التي للسبورة. بالتأكيد إنه لمن الحس المشترك أن تجعلا مقياسكما الذي تستخدمانه في القياس يتحرك مع ما تقومان بقياسه. تذكرا ذلك في المرة القادمة.

بعد أيام قليلة أطلب منهما أن يقيسا الطول الموجي لضوء الصوديوم – المسافة من قمة موجة إلى قمة موجة من موجات الضوء. يقومان بذلك ويعودان محتفلين بنصر الاتفاق: «الطول الموجي لا نهائي». أبين لهما أن ذلك لا يتفق مع النتيجة التي يزود بها الكتاب (٠.٠٠٠٠٥٩ سم). يردان: «نعم، قد لاحظنا ذلك؛ لكن الرجل في الكتاب لم يقم بالأمر على الوجه الصحيح. لقد أخبرتنا أن علينا دائمًا أن نجعل

مقياسنا الذي نقيس به يتحرك مع الشيء الذي نرغب في قياسه. لذلك وبمعاناة شديدة ونفقات ضخمة أرسلنا مقاييسنا مندفعة عبر المعمل بسرعة الضوء، عند هذه السرعة يكون تقلص فيتزجيرالد لا نهائي، عصي القياس المترية تقلصت إلى لا شيء، لذلك تطلب الأمر عددًا لا نهائي منها كي نملأ المسافة من قمة الموجة إلى قمتها الأخرى.»

كانت قاعدتي التي أضفتها جيدة تمامًا من ناحية أنها ستزود دائمًا بشيء مطلق – شيء ما سيتفقان عليه بالضرورة. مصدر الأسف الوحيد أنها لن تزود بالطول أو المسافة عندما نسأل عما إذا كانت المسافة مطلقة أم نسبية، لا يجب أن نرتب عقولنا في البداية على أن المسافة يجب أن تكون مطلقة ومن ثم نغير الدلالة الحالية للاصطلاح كي نجعله كذلك.

ولا نستطيع مطلقًا لوم أسلافنا على أنهم قد جعلوا بغباء كلمة «مسافة» تعني شيئًا نسبيًّا بينما كانوا يقومون ربما باستخدامها مع نتائج لقياسات مكانية مطلقة وغامضة. للقاعدة الإضافية التي قمت باقتراحها عيب واحد. حيث إنه يتوجب علينا غالبًا أن نتفكر في نظام يحتوي على عدد من الأجسام لها حركات مختلفة؛ سوف يكون من غير المناسب قياس كل جسم بجهاز في حالة حركة مختلفة، وسيتوجب علينا اقتحام فوضى مروعة لدى محاولتنا توفيق القياسات المختلفة معا. لقد كان أسلافنا حكماء بإرجاع كل المسافات إلى إطار فضائي / مكاني مفرد، حتى إن كانت توقعاتهم بخصوص كون مثل هذه المسافات المطلقة لم تتم التوفية بها.

أما بخصوص الكمية المطلقة التي تزود بها القاعدة الإضافية المقترحة، فبإمكاننا أن نضع المسافات بالنسبة إلى الأرض والمسافات بالنسبة لمنكب العذراء وما إلى غير ذلك من النتائج جنبًا إلى جنب، ككميات يحوم حولها بعض الشغف لدراستها. تدعى هذه الكميات «مسافة مُحقّقة». ربما تشعر براحة القبض على شيء مطلق وسترغب في تتبعه. ممتاز. لكن تذكر سيقودك ذلك بعيدًا عن مخطط الفيزياء الكلاسيكي الذي كان قد اختار المسافات النسبية ليبني عليها. التساؤل عن المطلق

يقودك إلى العالم رباعي الأبعاد.

أحد الأمثلة الأكثر ألفة لكمية نسبية هي «الاتجاه» الذي لجسم ما. هناك اتجاه لكامبريدج بالنسبة إلى إدنبرة واتجاه آخر بالنسبة للندن وهكذا. لم يحدث لنا أبدًا أن فكرنا في هذا كتناقض أو أن افترضنا وجوب وجود اتجاه ما مطلق (غير مكتشف حتى الآن) لإدنبرة. تحتوي الفكرة التي تذهب إلى وجوب وجود مسافة مطلقة بين نقطتين على نفس نوع المغالطة. هناك بالتأكيد اختلاف في التفاصيل؛ الاتجاه النسبي المذكور سابقًا هو نسبي رجوعًا إلى موضع معين للراصد؛ بينما المسافة النسبية هي نسبية رجوعًا إلى سرعة معينة للراصد. يمكننا أن نغير الموضع بحرية وكذلك يمكننا إدخال تغييرات كبيرة في الاتجاه النسبي؛ لكننا لا نستطيع تغيير السرعة على نحو مؤثر – الـ٣٠٠ ميل التي تستطيع أسرع معداتنا إدراكها غير ذات قيمة تمامًا لنعتد بها. بالتالي فنسبية المسافة ليست أمرًا من أمور الحس المشترك للخبرة على عكس نسبية الاتجاه التي هي كذلك. للأسف ذلك هو السبب في وجود انطباع متجذر في عقولنا أن المسافات ينبغي أن تكون مطلقة.

أحد الأمثلة التوضيحية المألوفة والبسيطة لكمية نسبية يوفرها الجنيه الإسترليني. أيًّا ما قد تكون وجهة النظر النظرية الصحيحة، فإن رجل الشارع حتى وقت قريب جدًّا كان يعتبر الجنيه ككمية مطلقة تعبر عن الثروة. لكن تجربة التردي الاقتصادي قد أقنعتنا تمامًا بنسبيته. في البداية اعتدنا التشبث بفكرة أن الجنيه الاسترليني يجب أن يكون مطلقًا وعانينا كي نعبر عن الموقف بعبارات متناقضة – لقد أصبح الجنيه فعليًّا بقيمة سبعة شلنات وستة بنسات[1]. لكننا قد أصبحنا معتادين على الأمر وواصلنا تقدير الثروة بالجنيهات كما كان الحال من قبل، لا نكاد ندرك نسبية الجنيه وعلى ذلك يجب ألا نتوقع حيازته لتلك الخواص التي عزوناها له كاعتقاد منا في كونه مطلقًا.

(١) في عام ١٩٧١ تم العمل بالنظام العشري حيث أصبح الجنيه الإسترليني يحتوي على ١٠٠ بنس لكن قبل ذلك (وبالتالي في وقت كتابة هذا الكتاب) كان الجنيه الإسترليني يحتوي على ٢٠ شلن والشلن يحتوي على ١٢ بنس. أما الست بنسات فقد كانت قطعة عملة واحدة لها هذه القيمة (المترجم).

يمكنك أن تشكل فكرة ما عن الفارق الجوهري في منظور الفيزياء قبل وبعد مبدأ أينشتاين للنسبية وذلك بمقارنة ذلك الفارق مع الفارق في النظرية الاقتصادية التي تولدت عن ادراك القيمة النسبية للمال. أفترض أنه في أوقات الاستقرار تتضح أعراض النتائج العملية لهذه النسبية بشكل رئيسي في صورة التذبذبات الطفيفة التي تحدث عند التحويل من وإلى العملات الأجنبية، التي قد تشبه التغيرات الطفيفة في الطول التي تؤثر في التجارب الحساسة مثل تجربة مايكلسون ومورلي. أحيانًا قد تكون التبعات أكثر تأثيرًا – كتحويل للمارك يقفز عاليًا لبلايين، جسيم β مسرع للغاية يتقلص إلى ثلث نصف قطره. لكن تلك الأعراض والتداعيات السببية ليست النتيجة الرئيسة وخلاصة الأمر. من الواضح أن الاقتصادي الذي يؤمن في أن للجنيه قيمة مطلقة لم يقبض على جوهر موضوعه. بالمثل إذا ما أدركنا العالم الفيزيائي باعتباره مكون في حد ذاته من تلك المسافات والقوى والكتل، تلك التي بتنا ندرك الآن أن مرجعيتها الوحيدة تعود إلى إطار مرجعي خاص، فنحن بعيدون عن الفهم الصحيح لطبيعة الأشياء.

خطة الطبيعة للبناء:

دعنا الآن نعود إلى الراصد الذي كان قلقًا للغاية ومهموما باختيار الإطار «الصحيح» للفضاء/ المكان. أفترض أن ما كان ماثلًا في عقله هو إيجاد الإطار الخاص بالطبيعة – الإطار الذي أسست عليه الطبيعة حساباتها عندما وازنت الكواكب لتكون طوع قانون الجاذبية، أو حساب التماثل الذي استخدمته عندما وضعت الإلكترونات في مخرطتها. لكن الطبيعة قد كانت حاذقة للغاية بالنسبة له؛ لم تترك أي شيء قد يفشي سر الإطار الذي استخدمته. أو ربما لا يعود ذلك الإخفاء لأي حذق خاص؛ ربما قامت بعملها دون توظيف أي إطار للفضاء / المكان. دعني أقص عليك أمثولة.

كان يا ما كان أثري اعتاد أن يحسب تواريخ معابد القدماء من وجهتها. لقد وجد أنها قد كانت مصفوفة وفقًا لشروق نجوم معينة. لم تعد النجوم تشرق من وجهتها

الأصلية نتيجة مرور الأيام، لكن التاريخ الذي كانت تشرق فيه من تلك الوجهة الأصلية التي يحاذيها المعبد من الممكن حسابه، ومن خلال هذا يمكن الكشف عن حقبة تشييد المعبد. لكن كانت هناك قبيلة لا تصلح معها هذه الطريقة؛ لقد بنوا معابد مستديرة فقط. بالنسبة للأثري يبدو ذلك علامة على حذق خارق من جانبهم؛ لقد توصلوا لجهاز سيخفي تمامًا التواريخ التي شيدت فيها معابدهم. مع ذلك قام ناقد بتقديم فرضية شائنة، تذهب إلى أن هذه القبيلة المعينة ربما لم تكن مفتونة بعلم الفلك.

مثلي كمثل ذلك الناقد لا أعتقد أن الطبيعة قد كانت حاذقة على نحو خاص في إخفاء الإطار الذي تفضله. هي غير مفتونة بأطر الفضاء / المكان فقط. ما الأطر إلا وسيلة للتجزئة قد وجدناها مفيدة لأجل إجراء الحسابات، لكنها لا تلعب أي دور في نحت الكون. بالتأكيد سيكون من العجيب افتراض أن الكون قد تم تخطيطه بطريقة يخفي بها خطته. إن ذلك أشبه بمخطط الفارس الأبيض[1]:

لكنني كنت أفكر في خطة
لصبغ شارب أحدهم بالأخضر،
ذلك الذي يستخدم دائمًا مروحة يد كبيرة
بحيث لا يمكن رؤية شاربه أبدًا.

لو أن الحال كذلك، إذا علينا أن نبعد كل الأطر الفضائية/ المكانية بعيدًا قبل أن نستطيع رؤية خطة الطبيعة في دلالتها الفعلية الواقعية. حيث إن الطبيعة نفسها لا تولي مثل هذه الأطر أي اهتمام، وليس بمستطاع تلك الأطر سوى التشويش على

(١) الفارس الأبيض هو أحد شخصيات رواية (ما وجدته أليس هناك، عبر النظر في المرآة) للرياضي والأديب الشهير لويس كارول، وتلك الأبيات مقطع من أغنية وردت في الرواية، في الفصل الثامن بعنوان (عين الحدوق) والحدوق نوع من أنواع الأسماك ينتشر على جانبي المحيط الأطلسي الشمالي ويعد وجبة شعبية مغذية. (المترجم).

بساطة مخطط الطبيعة. لا أقصد بذلك اقتراح إعادة كتابة الفيزياء بالكامل، ماحين كل المرجعيات إلى أطر المكان / الفضاء أو أي كميات مرجعيتها إليها؛ لدى العلم مهام كثيرة للقيام بها، إلى جانب استيعاب الخطة النهائية لبنية العالم. لكن إن رغبنا في الحصول على تبصر بذلك، فالخطوة الأولى إذَنْ هي الهرب من أطر الفضاء/ المكان غير ذات الصلة.

سيستدعي ذلك تغييرًا كبيرًا في المفاهيم الكلاسيكية، وسيتبع تغييرنا في السلوك تطورات هامة. على سبيل المثال، من المعروف أن قوى الجاذبية والقوى الكهربية تتبعان كلتاهما قانون التربيع العكسي للمسافة تقريبا. يفتننا هذا القانون بشدة ويروقنا لبساطته؛ حيث إن بساطته تلك ليست بساطة رياضية فقط لكنه يتوافق على نحو طبيعي تمامًا مع ضعف تأثير تلك القوى مع انتشارها في الأبعاد الثلاثة ابتعادًا عن مصدرها. لذلك نذهب إلى أنه من المحتمل أن يكون هو بالفعل القانون المضبوط تمامًا للمجالات الكهربية والجذبوية. لكن بالرغم من بساطته بالنسبة لنا إلا أنه غير بسيط تمامًا بالنسبة للطبيعة. تشير المسافة إلى إطار فضائي/ مكاني؛ بالتالي تختلف بحسب الإطار المختار. لا يمكننا أن نجد أي معنى لقانون التربيع العكسي للمسافة ما لم نقم أولًا بتثبيت إطار للفضاء/ المكان؛ لكن الطبيعة لم تقم أبدًا بتثبيت أي إطار واحد مختار. حتى لو نجح القانون (عبر مواءمات ذاتية) في التزويد بنفس النتائج المرصودة بغض النظر عن إطار الفضاء/ المكان الذي قد نختاره (وهو ما لم يحدث) فإننا لم نزل نسيء فهم طريقة عمله الفعلية الواقعية. في الفصل السادس سوف نحاول الإلمام بتبصر جديد في القانون (الذي يتم التعبير عنه بشكل قريب جدًّا من خلال التربيع العكسي في أغلب التطبيقات العملية) والحصول على تصور لعمله لا يستجلب إطارًا للمكان غير ذي صلة. يقودنا إدراكنا للنسبية إلى البحث عن طريق جديد للكشف عن تعقد الظاهرة الطبيعية.

السرعة عبر الأثير[1]:

ترتبط النظرية النسبية بشكل واضح باستحالة رصد السرعة المطلقة، لو استطاع أحدنا في خضم تلك المشاحنة القائمة بيننا وبين فيزيائيي السديم الدفع بأنه ساكن على نحو مطلق، سيكون ذلك سببًا منطقيًّا كافيًا لتفضيل الإطار المتوافق معه. هناك شيء مشترك بين هذا وبين المعتقد الفلسفي المعروف جيدًا أن السرعة يجب أن تكون بالضرورة نسبية. إن الحركة هي تغير في الموضع بالنسبة لشيء ما؛ لو حاولنا التفكير في تغير الموضع بالنسبة للا شيء، سيتلاشى المفهوم بالكلية. لكن هذا لا يحل المشكلة الفيزيائية تمامًا. في الفيزياء لا يجب أن نكون موسوسين جدًّا فيما يتعلق باستخدام كلمة مطلق. ذلك أن الحركة بالنسبة إلى الأثير أو إلى أي إطار ذي دلالة كونية سوف تكون مطلقة.

إلا أنه لم يتم العثور على أي إطار أثيري. يمكننا فقط اكتشاف الحركة بالنسبة إلى العلامات المادية المنثورة عرضًا حول الكون؛ تراوغنا الحركة المنسوبة إلى بحر الأثير الكوني. نقول، «دع V لتكون سرعة جسم عبر الأثير» وقم بتكوين معادلات الكهرومغناطيسية المتنوعة، تلك التي تتناثر فيها V بحرية. ثم لنقم بالتعويض بالقيم المرصودة، محاولين التخلص من كل ما هو غير معروف باستثناء V . يمضي الحل على النحو المعتاد؛ لكن بمجرد التخلص من كل مجهول آخر، تمهل! تختفي V

(١) مادة كان يعتقد في أنها تملأ كل فضاءات الكون. تعود الفكرة ببساطة إلى أن المفهوم الذي كان سائدًا أن أي موجة تنتشر تحتاج إلى وسط كي تهز جزيئاته، نجد ذلك مع موجات الصوت على سبيل المثال. إذا كيف ينتقل الضوء أو تنتقل كل الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء؟ لذا ظن العلماء أن هناك وسطًا ما أسموه الأثير ينتشر في كل جنبات الكون هو المسؤول عن نقل موجات الضوء. الفيزياء الحديثة تخلصت تمامًا من هذا المفهوم الآن حيث بات السائد أن الضوء أو أي موجات كهرومغناطيسية لا تحتاج إلى وسط كي تنتقل فيه، فهي عبارة عن حث متبادل بين مجال كهربي ومجال مغناطيسي، يحث كل منهما الآخر مسببًا انتشار الموجة، وإن كان السبب الرئيس في التخلص من الأثير هو عدم نجاح تجربة مايكلسون ومورلي في تسجيل أي سرعة نسبية للأرض بالنسبة للأثير وبالتالي تم التخلص منه ببساطة لأنه لا يسمح لأجهزة خبرتنا التعريفية بإدراكه وهو الأمر الذي سيسهب إدنجتون في شرحه في قادم فصول الكتاب. (المترجم).

أيضًا، ونخلص إلى الاستنتاج غير القابل للجدل والاختلاف حوله لكنه استنتاج مقبض ومهيج كذلك :

٠ = ٠

هذا نهج تلوذ به معادلات الرياضيات، عند صياغتنا لأسئلة غبية. إذا ما حاولنا إيجاد دائرة العرض وخط الطول لنقطة تقع إلى الشمال الشرقي من القطب الشمالي فبالتأكيد سنحصل غالبًا على نفس الجواب الرياضي. إن «السرعة عبر الأثير» بلا معنى تمامًا، مثلها كمثل «الشمال الشرقي من القطب الشمالي».

ذلك لا يعني أن الأثير قد تمت الإطاحة به وإلغاؤه. إننا في حاجة إلى أثير. لا يمكن للعالم الفيزيائي أن يتم تحليله في هيئة جسيمات من المادة منعزلة أو في صورة كهربية فضاءها البيني بلا ملامح. علينا أن نعزو خواص للفضاء البيني بقدر ما نعزو للجسيمات، وفي الفيزياء الحالية يلزم جيش كامل من الرموز لوصف ما يجري في الفضاء البيني. إننا نفترض الأثير كي يحمل خواص الفضاء البيني تمامًا كما نفترض المادة أو الكهرباء كي يحملا خواص الجسيمات. ربما قد يتساءل فيلسوف عما إذا كان من المستحيل التسليم بوجود خواص منفردة دون رسم صورة لأي شيء يدعمها – لذلك فلنطح بالأثير والمادة بضربة واحدة. لكن ذلك على الأرجح نقطة جانبية.

في القرن المنصرم[١]، كان الاعتقاد الشائع أن الأثير هو نوع من المادة، له خواص مثل الكتلة والجساءة والحركة تمامًا كالمادة المعتادة. من العسير أن نقول متى ستضمحل وجهة النظر هذه وتفنى. ربما تكون قد طالت مدة هذا المعتقد في إنجلترا عند مقارنتها بالقارة[٢]، لكنني أظن أنه حتى هنا، لم تعد هذه هي وجهة النظر التقليدية منذ سنوات قبل حلول النظرية النسبية. لقد تم هجر الأثير منطقيًّا من خلال التجارب العديدة التي أجريت في القرن التاسع عشر، تلك التي اعتبر باحثوها المادة عبارة عن

(١) يقصد القرن التاسع عشر (المترجم).

(٢) تعتبر إنجلترا واقعة في جزيرة أمام قارة أوروبا. (المترجم).

دوامات وعقد ودفقات وما إلى غير ذلك، لا بد أن تحدث في الأثير. بذلك وعلى نحو واضح لم يعودوا قادرين على افتراض أن هناك دوامات تحدث فيه. لكن ترجيح أن السلطات التي كانت تخضع لها هذه المسألة تتحلى أحكامها بالمنطق ليس بالأمر الآمن تمامًا.

حاليًا بات من المتفق عليه أن الأثير ليس نوعًا من أنواع المادة. وباعتباره غير مادي، فإن خواصه من نسيج آخر غير نسيج المادة. علينا تحديد هذه الخواص من خلال التجربة؛ وبما أننا لا نملك أي أساس لأي مفهوم مسبق، فإن استنتاجات التجارب سوف يتم قبولها أيًّا ما كانت دون أي شعور بالمفاجأة أو الشك. سوف تكون الخواص التي نجدها في المادة مثل الكتلة والجساءة غير موجودة في الأثير على نحو طبيعي، لكن سوف يكون للأثير خواص جديدة ومحددة تخصه وحده. في البحر المادي يمكننا أن نقول إن جسيم ماء معين قد كان هنا منذ لحظات قليلة والآن قد أصبح هناك؛ لا يمكن الجزم بشيء مثل هذا فيما يتعلق بالأثير. إذا ما كنت تفكر في الأثير بطريقة تسلم بإمكانية التعرف الدائم على جزيئاته، عليك أن تراجع مفهومك في ضوء الدليل العلمي الحديث. لا يمكننا اكتشاف سرعتنا خلال الأثير؛ لا يمكننا أن نقول إذا ما كان الأثير في هذه الحجرة يتدفق عبر الحائط الشمالي أم الحائط الجنوبي. سوف يكون للتساؤل معنى في حالة البحر المادي، لكن لا يوجد سبب أو منطق كي نتوقع أن لهذا أي معنى في حالة بحر الأثير غير المادي.

الأثير نفسه بقي على ذات الحال التي كان عليها في الماضي والتي كان عليها دائمًا في المخطط الحالي للعالم. لكن قد وجد أن السرعة عبر الأثير تشبه «تلك السيدة المراوغة مدام هاريس؛ وقد ألهمنا أينشتاين بمنهاج الشك الجريء – «لا أعتقد أن هناك مثل هذا الشخص»[1].

(١) مدام هاريس هي شخصية تخيلية اختلقها مخ سارة جامب، وسارة جامب هي واحدة من شخصيات رواية تشارلز ديكينز «مارتين تشازيلويت» آخر روايات التشرد التي كتبها، كانت سارة جامب تقيم الكثير من الحوارات مع شخصيتها المتخيلة تلك مدام هاريس (المترجم).

هل تقلص فيتزجيرالد حقيقي واقعي؟ غالبًا ما أُسأل عما إذا كان تقلص فيتزجيرالد يحدث فعليًّا. لقد تم تقديمه في الفصل الأول قبل أن نأتي على ذكر فكرة النسبية، وربما ليس من الواضح تمامًا ما أصبح عليه الوضع الآن وما المفهوم الجديد الذي زودتنا به النظرية النسبية لما يجري في العالم. من الطبيعي أن يحتوي الفصل الأول الذي يصف الظاهرة وفقًا للأفكار الكلاسيكية للفيزياء من أجل تبيان الحاجة إلى نظرية جديدة على عبارات كثيرة، يجب أن نعبر عنها بشكل مختلف في الفيزياء النسبية.

هل من الصحيح واقعيًّا أن العصا المتحركة تصبح أقصر في اتجاه حركتها؟ ليس من السهل أبدًا الرد بإجابة خالصة. أعتقد أننا غالبًا ما نميز بين ما هو صحيح وما هو صحيح واقعيًّا. عبارة ليس مقصدها ما هو صحيح فقط، لكنها تخترق الواقع فيما وراء السطح وتقصد ما هو صحيح واقعيًّا.

استقبلت بيانًا بميزانية ختامية من شركة عامة ولاحظت أن الأصول تبلغ قيمتها كذا وكذا. هل هذا صحيح؟ بالتأكيد؛ يشهد بذلك محاسب قام بإعدادها ومراجعتها. لكن هل هذا صحيح واقعيًّا؟ تتصاعد أسئلة كثيرة؛ القيمة الحقيقية لشيء غالبًا ما تكون مختلفة جدًّا عن تلك القيم الموجودة في بيان الموازنة الختامي. لا أشير على نحو خاص إلى الشركات المتلاعبة. هناك عبارة مقدسة «الاحتياطات الخفية»؛ وبشكل عام كلما كانت الشركة أكثر مكانة انحرف بيان حساب الموازنة الختامي لها بشكل شاسع عن الواقع. يدعى ذلك «بالمالية السليمة (المُحقّقة)». لكن بعيدًا عن الاستخدام المتعمد لبيان حساب الموازنة الختامي لإخفاء الوضع الفعلي، فإنه ليس معد جيدًا لعرض الواقع، لأن الوظيفة الرئيسة لبيان موازنة الحساب الختامي هو الموازنة (التوازن) وكل شيء آخر ما هو إلا تابع خاضع لتلك الغاية.

على الفيزيائي الذي يستخدم إطارًا للمكان/ الفضاء أن يحسب كل ميلليمتر من الفضاء/ المكان – حقيقة كي يسطر بيانًا للموازنة، ويجعله متوازنا. عادة لا توجد الكثير من الصعوبة. لكن فلتفترض أنه قد صادف وكان معنيًّا برجل يسافر بسرعة

١٦١,٠٠٠ ميل لكل ثانية. الرجل عادي، طوله ٦ أقدام. ما دامت الواقعية هي الهدف، سيظهر المدخل السليم في بيان الموازنة على صورة ٦ أقدام. لكن من ثم لن يتوازن بيان الموازنة. عند إجراء الحساب بالنسبة لبقية الكون يتبقى ٣ أقدام فقط بين قمة رأس الرجل ونعلي حذائه. طول بيان الموازنة خاصته «يكتب فيه» لذلك ٣ أقدام.

كتابة الأطوال من أجل أغراض تتعلق ببيان الموازنة هو تقلص فيتزجيرالد. قصر العصا المتحركة أمر صحيح، لكنه ليس صحيحًا واقعيًّا. إنها ليست عبارة عن الواقع (عن المطلق) لكنها عبارة صحيحة فيما يتعلق بما يظهر في الإطار المرجعي[١] خاصتنا. للجسم أطوال مختلفة في أطر الفضاء/ المكان المختلفة، وأي رجل طوله ٦ أقدام سوف يكون طوله ٣ أقدام في إطار ما أو الآخر. عبارة أن طول المسافر السريع ٣ أقدام هي عبارة صحيحة، لكنها لا تشير إلى أي خصوصية خاصة فيما يتعلق بالرجل؛ إنها تشير إلى إطارنا الذي نتبناه فقط، إلى ذلك الذي يكون طوله فيه ٣ أقدام. إذا لم يكن الإطار يخصنا، فسيكون لشخص ما آخر.

ربما سوف تفكر في وجوب تغيير منهاجنا فيما يتعلق بحفظ حسابات الفضاء/ المكان من أجل أن نجعلها تمثل الواقع بشكل مباشر. يبدو أن ذلك يذهب بنا نحو مشاكل كثيرة، حيث نحاول النهوض بأعباء كثيرة، تبدو في النهاية كتحويلات نادرة. لكن كحقيقة واقعة فقد نجحنا بالفعل في تحقيق رغبتك. بفضل مينكوفسكي، وجدنا طريقة لحفظ الحسابات قادرة على عرض الواقع (الأشياء المطلقة) والتوازنات. لم يكن هناك اندفاع كبير من أجل تطبيقها في أغراضنا المعتادة لأنها عبارة عن بيان موازنة رباعي الأبعاد.

دعنا نقوم بنظرة مدققة استرجاعية أخيرة قبل أن نقفز في جب الأبعاد الأربعة. لقد

(١) الطول المُحقّق لا يتغير (الفصل الأول)؛ لكن الطول النسبي يقصر. لقد رأينا بالفعل أن كلمة «طول» كما تستخدم حاليًا تشير إلى طول نسبي، وبتأكيد عبارة أن العصا المتحركة تغير طولها، فإننا بالتأكيد نفترض أن الكلمة تستخدم بمعناها الحالي. (المؤلف).

واجهنا شيئًا لا تستطيع الفيزياء الكلاسيكية إدراكه – تعدد أطر الفضاء / المكان، كل منها جيد تمامًا مثل أي واحد آخر. وقد واجهنا مكان المسافة والقوى المغناطيسية وما إلى آخره التي يجب أن تكون بالضرورة محددة ومتفردة بحسب الأفكار الكلاسيكية، مسافات مختلفة –وما إلى آخره– مقابلة لأطر مختلفة، وذلك في عدم وجود أي أساس يمكننا من القيام بالاختيار من بينها. كان حلنا البسيط هو هجر فكرة أن أحد هذه الأطر لا بد أن يكون صحيحًا والبقية ما هي إلا محاكات زائفة، وعلى ذلك فقد قبلنا بها جميعها؛ وبالتالي باتت المسافة والقوى المغناطيسية والتسارع وما إلى آخره مجرد كميات نسبية، تشبه بقية الكميات النسبية الأخرى المعروفة لنا بالفعل مثل الاتجاه أو السرعة. يترك ذلك هيكل معرفتنا الفيزيائية الأساسي دون تغيير؛ علينا فقط هجر توقعات معينة تتعلق بسلوك هذه الكميات وبعض الافتراضات الضمنية التي كانت مؤسسة على الاعتقاد في كونها مطلقة. ما أعنيه بالضبط أن قانونا للطبيعة يبدو بسيطًا ومناسبًا للكميات المطلقة قد لا يكون قابلًا للتطبيق تمامًا على الكميات النسبية وبذلك فهي تحتاج إلى بعض الإصلاح والمواءمة. لقد كان التغير في المفاهيم المؤسسة جذريًّا، في حين لم يتأثر هيكل معرفتنا الفيزيائية كثيرا. لقد شددنا الرحال بعيدًا عن نقطة ارتكازنا القديمة التي تطلبت نماذج ميكانيكية لكل شيء في الطبيعة، بعد أن بتنا لا نسلم حتى بمسافة محددة متفردة بين نقطتين. تدعونا نسبية المخطط الحالي للفيزياء للبحث أعمق ولمحاولة إيجاد المخطط المطلق من ورائه، فمن خلال ذلك قد نرى العالم من خلال منظور أصح وأصدق.

❊ ❊ ❊

الفصل الثالث

الزمن

زمن الفلكي الملكي:

لطالما ظننت أن سماع النقاش الذي ربما يدور بين الفلكي الملكي و-دعنا نقول- بروفيسور برجسون حول طبيعة الزمن سوف يكون مسليًا جدًّا[1]. سطوة بروفيسور برجسون على الموضوع معروفة جيدًا؛ وربما أذكرك أن الفلكي الملكي يحظى بالثقة للقيام بمهمة استكشاف الزمن من أجل استخدامنا اليومي، لذلك فمن المحتمل أن لديه فكرة عما عليه أن يستكشفه. علي أن أؤرخ للنقاش لما يقرب من العشرين عامًا في الماضي، قبل انتشار أفكار أينشتاين وما أدت إليه من تقارب في وجهات النظر. لقد كان بينهما -فيما أعتقد- خلاف ثابت حام، وإلى حد ما أظن أن الفيلسوف كان ليقوم بأفضل حجاج كلامي. بعد أن يبين أن فكرة الفلكي الملكي عن الزمن قد كانت مجرد هراء تام، كان البروفيسور لينهي المناقشة بالنظر إلى ساعته -ربما- والهرع كي يلحق بالقطار الذي كان سيبدأ في التحرك بحسب زمن الفلكي الملكي.

أيًّا ما قد يكون الزمن المعمول به، فإن زمن الفلكي الملكي هو الزمن الفعلي. يتغلغل زمنه في كل ركن في الفيزياء. ينتصب ثابتًا بلا أي حاجة لدفاع منطقي عنه؛

(١) بروفيسور برجسون هو الفيلسوف الشهير هنري برجسون وقد كان معاصرًا لإدنجتون. أما الفلكي الملكي فهو منصب رفيع من مناصب البلاط الملكي البريطاني أنشأه الملك تشارلز الثاني عقب تأسيس المرصد الفلكي في جرينيتش. (المترجم).

هو في موضع اهتمام ثابت، موضع أقوى كثيرًا من أي حجاج ضده، لقد تمت حياكته ببنية المخطط الفيزيائي الكلاسيكي. إن «الزمن» في الفيزياء يقصد به، زمن الفلكي الملكي. ربما تكون منتبهًا إلى أنه قد تبين لنا في نظرية أينشتاين أن الزمن والمكان ممتزجان معًا بطريقة غريبة إلى حد كبير. يعد هذا الأمر حجر عثرة بالنسبة للمبتدئ. يميل المبتدئ لقول: «إن ذلك مستحيل. أشعر بالأمر كحقيقة ثابتة متغلغلة في كياني حيث إن الزمن والمكان يجب أن يكون كل منهما من طبيعة مختلفة تمامًا عن أحدهما الآخر. لا يمكن أن يمتزجا معًا أبدًا». يرد الفلكي الملكي في حسم وباستيعاب، «ليس الأمر مستحيلًا. لقد قمت بمزجهما» حسنًا، ذلك يثبت الأمر ويقره. إذا قام الفلكي الملكي بمزجهما، إذن فخليطه سوف يكون أساس الفيزياء المعاصرة.

علينا أن نميز بين سؤالين، ليسا بالضرورة متماثلين. الأول: ما هي الطبيعة الحقيقية للزمن؟ الثاني: ما هي طبيعة تلك الكمية التي أصبحت تحت اسم الزمن جزءًا جوهريًّا من بنية الفيزياء الكلاسيكية؟ عبر تاريخ طويل من التجريب والتنظير تمت حياكة نتائج البحث الفيزيائي في مخطط، وقد تمت البرهنة على نجاحه المذهل بالكامل. يحظى الزمن –زمن الفلكي الملكي– بأهميته من حقيقة أنه مكون من مكونات المخطط، إنه المادة التي تربط عناصر المخطط أو هو ملاط المخطط. لن تقل هذه الأهمية حتى لو تمت البرهنة على أنه لم يكن الممثل الأفضل الوحيد لمفهوم الزمن المألوف في وعينا. لذلك نمنح الأولوية للسؤال الثاني.

لكنني ربما أشير إلى أن نظرية أينشتاين، قد قامت بإيضاح السؤال الثاني، حيث وجدت أن امتزاج الزمن الفيزيائي على نحو متناقض مع المكان قادر على المضي بنا إلى السؤال الأول. هناك كمية، غير مدركة في فيزياء ما قبل النسبية، الفيزياء التي تملك تمثيل الزمن المعروف للوعي على نحو أكثر مباشرة. يطلق على هذا الزمن، الزمن المُحقّق أو الفترة الزمنية. وهو بالتأكيد منفصل عن أي مكان محقق ولا يشبهه. تجدني راغبًا في تأجيج مشاعر الاحتجاج التي تنتابك ضد مزج الزمن والمكان باسم

الحس المشترك. بالتأكيد ينبغي على الزمن والمكان أن يكونا منفصلين. التمثيل الحالي للعالم الراسخ كمكان ثلاثي الأبعاد يقفز من لحظة إلى الأخرى عبر الزمن هو محاولة غير ناجحة لفصلهما. تعالَ معي ولنعد إلى العالم البكر رباعي الأبعاد وسوف ننحتهما من جديد من خلال خطة ستبقيهما متمايزين تمامًا. سنتمكن إذَنْ حينها من بعث زمن الوعي المنسي تقريبًا وسوف نجد أن له أهمية مرضية في مخطط الطبيعة المطلق.

لكن أولًا دعنا نحاول أن نفهم لماذا انحرف الزمن الفيزيائي عن الزمن كما هو مدرك تلقائيًا. لقد قفزنا إلى استنتاجات معينة عن الزمن ووصلنا إلى اعتبار هذه الاستنتاجات أقرب إلى البديهيات، على الرغم من كونها غير مبررة فعليًّا في إدراكنا التلقائي للزمن. هاهنا واحد منها.

لو التقى شخصان مرتين، فإنهما بالتأكيد قد عاشا نفس الزمن بين اللقاءين، حتى لو سافر أحدهما إلى جزء بعيد من الكون وعاد مباشرة، أليس كذلك؟

سوف تقول: «يا لها من تجربة سخيفة مستحيلة». هي كذلك إلى حد ما؛ هي تجربة خارج كل نطاقات الخبرة بالفعل. لذلك، قد أفترض أنك لا تجنح إلى مساءلة خبرتك عن الزمن عندما تعترض على نظرية ترفض العبارة السابقة؟ وأعتقد أنه إلى الآن لو طُرِح السؤال السابق وتم الإلحاح عليه بغية الحصول على إجابة، سيجيب أغلب الناس بلا صبر بأن الجملة صحيحة بالتأكيد. لقد كونوا فكرة عن زمن يدور خارجنا بطريقة تجعل إجابتهم هذه عن السؤال حتمية. إنهم لا يسألون أنفسهم عما إذا كان هناك أي شيء في خبرتهم الفعلية بالزمن يضمن هذا الاستنتاج.

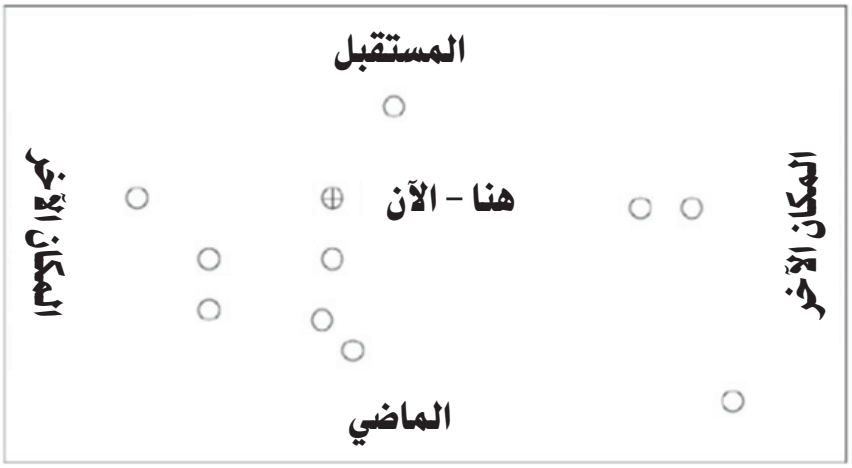
على الرغم من أننا لا نستطيع إجراء تجربة إرسال شخص إلى جزء آخر من الكون، إلا أن لدينا ما يكفي من المعرفة العلمية كي نحسب معدلات العمليات الذرية وبقية العمليات الفيزيائية كذلك في جسم في حالة سكون وفي جسم يسافر مسرعًا. يمكننا القول يقينا أن العمليات الجسمانية للمسافر تحدث بشكل أبطأ كثيرًا من العمليات

الجسمانية المقابلة في رجل في حالة سكون (أي أكثر بطئًا بحسب زمن الفلكي الملكي). إن هذا ليس بالأمر العجيب المميز، إنه أمر معروف جيد جدًّا من خلال النظرية والتجربة حيث إن كتلة مادة أو قصورها الذاتي تزداد مع زيادة السرعة. وبالتالي ما التخلف والتأخر إلا نتيجة طبيعية للقصور الذاتي الذي زاد. على ذلك ما دامت العمليات الجسمانية متداخلة فإن المسافر المتحرك بسرعة يعيش على نحو أبطأ. دورة الهضم والإرهاق الذي يعانيه ومعدل استجابة العضلات إلى محفز وتطور جسمه من شاب إلى شيخ والعمليات المادية في مخه التي يجب عليها إلى حد ما أن تحافظ على مواكبتها لمرور الأفكار والمشاعر والساعة التي تدق في جيب صداره؛ كل هذه الأشياء يجب أن تتباطأ بنفس المعدل. إذا كانت سرعة المسافر عظيمة للغاية، فسوف نجد أنه بينما قد زاد عمر الفرد الذي مكث في موطنه ٧٠ عامًا، فقد زاد عمر المسافر عامًا واحدًا. لقد اشتهى الطعام في ٣٦٥ إفطارًا وغداء فقط إلخ.؛ أصاب المخ المتحرك في بطء وظائفه الذهنية بالبلادة، حيث مر فقط بكمية الأفكار المناسبة لعام واحد من الحياة الأرضية. كما تؤكد ساعة ذلك المسافر التي تزود بتقدير أكثر دقة وعلمية تباطؤ الزمن هذا. إن الرجلين لم يعيشا نفس الزمن بين اللقاءين وذلك من خلال الحكم عن طريق الزمن الذي يحاول الوعي قياسه مستخدمًا طرقه العتيقة في ذلك – وأؤكد أن هذا هو التقدير الوحيد للزمن الذي نملك الحق لتوقع تمايزه عن الفضاء/ المكان.

إلا أن الإسناد إلى ذلك الزمن الذي قام الوعي بقياسه هو أمر معقد جدًّا حيث إن التقدير يكون شاذًّا وغريبًا جدًّا. «سأخبرك أن هناك من كان زمنه أن يهرول ومن كان زمنه يمشي متمهلًا ومن كان زمنه يركض ومن كان زمنه يقف متسمرًا» لم أكن أريد أن أتخذ من مثل هذه التباينات الشخصية سندًا. لم أكن راغبًا أبدًا في جلب ميقاتي غير مرضٍ على هذا النحو؛ كل ما أردته كان التعامل مع الناقد الذي يخبرني بأنه يشعر بالزمن كحقيقة ثابتة متغلغلة في كيانه، وكنت أبين له أن أساس ذلك الشعور هو الزمن المعاش، والذي رأينا للتو أنه قد يكون ٧٠ عامًا لأحد الأشخاص وعامًا واحدًا

لشخص آخر بين لقاءيهما. يمكننا تقدير «الزمن» المعاش بشكل علمي إلى حد ما، أي عن طرق ساعة تسافر مع الشخص المعني وتشاركه تغيرات القصور الذاتي والسرعة التي يمر بها. لكن هناك عيوبًا واضحة فيما يتعلق بتعميم استخدام الزمن المعاش. قد يكون من المفيد لكل فرد أن يحظى بزمن خاص متناسب بشكل منضبط تمامًا مع زمنه المعاش؛ لكنه لن يكون مناسبًا أبدًا عند تحديد المواعيد. لذلك قام الفلكي الملكي باعتماد تقدير عام للزمن لا يتبع في صرامة الزمن المعاش مطلقًا. بحسب ذلك الزمن الذي اعتمده الفلكي الملكي فإن مرور الزمن لا يعتمد على الكيفية التي تحركت بها الأجسام المعنية أثناء تلك الفترة. أعترف أن هذا التقدير قاسٍ قليلًا على مسافرنا العائد، ذلك الذي سيعود بعد أن أصبح ثمانينيًّا بحسب ذلك الزمن المعتمد بالرغم من أن كل المظاهر تشير إلى أنه لا يزال صبيًّا، في سن المراهقة. لكن لا بد أن يقوم البعض ببعض التضحيات من أجل الصالح العام. في أرض الواقع لا يتحتم علينا التعامل مع كائنات بشرية تسافر بأي سرعة عظيمة؛ لكن يجب علينا التعامل مع ذرات وإلكترونات تسافر بسرعات عالية جدًّا ومرعبة، لذلك فالتساؤل عن تقدير الزمن الخاص في مقابل تقدير الزمن العام هو تساؤل عملي تمامًا.

على ذلك، ففي الزمن الفيزيائي (زمن الفلكي الملكي) يعيش الشخصان نفس الزمن بين لقاءين، سواء كان ذلك متماشيًا مع خبرتهما الفعلية أم لا. يترتب على ذلك انحراف عن زمن الخبرة وهو ما يؤدي في النهاية إلى مزج الزمن والمكان / الفضاء. ذلك المزج الذي كان ليصبح مستحيلًا لو أننا قد ظللنا متمسكين بزمن الخبرة ولم نتخلَّ عنه. إن الزمن الفيزيائي مثله كمثل المكان / الفضاء إطار من نوع ما، فيه نحدد مواضع أحداث العالم الخارجي. علينا الآن أن نهتم بالطريقة التي نستخدمها -في ممارساتنا اليومية- لوضع الأحداث الخارجية في إطار للمكان والزمن. لقد تبين لنا أن هناك خيارات لا نهائية لأطر متبادلة، لذلك وكي تكون الأمور واضحة تمامًا، سوف أخبرك بالكيفية التي أقوم بها بوضع الأحداث في الإطار الخاص بي.

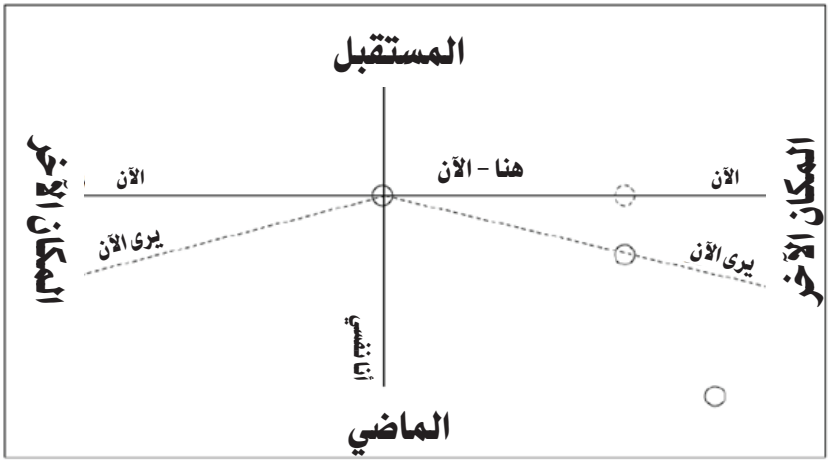


شكل رقم (١)

تحديد موضع الأحداث:

في شكل رقم (١) أرى مجموعة من الأحداث محددة بدوائر، ليست موجودة حاليًا في أماكنها الصحيحة؛ منوط بي أن أقوم بدراستها ووضعها في أماكنها الصحيحة داخل إطاري الخاص للمكان والزمن. أدقق النظر فيها، يمكنني في الحال تمييز الحدث (هنا - الآن) - أقصد الحدث الذي يحدث في هذه الحجرة وفي هذه اللحظة، أقوم بوسمه بعلامة. بقية الأحداث على درجات متباينة من البعد عن هنا - الآن، ومن الواضح لي أن البعد ليس بدرجات مختلفة فقط لكن له أنواع مختلفة كذلك. تنتشر بعض الأحداث نحو ما أطلق عليه بشكل عام الماضي؛ يمكنني إدراك أن البعض بعيد في المستقبل؛ والبعض الآخر بعيد بشكل آخر مختلف نحو الصين أو بيرو أو بشكل عام (في المكان الآخر). في هذه الصورة التي بين يدي عبارة عن مساحة في بعد واحد من أبعاد المكان الآخر؛ هناك بعد ثانٍ ناتئ عن الورقة في زاوية قائمة؛ وعليك أن تتخيل البعد الثالث بأفضل ما تستطيع.

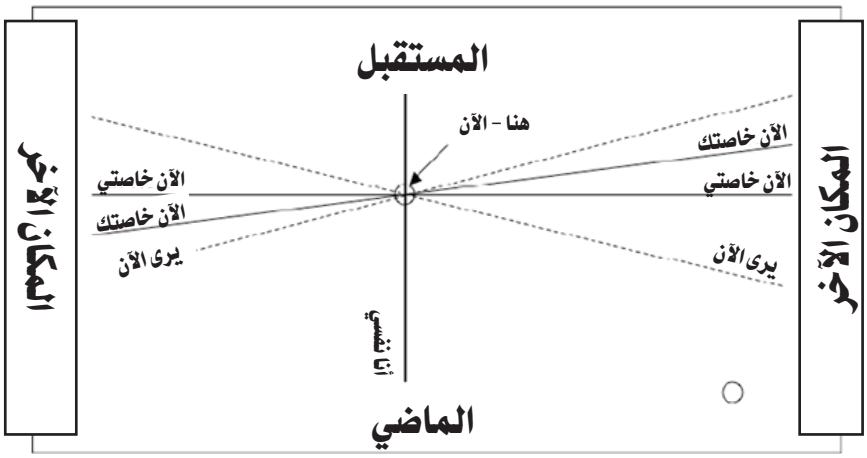
الآن علينا أن ننتقل من مخطط المواضع المشوش هذا إلى مخطط دقيق. أول وأهم ما يتوجب علي القيام به، وضع نفسي داخل الصورة. يبدو الأمر غرورًا وأنانية وتمحورًا حول الذات؛ لكنك تدرك الأمر، إنه إطاري الخاص بي أنا للمكان الذي نقوم باستخدامه؛ لذا فكل شيء معلق من حولي أنا. ها أنا ذا – نوع ما من الديدان رباعية الأبعاد (شكل رقم ٢) إن الرسم صحيح تمامًا؛ لديّ امتداد ملحوظ نحو الماضي وربما يكون لي امتداد صوب المستقبل، كما أن لي امتدادًا بسيطًا فقط نحو المكان الآخر. يتصادف وقوعي (أنا اللحظي) أي أنا في هذه اللحظة مع الحدث في هنا – الآن. من خلال مسح العالم من هنا – الآن، يمكنني أن أرى أحداثًا أخرى كثيرة تحدث الآن. ذلك يضع في رأسي فكرة أن اللحظة التي أنا على وعي بها هنا يجب أن تكون ممتدة كي تتضمن كل الأحداث التي أراها؛ يقفز عقلي إلى استنتاج أن الآن ليس مقصورًا على هنا – الآن. لذلك أرسم اللحظة الآنية تجري كمقطع واضح عبر كل أحداث العالم، وذلك كي تقوم باحتواء كل الأحداث البعيدة التي تحدث الآن. أقوم بانتخاب الأحداث التي أراها تحدث الآن وأضعها في هذا القسم، الذي أطلق عليه ثانية من الزمن أو «الحالة اللحظية للعالم». أقوم بوضعها في الآن لأنها تبدو لي كأنها الآن.



شكل رقم (٢)

استمر هذا النهج في تحديد المواضع حتى سنة ١٦٦٧، عندما تبين أنه من المستحيل أن يكون ذلك صحيحًا على نحو متسق. لقد اكتشف الفلكي رومر وقتها أن ما يرى الآن لا يمكن أن يوضع في اللحظة الآنية. (بالتعبير الدارج – يستغرق الضوء وقتًا ليسافر) لقد كان ذلك بالفعل صفعة قاسية لكل النظام القائم على لحظات آنية عالمية النطاق، تلك التي اخترعت خصيصًا لتحتوي هذه الأحداث. لقد كنا نمزج بين حدثين متمايزين؛ نمزج بين حدث أول يحدث في مكان ما في العالم الخارجي وحدث آخر، أقصد بالحدث الآخر، حدث رؤيتنا للحدث الأول. الحدث الثاني قد كان في أجسامنا هنا – الآن؛ لم يكن الحدث الأول هنا أو الآن. على ذلك لا تزودنا الخبرة بأي إشارة عن الآن الذي ليس هنا؛ وربما سيكون من الجيد لو نهجر فكرة أن لدينا إدراكًا بديهيًّا لآنٍ مختلف عن هنا – الآن، حيث إنه قد كان السبب الأصلي لافتراض لحظات آنية عالمية النطاق. مع ذلك ولكون الفيزيائيين قد أصبحوا معتادين على تلك اللحظات عالمية النطاق، فإنهم لم يكونوا على استعداد للتخلي عنها. وحقيقة لتلك اللحظات فوائد ملحوظة بشرط ألا نأخذها على محمل جاد للغاية. لقد تركت في الصورة كأحد ملامحها ثم قمنا برسم خطين لـ(يرى الآن)، ينحدران إلى الوراء من خط (الآن) الذي عليه يمكن وضع الأحداث التي ترى الآن بشكل متساوق. زاوية جيب التمام بين خطوط يرى الآن وبين خط الآن تفسر على أنها سرعة الضوء.

على ذلك عندما أرى حدثًا في جزء بعيد من الكون، مثل، انفجار نجم جديد، أقوم بتحديد موضعه (على نحو صحيح تمامًا) على خط يرى الآن. ثم أقوم بعمل حسابات معينة تتعلق باختلاف منظر النجم باختلاف مواضع رصده وأرسم خط الآن ليمر – فلنقل – ٣٠٠ عام أمام الحدث وأرسم خط الآن خاصتي الذي كان منذ ٣٠٠ عام مضت ليمر عبر الحدث. من خلال هذا النهج أتعقب مسار خطوطي للآن أو للحظات عالمية النطاق بين الأحداث وأحصل على إطار مواضع الزمن للأحداث الخارجية. نمحو خطوط (يرى الآن) المساعدة من الصورة بعد أن أدت الغرض منها.



شكل رقم (٣)

تلك هي الكيفية التي أحدد بها مواضع الأحداث؛ ماذا عنك؟ أولًا يتوجب عليك أن تضع نفسك في الصورة (شكل رقم ٣). سوف نفترض أنك على نجم آخر يتحرك بسرعة مختلفة لكنه يمر بالقرب من الأرض في اللحظة الحالية. أنت وأنا قد كنا بعيدين في الماضي وسوف نصبح بعيدين من جديد في المستقبل، لكن كلينا (هنا - الآن). ذلك مبين على نحو واف في الصورة. يقوم كل منا بمسح العالم راصدًا من (هنا - الآن)، وبالتأكيد سوف يرى كل منا نفس الأحداث على نحو متزامن. إلا أننا قد نستقبل عن هذه الأحداث انطباعات مختلفة إلى حد ما؛ حيث تتسبب حركتانا المختلفتان في تأثيرات دوبلر[١] مختلفة وتقلصات فيتزجيرالد مختلفة وما إلى غير

(١) تأثير دوبلر هو تغير يحدث في التردد والطول الموجي للموجة عندما يكون الجسم متحركًا بالنسبة للمصدر الموجي. على سبيل المثال لو أنك تقترب من قطار يطلق صفيره فستسمع الصافرة أكثر حدة لأنك باقترابك تتضاغط الموجات الصوتية بالنسبة لك وبذلك يزداد ترددها ويقل طولها الموجي فتسمعها أكثر حدة والعكس بالعكس فعند ابتعادك عن صافرة قطار ستسمعها أكثر غلظة. يحدث تأثير مشابه عند رصدنا للنجوم، فالنجوم التي تقترب منا ونقترب منها يكون لونها عند رصدها بمقياس الطيف أقرب للزرقة لأن الموجات القادمة منها تتضاغط بالنسبة لنا والعكس بالعكس كذلك فالنجوم التي تبتعد عنا ونبتعد عنها تظهر في التحليل الطيفي لضيائها أميل للحمرة وذلك لتخلخل موجاتها بالنسبة لنا. وهذا الميل للزرقة أو الحمرة وازدياد حدة الصوت أو غلظته تعتمد على السرعة النسبية بين الجسم ومصدر الموجة فكلما زادت السرعة اقترابًا أو ابتعادًا زاد التغير في تضاغط أو تخلخل الموجة بشكل طردي، هذه الظاهرة استخدمت لإثبات النظرية النسبية كما سنرى في الفصول القادمة (المترجم).

ذلك. ربما ينشأ بيننا بعض سوء الفهم البسيط حتى ندرك أن ما تصفه أنت كمربع أحمر هو ما أراه أنا كمستطيل أخضر وهكذا. لكن، مع السماح بمثل هذه التوصيفات المختلفة، سرعان ما سيصبح واضحًا لدينا أننا ننظر إلى نفس الأحداث، وسنتفق تمامًا فيما يتعلق بالكيفية التي تقع بها خطوط (يرى الآن) بالنسبة إلى الأحداث. سوف تبدأ من خطوطنا المشتركة ل(يرى الآن)، ثم سيكون لزامًا عليك بعد ذلك أن تقوم بالحسابات؛ كي ترسم خط الآن خاصتك بين الأحداث، وتتعقبه كما هو مبين في شكل رقم ٣.

كيف يمكن أن يحدث ذلك، تبدأ من نفس خطوط (يرى الآن)، لكنك لا تقوم باستنساخ خطي لـ(الآن)؟ لقد حدث ذلك بسبب أنه من اللازم توظيف كمية مقاسة معينة، على وجه التحديد سرعة الضوء في الحسابات؛ ومن الطبيعي أن تثق في قياساتك لها كما أثق في قياساتي لها. وبما أن معداتنا تتأثر بتقلصات فيتزجيرالد المختلفة وما إلى آخره، فهناك مساحة كبيرة للحيود. المدهش للغاية أن كلينا يقيس نفس سرعة الضوء ٢٩٩.٧٩٦ كيلومتر لكل ثانية. لكن هذا التوافق الظاهري هو فعليًّا عدم توافق؛ لأنك تأخذ هذه القيمة لتمثل سرعة الضوء بالنسبة لكوكبك وأنا آخذ نفس القيمة لتمثل السرعة بالنسبة لكوكبي[١]. لذلك فحساباتنا لا تتفق، ويختلف خط الآن خاصتك عن خط الآن خاصتي.

إذا ما اعتقدنا في اللحظات عالمية النطاق أو في أن خطوط الآن هي شيء أصيل في العالم خارجنا، فستشتعل بيننا حدة المشاحنات على نحو مرعب. بالنسبة لعقلي فإنه من الحماقة أن تأخذ الأحداث على يمين الصورة التي لم تحدث بعد والأحداث

(١) السرعة المقاسة للضوء هي متوسط السرعة في اتجاهين متقابلين، لا يمكن قياس السرعة في اتجاه واحد بشكل منفرد إلا بعد أن تكون قد وضعت خطوط (الآن) وعلى ذلك لا يمكن أن تستخدم هي في وضع خطوط (الآن). على ذلك فهناك أزمة فيما يتعلق برسم خطوط الآن، يمكن التخلص منها فقط عن طريق القيام بافتراض اعتباطي أو عن طريق العرف. العرف الذي تم تبنيه بالفعل أن سرعات الضوء (بالنسبة إلى الراصد) في اتجاهين متقابلين متساوية. بذلك يجب اعتبار خطوط الآن الناتجة عرفية على حد سواء. (المؤلف).

التي على اليسار التي هي بالفعل ماض وتدعو ذلك الخليط كله حالة لحظية للكون. أظنك تنظر بقدر مساو من الازدراء إلى الخليط الخاص بي. لا يمكن أن نتفق أبدًا. بالتأكيد يبدو من الصورة أن لحظاتي قد كانت أكثر طبيعية من خاصتك؛ لكن ذلك بسبب أنني من رسمت الصورة. بالتأكيد، سوف تقوم بإعادة رسمها مستخدمًا خطوط الآن خاصتك في زوايا صحيحة بالنسبة لك.

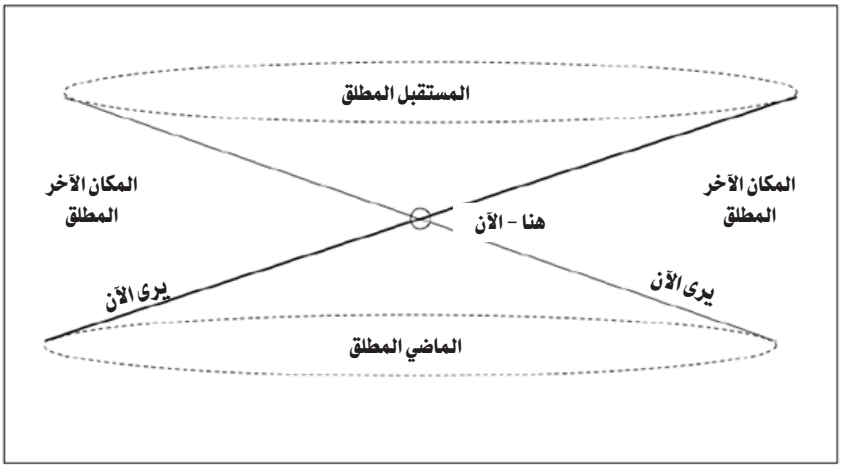
لكننا لن نكون مضطرين إلى الشجار والتشاحن لو أن خطوط الآن هي بالكاد خطوط مرجعية مرسومة عبر العالم من أجل تسهيل تحديد مواضع الأحداث – مثلها كمثل خطوط الطول ودوائر العرض التي نرسمها على الكرة الأرضية. لذلك لا يوجد معنى للتساؤل عن طريقة صحيحة أو طريقة خاطئة لرسم الخطوط؛ نقوم برسمها بأفضل صورة تناسبنا. ليست اللحظات عالمية النطاق بمستويات فاصلة للزمن؛ لا يوجد ما يعادلها في بنية العالم المطلقة؛ إنها تقسيمات تخيلية نجدها مناسبة للتطبيق.

لقد اعتدنا على اعتبار العالم –العالم الراسخ– كطبقات من حالات لحظية متتابعة. لكن راصدًا على نجم آخر سوف يجعل هذه الطبقات تتتابع على نحو مختلف عن ذلك الذي لنا. سوف نرى بصورة أوضح آلية العالم الفيزيائي الواقعية الفعلية لو استطعنا تخليص عقولنا من وهم الطبقات هذا. عندها ينهض العالم واضحا متكشفا، بالرغم من كونه غير مألوف في غرابة، إلا أنه أبسط بالفعل. هناك فارق بين البساطة والألفة. قد يكون الخنزير أكثر ألفة لنا في هيئة شرائح اللحم، لكن الخنزير غير المكون من طبقات (شرائح) يعد شيئًا أبسط بالنسبة للبيولوجي الراغب في دراسة كيفية عمل وظائف الحيوان.

الماضي المطلق والمستقبل المطلق:

دعنا الآن نحاول القبض على هذا المنظور المطلق. نقوم بمحو كل خطوط الآن. نقوم بإزالتك أنت وإزالتي أنا، حيث إننا لم نعد ضروريين للعالم. لكننا أبقينا على خطوط (يرى الآن). إنها مطلقة باعتبار أن كل الراصدين في (هنا – الآن) متفقون بشأنها. ما الصورة المسطحة إلا مقطع؛ عليك أن تتخيلها وقد دورت (في الحقيقة عليك أن تتخيلها وقد دورت مرتين حيث إن هناك بعدين إضافيين خارج الصورة). على ذلك فنطاق (يرى الآن) هو فعليًّا قمع؛ ولو قمنا بمد الخطوط في المستقبل كذلك، سيصبح لدينا قمع مزدوج أو ساعة رملية (شكل رقم ٤). تشكل هذه الساعات (المرسومة عبر كل نقطة في العالم، تلك التي تعتبر تباعًا (هنا – الآن)) ما نعرفه عن البنية المطلقة للعالم ما دام المكان والزمن معنيين، مبينة كيفية جريان «تعرقات» العالم.

كان الزمن الأب يصور كرجل كبير في السن معه منجل وساعة رملية. لم نعد نسمح له بجز اللحظات عبر العالم؛ لكننا تركنا له ساعته الرملية.



شكل رقم (٤)

ولأن الساعة الرملية مطلقة فإن قمعيها يزودان بالمستقبل المطلق وبالماضي المطلق على الترتيب وذلك بالنسبة لحدث (هنا – الآن). يفصل بينهما منطقة محايدة مخروطية الشكل، لا تعد مطلقًا ماضيًا أو مستقبلًا. إن الانطباع السائد عن كون النسبية تقلب الماضي والمستقبل بالكلية رأسًا على عقب هو انطباع خاطئ تمامًا. لكن على عكس الماضي والمستقبل النسبيان، لا يفصل الماضي والمستقبل المطلقان حاضرًا ضيقًا على نحو غير متناهٍ. الفكرة المباشرة التي تطرق أبواب خواطرنا تشير علينا بأن ندعو ذلك المخروط الفاصل بالحاضر المطلق؛ لكنني لا أظنها تسمية جيدة. من الأفضل أن نصفه بالمكان الآخر المطلق. لقد تخلينا عن خطوط الآن، ففي العالم المطلق يكون الحاضر (الآن) مقصورًا على (هنا – الآن).

ربما عليَّ إيضاح صورة الوضع الخاص الناشئ عن ظهور هذه المنطقة المحايدة مخروطية الشكل وذلك من خلال مثال نظري إلى حد ما. افترض أنك واقع في حب سيدة على كوكب نبتون وهي تبادلك ذات العواطف. سوف تحظى ببعض المواساة التي تخفف من كآبة الفراق لو استطعت أن تقول لنفسك في لحظة ما، سابقة التجهيز ربما: «إنها تفكر فيَّ الآن». للأسف سوف تظهر معضلة عويصة؛ فقد كان لزامًا علينا أن نمحو الآن. لا يوجد الآن مطلق، لكنها مجموعة من الآنات النسبية المتنوعة فقط، تختلف تلك الآنات بحسب اختلاف تقديرات الراصدين كما أنها تغطي المخروط المحايد كله، تلك الآن التي لكوكب نبتون تكون في ذلك المخروط على بعد سماكة ثماني ساعات. في النهاية سوف ينبغي على حبيبتك أن تفكر فيك بشكل متواصل لمدة ثماني ساعات من أجل أن تلتف على غرابة الآن.

أبعد الأماكن على سطح الأرض سوف يكون على بعد سماكة لا تزيد على الواحد على العشرة من الثانية في المخروط المحايد؛ لذلك لا يتداخل ذلك التأثير مع التزامن الأرضي بشكل واضح. يؤكد ذلك استنتاجنا السابق باعتبار أن الحاضر المطلق محدود في (هنا – الآن) فقط. إن ذلك صحيح فيما يتعلق بالأحداث اللحظية

(الأحداث النقطية)، لكن عمليًّا تكون للأحداث التي نلاحظها فترات أكبر من تلك اللحظات متناهية الصغر. لو أن مدة الحدث كافية لتغطي عرض المنطقة المحايدة، عندها قد يعتبر الحدث المأخوذ بمجمله وكأنه في الآن المطلق. من هذا المنظور فإن «آنية» حدث تشبه ظل مطروح بواسطته على المكان / الفضاء، وكلما كان الحدث طويلا، كانت مساحة امتداد الظل أبعد.

مع اقتراب سرعة المادة من سرعة الضوء تزداد كتلتها إلى ما لا نهاية، ذلك هو السبب في استحالة تعجيل المادة لجعلها تسافر بأسرع من سرعة الضوء. لقد تم استقراء هذا الاستنتاج من القوانين الكلاسيكية للفيزياء، وتم التأكد وإثبات الزيادة في الكتلة من خلال التجريب وذلك عبر تعجيل الجسيمات حتى سرعات عالية جدًّا. في العالم المطلق يعني ذلك أن جسيم المادة يمكنه أن يتقدم مواصلًا من (هنا – الآن) نحو المستقبل المطلق فقط – وهو الأمر المنطقي والحد السليم الذي ستتفق معه. لا يمكن لأي جسم أن يسافر إلى المنطقة المحايدة؛ إن حدود القمع هي مسار الضوء أو مسار أي شيء يتحرك بسرعة الضوء. نحن أنفسنا مرتبطين بأجساد مادية، ولذلك يمكننا المضي نحو المستقبل المطلق فقط.

الأحداث الموجودة في المستقبل المطلق لا تقع أبدًا في المكان الآخر. قد يكون في مستطاع راصد أن يسافر من (هنا – الآن) إلى الحدث موضع التساؤل في الزمن المناسب الذي يسمح بمعايشته له، حيث إن السرعة المطلوبة أقل من تلك التي للضوء؛ بالنسبة لإطار مثل هذا الراصد فإن الحدث سوف يكون هنا. لا يمكن لراصد أن يبلغ أبدًا حدثًا في المنطقة المحايدة، حيث إن السرعة اللازمة عظيمة للغاية. إن لم يكن الحدث هنا بالنسبة لأي راصد في (هنا – الآن)؛ فذلك الحدث يقع في المكان الآخر.

التمايز المطلق للمكان والزمان:

بتقسيم العالم إلى ماض مطلق ومستقبل مطلق من جهة ومكان آخر مطلق من جهة أخرى، يمكننا القول إن ساعتنا الرملية قد استعادت تمايزًا جوهريًّا بين الزمن والمكان. إنه ليس تمايزًا بين علاقات الزمن وعلاقات المكان. يمكن للأحداث أن تظهر لنا في علاقة زمنية (ماض مطلق أو مستقبل مطلق) أو في علاقة مكانية (بشكل مطلق في مكان آخر)، لكن ليس بالطريقتين معًا. تمتد العلاقات الزمنية في قمعي الماضي والمستقبل لكن العلاقات المكانية تمتد في المخروط المحايد؛ لذا يبقيان منفصلين على نحو مطلق بواسطة خطوط (يرى الآن) التي قمنا بتعريفها باعتبارها تعرقات بنية العالم المطلقة. لقد استعدنا التمايز الذي اختلط أمره على الفلكي الملكي عندما ربط الزمن بخطوط الآن المختلقة بالكاد.

سوف أوجه انتباهك إلى فارق مهم في فهمنا لامتداد الزمن وامتداد المكان/ الفضاء. كما تم تبيان الأمر بالفعل فإن مسارنا خلال العالم هو مسار نحو المستقبل المطلق؛ أي على طول ترتيب علاقات الزمن. لا يمكننا أبدًا أن نحظى بخبرة مماثلة لعلاقات المكان لأن ذلك سيستدعي السفر بسرعة أكبر من سرعة الضوء. بذلك فنحن لدينا خبرة فورية بعلاقات الزمن لكن ليس لدينا مثل هذه الخبرة بعلاقات المكان. معرفتنا بعلاقات المكان غير مباشرة، مثل كل معارفنا عن العالم الخارجي تقريبًا – علاقة استدلال وتفسير للانطباعات التي تصلنا من خلال أعضائنا الحسية. لدينا معرفة مشابهة غير مباشرة بالعلاقات الزمنية الموجودة بين الأحداث في العالم من خارجنا؛ لكن بالإضافة إلى ذلك لدينا خبرة مباشرة بالعلاقات الزمنية تلك التي نمر بها نحن أنفسنا – معرفة بالزمن لا تأتي من خلال أعضاء الحس الخارجية لكنها تتخذ طريقًا مختصرًا إلى داخل وعينا. عندما أغلق عيني وأنسحب إلى سريرتي الداخلية، أشعر بنفسي راسخًا، لا أشعر بنفسي ممتدًّا. إنه هذا الشعور بالزمن الذي يؤثر فينا لا يكون على صورته التي يظهر عليها بالكاد في علاقات الأحداث الخارجية

التي هي خاصية مميزة جدًّا له؛ على الجانب الآخر دائمًا ما يتم تقدير المكان على أنه شيء خارجي.

ذلك هو السبب الذي يجعل الزمن يبدو لنا أكثر غموضًا بكثير جدًّا من المكان. إننا لا نعرف شيئًا عن الطبيعة الداخلية للمكان، لذلك من السهل تمامًا أن ندركه بشكل مرض. لدينا معرفة حميمية بطبيعة الزمن، هذه المعرفة تشوش على فهمنا. إنها نفس المعضلة التي تجعلنا نعتقد في أننا نفهم طبيعة طاولة عادية بينما تكون الطبيعة البشرية غامضة بالكلية. ليست لدينا صلة حميمية أبدًا بالمكان والطاولات، تجعلنا ندرك كم هي غامضة وملغزة؛ لدينا معرفة مباشرة بالزمن وبالروح الانسانية، تجعلنا نرفض مفهوم العالم الرمزي المجرد باعتباره غير كاف وغير مناسب، ودائما ما نخطئ السبيل إليه سعيًا وراء تبصر في طبيعته.

العالم رباعي الأبعاد:

لا أعرف إن كنت واعيًا منفعلًا بحقيقة كوننا قد بتنا منغمسين لبعض الوقت الآن في عالم رباعي الأبعاد. لا يتطلب البعد الرابع أي مقدمات؛ بمجرد أن نبدأ في الاهتمام بالأحداث فإنه يكون ماثلًا هناك. من الواضح أن للأحداث نسقًا من أربع طبقات، يمكننا أن نمضي فيها إلى اليمين وإلى اليسار، إلى الوراء وإلى الأمام، نحو الأعلى ونحو الأسفل، في وقت قريب أو فيما بعد – أو نمضي بين مجموعات أخرى متعددة بديلة، مجموعات من محددات رباعية الطبقات. ليس البعد الرابع بمفهوم صعب. من غير الصعب إدراك الأحداث وقد رتبت في أربعة أبعاد؛ بل إنه من المستحيل إدراكها على أي نحو آخر. تبدأ المشكلة عندما نواصل متقدمين أبعد على طول خط الأفكار هذا، لأنه نتيجة للاعتياد الطويل منا على تقسيم عالم الأحداث إلى أقسام ثلاثية الأبعاد أو لحظات ثلاثية الأبعاد، واعتبار تراكم اللحظات كشيء مختلف عن كونه بعد. ذلك ثبت في عقولنا المفهوم المعتاد للعالم ثلاثي الأبعاد الطافي في تيار الزمن. هذا التمويه على بعد معين لم يكن بلا أساس تمامًا؛ إنه تقديرنا غير الدقيق

للفصل المطلق بين العلاقات المكانية والعلاقات الزمنية من خلال تمثلات الساعات الرقمية. لكن بات من اللازم استبدال التمييز غير الدقيق بتمييز أكثر دقة. تعمل المستويات المفترضة للبنية الممثلة عبر خطوط الآن على فصل واحد من الأبعاد عن الثلاثة الآخرين؛ لكن الأقماع التي زودت بها تمثلات الساعة الرقمية أبقت على الأبعاد الأربعة ممسوكة معًا في حزم[1].

إننا معتادون على التفكير في الشخص بشكل منفصل عن مدته. عندما أقوم برسم نفسي «أنا» في شكل رقم ٢، ضربتك المفاجأة لوهلة؛ حيث اتضح أنه ينبغي عليَّ تضمين صباي وشيخوختي، لكن أن تفكر في شخص من دون مدته هو تجريد مثله كمثل التفكير في شخص من دون داخله. التجريد مفيد، ورجل من دون داخله (ما نطلق عليه سطحًا) هو مفهوم هندسي معروف جيدًا. لكن ينبغي علينا أن ندرك ما هو التجريد وما هو ليس بتجريد. تبدو «الديدان رباعية الأبعاد» التي قدمناها في هذا الفصل لكثير من الناس كتجريد هائل. على الإطلاق؛ إنها مفاهيم غير مألوفة لكنها ليست مفاهيم مجردة. إن القسم من الدودة (الشخص الآن) هو التجريد. وقد تُؤخذ الأقسام المختلفة في اتجاهات مختلفة إلى حد ما، يقوم الراصدون المختلفون بعمل تجريدات مختلفة، بحسب تقلصات فيتزجيرالد المختلفة التي يعزونها إليها. إن الشخص غير المجرد الراسخ عبر الزمن هو المصدر العام الذي يتم عمل التجريدات المختلفة من خلاله.

السبب في ظهور العالم رباعي الأبعاد على هذا النحو يرجع إلى مينكوفسكي. لقد أوضح أينشتاين نسبية كميات الفيزياء المألوفة؛ أما مينكوفسكي فقد بين كيفية استعادة المطلق وذلك من خلال الرجوع إلى أصلها رباعي الأبعاد والبحث أكثر عمقًا.

---

(١) في شكل رقم ٤ يكون المقياس على صورة أن ثانية الزمن يقابلها ٧٠.٠٠٠ ميل من المكان. إذا ما أخذنا مقياسًا أقرب للخبرة، فلنقل الثانية يقابلها ياردة، فإن خطوط (يرى – الآن) تصبح أفقية تقريبًا؛ وسوف يصبح من السهل فهم لماذا حدث الخطأ وظُنّت الأقماع التي تمسك بالأبعاد الأربعة معًا على أنها أقسام تعمل على فصلها. (المؤلف).

سرعة الضوء:

سرعة الضوء مطلقة، وهذا الإطلاق الخاص بها هو أحد ملامح النظرية النسبية. من الجلي أن هذه السرعة المطلقة قد أثارت اهتمامًا وشغفًا خاصين بين الفلاسفة. على نحو عام تكون السرعة نسبية. إذا ما تحدثت عن سرعة تبلغ ٤٠ كيلومترًا لكل ثانية فيتوجب علي أن أضيف «بالنسبة إلى الأرض» أو «بالنسبة إلى نجم السماك الرامح» أو أيًّا ما كان الجسم المرجعي الموجود في عقلي. لن يمكن لأي أحد أن يفهم أي شيء من عبارتي ما لم تتم إضافة هذا أو توظيفه. لكنها حقيقة ملغزة أنني عندما أتكلم عن سرعة تبلغ ٢٩٩.٧٩٦ كيلومتر لكل ثانية فمن غير اللازم إضافة العبارة المفسرة. بالنسبة إلى ماذا؟ بالنسبة لأي وكل نجم أو جسيم مادي في الكون.

ليس هناك جدوى من محاولة التغلب على ومضة ضوء؛ مهما كانت السرعة التي تمضي بها فإنه دائمًا سيسافر مبتعدًا عنك بسرعة ١٨٦.٠٠٠ ميل لكل ثانية. ستذهب احدى وجهات النظر الآن إلى أن هذا غش وخداع –لا قيمة له– تمارسه الطبيعة علينا. دعنا ننظر إلى راصدنا المفضل الذي يسافر بسرعة ١٦١.٠٠٠ ميل لكل ثانية، دعنا نرسل إليه حزمة من ومضات الضوء تجد في أثره. إنها تمضي بسرعة ٢٥.٠٠٠ ميل لكل ثانية أسرع منه؛ لكن لن يكون ذلك ما سيبلغنا به؛ حيث إن أمياله تصبح، أنصاف أميال فقط نتيجة تقلص مقياسه المعياري؛ كما تصبح ثانيته، ثانية مضاعفة؛ نتيجة تباطؤ ساعاته. نتيجة ذلك سوف تكون سرعته بالنسبة إلى قياساته ١٠٠.٠٠٠ ميل لكل ثانية (نصف عدد الأميال في ضعف الزمن فعليا). لقد قام بخطأ كبير بمزامنة ساعاته مع تلك الساعات التي سجل بها سرعته. (تذكر أنه يستخدم خطوطًا للآن مختلفة عن خطوطنا). يصل ذلك بالسرعة إلى ١٨٦.٠٠٠ ميل لكل ثانية . من وجهة نظره الخاصة فإن المسافر يتأخر بلا أمل متخلفًا عن الضوء؛ لا يدرك إلى أي حد هو قريب من المنافسة في السباق الذي يخوضه، لأن أدوات قياسه قد تم التشويش عليها. سوف تلاحظ أن تفلت ومضة الضوء لا يكاد يداني تفلت قوس قزح بأي حال.

لكن على الرغم من أن هذا التفسير قد يساعد في إصلاح ما بدا لنا في البداية كاستحالة صريحة، ففعليًّا هو ليس الخرق الأكبر. تذكر أن خط (يرى الآن) أو مسار ومضة الضوء يمثل تعرق بنية العالم. على ذلك فخصوصية السرعة ٢٩٩.٧٩٦ كيلومتر لكل ثانية تتوافق مع تعرق العالم. يجب أن تمضي الديدان رباعية الأبعاد الممثلة للأجسام المادية بالضرورة عبر التعرق نحو المستقبل، وعلينا أن ندخل نوعًا ما من الأطر المرجعية كي تصف مساراتها. لكن ومضة الضوء تقع بالضبط على طول التعرق، لذلك فلا حاجة إلى اختلاق أي نظام للتجزئة والتقسيم كي يصف هذه الحقيقة. الرقم ٢٩٩.٧٩٦ (كيلومتر لكل ثانية) هو -من الممكن القول- رقم شفرة تعرقات الخامة نفسها. الشفرات الرقمية الأخرى تتفق مع الثقوب الدودية المتنوعة التي قد يحدث وتعبر التعرق. لدينا شفرات مختلفة تتوافق مع أطر مختلفة للزمان والمكان؛ أرقام الشفرة لتعرقات الخامة هي الوحيدة المتماثلة في كل الشفرات أيًّا ما كانت. هذا الأمر ليس صدفة؛ لكنني لا أعرف أي دلالة عميقة يمكن اشتقاقها منه، غير أن شفرات قياساتنا قد تم التخطيط لها منطقيًّا من أجل أن تعتمد على الملامح الجوهرية لبنية العالم وليس على ملامحها العرضية.

سرعة ٢٩٩.٧٩٦ كيلومتر لكل ثانية التي تشغل مكانة متفردة في كل نظام للقياس تتم الإشارة إليها عادة باعتبارها سرعة الضوء. لكنها أكثر كثيرًا من ذلك؛ إنها السرعة التي تصبح عندها كتلة المادة لا نهائية وتتقلص عندها الأطوال إلى صفر وتقف عندها الساعات ثابتة، متوقفة عن الحركة. بسبب ذلك نجدها تقفز فجأة في كل المسائل سواء كان الضوء معنيًّا أم لا.

اهتمام العلماء بذلك الإطلاق الذي تحظى به هذه السرعة (كونها مطلقة) عظيم للغاية؛ أما اهتمام الفلاسفة -فيما أعتقد- فهو اهتمام يتخذ منحى خاطئًا بشكل كبير. يقصد العلماء بتأكيدهم ذلك الإطلاق أنهم قد عينوا نفس الرقم الذي له في كل نظام قياس؛ لكن ذلك ترتيب خاص بهم يخصهم وحدهم - هو إطراء منهم غير مقصود

في حد ذاته، فقط قد حظي به الرقم لأهميته العمومية[١].

بالتحول من أرقام القياس إلى الأشياء الموصوفة بهذه الأرقام، نجد أن «التعرق» ملمح مطلق للعالم بكل تأكيد، إلا أن «الثقوب الدودية» (الجسيمات المادية) هي كذلك ملمح من ملامح العالم أيضًا. الفارق أن التعرق جوهري وعمومي، أما الثقوب الدودية فإنها علية. غالبًا ما تتقاطع أهداف العلم والفلسفة عند مناقشة المطلق – وهو سوء فهم أخشى أن العلماء هم السبب الرئيس فيه. في العلم نكون معنيين بشكل رئيسي بإطلاق ونسبية الاصطلاحات الواصفة التي نوظفها؛ لكن عندما يستخدم اصطلاح المطلق مشيرًا إلى ذلك الذي يتم وصفه هو نفسه، يصبح له بشكل عام المعنى الفضفاض «للعمومي» مقابل «العلي».

نقطة أخرى قد وقع حيالها بعض سوء الفهم أحيانًا وهي النقطة المتعلقة بوجود حد أقصى للسرعة. القول بأن ما من سرعة بإمكانها أن تتجاوز ٢٩٩.٧٩٦ كيلومتر لكل ثانية غير جائز. على سبيل المثال، تخيل كشافًا قادرًا على إرسال أشعة متوازية بشكل دقيق بعيدًا بقدر بعد نبتون. لو جعل الكشاف يدور مرة كل دقيقة، فإن نهاية الشعاع عند نبتون سوف تتحرك على محيط دائرة بسرعة أسرع كثيرًا من الحد سابق الذكر. هذا مثال على ما اعتدناه من خلق سرعات عن طريق الربط العقلي بين حالات لا يمكن أن تكون في الواقع متصلة معًا اتصالًا سببيًّا مباشرًا. تضع النسبية حدودًا أكثر أمام المسلمات التي تطرحها، أعني أنها تذهب إلى أنه:

لا يمكن لمادة أو لطاقة أو لأي شيء قد يستخدم كإشارة أن يسافر بأسرع من ٢٩٩.٧٩٦ كيلومتر لكل ثانية، بشرط أن تكون السرعة مسندة لواحد من أطر المكان والزمان المطروحة في هذا الفصل[٢].

(١) في النظرية النسبية العامة (الفصل السادس) يتم توظيف نظم قياس لم تعد تعين لسرعة الضوء نفس القيمة الثابتة، لكنها لا تزال تتوافق مع تعرقات بنية العالم المطلقة (المؤلف).

(٢) من الواضح أن بعض العبارات الاشتراطية من هذا النوع ضرورية. غالبًا ما نوظف لأهداف خاصة إطارًا مرجعيًّا يدور مع الأرض؛ في هذا الإطار ترسم النجوم دوائر مرة كل يوم لذلك يعزى لها سرعات مهولة. (المؤلف).

يمكن لسرعة الضوء في المادة تحت ظروف معينة (ضمن ظاهرة التشتت الشاذ) أن تتجاوز هذه القيمة. لكن هذه السرعة الأعلى يتم الوصول إليها فقط بعد أن يكون الضوء قد مر عبر المادة لبعض الوقت؛ حيث يكون قد قام بوضع الجزيئات في حالة من الاهتزاز بالتأثير. أما ضوء الكشاف غير المعد له والمبلغ عنه فإنه يسافر أكثر بطئًا. لذا يمكننا القول أن بلوغ السرعة التي تتخطى ٢٩٩.٧٩٦ كيلومتر لكل ثانية لا يمكن أن يحدث إلا بشكل سابق الإعداد، وليس له أي تطبيق فيما يتعلق بالتراسل عبر الإشارات.

إننا مجبرون على التقيد بهذا الحد لسرعة إرسال الإشارات والتراسل؛ حيث يجعل هذا الحد من إرسال الإشارات والتراسل أمرًا ممكنًا في المستقبل المطلق فقط. إن النتائج المترتبة على القدرة على إرسال رسائل تتعلق بأحداث (هنا – الآن) إلى المخروط المحايد شاذة للغاية حتى نحاول اقتراحها. إما أن يكون جزء المخروط المحايد الذي في مقدور الإشارات أن تصل إليه قد تم تحديده بطريقة تنتهك مبدأ النسبية بالتأكيد؛ وإما أن يكون ذلك جائزًا من خلال ترتيب أمر حليف يستقبل الرسائل التي سوف نرسلها له في الغد ومن ثم يعيد إرسالها إلينا وبذلك نستلمها اليوم! إن حد السرعة الموضوع لسرعة الإشارات هو حصننا ضد انقلاب الماضي والمستقبل رأسًا على عقب، ذلك الانقلاب الذي تتهم نظرية أينشتاين بارتكابه أحيانًا، رغم براءتها منه.

لو عبرنا عن هذا الحد لإرسال الإشارات والرسائل بالطريقة المألوفة كأن نقول أنه يبلغ ٢٩٩.٧٩٦ كيلومتر لكل ثانية، فسيبدو حد السرعة هذا على نحو ما كفرمان اعتباطي، تنص عليه الطبيعة، وحينها نشعر على الأرجح بتحد محفز لمحاولة إيجاد شيء ما يمضي أسرع منه. لكن إن نصصنا عليه بالصيغة المطلقة كأن نقول إن الإشارات والمراسلات ممكنة على طول مسارات العلاقات الزمنية فقط وغير ممكنة على طول مسارات العلاقات المكانية فإن الحد سيبدو منطقيًّا تمامًا. ولكي نقوم بانتهاكه لا ينبغي علينا مجرد العثور على شيء ما يمضي أسرع من الضوء بـ ١ كيلومتر لكل فقط، لكن علينا العثور على شيء قادر على تجاوز التمايز بين الزمن

والمكان – ذلك التمايز الذي نقتنع جميعا بوجوب الحفاظ عليه في أي نظرية معقولة.

تطبيقات عملية:

في هذه المحاضرات قد كنت معنيًّا بأفكار النظريات الجديدة على نحو أكبر من عنايتي بأهميتها التطبيقية من أجل تقدم العلم. لكن عيب الإسهاب في تفسير المفاهيم المؤسسة فقط أنه قد يعطي انطباعًا أن الفيزياء الجديدة هي مجرد بالونات هوائية غير مؤكدة إلى حد كبير جدًّا. ذلك غير صحيح أبدًا، والنظرية النسبية تستخدم على نحو فعال في المسائل العملية التي يتم تطبيقها فيها. يمكنني أن أشير هاهنا إلى مسائل أساسية فقط، قد تبين بالكاد قوة النظرية الجديدة على نحو عادل فيما يتعلق بالبحث العلمي المتقدم. أعتقد أن مثالين بالتأكيد سيكونان كافيين.

١ – كان هناك افتراض غالب يذهب إلى أن النجوم سوف تتراجع سرعتها تحت وطأة الضغط المعاكس للإشعاع الخاص بها. الفكرة أنه بما أن النجم يتحرك للأمام فإن الإشعاع المنبعث منه سوف يتكوم من أمامه بينما تقل سماكته من خلفه. وبما أن الإشعاع يبذل ضغطًا فإن الضغط سوف يكون أقوى على السطح الأمامي منه على مؤخرة النجم. لذلك فهناك قوة تعمل على تأخير النجم وتراجعه، تميل إلى دفعه تدريجيًّا نحو السكون والثبات. قد يكون لذلك التأثير أهميته الكبيرة عند دراسة الحركات النجمية؛ حيث يشير إلى أن للنجوم الأقدم في المتوسط سرعات أقل من النجوم الشابة بالتأكيد، غير أنه قد تبين أن ذلك الاستنتاج هو عكس ما تم إثباته عن طريق الرصد تمامًا.

لكن بحسب النظرية النسبية فإن الوصول لحالة السكون ليس له معنى؛ حيث إن النقصان في السرعة بالنسبة إلى إطار ما هو زيادة في السرعة بالنسبة إلى إطار آخر. لا توجد سرعة مطلقة ولا يوجد ثبات مطلق قد يبلغها أو يبلغه النجم. لذلك فقد تم التخلي عن الفرضية باعتبارها منطوية على مغالطة.

٢ – جسيمات β التي تقذفها المواد النشطة إشعاعيًّا عبارة عن إلكترونات تسافر بسرعات ليست أقل كثيرًا من سرعة الضوء. بينت التجارب أن كتلة أي من تلك الإلكترونات عالية السرعة أكبر بشكل ملحوظ من كتلة أي إلكترون في حالة ثبات. تتنبأ النظرية النسبية بهذه الزيادة وتوفر المعادلة التي تشير إلى توقف مقدار كتلة جسم على قدر السرعة التي يتحرك بها. تنشأ الزيادة من حقيقة منفردة حيث إن الكتلة هي كمية نسبية تعتمد من خلال التعريف على الكميات النسبية للطول والزمن.

دعنا ننظر إلى جسيم β من وجهة نظره هو. إنه إلكترون معتاد لا يختلف عن أي إلكترون آخر من أي جهة. لكنه يسافر بسرعة عالية غير معتادة؟، يقول الإلكترون: «لا، إنها وجهة نظرك أنت. إنني أتأمل في دهشة سرعتك غير الطبيعية ١٠٠.٠٠٠ ميل لكل ثانية، تلك التي تندفع بها إلى جواري. إنني أتساءل ما هو شعور التحرك بمثل هذه السرعة الكبيرة جدًّا. على كل حال، هذا ليس من شأني» من ذلك يتبين أن جسيم β يعتقد في اعتداد كبير بذاته أنه ثابت ولا يلقي بالًا إلى ما نذهب إليه ويرتب نفسه في ضوء كتلته المعتادة ونصف قطره المعتاد وشحنته المعتادة. إن له بالضبط الكتلة المعيارية التي لأي إلكترون وهي ٩ × ١٠$^{-٢٨}$ جرام. لكن الكتلة ونصف القطر هما كميات نسبية وفي هذه الحالة فإن الإطار الذي يتم إسنادهما إليه هو بشكل واضح الإطار المناسب لإلكترون في حالة من التأمل الذاتي أي الإطار الذي يكون فيه في حالة سكون. لكننا عندما نتحدث نحن عن كتلته فإننا نستند إلى الإطار الذي نكون نحن فيه في حالة سكون. من خلال هندسة العالم رباعي الأبعاد يمكننا حساب معادلة التغير في تقدير الكتلة في إطارين مختلفين وهو التغير الذي ينشأ عن التغير في تقدير الطول والزمن؛ في الحقيقة نجد أن الكتلة تزيد بنفس معدل نقصان الطول (عامل فيتزجيرالد). تنشأ زيادة الكتلة التي نرصدها من التغير في التقدير بين الإطار الخاص بالإلكترون وإطارنا الخاص.

كل الإلكترونات متشابهة من منظورها الخاص. تنشأ الاختلافات الظاهرة بسبب

وضعنا لها في إطارنا المرجعي الخاص، ذلك الإطار غير ذي الصلة ببنيتها. إن تقديرنا لكتلتها أكبر من تقديرها لكتلتها، ويزداد الفارق في التقدير مع ازدياد درجة الاختلاف بين الإطارين، بين إطارنا وإطارها، أي بين سرعتينا النسبية.

إننا لا نخرج بهاتين النتيجتين لكي نوضح أو نؤكد حقيقة النظرية، لكن لكي نبين استخدامات النظرية. فمن الممكن كذلك الخلوص إلى ذات النتيجتين كلتيهما من خلال النظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية لماكسويل مقرونة (في المسألة الثانية) بافتراضات معقولة معينة فيما يتعلق بالظروف الحاكمة على سطح الإلكترون. لكن لكي ندرك فائدة النظرية الجديدة، علينا أن نتفكر فيما تم استقراؤه من خلال النظرية الكلاسيكية، ليس فيما كان من الممكن أن يتم استقراؤه. الحقيقة التاريخية تشير إلى أن استنتاجات النظرية الكلاسيكية فيما يتعلق بالمسألة الأولى قد كانت خاطئة؛ لقد تفلت من الملاحظة عامل مُعوّض هام. أما استنتاجها بخصوص المسألة الثانية فقد كان (بعد بعض البدايات الخاطئة) صحيح تمامًا رقميًّا. لكن بما أن النتائج قد تم استقراؤها من معادلات الكهرومغناطيسية للإلكترون، فقد كان الظن السائد أنها مبنية على حقيقة أن الإلكترون هو مركب كهربي؛ وكان الاعتقاد أن الاتفاق مع الرصد يؤكد فرضية أن الإلكترون عبارة عن كهربية خالصة ولا شيء آخر. لا تستند معالجتنا السابقة التي بيناها إلى أي مرجع يستلزم خواص كهربية للإلكترون، حيث تبين أن الظاهرة تنشأ بشكل منفرد من علاقة النسبية بالكتلة. هكذا، بالرغم من أنه قد تكون هناك أسباب وجيهة للاعتقاد في أن الإلكترون يتكون من كهربية سالبة بشكل منفرد، فإن زيادة الكتلة مع السرعة ليست دليلًا على ذلك بطريقة أو أخرى[1].

(١) ربما لو عاصر إدنجتون نظام تحديد المواقع العالمي لكان بالتأكيد قد ذكره، إن هذا هو النظام الذي تستخدمه في سيارتك على سبيل المثال لتحديد موقعك ولولا النسبية ما تم ضبط الزمن ليتوافق مع آلية تحديد الموقع والمسافات. فالأقمار الصناعية التي تستخدمها سيارتك في تحديد موقعك تدور حول الأرض بسرعات كبيرة نسبيًّا (صحيح أنها بعيدة جدًّا عن سرعة الضوء لكنها لا تزال مؤثرة) هذا يؤدي لتباطؤ الزمن بالنسبة لها وهو التباطؤ الذي لو لم يؤخذ في الاعتبار عند إجراء الحسابات لفشل النظام تمامًا في تحديد أي شيء. لقد آثرت ذكر نظام تحديد المواقع العالمي كمثال لأنه قريب جدًّا من الجميع وعملي تمامًا. (المترجم).

في هذا الفصل قد تم توسعة فكرة تعدد أطر المكان لتصبح تعدد أطر المكان والزمن. إن نظام تحديد المواضع في المكان المدعو بإطار المكان هو مجرد جزء من نظام أكمل لتحديد الأحداث في المكان والزمن. لم توفر الطبيعة أي دلالة على أن أحد هذه الأطر مفضل على الآخر. للإطار الخاص الذي نكون فيه نسبيًّا في حالة سكون اتساق معنا، لا تحظى به الأطر الأخرى، ولهذا السبب انجرفنا نحو الافتراض الشائع، حيث ذهبنا إلى أنه هو الإطار الوحيد المعقول والصحيح؛ لكن هذا المنظور الأناني المتمحور حول الذات يجب أن يتم هجره الآن، وأن تتم معالجة كل الأطر على قدم المساواة. لقد بتنا قادرين على تفهم الكيفية التي جعلت الأطر متعددة وذلك من خلال التفكر في المكان والزمن معًا. إن هذه الأطر المتعددة تشير إلى اتجاهات مختلفة للنظر في قسم من أحداث العالم رباعي الأبعاد، مع كون الأقسام هي «اللحظات عالمية النطاق». أما آنية (الآن) فقد باتت نسبية. إن إنكار الآنية المطلقة يرتبط على نحو وثيق بإنكار السرعة المطلقة، تمكننا معرفة السرعة المطلقة من التأكيد على أن أحداث معينة تحدث في الماضي أو المستقبل هي تحدث هنا لكن ليس الآن؛ تخبرنا المعرفة بالآنية المطلقة أن أحداثًا معينة تحدث الآن لكن ليس هنا. مع إزالة هذه الأقسام المختلقة يصبح لدينا لمحة عن بنية العالم المطلقة بتعرقاته المتباعدة والمتواشجة في مخطط تمثلات الساعات الرقمية. بالرجوع إلى هذه البنى نفطن إلى تمييز يفصل بين ما هو مكاني وما هو زمني – تمييز يبرر ويفسر شعورنا الغريزي بأن المكان والزمن مختلفان جوهريًّا. كثير من التطبيقات الهامة للمفاهيم الجديدة تقنية للغاية كي نأتي على ذكرها في هذا الكتاب؛ أحد أبسط التطبيقات يتمثل في دراسة تغير الخواص الفيزيائية للأجسام نتيجة الحركة السريعة. بما أنه من الممكن وصف الحركة باعتبارها حركتنا نحن بالنسبة إلى الجسم أو حركة الجسم بالنسبة لنا وذلك بنفس القدر من الدقة، إذا لا يمكن للحركة التأثير على سلوك الجسم المطلق. إن التغيرات الظاهرة في الطول والكتلة والمجال الكهربي والمجال المغناطيسي والزمن الدوري للذبذبات وما إلى آخره، هي بالكاد تغيرات في التقدير تنشأ عن الانتقال من

إطار كان فيه الجسم في حالة سكون إلى إطار بات فيه الراصد في حالة سكون. من السهل استنتاج المعادلات اللازمة لحساب التغير في تقدير أي من هذه الكميات الآن، حيث إن العلاقة الهندسية للأطر قد باتت محققة.

❊ ❊ ❊

الفصل الرابع

اضمحلال الكون

خلط ورق اللعب:

لا يتركب المنظور الحديث للعالم الفيزيائي حصريًّا من مفاهيم بزغت في الخمسة والعشرين عامًا الأخيرة؛ بل ينبغي علينا أن نتعامل الآن مع مجموعة من الأفكار الموغلة في القدم، ترجع إلى القرن المنصرم والتي لم تتبدل بشكل ذي بال منذ عصر بولتزمان. تبدي هذه الأفكار نشاطًا وفعالية عظيمة وتطورًا في الوقت الراهن. لموضوع تلك الأفكار صلة وثيقة بهذه المرحلة لأن له تأثيره الواضح على الملامح الأعمق لمعضلة الزمن؛ غير أنه شديد الأساسية في النظرية الفيزيائية التي يتحتم علينا الالتزام بالتعامل معها إن عاجلًا أو آجلًا ضمن أي طرح موسع وشامل.

لو أنك قد أخذت رزمة من أوراق اللعب على هيئتها التي جاءت بها من المصنع وقمت بخلطها لدقائق معدودات، فإن كل أثر للترتيب المنظم الأصلي يختفي. لن يعود ذلك الترتيب أبدًا مهما طال الوقت الذي تقوم فيه بخلط الأوراق. هناك شيء ما قد تم فعله ولا يمكن بأي حال عكس هذا الفعل الذي تم، على وجه التحديد، لا يمكن إحلال الترتيب المنظم محل عنصر العشوائية.

قد تكون الأمثلة التوضيحية مفيدة حتى لو لم تكن منضبطة تمامًا، وعلى ذلك فقد تغافلت عن نقطتين ذاتا أثر على المثال التوضيحي الذي ضربته نفسه، بشكل أكبر

من أثرهما على التطبيق الذي أعنيه. لقد كان قولنا أن خلط الأوراق لا يمكن عكسه صحيح بالكاد. يمكنك أن تعيد تنظيم أوراق اللعب على هيئتها الأصلية إذا ما أحببت ذلك. لكن بالنسبة إلى الخلط وإعادة الترتيب الذي يحدث في العالم الفيزيائي طبيعيًّا فلن نخشى من تدخل ساحر خارجي مثلك يغير من الحبكة وقوانين السبب والنتيجة. لست على أهبة الاستعداد لأن أوغل في ذكر إلى أي مدى مقيد هو العقل البشري عن إدراك الاستنتاجات التي سوف نصل إليها. لذلك فقد استبعدتك – على الأقل فقد استبعدت نشاطك العقلي ذلك الذي قد توظفه لإعادة تشكيل مجموعة أوراق اللعب على صورتها الأولى، لقد سمحت لك بخلط أوراق اللعب لأنك تستطيع القيام بذلك دون حاجة إلى حضور ذهني.

ثانيًا، ليس صحيحًا تمامًا أن الترتيب الأصلي لا يعود أبدًا. هناك شبح صدفة أن رزمة أوراق اللعب التي تم خلط أوراقها جيدًا، سوف نجدها وقد عادت إلى الترتيب الأصلي. ذلك بسبب صغر عدد أوراق اللعب في الرزمة نسبيًّا. في تطبيقاتنا فإن الوحدات التي نتعرض لها من الكثرة والتعدد جدًّا بحيث يمكن التغاضي عن مثل هذا النوع من الحوادث والصدف.

بناءً على ذلك فسوف ندعم الفرضية التي تذهب إلى أنه:

عندما يحدث أي شيء لا يمكن عكسه، فإن ما حدث من الممكن اختزاله دائمًا في صورة إدخال عنصر للعشوائية مماثل تمامًا لما يتم إدخاله في عملية خلط الأوراق.

الخلط هو الشيء الوحيد الذي لا يمكن للطبيعة أن تقوم بعكسه.

عندما كان من نصيب هامتي دامتي سقطة عظيمة:

كل خيول الملك وكل رجال الملك

لم يكن بمقدورهم أن يعيدوا أجزاء هامتي دامتي معًا مرة أخرى[1].

لقد حدث شيء ما لا يمكن عكسه. ليس في الإمكان عكس السقطة. ليس ضروريًّا أن نذكر خيول الملك ورجال الملك؛ فلو كان هناك بساط مرن بشكل مثالي تحته، لكان ذلك كافيًا. بنهاية سقطته بات لدى هامتي دامتي طاقة حركة موجهة بالشكل المناسب وكافية تمامًا لرده في قوة إلى الحائط مجددًا. لكن بسبب غياب البساط المرن فقد حدثَ حدثٌ غير قابل للعكس بنهاية السقطة – على وجه التحديد، لقد تم إدخال عنصر العشوائية إلى جوف هامتي دامتي.

لكن لماذا يجب علينا افتراض أن الخلط هو العملية الوحيدة التي لا يمكن عكسها؟

خط القلم على اللوح المحفوظ؛ صدر فرمانه.

استمر في السعي: ليس بمقدور كل التقوى والبصيرة التي هي لك

(١) مقطع من أغنية للأطفال بعنوان «هامبتي دامبتي» وهامبتي دامبتي شخصية خيالية لرجل في هيئة بيضة، ظهرت كثيرًا في أعمال أدبية في البلدان المتحدثة بالإنجليزية خاصة في أعمال عالم الرياضيات والأديب الشهير لويس كارول. تقول الأغنية:

Humpty Dumpty sat on a wall
Humpty Dumpty had a great fall
All the king›s horses and all the king›s men
Couldn›t put Humpty together again
جلس هامتي دامتي على حائط،
سقط هامتي دامتي سقطة مروعة.
كل خيول الملك وكل رجال الملك
لم يكن بمقدورهم أن يعيدوا أجزاء هامتي دامتي معًا مرة أخرى.

أن تغويه ليتراجع ويمحو نصف سطر[1].

عندما لا يكون هناك خلط فهل يستكين القلم المتحرك على اللوح المحفوظ؟ إجابة الفيزياء في غير تردد هي نعم. يتحتم علينا فحص عمليات الطبيعة تلك التي ليس من المحتمل أن يحدث في خضمها زيادة في عامل العشوائية حتى يتسنى لنا الحكم. هذه العمليات تقع ضمن أحد نطاقين. أولًا: نجدها عند دراسة قوانين الطبيعة التي تتحكم في سلوك وحدة منفردة. من الجلي أن لا خلط يمكن أن يحدث في مثل تلك الأحوال؛ ليس في مستطاعك أن تأخذ ملك البستوني بعيدًا عن الرزمة ثم تقوم بخلطه. ثانيًا: نجدها أيضًا عند دراسة عمليات الطبيعة التي تتم في حشد تم خلطه بالفعل بشكل كامل تمامًا بحيث لم تعد هناك أي مساحة لزيادة إضافية في عامل العشوائية. لو أن حجتنا صحيحة فإن كل شيء يحدث في هذين الظرفين، من الممكن عكسه. من الممكن أن نبدأ مباشرة في تقصي أحوال الظرف الأول؛ أما الظرف الثاني فعلينا أن نرجئه قليلًا وسنناقشه لاحقًا في ذات هذا الفصل.

---

(١) اقتباس من ترجمة فيتزجيرالد لواحدة من أشهر رباعيات الخيام إلا أن إدينجتون اكتفى بالأبيات الثلاثة الأولى منها:

The Moving Finger writes; and, having writ,
Moves on: nor all thy Piety nor Wit
Shall lure it back to cancel half a Line,
Nor all thy Tears wash out a Word of it.

وترجمة البيت الأخير الذي لم يورده إدنجتون في النص هي:

«ولا كل الدموع التي هي لك بمقدورها أن تغسل ماحيةً حرفًا منه»

وقد ترجم أحمد رامي الرباعية إلى:

لن يرجع المقدار فيما حكم
وحملك الهم يزيد الألم
ولو حزنت العمر لن ينمحي
ما خطه في اللوح مر القلم

وقد ارتأيت ترجمة أبيات فيتزجيرالد لوجود بعض الاختلاف في المعنى النهائي بين الترجمتين العربية لأحمد رامي والإنجليزية لفيتزجيرالد عن الأصل الفارسي (المترجم)

يمكن عكس أي تغيير يطرأ على الجسم الذي نستطيع معاملته كوحدة منفردة. تقر قوانين الطبيعة بأن عكس الفعل في نفس سهولة الفعل. عند وصف المدار الذي هو لكوكب الأرض فإنه محكوم بقوانين الحركة وبالجاذبية؛ تقبل القوانين بحركة كوكب الأرض الفعلية، لكنها تقبل بالحركة المعاكسة لها تمامًا أيضًا. يمكن للأرض أن تتعقب خطاها رجوعًا عبر ذات مجال القوة، فهي لا تعتمد على الظرف الذي بدأت به. من المحتمل أن تتعالى أصوات تعارض ذلك وحجتها أنه لا يحق لنا أن نتخلى ببساطة عن البداية كجزء أساسي من المعضلة؛ من المحتمل أن تكون البداية على قدر المساواة في الأهمية مع القوانين الحاكمة للحركة التي تلت تلك البداية بالنسبة إلى المخطط المحكم للطبيعة. في الحقيقة، يملك الفلكيون نظريات تفسر كيف بدأت الكواكب الثمانية[1] كلها حركتها بنفس الطريقة الدائرية حول الشمس. لكن تلك المعضلة تخص الكواكب الثمانية معًا، ليست خاصة بعضو مفرد منفرد- إنها معضلة الرزمة، وليست معضلة ورقة اللعب المفردة المنعزلة. ما دامت حركة الأرض تم معالجتها كمعضلة منفردة بمعزل عن كل شيء آخر، فلن يحلم أي أحد بوضع بند في قوانين الطبيعة يستلزم حتمية أن تذهب الأرض في دورانها من هذا السبيل، لا من سبيل معاكس.

هناك قابلية مشابهة لانعكاس الحركة في مجالات القوى الكهربية والمغناطيسية كذلك. يمكن الإشارة إلى مثال توضيحي في مجال الفيزياء الذرية. تقبل قوانين الكم بانبعاث كميات وأنواع معينة من الضوء من الذرة؛ تقبل هذه القوانين أيضًا بامتصاص نفس الكميات والأنواع، أي عكس فعل الانبعاث. أعتذر للفقر الواضح والجلي في النماذج التوضيحية؛ لكن ينبغي علينا أن نتذكر دائمًا أن خواص عديدة للجسم مثل درجة الحرارة لا يمكن أن نعزو لها أي تأثير على سلوك عضو مفرد منفرد.

(١) كتب هذا الكتاب قبل اكتشاف كوكب بلوتو عام ١٩٣٠ والذي اعتبر حينها تاسع كواكب المجموعة الشمسية، قبل أن يتم حذفه من قائمة الكواكب، ويعتبر كوكبًا قزمًا عام ٢٠٠٦. (المترجم).

يمكننا النص على الخاصية المشتركة التي تحظى بها كل القوانين المؤثرة في العضو المفرد بشكل أكثر وضوحًا من خلال مرجعية الزمن. حيث إن تسلسل معين للحالات تمضي من الماضي إلى المستقبل هو القيام بفعل ما؛ نفس التسلسل يمضي من المستقبل إلى الماضي هو القيام بعكس ذلك الفعل- حيث إننا في الحالة الأخيرة نقوم بتدوير التسلسل الذي كنا نعاينه بالطريقة المألوفة لجريان الحوادث من الماضي إلى المستقبل. على ذلك فإذا ما كانت قوانين الطبيعة لا تبالي باتجاه حدوث الفعل وبالنسبة لها الفعل وعكسه سواء، فمن المحتم ألا تبالي كذلك باتجاه سهم الزمن سواء كان من الماضي إلى المستقبل أو العكس. إن ذلك هو الملمح المشترك الخاص بها وهو ما يدرك في الحال (كما هو معتاد) عندما يتم استنباط القوانين رياضيًّا. لا يوجد أي تمايز أكبر بين الماضي والحاضر من ذلك التمايز بين اليمين واليسار. في الرموز الجبرية، فإن اليسار – x، واليمين + x؛ الماضي – t، المستقبل + t. يبقى هذا ساريًا على كل القوانين الحاكمة لسلوك الأعضاء المفردة وسوف ندعو هذه القوانين «بالقوانين الأولية». هناك قانون واحد فقط من قوانين الطبيعة –القانون الثاني للديناميكا الحرارية- يمكنه التعرف على التمايز بين الماضي والمستقبل بشكل أكثر عمقًا من الفارق بين الموجب والسالب. إنه يقف منفردًا ومميزًا عن كل البقية. لكن ليس لهذا القانون أي تطبيق فيما يخص سلوك العضو المفرد المنفرد، وكما سوف نرى فيما يلي إن موضوع عمل هذا القانون هو عامل العشوائية في الحشد.

أيًّا ما كان ما يحتمل أن تنص عليه قوانين الفيزياء الأولية، فمن الجلي للخبرة المعتادة أن هناك تمايزًا بين الماضي والمستقبل من نوع مختلف عن ذلك التمايز الكائن بين اليسار واليمين. قام هـ. ج. ويلز في قصة البلاتنر باستلهام هذه الحالة

صور كيف ضل رجل طريقه في داخل بعد رابع وعاد بيمين ويسار قد تبادلا موضعيهما. لكننا لاحظنا أن هذا التبادل ليس هو الحبكة الرئيسة في القصة؛ إنه بالكاد تفصيل مؤكد يمنح حيوية للمغامرة المحتملة. كان ذلك التغير في حد ذاته

ضئيلًا للغاية حتى إن السيد ويلز لا يستطيع أن يحيك منه وحده حبكة رومانتيكية، لكن لو أن ذلك الرجل قد عاد بماض ومستقبل متبادلين، لكان الوضع حقيقة مفعمًا بالروح والحيوية. لقد قام السيد ويلز في آلة الزمن ولويس كارول في سيڤي وبرونو بمدِّنا بلمحة من اللامعقولية التي تحدث عندما يجري الزمن للخلف. لو أن الفضاء/ المكان منعكس في مرآة فإن العالم سوف يبقى على معقوليته لكن زمن منعكس في مرآة ففي ذلك لا معقولية مروعة، سوف تتحول دراما العالم إلى مسرح هزلي غير قابل للتصور.

لو أخذنا قوانين الفيزياء الأولية واحدًا تلو الآخر فسنجدها جميعا تتفق على اللامبالاة نحو اتجاه الزمن ونحو الطريقة التي يتقدم بها أو يتقهقر، تمامًا كما قد لا تبالي أنت إذا ما كنت تتطلع إلى العالم من اليمين أو من اليسار. إن ذلك صحيح فيما يتعلق بالقوانين الكلاسيكية وقوانين النسبية وحتى قوانين الكم. إنها ليست خاصية من قبيل المصادفة؛ فتلك المعكوسية راسخة في كل المخطط المفاهيمي حيث تعمل هذه القوانين. على ذلك فسؤال ما إذا كان العالم يبدو معقولًا أم غير معقول يقع خارج نطاق تلك القوانين. يجب علينا أن نحتكم إلى القانون المميز الأوحد -القانون الثاني للديناميكا الحرارية- كي نمنح العالم شيئًا من المعقولية. إنه يفتح أفقًا جديدًا للمعرفة، بشكل أكثر تحديدًا، دراسة التنظيم، وهو على صلة بالتنظيم الذي به يسري اتجاه الزمن؛ حيث يظهر التمايز بين الفعل وعكس الفعل للمرة الأولى.

سهم الزمن:

إن الشيء العظيم فيما يخص الزمن كامن في كونه مستمرًّا في المضي والسريان. لكن يبدو الفيزيائي أحيانًا في نزوع نحو إهمال ذلك الملمح. في العالم رباعي الأبعاد المذكور في الفصل السابق تقع أحداث الماضي والمستقبل ممتدة أمامنا وكأنها على خريطة. الأحداث هناك مضمنة في علاقاتها المكانية والزمانية الصحيحة؛ لكن لا توجد أي دلالة تشير إلى كونها تمضي فيما تم توصيفه بـ (إجراءات الحدوث) ولا

يبزغ سؤال الفعل وعكس الفعل الخاص بها. نرى على الخريطة المسار من الماضي إلى المستقبل أو من المستقبل إلى الماضي؛ لكن لا توجد لوحة علامات كي تشير إلى أنه طريق وحيد الاتجاه. يجب أن تتم إضافة شيء ما إلى المفاهيم الهندسية الممثلة في عالم مينكوفسكي قبل أن يصبح صورة مكتملة ممثلة للعالم كما نعرفه. قد نلجأ إلى الوعي كي نلون كل أجزاء الصورة، كي نحول الوجود إلى حدوث، الكينونة إلى تطور. لكن بادئ ذي بدء دعنا نسجل التالي كملاحظة، فالصورة على حالها وافية تمامًا وقادرة على تمثيل قوانين الطبيعة الأولية تلك التي – كما رأينا – حيادية بالنسبة لاتجاه الزمن. أحيانًا ما يعتمل في النفوس اعتراض على النظرية النسبية لأنه فيما يبدو قد أغفلت صورتها رباعية الأبعاد الخاصية المتجهة للزمن. هذا الاعتراض يبدو بالكاد منطقيًّا، النظرية النسبية في هذا الخصوص ليست أفضل أو أسوأ من أسلافها، تلك التي كان يستخدمها الفيزيائي الكلاسيكي دون أن يساوره أدنى قلق فيما يخص نظم القوانين التي لا تعرف زمنًا موجهًا؛ أم يتظاهر بأنه قد أصيب بالصدمة فالصورة الجديدة يجب عليها أن تعرض ذلك على نحو مبتذل.

من الممكن العثور على اتجاه الزمن في الخريطة رباعية الأبعاد دون أي ميل باطني إلى الوعي – باعتباره المحدد لوجهة الزمن– وذلك من خلال دراسة التنظيم. دعنا نرسم سهمًا اعتباطيًّا. إذا ما وجدنا مع تتبعنا للسهم المزيد والمزيد من عنصر العشوائية في أحوال العالم، إذا فإن رأس السهم موجه نحو المستقبل؛ لو كان العامل العشوائي يقل، فإن رأس السهم موجه نحو الماضي. هذا هو التمايز الوحيد الذي تعرفه الفيزياء. إذا ما تم قبول حجتنا الأساسية هذه فسوف يستتبع ذلك على الفور التسليم بأن إدخال عنصر العشوائية هو الشيء الوحيد الذي لا يمكن عكسه.

سوف أستخدم تعبير (سهم الزمن) كي أعبر عن خاصية الزمن تلك، كونه ذا اتجاه واحد وهي الخاصية التي ليس لها ما يماثلها في المكان. إنها خاصية مثيرة متفردة إذا ما انطلقنا من بعد فلسفي في التفكير. في البداية ينبغي علينا أن نسجل الملاحظات التالية:

١ - إنها خاصية يميزها الوعي بشكل واضح تمامًا.

٢ - على نحو مماثل تصر ملكة المنطق والاستدلال لدينا عليها حيث تلهمنا أن عكس اتجاه السهم سوف يخلف عالمًا خارجيًّا غير معقول أو منطقي.

٣ - لا تظهر كطرف في علوم الفيزياء إلا في حالة دراسة تنظيم عدد من الأفراد. يشير السهم هنا إلى اتجاه الزيادة المطردة في عامل العشوائية.

دعنا الآن نهتم بتقصي كيف يجلب عامل العشوائية إلى العالم ما لا يمكن العدول عنه أو عكسه في شيء من التفصيل. عندما يسقط حجر فإنه يكتسب طاقة حركة، وكمية الطاقة المكتسبة مساوية بالضبط لتلك اللازمة لرفع الحجر عائدًا إلى ارتفاعه الأصلي. يمكن من خلال الإعدادات المناسبة جعل طاقة الحركة تقوم بإنجاز هذه المهمة؛ على سبيل المثال إذا ما كان الحجر مربوطًا إلى حبل فإنه يستطيع أن يسقط ويعاود الصعود في تبادل كالبندول. لكن لو اصطدم الحجر بعائق فإن طاقة حركته تتحول إلى طاقة حرارية. لا تزال نفس كمية الطاقة موجودة لكن حتى لو كان بمقدورنا أن نجمعها بشق الأنفس ونضعها معًا عبر محرك فإنه لن يكون بمقدورنا أن نرفع الحجر إلى موضعه السابق باستخدامها. ما الذي حدث حتى تصبح الطاقة غير قابلة للمزيد من الاستعمال؟

بفحص الحجر الهاوي مجهريًّا فسوف نرى حشدًا مهولًا من الجزيئات تتحرك نحو الأسفل في تواز وبسرعات متساوية- حركة منتظمة مثل مسيرة عسكرية. يجدر بنا ملاحظة شيئين، الطاقة وتنظيم الطاقة. حتى يعود الحجر إلى ارتفاعه الأصلي فإنه من اللازم للحجر أن يحتفظ بهما معًا.

عندما يهوي الحجر على سطح مرن كفاية، فمن المحتمل أن تنعكس الحركة دون أن يفسد التنظيم. تتم إعادة كل جزيء وينسحب النسق كله عائدًا إلى نقطة البدء في تنظيم جيد:

دوق يورك النبيل الكبير

بصحبة عشرين ألف رجل،

مشى بهم صاعدًا نحو قمة التل

ومشى بهم نازلًا مرة أخرى[1].

إن التاريخ لا يصنع بهذه الطريقة. لكن ما يحدث عادة أنه عند وقوع الصدمة فإن الجزيئات تعاني من تصادمات عشوائية تزيد أو تنقص، ترتد الجزيئات في كافة الاتجاهات. لم تعد على قلب رجل واحد كي تقوم بالتقدم في أي اتجاه واحد؛ لقد فقدت تنظيمها. ثم تواصل الاصطدام ببعضها البعض وتستمر في تغيير اتجاهات حركتها، لكنها لا تعود أبدًا للاتفاق على غاية مشتركة. لا يمكن استحضار التنظيم في

(١) مقطع من أغنية إنجليزية للأطفال بعنوان (دوق يورك النبيل الكبير):

Oh, The grand old Duke of York,
He had ten thousand men;
He marched them up to the top of the hill,
And he marched them down again.

And when they were up, they were up,
And when they were down, they were down,
And when they were only half-way up,
They were neither up nor down

دوق يورك النبيل الكبير
بصحبة عشرين ألف رجل،
مشى بهم صاعدًا نحو قمة التل
ومشى بهم نازلًا مرة أخرى.

وعندما كانوا بالأعلى، قد كانوا بالأعلى،
وعندما كانوا بالأسفل، قد كانوا بالأسفل،
وعندما كانوا في منتصف الطريق فقط،
لم يكونوا بالأعلى أو بالأسفل.

ظل عملية متواصلة من الخلط. من ذلك، حتى لو بقيت الطاقة كافية من ناحية الكم (باستثناء التسرب الذي لا يمكن اجتنابه والذي نفترض أننا قد تحاشيناه بكفاءة)، إلا أنها لا تستطيع رفع الحجر رجوعًا إلى مكانه؛ كي نستعيد الحجر يجب أن نزود بطاقة إضافية لديها كمية التنظيم المتطلبة.

هنا تبزغ نقطة ليس لها ما يماثلها -لسوء الحظ- في المثال التوضيحي الذي ضربناه، الخاص بخلط رزمة أوراق اللعب. لا يستطيع أحد (إذا ما استثنينا السحرة والمشعوذين) رمي رزمتين من الأوراق، كل واحدة منهما قد تم خلط أوراقها نصفيًّا في داخل قبعة وسحب رزمة واحدة وقد تم خلط أوراقها بشكل كامل. لكن في إمكاننا أن نقوم بذلك بل إننا نقوم بذلك بالفعل حيث نضع طاقة غير منظمة جزئيًّا في محرك بخاري ونسحبها منه مجددًا، جزء على هيئة طاقة حركة منظمة بشكل كامل لأجسام هائلة وجزء على هيئة طاقة حرارية في حال من تنظيم أسوأ، لم يزل.

يمكن الوصول بالطاقة إلى حالة من التنظيم وكذلك يمكن الوصول بها إلى حالة من عدم التنظيم أو زيادة عامل العشوائية بها؛ لا يبقى عدم التنظيم ملاصقًا إلى الأبد بمخزون معين من الطاقة كان قد أصابه في البدء، لكن من الممكن تمريره إلى مكان آخر. لا نستطيع هنا الإجابة على سؤال لماذا يجب أن يكون هناك فارق بين الخلط في الطاقة وبين الخلط في الأشياء المادية؛ لكن من الضروري الالتزام ببعض الحرص عند تطبيق التناظر في مسائل بينها مثل هذا الفارق. بالنسبة للطاقة الحرارية فإن درجة الحرارة هي مقياس درجة تنظيمها؛ كلما قلت درجة الحرارة، عظمت درجة عدم التنظيم.

مصادفات:

قد تقع بعض الأشياء بالصدفة، حيث تتلاقي الأحداث بالصدفة؛ بمعنى آخر، يمكن للصدفة أن تخدعنا عن طريق استحضار ظروف، تبدو كصدف غير محتملة. على وجه التحديد، من المحتمل أن تحاكي الصدفة التنظيم، بينما قد قمنا باعتبار التنظيم كنقيض للصدفة، أو كما أطلقنا عليها: «عامل العشوائية». إن هذا التهديد لما قمنا باستنتاجه غير ذي بال أو أثر كبير على أي حال؛ حيث توفر الأرقام حدود عالية من درجات الأمان.

فلتفترض أن لديك وعاءً مقسمًا بحاجز إلى نصفين، يحتوي أحد القسمين على هواء بينما القسم الآخر خالٍ تمامًا. تقوم بإزاحة الحاجز بينهما. في هذه اللحظة، تكون كل جزيئات الهواء في أحد نصفي الوعاء؛ بعد جزء من الثانية سوف تصبح منتشرة في كل أجزاء الوعاء وسوف تبقى على هذا الحال طوال الوقت التالي. لن تعود الجزيئات إلى أحد نصفي الوعاء، لا يمكن عكس الانتشار- إلا لو تم إدخال عنصر ما إلى داخل المعضلة كي يعمل ككبش فداء لعدم التنظيم، حيث يعمل على جرف عنصر العشوائية إلى موضع آخر. يمكن أن يعمل الحدث السابق كمعيار للتمييز بين الزمن الماضي والمستقبل. لو أنك قد رصدت في البداية الجزيئات منتشرة عبر الوعاء وفي لحظة تالية قد أصبحت الجزيئات كلها في أحد نصفيه (هكذا قد بدت لك الأمور) - إذا فوعيك يتحرك إلى الخلف، ومن الأفضل لك أن تستشير طبيبًا.

الآن يتسكع كل جزيء في كل أنحاء الوعاء دون تفضيل لقسم من القسمين على القسم الآخر. يقضي الجزيء في المتوسط نصف وقته في أحد القسمين والنصف الآخر في القسم الآخر. يوجد احتمال باهت أنه في لحظة ما قد يتصادف قيام كل الجزيئات بزيارة أحد نصفي الوعاء معًا. بسهولة يمكنك حساب احتمالية ذلك، لو أن **n** هو عدد الجزيئات (كوادريليون تقريبًا) فإن فرصة حدوث ذلك هي $(٢/ ١)^{n}$. يمكننا أن ندرك سبب تجاهلنا لهذه الصدفة من خلال مثال توضيحي كلاسيكي. لو

أنني قد تركت أصابعي تجول بغير غاية على مفاتيح لوحة المفاتيح فمن المحتمل أن تحدث المصادفة ويصل عبثي الطويل إلى صناعة جملة ذكية مفهومة. لو أن جيشًا من القرود ترك ليداعب لوحات المفاتيح فمن الممكن أن يكتبوا كل الكتب الموجودة في المتحف البريطاني. إن فرصة قيامهم بذلك ممكنة بدرجة أكبر من فرصة عودة الجزيئات إلى أحد نصفي الوعاء على نحو جازم.

عندما تكون الأرقام كبيرة فإن الصدفة هي خير ضمان لليقين. لحسن الحظ عند دراسة الجزيئات والطاقة والإشعاع يتحتم علينا أن نتعامل مع حَفْنات ضخمة منها، ما يجعلنا نصل إلى يقين لا يوافق أبدًا توقعات أولئك الذين يحتكمون إلى تقلبات الآلهة.

يشير الحس والمنطق إلى أن فرصة عودة الجزيئات إلى أحد نصفي الوعاء ضئيلة للغاية ما يجعل الاهتمام بذلك الشأن أمرًا سخيفًا. لكن من منظور العلم يجب الاهتمام بذلك الشأن كثيرًا لأنه يوفر لنا مقياسًا للسلوك الشقي غير القابل للعكس الذي قمنا به عندما أزلنا الحائل عمدًا. حتى إن كانت لدينا أسبابنا الوجيهة التي تقف وراء رغبتنا في ملء الوعاء كله بالغاز، فما من داع لتبديد التنظيم؛ كما ذكرنا، إن التنظيم قابل للتحويل ومن المحتمل أن يكون قد تم تمريره إلى مكان آخر حيث كان مفيدًا[1]. عندما أطلق سراح الغاز وبدأ في الانتشار خلال الوعاء، فلنقل من اليسار إلى اليمين، فإن سرعات الجزيئات المتحركة من اليسار إلى اليمين بالتأكيد تكون هي الطاغية، ما يعني أن الحركة قد كانت منظمة جزئيًّا. تم استبدال تنظيم الحركة بتنظيم الموضع. في لحظة تالية تضرب الجزيئات الجدار الأبعد للوعاء ويبدأ عامل العشوائية في الازدياد. لكن قبل أن يتم تبديد التنظيم تمامًا يكون التنظيم في سرعات الجزيئات من اليسار إلى اليمين هو المكافئ الرقمي للتنظيم المفقود في المكان بالضبط. بذلك فنحن نعني أن فرصة حدوث ما يعاكس طغيان السرعة من اليسار إلى اليمين مماثلة

(١) لو أن الغاز المتمدد قد وجه لتحريك مكبس فإن التنظيم سيتم تمريره إلى حركة المحرك. (المؤلف).

تمامًا لفرصة حدوث ما يعاكس تكتل الجسيمات في أحد نصفي الوعاء.

إن الفرصة المعاكسة المذكورة هنا هي رقم بالغ الضآلة إلى حد سخيف والذي (متى كتب بنظام الكسور العشرية المعتادة) سوف يملأ كل الكتب في العالم مرات عدة. لسنا مهتمين به كاحتمال عملي تطبيقي، لكننا مهتمون بحقيقة كونه أمرًا قاطعًا مؤكدًا. إنه ينهض بالتنظيم من كونه كناية وصفية غير محددة إلى واحدة من كميات العلم المحدد القابلة للقياس. نقابل أنواعًا متعددة من التنظيم. إن السير الموحد لحشد عسكري ليس الشكل الوحيد للحركة المنظمة؛ إن التنامي المنظم الذي يقوم به أعضاء الفرقة الموسيقية (الكورس) على المسرح يمثل المعادل الطبيعي لتنظيم الموجات الصوتية. الآن يمكن تطبيق مقياس عام على كل أشكال التنظيم.

يقاس أي فقدان في التنظيم من خلال قياس الصدفة المعاكسة المكافئة اللازمة لتعافيه بمصادفة عفوية. تكون الصدفة على درجة ضئيلة حد الهزل عند الأخذ بها كاحتمال لكنها دقيقة تمامًا ومحددة كقياس.

يدعى المقياس العملي لعنصر العشوائية الذي من الممكن أن يزداد في الكون، لكن من غير الممكن أبدًا أن يقل بالإنتروبيا. لقد اتخذت الإنتروبيا كمقياس مماثل للقياس باستخدام الصدفة المشروح في الفقرة السابقة، فقط قد تم تحويل الأرقام الكبيرة التي لا يمكن التعامل معها والتصرف حيالها إلى قياسات أكثر ملاءمة حسابيًّا (باستخدام معادلة بسيطة). تزداد الإنتروبيا بشكل مستمر. يمكننا، عن طريق عزل أجزاء من العالم وافتراض ظروف مثالية إلى حد ما إيقاف الزيادة في مسائلنا المدروسة، لكن لا يمكننا تحويلها إلى نقصان. إن ذلك سيتضمن ما هو أسوأ كثيرًا من خرق قانون معتاد من قوانين الطبيعة، حيث سيمثل – على وجه التحديد – مصادفة غير محتملة. يحتل القانون الذي ينص على أن الإنتروبيا تزداد دائمًا –القانون الثاني للديناميكا الحرارية– (كما أعتقد) المكانة الأسمى بين قوانين الطبيعة. لو أن أحدهم قد لفت انتباهك إلى أن نظريتك اللطيفة عن الكون غير متوافقة مع معادلات ماكسويل– فإن

احتمالية الخطأ الأكبر تحوم حول معادلات ماكسويل. إذا ما وجد أنها تتعارض مع الأرصاد- لا تقلق، فهؤلاء المجربون يقومون بأشياء غير متقنة أحيانًا. لكن لو وجد أن نظريتك متعارضة مع القانون الثاني للديناميكا الحرارية فلن أكون قادرًا على تزويدك بأي أمل، لا يوجد ما ينتظر تلك النظرية سوى الانهيار مصحوبة بأشد خزي وإذلال. لا يعوز هذا التمجيد المعقود للقانون الثاني المنطق. هناك قوانين أخرى نملك أسبابًا منطقية كي نؤمن بها ونشعر أن احتمالات خرقها ضئيلة إلى حد كبير، لكن استبعاد هذه الاحتمالات تمامًا غير أكيد ولا يجابهنا بسيل من المعوقات، أما احتمالية كسر القانون الثاني (أي احتمالية نقصان عامل العشوائية) فهي احتمالية مستحيلة ويقف ضد تحققها العديد من المعضلات المعجزة.

أتمنى أن أكون قد وفقت في نقل القوة المدهشة للإنتروبيا في مجال البحث العلمي. لقد وفقنا إلى العثور على عدد من طرق القياس العملية للخاصية القائلة بأن الإنتروبيا يجب أن تكون في ازدياد دائمًا. أدى هذا القانون البسيط إلى سلسلة من استنتاجات بلا حدود تقريبًا؛ لقد حقق نجاحات تتصل بأغلب المعضلات العويصة في الفيزياء النظرية، كما حقق نجاحات مماثلة فيما يتعلق بمهام المهندسين التطبيقية. إن الملمح الخاص بهذا القانون يكمن في أن استنتاجاته مستقلة عن طبيعة العمليات المجهرية التي تجري. إنه غير معنيٍّ بطبيعة العضو المفرد، إنه يهتم به فقط كمكون من مكونات الحشد. يمكن تطبيق نفس المنهج في مجالات البحث الأخرى حيث بدأ جهلنا بالكاد يرفع، ولا نكاد نتردد أدنى تردد في تطبيقه حيال معضلات نظرية الكم، على الرغم من أن الآليات المفردة للعمليات الكمية غير معروفة وفي الوقت الحالي لا يمكن تخيلها.

القوانين الأولية والثانوية:

لقد دعوت القوانين الحاكمة لسلوك العضو المفرد المنفرد «قوانينا أولية»، وقد أضفت إليها ذلك القانون الثاني للديناميكا الحرارية، على الرغم من أن القانون الثاني المميز والمعترف به من قبل الطبيعة، يعد قانونًا ثانويًّا بالنسبة لبعض وجهات النظر المنطقية. يمكن الآن تبيان أمر ذلك التمايز على نحو مرتب واثق. هناك أشياء لا تحدث أبدًا في العالم الفيزيائي لأنها مستحيلة الحدوث؛ أشياء أخرى لا تحدث لأن احتمالية حدوثها مستبعدة. القوانين التي تحرم حدوث الأولى هي القوانين الأولية، القوانين التي تمنع حدوث الثانية هي القوانين الثانوية. هناك قناعة لدى كل الفيزيائيين[1] تقريبًا أن أصل كل شيء يعود إلى مخطط كامل من قوانين أولية تحكم عمل كل جسيم أو مكون من مكونات الكون بحتمية حديدية. إن ذلك المخطط الأولي كافٍ تمامًا كي يحدد تاريخ كل مكون من مكونات العالم، إنه يحدد تاريخ العالم كله.

لكن مع كل سطوتها تلك، لا تجيب القوانين الأولية على كل الأسئلة المطروحة عن الطبيعة، تلك الأسئلة التي نتمنى أن نضع إجابات منطقية لها. هل يمكن للكون أن يتطور متقهقرًا أي يمضي متطورًا في طريق مضاد لنظامنا الخاص بنا؟ ترد القوانين الأولية بـ«نعم، ليس ذلك بمستحيل»، ذلك لأنها محايدة بالنسبة لاتجاه الزمن ولا تبالي بسهمه. ترد القوانين الثانوية: «لا، إن ذلك الأمر غير محتمل تمامًا». حقيقة الإجابتين ليستا مختلفتين فعليًّا؛ غير أن الإجابة الأولى بالرغم من صحتها إلا أنها تفتقد إلى المغزى. إن ذلك أمر نمطي ومعتاد فيما يتعلق ببعض التساؤلات الأكثر ألفة. لو قمت بوضع قدر الماء هذا على هذه النار، هل سيغلي الماء؟ يمكن للقوانين الأولية أن تجيب بكل تأكيد لو تم منحها الفرصة لتفعل ذلك؛ لكن يجب أن يكون مفهومًا إن (هذا) و(هذه) عند ترجمتها رياضيًّا تعني تحديد المواضع والحركات وما إلى غير ذلك، لما يربو على الكوادريليون من الجسيمات وعناصر الطاقة. لذلك

(١) هناك مع ذلك البعض بالإضافة إليَّ، ممن بدأوا مؤخرًا يسائلون ذلك. (المؤلف).

فعند التطبيق، لا يكون السؤال الذي تتم الإجابة عنه، هو السؤال المطروح تمامًا: إذا قمت بوضع قدر مماثل لهذا القدر في قليل من الأوجه الأساسية على النار، فهل سيغلي الماء؟ تجيب القوانين الأولية: «من الممكن أن يغلي؛ من الممكن أن يتجمد، من المحتمل أن يقوم بأي شيء. إن التفاصيل المعطاة غير كافية لاستبعاد أي نتيجة باعتبارها أمرًا مستحيلًا». سوف ترد القوانين الثانوية دون لف ودوران: «سوف يغلي لأن احتمال قيامه بأي شيء آخر هي احتمالية مستبعدة للغاية» ليست القوانين الثانوية في خلاف مع القوانين الأولية، كما لا يمكننا اعتبارها كذلك ضرورية من أجل استكمال مخطط قوانين مكتمل بنفسه بالفعل. إنها تظهر كنتيجة لمفهوم مختلف (وإلى حد ما أكثر عملية) للغرض من حركة المرور في الطبيعة ولأسرارها.

إن من العسير الإجابة عن سؤال، ما إذا كان القانون الثاني للديناميكا الحرارية والقوانين الاحصائية الأخرى هي استنباطات من القوانين الأولية، ممثلة نتائجها في صورة متاحة للاستخدام؛ لكنني أعتقد في وجود اتجاه عام ينحو نحو اعتبار أن هناك فجوة غير قابلة للرأب. في عمق كل الأسئلة التي يتم سد ثغورها بواسطة القوانين الثانوية، هناك مفهوم خادع «لاحتمالات بديهية لأحوال العالم» تتضمن سلوكًا مختلفًا بشكل جوهري تجاه المعرفة من ذلك المفترض بشكل مسبق في بناء مخطط القوانين الأولية.

التوازن الديناميكي الحراري:

يعمل التقدم في الزمن على إدخال المزيد والمزيد من عامل العشوائية إلى مكونات العالم. هناك القليل من الجزافية فيما يخص كون اليوم بالنسبة لما سيكون عليه الحال في كون الغد. إنه لأمر مثير للعجب أننا لا نكاد نستطيع الامتناع عن التعبير عن أنفسنا من دون استخدامنا للغة غائية فيما يخص هذا الفرع العملي الواقعي تمامًا من الفيزياء، الذي تم تطويره في البداية نظرًا لأهميته عند المهندسين. نسلم أن العالم يحتوي على الصدفة الجزافية والتصميم كليهما أو على قدر ما من المصادفة ومن

مضادات المصادفة. تتأكد المضادات بواسطة وسائلنا لقياس الإنتروبيا. يمكننا تعيين مقياس للتنظيم أو عنصر اللاصدفة والذي -إن جاز التعبير- يتناسب مع قوة إنكارنا للأصل الجزافي له. إن «احتشاد الذرات العرضي « -بعبع رجال الدين- يحتل مكانة هينة جدًّا في الفيزياء التقليدية. يدركه الفيزيائيون ويتعاملون معه كأمر نادر مبالغ فيه. إن له خواص متمايزة جدًّا، ولا تشبه تلك التي للعالم الفيزيائي على وجه العموم. الاسم العلمي لاحتشاد الذرات العرضي هو «الاتزان الديناميكي الحراري».

إن الاتزان الديناميكي الحراري يمثل الحالة الأخرى التي وعدنا بأخذها في الاعتبار والاهتمام بشأنها حيث لا يمكن أن تحدث زيادة في عامل العشوائية فيها، على وجه التحديد، فإن الخلط في أقصى حالاته الممكنة. يجب علينا أن نعزل منطقة من الكون، نعمل على ألا تدخلها أي طاقة وألا تغادرها أي طاقة، أو على الأقل تكون أي تأثيرات حدودية متعادلة في دقة شديدة. هذه الحالات تبدو مثالية، لكن يمكن تمثيلها وإعادة تمثيلها مع مقاربات كافية كي نجعل معضلة المثالية تلك ملائمة للتجربة العملية. إن منطقة عميقة في أعماق جوف نجم تعتبر مثالًا مثاليًّا إلى حد كبير للاتزان الديناميكي الحراري. تحت هذه الظروف المعزولة فإن الطاقة سوف يتم خلطها حيث يتم تبادلها بين المادة والأثير وبين الأثير والمادة وهكذا، وعاجلًا سوف يصبح الخلط تامًّا.

إن احتمالية أن يبلغ الخلط درجة التمام هي احتمالية معتبرة. لو أنك قد قمت بتمزيق كل ورقة لعب إلى اثنتين وذلك بعد أن قمت بخلط أوراق اللعب في الرزمة، سيصبح المزيد من الخلط لأنصاف أوراق اللعب ممكنًا. مزق أوراق اللعب مرة أخرى فمرة أخرى؛ في كل مرة يصبح هناك مجال أكبر لازدياد عامل العشوائية. في حالة افترضنا تمزيقًا (تقسيمًا) لا نهائيًّا لأوراق اللعب، فمن الممكن ألا يكون هناك نهاية لعملية الخلط تلك. إلا أن الوصول السريع إلى حالة من الاتزان المؤكد هو حقيقة تجريبية وهو ما يشير إلى أن الطاقة لا يمكن تقسيمها إلى ما لانهاية، أو على

الأقل غير قابلة للتقسيم إلى ما لانهاية في خضم عمليات الخلط الطبيعية. تاريخيًّا، يعود سبب ظهور نظرية الكم للمرة الأولى إلى مثل هذه النتائج. سوف نعود إليها في فصل لاحق.

إننا نفقد سهم الزمن في منطقة مثل هذه. تذكر أن رأس السهم يشير إلى اتجاه الزيادة في عنصر العشوائية. عندما يبلغ عنصر العشوائية حده الأقصى ويصبح ثابتًا فإن السهم لا يعرف نحو أي سبيل عليه أن يشير. لن يكون صحيحًا لو أنك قد ذهبت إلى أن مثل هذه المنطقة بلا زمن؛ تهتز الذرات متذبذبة كالمعتاد مثل ساعات صغيرة؛ من خلال ذلك يمكننا قياس السرعة والمدة. إن الزمن لا يزال موجودًا هناك ولا يزال يحتفظ بخواصه المعتادة ، لكنه فقد السهم الخاص به؛ يمتد مثل الفضاء والمكان لكنه لا «يمضي».

يفجر ذلك تساؤلًا مهمًّا، هل عامل العشوائية (مقاسًا بخواص الاحتمالية التي ناقشناها مؤخرًا) هو الملمح الوحيد للعالم الفيزيائي الذي يستطيع تزويدنا بسهم؟ إلى الآن كانت كل استنتاجاتنا في صالح أنه لا يمكن العثور على سهم من خلال سلوك الأعضاء المفردين المنعزلين، لكن هناك مجالًا للبحث أكثر في خواص الحشود فيما هو أبعد من تلك الخاصية التي تمثلها الإنتروبيا. فلنضرب مثالًا توضيحيًّا، ربما لا يكون خياليًّا تمامًا كما يبدو، أليس من المحتمل أن يصبح الجمع أكثر وأكثر جمالًا (في ضوء بعض المعايير الجمالية المتفق عليها) مع مرور الزمن[1]؟ يجيب على هذا السؤال قانون آخر هام من قوانين الطبيعة يقضي بأنه:

لا يوجد في إحصاء الجموع ما يمكنه أن يميز اتجاه الزمن عندما تفشل الإنتروبيا في تمييزه.

أظن عدم وجود ما يمكن أن يثير الشك فعليًّا في هذا القانون على الرغم من كونه

(١) فيما يخص مشكال الألوان فإن الخلط يصل إلى تمامه عاجلًا وكل النماذج متساوية بالنسبة لعنصر العشوائية، لكنها تختلف كثيرًا فيما يتعلق بقدر الأناقة. (المؤلف).

لم يكتشف إلا في السنوات القليلة الأخيرة فقط. إنه مقبول كأمر جوهري في كل الدراسات الحديثة في مجال الذرات والأشعة وقد ثبت كونه واحدًا من أكثر الأسلحة قوة وإسهامًا في التقدم في مثل هذه الأبحاث. إنه -بكل تأكيد- أحد القوانين الثانوية. لا يبدو قابلًا للاستنباط على نحو صارم من القانون الثاني للديناميكا الحرارية، في النهاية يجب اعتباره كقانون ثانوي إضافي[1].

ما يمكن استنتاجه أنه حيثما يكون من المحتمل لخواص احصائية أخرى إلى جوار الإنتروبيا أن تستخدم لتمييز سهم الزمن، فإنها تنجح فقط عندما تنجح الإنتروبيا وتفشل عند فشل الإنتروبيا. لذلك لا يمكن اعتبارها اختبارات مستقلة. حتى اللحظة فالفيزياء تعتبر سهم الزمن خاصية فريدة خاصة بالإنتروبيا وحدها.

هل الفضاء / المكان والزمن غير متناهين؟

أظن أن الجميع قد مر عليهم بعض الوقت، أعيا خيالهم فيه هذا السؤال، هل هناك نهاية للفضاء؟ لو أن الفضاء قد بلغ نهايته، فما الذي يقع وراء هذه النهاية؟ على الجانب الآخر فكرة أنه لا توجد نهاية، غير فضاء من وراء فضاء للأبد لا يمكن تصورها. على ذلك ستترنح مخيلاتنا ذهابًا وإيابًا في حيرة معضلة. قبل النظرية النسبية كان المنظور التقليدي يذهب إلى أن الفضاء غير متناهٍ. لا يمكن لأحد أن يتصور لا نهائية الفضاء؛ كان لزامًا علينا أن نتحلى بالقناعة كي نقبل بمفهوم لا يمكن تصوره حول العالم الفيزيائي- مقلق لكنه ليس بالضرورة غير منطقي. الآن تقدم نظرية أينشتاين سبيلًا للخروج من هذه المعضلة الإشكالية. هل الفضاء غير متناهٍ؟ أم يمكن

(١) يبدو القانون غير واضح ومموهًا عليه تمامًا في الفقرة السابقة بحيث يتوجب علي أن أفسره للقارئ المتقدم، إن مرجعيتي هي «مبدأ التوازن المفصل». يؤكد هذا المبدأ على أن لكل نوع من العمليات (حتى تلك التي تجري في جسيمات غاية في الصغر) هناك عمليات مضادة، وفي حالة الاتزان الديناميكي الحراري تحدث عمليات مباشرة ومضادة بمعدل متساو. لذلك فكل عد إحصائي للعمليات يبقى ثابتًا بواسطة عكس اتجاه الزمن أي بواسطة التبادل بين العمليات المباشرة والمضادة. لذلك فمن غير الممكن أن تكون هناك خاصية احصائية لاتجاه الزمن عندما يكون هناك اتزان ديناميكي حراري أي عندما تكون الإنتروبيا ثابتة ومتوقفة عن تعيين سهم الزمن. (المؤلف).

أن يصل إلى نهاية؟ لا شيء منهما. فالفضاء متناهٍ لكن ليس له نهاية؛ «متناه لكن بلا حدود» هي الجملة المعتادة.

لا يمكن لأحد تصور فضاء غير متناهٍ (لا نهائي)؛ ربما كذلك يصعب تصور فضاء متناهٍ لكن بلا حدود لكن تخيل ذلك ليس مستحيلًا. لن أتوقع منك أن تكون قادرًا على تصور ذلك؛ لكن في مقدورك أن تحاول. في البداية فكر في دائرة أو بالأحرى الخط المكون لمحيطها، ليست الدائرة نفسها هي المقصودة. هذا خط متناهٍ لكنه بلا نهاية. بعد ذلك، فكر في كرة -أو بالأحرى سطح الكرة- هي مساحة أيضًا متناهية لكنها بلا حدود. لا يصل سطح هذه الكرة الأرضية أبدًا إلى أي حدود؛ هناك دائمًا دولة ما فيما بعد النقطة التي بلغتها؛ كذلك فإن مساحة سطح كوكب الأرض ليست بغير المتناهية أبدًا. الآن استمر وقم بإضافة بعدًا آخر؛ دائرة، كرة - الشيء التالي. هل تلم بذلك؟ الآن تأتي الصعوبة الفعلية. ابق قابضًا في قوة على غلاف الكرة الفائقة تلك وتخيل أن الداخل ليس هناك مطلقًا - بحيث يوجد الغلاف دون ما بالداخل. ذلك فضاء متناهٍ لكن بلا حدود.

لا؛ لا أظن أنك قد ألممت تمامًا بالمفهوم. لقد رجحت الكفة منك في النهاية ولم تستطع الحفاظ على توازن الأمور. لم تكن الصعوبة الفعلية كامنة في إضافة بعد آخر زائد؛ لكنها قد كانت الإزالة النهائية للبعد الذي قام بذلك. سأخبرك بما جعلك تتوقف. إنك تستخدم مفهوم الفضاء / المكان الذي كان بالتأكيد قد تأصل منذ ملايين عديدة من السنين السابقة وقد أصبح إلى حد كبير مترسخًا بشدة في الوجدان الإنساني، لكن الفضاء / المكان الفيزيائي لا يجب أن يكون محكومًا بهذا الفضاء / المكان الذي خلقه العقل المشرق لقرد مقدام. ليس الفضاء بالضرورة مشابهًا لهذا المفهوم الراسخ في العقل. إنه يشبه - أيًّا ما تسفر عنه التجارب عن كونه مشابهًا له. إن سمات الفضاء التي تكشف عنها التجارب تذهب إلى اعتباره مكونًا من امتدادات، أي أطوال ومسافات، لذلك فالفضاء يشبه شبكة من المسافات. المسافات هي

روابط، طبيعتها الداخلية الجوهرية غامضة؛ لا ننفي الغموض عنها عندما نقوم بتطبيق أرقام القياس عليها -ياردتان، خمسة أميال، ما إلى غير ذلك- تلك القياسات التي لا تعدو كونها نوعًا من أنواع أنظمة التمييز المتفق عليها. لا يمكننا التنبؤ بالقوانين التي بها تتوزع أرقام نظم القياس بين الروابط المختلفة للشبكة مستعينين بوعينا الداخلي الذاتي بدرجة أكبر من قدرتنا على التنبؤ بالكيفية التي تتوزع بها أرقام نظم القياس الخاصة بالقوة الكهرومغناطيسية. يرجع الأمر في الحالين إلى التجربة.

إذا ما ذهبنا لمسافة طويلة إلى النقطة A في اتجاه ما عبر الكون ومسافة طويلة إلى النقطة B في الاتجاه المعاكس، فإنه من المسلم به أن بين A وB يوجد رابط من نوع ما يتعين برقم شفري صغير جدًّا، بمعنى آخر، هاتان النقطتان اللتان تم الوصول إليهما بالسفر لمسافتين شاسعتين في اتجاهين متعاكسين سوف نجد أنهما من خلال التجربة قريبتان من إحداهما الأخرى، ولم لا؟ هذا يحدث عندما نسافر شرقًا وغربًا على الأرض. من الصحيح أن مفهومنا التقليدي غير المرن عن الفضاء يرفض الاعتراف بذلك؛ لكن كان هناك يومًا مفهوم تقليدي دارج عن الأرض، يرفض الاعتراف بإمكانية الملاحة بشكل دائري حول محيطها. في مقاربتنا لمفهوم الفضاء الكروي كان الجزء الصعب كامنًا في تدمير داخل الكرة الفائقة تاركين فقط سطحها ثلاثي الأبعاد موجودًا. لا أظن أن الأمر سيكون عسيرًا جدًّا عندما نتصور الفضاء كشبكة من المسافات. تشكل الشبكة الممتدة على السطح نظاما مدعومًا ذاتيًّا بواسطة الروابط التي يمكن تصورها دون حاجة إلى مرجعية روابط خارجية. يمكننا أن نزيح سقالات البناء بعيدًا - تلك التي ساعدتنا في الوصول إلى مفهوم من هذا النوع من شبكات المسافات - دون أن نهدد البناء ذاته في خطورة.

علينا أن ندرك أن مخططًا لتوزيع علاقات غامضة تربط نقاطًا واحدة بالأخرى لا يتحتم عليه أن يتبع أي خطة معينة سابقة التصور، لذلك لا يمكن أن يوجد أي عائق لقبول أي مخطط، تشير إليه التجربة.

لا نعرف حتى اللحظة ما هو نصف قطر فضاء كروي؛ يجب أن يكون بكل تأكيد عظيمًا بشكل مجاوز مقارنة بالمعايير العادية. بناء على دليل غير مؤكد إلى حد ما فقد تم حساب نصف القطر لنجده ليس أكبر بمضاعفات كثيرة من المسافة التي تفصلنا عن أبعد سديم معروف. لكن لا دخل لعدم وجود حدود بالكبر؛ حيث يكون الفضاء بلا حدود بسبب شكل من أشكال إعادة الدخول وليس بسبب امتداده لمسافات عظيمة. ربما كقشرة طافية في لانهائية ذلك الذي ليس بلا نهائي. نقول مع هاملت: «قد أكون مقيدًا في قشرة جوز وأعد نفسي ملكًا للفضاء اللانهائي»

لكن كابوس اللانهائية ما زال يطل عند ذكر الزمن. إن العالم مغلق بالنسبة لأبعاده الفضائية / المكانية كالكرة، لكنه مفتوح عند كلتا النهايتين بالنسبة لبعد الزمن. هناك انحناء دائري يتسبب في أن يصبح الشرق عند نهايته القصوى غربًا، لكن لا يوجد انحناء بسببه تصبح قبل في نهايتها القصوى بعدًا.

لست متأكدًا من منطقية طرحي لكنني لا أستطيع أن أستشعر جديًّا الصعوبة فيما يتعلق بمستقبل لا نهائي، الصعوبة الكامنة في (تاريخ ما لا نهاية الميلادي) لن تتحقق إلا بالوصول إلى (تاريخ ما لا نهاية الميلادي) وفي النهاية كي نبلغ (تاريخ ما لا نهاية الميلادي) فإننا يجب أن نكون قد تخطينا تلك الصعوبة أولًا. يجب أن نضع في الحسبان كذلك أنه بناء على القانون الثاني للديناميكا الحرارية فإن الكون كله سيبلغ اتزانًا ديناميكيًّا حراريًّا في تاريخ ليس ببعيد مستقبلًا بالتأكيد قبل حلول اللانهاية. مع بلوغ الاتزان الديناميكي الحراري يضيع سهم الزمن بالكلية ويتلاشى مفهوم التقدم نحو المستقبل بالكامل.

غير أن الصعوبة الكامنة في ماض لا نهائي مروعة. من غير المتصور أننا وارثو ماض لا نهائي من التجهيز؛ كذلك ليس من الأسهل تصور وجود نقطة في زمن ما لا يسبقها أي زمن.

كانت لتصيبنا هذه المعضلة بخصوص بداية الزمن بقلق أكبر، ما لم تحجب

بصعوبة أخرى ساحقة تقع فيما بيننا وبين الماضي اللانهائي. لقد كنا ندرس اضمحلال الكون؛ لو أن رؤانا صحيحة، فيجب علينا أن نعين لحظة تحريك الزمبرك المشغل للكون في موضع ما بين بداية الزمن وزماننا الحالي.

بالسفر إلى الوراء في الماضي نجد عالمًا منظمًا أكثر فأكثر. ما لم يكن هناك مانع يحول دون مرورنا إلى لحظة أبكر، فبالتأكيد سينتهي بنا الحال وصولًا إلى لحظة، كانت عندها طاقة العالم منظمة بالكامل، بلا أي أثر لعامل العشوائية فيها. من المستحيل الذهاب إلى الوراء أكثر من ذلك في ضوء نظام القوانين الطبيعية الحالي. لا أظن أن عبارة «منظمة بالكامل» تستدعي التساؤل. إن التنظيم الذي نعنيه معرف بشكل منضبط تمامًا، وهناك حد يصبح عنده مثاليًّا. لا توجد سلاسل لا نهائية من حالات التنظيم الأعلى وتلك الحالات التي لا تزال أعلى وأعلى ولا يوجد أيضًا في اعتقادي ذلك الحد الذي يتم الاقتراب منه ببطء أكثر فأكثر. لا يميل التنظيم الكامل إلى أن يكون ممانعًا لأن يفقد بشكل مختلف عن التنظيم غير الكامل؛ فيحتاج إلى زمن يكاد يكون لانهائيًّا كي يفقد.

لا يوجد أدني شك في أن مخطط الفيزياء -الذي صمد لثلاثة أرباع القرن- يسلم بوجود تاريخ قد خلقت موجودات الكون عنده في حالة من التنظيم العالي أو على الأقل قد وهبت عنده موجودات سابقة الوجود ذلك التنظيم الآخذ في التبدد من ذلك الحين. علاوة على ذلك، هذا التنظيم معترف بكونه ضديد الصدفة. إنه شيء من غير الممكن أن يحدث عفويًّا.

لقد تم استخدام هذا منذ أمد بعيد كحجة ضد المادية المغالية جدًّا. تم اقتباس ذلك كدليل علمي على تدخل الخالق في زمن ليس ببعيد إلى ما لا نهاية عن اليوم. لكنني لا أدافع عن أي محاولة لاستخلاص أي استنتاجات طائشة من هذا. إن العلماء يشبهون رجال الدين يجب أن يردوا ما وصلوا إليه إلى شيء ما غير ناضج في دكتاتورية ثيولوجية دينية ساذجة (تلك النزعة التي يتم إنكارها اليوم)، شيء بات

موجودًا حاليًا في كل كتاب مرجعي للديناميكا الحرارية – على نحو محدد فإنهم – يردون ما وصلوا إليه إلى أنه منذ عدد من المليارات من السنين السابقة قام الرب بتشغيل زنبرك الكون المادي وقام بتركه للصدفة منذ ذلك الحين. يجب اعتبار هذا كفرضية تذهب إليها الديناميكا الحرارية العملية أكثر من كونه تصريحًا بالإيمان. إنه واحد من تلك الاستنتاجات التي لا يمكن أن نرى فيها أي منفذ منطقي – تعاني فقط من قصور كونها إعجازية خارقة. كعالم فإنني ببساطة لا أؤمن في أن النظام الحالي للأشياء قد بدأ كانفجار؛ وبأحاسيس ليس لها علاقة بالعلم أشعر بنفس القوة بعدم الرغبة في قبول عدم الاستمرارية تلك التي تم تضمينها في الطبيعة الإلهية. لكنني لا أستطيع كذلك أن أقترح ما يحل هذا المأزق.

بالالتفات مجددًا إلى النهاية الأخرى للزمن، توجد مدرسة فكرية واحدة ارتأت أن فكرة بلاء العالم مقبضة وكريهة. كانت هذه المدرسة منجذبة إلى نظريات متنوعة لتجديد الشباب. كانت تعويذتها السحرية طائر العنقاء الخارق. تبرد النجوم وتفنى. أليس من المحتمل أن يلتحم نجمان ميتان ويتحولان بفعل طاقة الاصطدام إلى بخار ملتهب، منه تولد شمس جديدة مع كواكب وحياة؟ سادت هذه النظرية بشكل كبير جدًّا خلال القرن المنصرم وإن لم يعد الفلكيون يعتقدون فيها بشكل جدي. هناك دليل قائم على أن النجوم الحالية بأي حال هي نتاج واحدة من العمليات التطورية التي كانت طاغية في المادة الأولية وسببت تجمعها؛ لم تتكون النجوم من خلال تصادمات اعتباطية منفردة ليس لها زمن معين يربطها الواحدة بالأخرى. لكن عقدة العنقاء لا تزال قائمة. إن المادة كما نؤمن بها تتدمر تدريجيًّا وتتحرر طاقتها في صورة إشعاعات. ألا توجد طريقة معاكسة عن طريقها يتم جمع الإشعاع في الفضاء ليتطور إلى إلكترونات وبروتونات، ويبدأ بناء النجوم كلها من جديد؟ إن هذا تخمين صرف ولا يوجد الكثير ليقال سواء في صالحه أو ضده ليكشف عن الحقيقة. لكنني سأنتقد بدرجة بسيطة المنظور العقلي الذي يأمل في أن يكون ذلك حقيقة. أيًّا ما كان فإن

اضمحلال العالم يمضي في بأس من خلال فقدان التنظيم وزيادة عامل العشوائية. من يأمل على أي حال في عالم يمكنه الاستمرار نشطًا إلى ما لا نهاية يتوجب عليه أن يقود حملة طاغية ضد القانون الثاني للديناميكا الحرارية؛ إن إمكانية إعادة تكوين المادة من الإشعاع ليست بالأمر الجوهري ويمكننا انتظار الاستنتاجات في هذا الشأن مع كثير من اللامبالاة.

في الوقت الراهن لا يمكننا أن نرى سبيلًا للهجوم على القانون الثاني للديناميكا الحرارية، ينعقد عليه أي أمل في أن يحوز أدنى احتمالات النجاح، وأعترف بشكل شخصي أنه ليست لديَّ رغبة عظيمة في أن تنجح أي وسيلة في اجتناب الاضمحلال الختامي للكون. لست من عبدة العنقاء. إن العلم صامت إزاء هذا الموضوع، وكل ما يمكن أن يقال مجرد أحكام مسبقة. لكن بما أن الأحكام المسبقة التي تقف إلى جانب الدورة التي لا تنتهي لإعادة ميلاد المادة دائمًا ما تكون مجرد طنطنات، فربما أقوم بالتصويت لصالح حكم مسبق معاكس. سوف أشعر برضا أكبر لو أن على الكون أن يستكمل مخططًا ما عظيمًا للتطور ويقوم بإنجاز أيٍّ ما كان من المحتمل إنجازه، ثم يتراجع عائدًا إلى حالة من اللاتغيير الفوضوية، أكثر من رضائي إن كان غرضه كامنًا في حالة من الملل تستدعيها الإعادة المستمرة. إنني عالم تطوري ولست عالمًا تكاثريًّا. يبدو الاستمرار في فعل نفس الشيء مرارًا وتكرارًا ومرارًا وتكرارًا أمرًا غبيًّا إلى حد ما.

* * *

الفصل الخامس

الصيرورة

الرابط بين الإنتروبيا والصيرورة:

عندما تهمس لنفسك: «كل يوم أجدني أنمو نحو الأفضل فالأفضل» يرد العلم في وقاحة:

"لا أجد أي دليل على ذلك. أراك تمتد كدودة رباعية الأبعاد في الزمكان؛ على الرغم من أن الحكم على ما هو الأفضل ليس مضمنًا فيما يخضع لسلطاني بشكل صارم، إلا أنني أسلم بأن إحدى نهاياتك هي أفضل من الأخرى. لكن سواء كنت تنمو نحو الأفضل أو الأسوأ فذلك يعتمد على الطريقة التي أمسكك بها. إن في وعيك فكرة النمو أو الصيرورة والتي -إن لم تكن مجرد خدعة- تفترض أن عليك بطاقة ملصقة، مكتوبًا فيها (هذا الجانب إلى الأعلى). لقد قمت بالبحث عن بطاقة مثل هذه في كل أنحاء العالم الفيزيائي ولم أستطع العثور على أي أثر لها. لذلك فإنني أشك بقوة في وجود مثل هذه البطاقة في عالم الواقع».

ذلك هو رد العلم الممثل بالقوانين الأولية. عند أخذ القوانين الثانوية في الاعتبار، فإن الرد يتعدل قليلًا، مع ذلك فما يزال غير واف:

"لقد بحثت مجددًا ووجدت في مضمار دراسة خاصية تدعى بالإنتروبيا أن العالم الفيزيائي موسوم بسهم، من المحتمل أن يكون ميالًا إلى أن يشير إلى الطريقة التي يعتبر بها أي الجوانب إلى الأعلى. من خلال هذا التوجه أجد أنك بالفعل تنمو

نحو الأفضل. أو كي نتكلم بدقة، فنهايتك الجيدة تقع في جزء من العالم فيه الإنتروبيا الأكثر ونهايتك السيئة تقع في جزء ذي إنتروبيا أقل. لماذا يجب أن يعتبر هذا التوجه أكثر مصداقية من ذلك الذي لجارك الذي تقع نهايتاه الجيدة والسيئة بطريقة معاكسة، لا أستطيع تصور ذلك.

تنشأ أمامنا هنا معضلة تتعلق بالرابط بين العالم الرمزي للفيزياء وعالم الخبرة الطبيعية. كما بينت في المقدمة هذه المساءلة للرابط بين العالم الرمزي وعالم الخبرة تبقى في الأفق هناك، عند منتهى الأبحاث الفيزيائية الصارمة. إن معضلتنا الحالية تكمن في فهم الرابط بين الإنتروبيا التي تمدنا بسهم الزمن في العالم الرمزي وبين خبرة النمو والزيادة أو الصيرورة التي هي تفسير لسهم الزمن في العالم المألوف. لقد بيَّنا -كما أظن- في كثير من التفصيل في الفصل الفائت أن السابق هو المناظر العلمي الوحيد للآتي.

لكن تنشأ صعوبة مزدوجة عند معالجة التغير في الإنتروبيا كمعادل رمزي للتقدم في الزمن المألوف بالنسبة لعقولنا. الصعوبة الأولى تتمثل في أن طبيعة الرمز لا تبدو مناسبة؛ إن الرمز ما هو إلا بناء رياضي قد تم تدقيقه، بينما نتوقع أن مفهومًا كالصيرورة على مثل هذه الدرجة من الجوهرية يجب أن يكون ضمن أساسيات معروفة بدقة بحيث لا يحتاج إلى تعريف- إنه ألف باء الفيزياء. ثانيًا، لا يبدو الرمز على الصورة المرغوبة تمامًا؛ إننا نريد دلالة من النادر أن يتم توصيلها من خلال رمز من ذلك النوع المألوف المستخدم في القياس- إننا نسعى لإدراك الخاصية الديناميكية للعالم الخارجي. إننا لا نمنح معنى للعالم من خلال إدراك أن واحدة من نهايتيه أكثر عشوائية من الأخرى فقط؛ علينا أن نعين دلالة أصيلة للصيرورة فيه وليس مجرد بديل مصطنع. يعرض الرابط بين الإنتروبيا - التغيير وبين الصيرورة ملامح لا تشبه أيًّا من معضلات التناظر الأخرى بين العوالم العلمية وتلك المألوفة للخبرة. المثال التوضيحي الذي يتم ضربه لتمثيل تلك العلاقة المعتادة هو الإدراك المألوف للون ومعادله العلمي طول

الموجات الكهرومغناطيسية. هنا لا يوجد أي مجال للتساؤل عن التشابه بين السبب الفيزيائي المضمن والإحساس الذهني الذي يظهر. كل ما يمكن أن نحتاج إليه من المناظر الرمزي للضوء أن يكون كفؤا كي يستحث العصب (الرمزي).

يمكن لعالم الفسيولوجيا أن يتتبع آلية عمل العصب حتى المخ؛ لكن في النهاية توجد فجوة لا يتقن سدها أحد. ربما نتابع تأثيرات العالم الفيزيائي حتى باب الذهن بشكل رمزي؛ إنها تستعمل جرس الباب وتغادر.

لكن الارتباط بين الصيرورة والإنتروبيا / التغير لا يمكن فهمه بالطريقة عينها. من الجلي أنه ليس كافيًا أن يقوم التغير في عامل العشوائية بإيصال دفقة في نهاية العصب، تاركًا الذهن كي يخلق في استجابة للمؤثر الخيال اللازم لإدارة عجلة آلة العرض السينمائي. إن لم نكن جميعا نقرأ مغزى العالم الكائن خارجنا بشكل خاطئ (عن طريق تفسيره باصطلاحات التطور والتقدم بدلًا من الامتداد الساكن الاستاتيكي) فبالتأكيد سوف نرجع إحساس الصيرورة (على الأقل في بعض الأوجه) إلى تبصر ذهني حقيقي في الظرف الفيزيائي المحدد له. من الصحيح تمامًا أنه سواء كنا نتعامل مع خبرة «الصيرورة» أو مع الخبرة الحسية الأكثر ألفة للضوء أو الصوت أو الرائحة إلخ، فإنه يجب أن تكون هناك دائمًا نقطة ما عندها نفقد منظور الموجودات الفيزيائية قبل أن تظهر في ثوب جديد أعلى من أفقنا العقلي. لكن لو كانت هناك خبرة ما، في مقدورها تفسير غموض الإدراك الذهني هذا كتبصر، لا كمجرد بناء صوري، فيجب أن تكون هذه الخبرة هي خبرة الصيرورة لأن في هذه الحالة لن تتدخل آلية العصب المفصلة في الأمر. ذلك ما يقوم الوعي بقراءته عندما يشعر بتلك اللحظات المارة ماثلة خارج بابه بالضبط، حتى لو كانت لدينا أسباب لاعتبار انطباعاتنا الجلية عن الألوان، تلك التي تنتهي على الشبكية بعيدًا عن مقعد الوعي، كتبصر فإنه لا يمكن أن يكون تبصرًا في الموجات الكهربية.

أخشى أن القارئ العادي سوف يشعر بنفاد الصبر مع هذا النقاش الطويل العاصف

الذي أوشك أن أقوم به فيما يتعلق بالخاصية الديناميكية للعالم الخارجي. «عن ماذا كان كل وجع الرأس هذا؟ لماذا لا نضع في الحال فرضية تنص على أن الصيرورة هي بنية من نوع ما متداخلة بشكل جوهري في تركيب الطبيعة؟ الذهن مطلع على هذه البنية (كونه مطلعًا على الملامح الأخرى للعالم الفيزيائي الطبيعي) ويعي بها كمرور للزمن- وهو تقدير سليم تمامًا للطبيعة الفعلية. يزداد عامل العشوائية كنتيجة لهذه البنية وحيدة الاتجاه بشكل ثابت في اتجاه الازدهار، وذلك يمد الفيزيائي بسهولة بخاصية تجريبية لتحديد سبيل الازدهار؛ لكن الازدهار وليست عواقبه الخاصة تلك، هو المناظر الفيزيائي المباشر للصيرورة. ربما من الصعب إيجاد دليل حاسم على هذه الفرضية، لكن رغم كل شيء يتوجب علينا أن نكون راضين بشكل عام بتلك الفرضيات التي تتكئ فقط على المعقولية.

حقيقة، هذه هي نوعية الأفكار التي أتطلع إلى الدفاع عنها؛ لكن القارئ العادي لن يعلن عن اقتناعه بها على الأرجح قبل أن يكون في إمكان الفيزيائي أن يقبل بها، علينا مواجهة أحوال دقيقة تتعلق بحدود المنهج العلمي والقواعد المؤصلة للقانون الفيزيائي. من جانب نعمل على تقديم فرضية معقولة لأجل منح العالم خارجنا معنى هادف بشكل جلي وواضح، حتى وإن كان من المحتمل أن يرتكز هذا المعنى بشدة على شيء ما في طبيعة وعينا. أما من جانب الاستقصاء العلمي فبمقدورنا فقط التعرف على التغير المضطرد في العامل العشوائي من نهاية العالم التي تحتوي على العشوائية الأقل نحو النهاية حيث العشوائية الأكثر؛ ذلك في حد ذاته لا يوفر أي أساس للاعتقاد في أي معنى للتغير الديناميكي. وجهة النظر التي يتم الدفاع عنها هاهنا معادلة للقبول بأن الوعي بالنظر خارجًا عبر باب خاص يمكنه أن يدرك بواسطة التبصر المباشر خاصية أساسية في العالم، لا تموه عليها القياسات الفيزيائية.

الزمن هو مفتاح أي محاولة لرأب الصدع بين نطاقات الخبرة الخاصة بطبيعتنا بجوانبها الروحية والفيزيائية. لقد أشرت بالفعل إلى مدخله المزدوج لوعينا - عبر

أعضاء الحس التي تربط بينه وبين الذهن. بالطبع لا ينظر الفيزيائي الذي تعتمد مناهج بحثه وتساؤله على شحذ أعضاء الحس خاصتنا بواسطة أجهزة مساعدة ذات دقة عالية نظرة رضا إلى مثل تلك البوابات الخاصة، فمن الممكن أن تتسلل عبرها كل أنواع الخرافات المتوهمة دون فحص وتدقيق. لكن هل هو على استعداد للصمت عن تلك المعارف الخاصة بمضي الزمن، تلك التي وصلت إلينا عبر ذلك الباب، هل هو على استعداد لأن يرضي نفسه بالزمن المستقى من انطباعات الحس الفقيرة في كل الخواص الديناميكية؟

لا شك أن البعض سوف يردون بأنهم راضون؛ سوف أقول لهؤلاء- إذَنْ فلتظهروا حسن إيمانكم بعكس الخاصية الديناميكية للزمن (والتي من الممكن أن تفعّلوها بكل حرية لو أنها بلا أهمية في الطبيعة) ولأجل التغيير فقط فلتمدونا بصورة للكون يتحرك فيها من الحالة ذات العشوائية الأكثر إلى الحالة ذات العشوائية الأقل، كل خطوة تظهر انتصارًا للتصميم الذكي (ضديد الصدفة) على الصدفة. لو أنك عالم بيولوجيا، فلتعلمنا كيف ابتداء من الإنسان وأشكال الحياة الأبسط من الإنسان قليلًا، معقدة التركيب ومتعددة الخلايا نجحت الحياة على مدار عصور في بناء التركيب البسيط بجلال للأميبا. لو أنك فلكي، فلتخبرنا كيف تهرع موجات الضوء من أعماق الفضاء وتتكثف على النجوم؛ كيف يتفكك النظام الشمسي المعقد إلى سديم متساوق. هل هذا هو المنظور التنويري الذي تتمنى أن تستبدله بالإصحاح الأول لسفر التكوين؟ لو أنك صدقًا تؤمن في أن نظرية تطور معاكس هي صحيحة ومؤثرة بذات قدر نظرية التطور، فبكل تأكيد قد حان وقت تأجيج معارضة قوية ضد النسخة أحادية الرؤية تمامًا التي يتم تدريسها.

الخاصية الديناميكية للعالم الخارجي

لكن بسبب قناعتنا القصوى بخاصية الزمن الديناميكية، فإنه من الممكن أن نأخذ بوجهة النظر الذاهبة إلى كون «الصيرورة» ذاتية تمامًا – أي أنه لا وجود «للصيرورة» في العالم الخارجي الذي يمتد بسلبية في الخارج في البعد الزمني كما صوره مينكوفسكي. من ثم فإن وعيي هو من يخترع ترتيبه المنظم الخاص به للانطباعات الحسية الخاصة بمختلف النقاط المشهدية على طول المسار في العالم الخارجي، الذي تشغله الدودة رباعية الأبعاد، تلك التي هي أنا نفسي بطريقة ما غريبة. وبتركيز الأحاسيس على نقطة مشهدية معينة فإنني أتوهم أن الأحداث الخارجية المقابلة «تمضي». أفترض أن هذا سوف يكون كافيًا ومناسبًا لتفسير الظاهرة المرصودة. ترتكز الاعتراضات ضد ذلك على حقيقة أن هذه الفرضية تترك العالم الخارجي بلا أي خاصية ديناميكية داخلية فيه.

من المفيد أن نستوعب كيف أن استدلالاتنا الأولية تفترض بشكل ملموس وجود هذه الخاصية أو النمط الديناميكي؛ علينا أن نشل ملكات الاستدلال خاصتنا تقريبًا كي نستأصل تلك الخاصية أو النمط. بخصوص عملية خلط أوراق اللعب يبدو بديهيًّا أن الأوراق يجب أن تكون في حالة أكبر من الفوضى في أي لحظة تالية. هل يمكنك أن تقتنع بطبيعة لا يكون فيها ذلك صحيحًا بوضوح؟ لكن ما الذي نعنيه بكلمة «تال»؟ لا يمكننا أن نضع معنى لكلمة «تال» مبنيًّا على حكم الوعي ما دمنا معنيين بالطبيعة الفطرية للاستنتاج؛ إن وضوحها لا يرتبط بأي تأملات فيما يتعلق بسلوك الوعي. إذا هل نعني «تال» بناء على حكم الخاصية الفيزيائية لسهم الزمن أي تماشيه مع النسبة الأكبر لعنصر العشوائية؟ لكن ذلك سيكون حشوًا وتكرارًا – وكأننا نشير إلى أن أوراق اللعب أكثر عشوائية عندما يكون هناك المزيد من عنصر العشوائية. إننا لا نقصد الحشو والتكرار؛ إننا قد قبلنا على نحو عفوي بتوجه غير مبهم من الماضي إلى المستقبل في الزمكان حيث تجرى عملية خلط الأوراق كأساس لأفكارنا عن التساؤل.

يكمن صلب الموضوع في أنه بالرغم من أن التغيير الذي يوصف بالفرز أو الترتيب هو بالضبط ضديد التغيير الذي يوصف بخلط الأوراق، فإننا لا نستطيع تخيل مسبب للفرز كي يكون بالضبط ضديدًا لمسبب الخلط. على ذلك فإن عكس اتجاه الزمن الذي يحول خلط الأوراق إلى فرز للأوراق لا يقوم بإجراء التحولات المناسبة في علاقاتها بمسبباتها. يمكن أن يكون للخلط مسببات غير عضوية، لكن الفرز امتياز مقصور على قرار مستقل أو غريزة. لا يمكننا أن نعتقد في كونه مجرد مسلك يحدث وفقًا لاتجاه الزمن وذلك ما يميزنا عن الطبيعة غير العضوية. إن الخلط على علاقة وثيقة بالفرز (ما دام التغير في الهيئة كان معنيًّا) كما هو الزائد على علاقة وثيقة بالناقص؛ لكن كي نقول بنفس الطريقة أن مسبب الخلط على علاقة بمسبب الفرز، يبدو ذلك كأن نقول أن فعالية المادة والعقل على علاقة تشبه علاقة الزائد والناقص – وهو هراء بكل تأكيد. على ذلك إذا ما نظرنا إلى العالم من المستقبل إلى الماضي، ما يعني أننا قد قمنا تبديل مواضع الخلط والفرز، فإن المسببات لا تقوم بذلك التبديل على ذات النسق، وهو ما يعني انكسار أي رابط منطقي بين حدوث الأشياء. كي نستعيد الترابط يجب علينا افتراض أن هناك شيئًا ما آخر قد تم عكسه بالمصاحبة لهذا التغيير في الاتجاه، ما يعني أن النمط الضارب في نسيج العالم والذي تحدثنا عنه سابقًا «الصيرورة» قد تحول إلى «اللاصيرورة». إذا ما أحببنا فإنه بمقدورنا الآن أن نذهب في تفسير الأمر، لا إلى أن الأشياء قد صارت غير مختلطة بل إلى أن لا صيرورتهم قد أصبحت مختلطة – وإذا ما رغبنا في أن نواصل قدمًا في هذا الخصوص، فعلينا ألا نناقش الأسباب لكن اللاأسباب. لكن من دون ربط أنفسنا بعقد لفظية، فإن المعنى بوضوح يتلخص في أن «الصيرورة» تمنح العالم بنية، من غير الجائز عكسها.

موضوعية الصيرورة:

بشكل عام يجب علينا أن نصف العالم المألوف بأنه ذاتي والعالم العلمي بأنه موضوعي. خذ للحظة مثالنا السابق للتوازي، أي أن، اللون في عالمنا المألوف

يوازيه ويقابله في العالم العلمي طول الموجة الكهرومغناطيسية. هنا سيكون لدينا القليل من التردد في وصف الموجة بأنها موضوعية واللون بأنه ذاتي. الموجة هي الحقيقة الواقعة – أو أقرب ما يمكننا الوصول إليه نحو وصف الحقيقة؛ اللون هو مجرد تشوش وخداع ذهني. ليس للمسحة اللونية الجميلة التي تغمر وعينا تحت تأثير حث الموجات أي علاقة بالواقع الحقيقي الموضوعي. تكون المسحة اللونية مختلفة بالنسبة للشخص المصاب بعمى الألوان؛ وبالرغم من أن الأشخاص الذين يملكون رؤية طبيعية قادرون على تمييز نفس الألوان، إلا أننا لا نستطيع أن نحكم على ما إذا كان وعيهم بالأحمر والأزرق وغيره.. هو مثل وعينا بالضبط أم لا. علاوة على ذلك، فنحن ندرك أن الموجات الكهرومغناطيسية الأطول والأقصر التي ليس لها أي تأثير بصري المرتبطة بها هي واقعية وحقيقية بالضبط مثل الموجات الملونة. في هذه التوازيات وغيرها نجد الموضوعي في العالم العلمي والذاتي في العالم المألوف.

لكن بالنسبة للتوازي بين معدل الإنتروبيا والصيرورة يبدو أن الذاتي والموضوعي قد جاءا منعكسين، كل منهما قد وقع في الجهة الخاطئة، بالتأكيد الصيرورة هي واقع وحقيقة – أو أقرب ما يمكننا الوصول إليه نحو وصف الحقيقة. إننا مقتنعون أن الخاصية الديناميكية يجب أن تعزى للعالم الخارجي، آخذة في اعتبارها وقابلة كل القبول للمخيلة العقلية، إنني لا أفهم كيف لجوهر «الصيرورة» أن يكون مختلفًا كثيرًا عما تظهر لنا أنها عليه. على الجانب الآخر، لدينا الإنتروبيا، نجد أن لها بشكل واضح طبيعة أكثر ذاتية من أغلب الكميات الفيزيائية المعتادة. الإنتروبيا هي تقدير للترتيب والتنظيم، إنها ذاتية وغير موضوعية بنفس منطق أن كوكبة الجبار ذاتية وغير موضوعية. إن ذلك الذي يكون مرتبًا هو موضوعي، كذلك أيضًا هي النجوم المكونة للكوكبة النجمية؛ لكن العلاقة فيما بين العناصر المكونة لتلك النجوم فما هي إلا إسهام العقل الذي يتبينها. لو أن اللون هو تشوش عقلي وخداع، فكذلك الإنتروبيا أيضًا، ما هي إلا تشوش عقلي وخداع خاص بعالِم الإحصاء. إن لها تقريبًا ذات قدر

موضوعية معدل ضربات البيسبول[1].

بينما سيذهب الفيزيائي عامة إلى الاعتقاد في أن مادة هذه الطاولة المألوفة هي فعليًّا انحناء للمكان، ولونها هو فعليًّا طول موجي كهرومغناطيسي، لا أعتقد أنه سوف يذهب إلى أن حركة سريان الزمن المعتادة هي فعليًّا معدل الإنتروبيا. إنني أضرب أمثلة تبدو كثرثرة ولغط، على قدر كبير من عدم الإتقان؛ لكنها رغم ذلك تكشف عن وجود اختلاف واضح في موقفنا من التوازي / التقابل الأخير. بالتأكيد سنصل من خلال إقناعنا لأنفسنا بأن الشيئين مترابطان إلى استنتاج يذهب إلى أن هناك شيئًا ما خلف مفهوم الإنتروبيا- تفسير ما غريب لو أحببت، لم نقبض عليه بعد، ليس ظاهرًا في التعريف الذي قدمناها به في الفيزياء. باختصار نحن نجاهد كي نرى أن معدل الإنتروبيا من الممكن أن يكون فعليًّا هو حركة سريان الزمن (بدلًا من أن يكون العكس بالعكس).

قبل أن نتجاوز هذه النقطة أود أن أشير إلى أن هذا التجلي الاستثنائي الواضح (للذاتي) و(الموضوعي) في العالمين الخاطئين يشعل الفكر. ربما يعمل على تجهيزنا من أجل إدراك رؤية للعالم العلمي، سنعمد إلى تبنيها في الفصل التالي، رؤية أكثر ذاتية بكثير من تلك التي يعتنقها العلم.

كلما تفحصنا ارتباط الإنتروبيا بالصيرورة على نحو أكثر وثاقة، ظهرت عقبات أعظم. لو لم تكن الإنتروبيا من المحددات الأولية للفيزياء لما كانت هناك أي صعوبة، أو لو أننا قد كنا على دراية بحركة سريان الزمن عن طريق أعضائنا الحسية لما كانت هناك أي صعوبة. لكن التركيبة الفعلية التي علينا مواجهتها تبدو متفردة في صعوبتها.

افترض أن علينا تعريف «الصيرورة» من خلال فارق الجهد الكهربي بدلا من تعريفها من خلال التغير في الإنتروبيا. ترمز القراءة الرقمية إلى شيء ما في أحوال

(١) هو نسبة عدد الضربات الصحيحة إلى عدد الضربات التي تقدم لها اللاعب في لعبة البيسبول. (المترجم).

العالم، لكننا لا نكون أي صورة عما يكونه ذلك الشيء. نستفيد من القيم الرقمية في أبحاثنا العلمية فقط – هي شفرات رقمية مرتبطة بخلفية ما خارج كل مفهوم. سوف يكون من المثير حقًّا لو استطعنا أن نربط هذا الجهد الغريب بأي من مفاهيمنا المألوفة. على وجه الدقة، لو استطعنا تعريف التغير في الجهد بواسطة السريان المألوف للزمن، سنكون بذلك قد قمنا بخطوة عظيمة نحو الإلمام بطبيعته الداخلية. لكن بالتحول من الفرضية إلى الواقع، يتضح أن علينا تعريف فارق الجهد بواسطة القوة. صحيح تمامًا أن لدينا حاليًا مفهومًا مألوفًا عن القوة –كإحساس بالمجهود العضلي. لكن هذا لا يعطينا أي فكرة عن الطبيعة الداخلية لفارق الجهد؛ إن الإحساس هو بالكاد تشوش وخداع عقلي يستثار بواسطة دفقات عصبية، قد سافرت طريقًا طويلًا من مكان تموضع القوة. تلك هي الطريقة التي تؤثر بها على العقل وكذلك تلك هي الطريقة التي تؤثر بها كل الكميات الفيزيائية الأخرى عبر الأعضاء الحسية. سوف يمنع تخلل الآلية العصبية أي ربط وثيق بين الصورة الذهنية والسبب الفيزيائي، حتى وإن كنا معدين للارتكان إلى رؤانا الذهنية عندما تجد فرصة للعمل مباشرة.

الآن فلتفترض أن علينا تعريف القوة باستخدام معدل الإنتروبيا. ذلك يعني أن معدل الإنتروبيا هو مجرد ظرف يحفز العصب، من ثم ينقل العصب دفقة للمخ، يحيك منها العقل انطباعه الغريب الخاص عن القوة. لن يشعر أحد برفض بديهي للفرضية التي تذهب إلى أن الاحساس العضلي بالقوة مرتبط بتغير تنظيم جزيئات العضلة.

تتمثل أزمتنا في أنه ينبغي علينا الربط بين شيئين، نفهم كليهما إلى حد ما وبقدر ما نفهمهما نجد أنهما مختلفان إلى حد بعيد. سيكون تظاهرنا بأن جهلنا بطبيعة التنظيم في العالم الخارجي مكافئ لمقدار جهلنا بالطبيعة الداخلية للجهد سخيفا. من السخافة أن نتظاهر بأننا لا نملك مفهوما مسوغا عن فكرة الصيرورة في العالم الخارجي. ينبغي على تلك الخاصية الديناميكية – ذلك التأثير الدال الذي يجعل من تطور الماضي إلى المستقبل مقبولًا ومن تطور المستقبل إلى الماض كوميديا – أن

تفعل أكثر كثيرًا من مجرد سحب زناد العصب. من المسلمات الراسخة في وعينا تمامًا أن سريان الزمن هو حالة وعي. يزيح إدراكنا المباشر «بالصيرورة» جانبًا كل المعارف الرمزية على اعتبارها في مستوى أدنى؛ حيث إنني إذا كنت قد قبضت على معنى الوجود بسبب أنني أنا نفسي موجود، فإنني أقبض على معنى الصيرورة لأنني أنا نفسي أصير. إنها الأنا الأكثر عمقًا من الكل التي تكون وتصير.

عدم اتساق ترميز هذه البديهية الأساسية هو أمر واضح تمامًا. إلا أن ما تنبئ عنه هذه الصعوبة لا يزال غامضًا للغاية. لكنه ليس بغير المرتبط بعلامات معينة للتغير، من الممكن أن نفطن إليها في صورة رأي علمي مسؤول يدعونا لمساءلة القوانين الأولية والثانوية. إن حتمية القوانين الأولية الراسخة لا تزال فيما أعتقد مقبولة على نحو واسع لكنها لم تعد فوق المساءلة. قد بات واضحًا الآن أننا لم نقبض بعد على أي قانون أولي – حيث إن كل تلك القوانين التي افترضنا في زمن ما أنها أولية هي في الواقع إحصائية. لا شك أن البعض سيذهب إلى أن ذلك كان من المفترض أن يكون متوقعًا؛ يجب أن نكون مستعدين لبحث طويل جدًّا قبل أن نستقر على أساسات نهائية، ويجب ألا نصاب بالإحباط لو بينت الاكتشافات الجديدة مع الإيغال أعماقًا غير متوقعة. لكنني أعتقد في أن البعض قد يذهب إلى أن الطبيعة قد تم الإمساك بها وهي تستخدم مراوغات غير عادلة تمامًا كي تمنع اكتشافنا للقوانين الأولية – ذلك النوع من المكر الذي يحبط جهودنا لاكتشاف السرعة بالنسبة للأثير[1]. إنني أؤمن أن الطبيعة مخلصة إخلاصًا قلبيًّا وصادقة وأنها تلجأ فقط لهذه التقلبات من الكتمان عندما نبحث عن شيء ليس موجودًا هناك بالضرورة. من الصعب أن نرى الآن مبررًا يسوغ الاقتناع المتجذر بشدة في ضرورة إعادة التأسيس النهائي لمخطط قوانين ذي طبيعة حتمية إلا أن تكون هذه الضرورة من ظنون الفكر. إلا أن الفكر قد أصبح معتادًا على العمل من دون الكثير من الضرورات العظيمة في السنوات الأخيرة.

(١) انظر الفصل العاشر (المؤلف).

لن يفاجأ أحد لو أن إعادة بناء مخطط الفيزياء – تضغط علينا نظرية الكم حاليًا لاتخاذ هذا السبيل – قد أسفرت عن أن يصبح القانون الثانوي هو الأساس وأن يتم الاستغناء عن القانون الأولي. في العالم المعاد بناؤه لا شيء مستحيل بالرغم من أن العديد من الأشياء قد تكون بعيدة الاحتمال. قد يكون التأثير هو نفسه إلى حد كبير لكن نوع الآلية التي علينا الإلمام بها مختلف بالكلية. يجب أن نتطلع نحو إدراك أبعد لهذه المسألة إلا أنني لن أتابع في هذا السياق هنا. قد بات من الممكن للإنتروبيا –باعتبارها كمية قد تم التقديم لها على أنها مرتبطة بالقانون الثانوي – أن تتواجد الآن –يمكننا القول – بناء على وضع خاص بها، أصبحت تحوزه بدلًا من أن تتواجد بناء على تمثيلها الحالي كمجرد منسق للكميات في مخطط القوانين الأولية؛ بهذا الوضع الجديد من الممكن القبول بها بسهولة أكبر كرمز للخاصية الديناميكية للعالم. لا يمكنني جعل مقصدي أكثر دقة، لأنني لا زلت أناقش تغييرًا للأفكار قائم على افتراض، ذلك الافتراض الذي لم يستطع أحد تحقيقه بعد.

إدراكنا المزدوج للزمن:

العجيبة الأخرى التي تصدمنا هي الانفصال بين الزمن وسهم الزمن. أي مخلوق من عالم آخر يأمل في أن يفصل في العلاقة الزمنية بين حدثين في هذا العالم، عليه أن يقرأ مؤشرين مختلفين. عليه أن يقرأ ساعة كي يكتشف إلى أي مدى تأخر أحد الزمنين عن الزمن الآخر، وعليه أن يقرأ بعض الأنساق لقياس التنظيم في الطاقة (أي الترمومتر) من أجل أن يكتشف أي حدث قد جاء تاليًا[1].

(١) كي يجعل الاختبار من عالمه الآخر صارمًا، يتوجب عليه ألا يفترض أن العقارب الموضوعة على قرص الساعة تدور بالضرورة على النحو الصحيح إلى اليمين؛ وألا يفترض أن تقدم وعيه وتطوره له أي علاقة بسريان الزمن في عالمنا. لذلك، فسيكون لديه بالكاد قراءتان للحدثين من دون أن يعلم إذا ما كان الفارق بينهما يجب أن يتم تقديره بعلامة موجبة أم سالبة. سوف يستخدم الترمومتر مقترنًا مع الأجسام الحارة والباردة ملامسًا لها. يمكن أن يسجل الفارق بين قراءتي الترمومتر للجسمين عند لحظة وقوع كل حدث من الحدثين. الحدث الذي يكون عنده الفارق بين القراءتين أصغر هو الحدث المتأخر. (المؤلف).

يصبح هذا التقسيم مدهشًا على نحو خاص حين نتذكر أن ساعاتنا الأفضل هي تلك التي تكون فيها كل العمليات مثل الاحتكاك الذي يدخل الفوضى واللاتنظيم إلى الطاقة قد تم التخلص منهما بأقصى قدر ممكن. كلما كانت الأداة كوسيلة للقياس أكثر مثالية، كانت قادرة على إخفاء سهم الزمن تمامًا.

يبدو أنه من الممكن تفسير هذه المفارقة في ضوء الحقيقة المشار إليها في الفصل الثالث أن الزمن يصل إلى وعينا عبر طريقين. إننا نصور الذهن كمحرر في عرينه يستقبل عبر الأعصاب رسائل غير مترابطة من كل أنحاء العالم الخارجي، ويقوم بخلق قصة منها مصحوبة بما أخشى من أن يكون قدرًا كبيرًا من الابتكار التحريري. مثل سائر الكميات الفيزيائية يدخل الزمن بتلك الطريقة كعلاقة خاصة بين الأحداث في العالم الخارجي – علاقة قابلة للقياس؛ لكنه يدخل من دون السهم الخاص به. بالإضافة إلى ذلك فإن محررنا نفسه يختبر زمنًا في وعيه – العلاقة الزمنية على طول مساره هو الخاص به عبر العالم. هذه الخبرة فورية، ليست برسالة من الخارج، لكن المحرر يدرك أن ما يختبره مماثل للزمن الموصوف في الرسائل. الآن يدرك الوعي أن هذا الزمن الخاص يمتلك سهمًا ومن ثم يمده بلمحة للبحث أكثر عن السهم المفقود بين الرسائل. إن الشيء العجيب يكمن في أنه بالرغم من أن السهم في النهاية يتم العثور عليه بين الرسائل القادمة من الخارج، إلا أنه لا يتم العثور عليه في الرسائل القادمة من الساعات، بل في الرسائل القادمة من الترمومترات والأدوات الشبيهة التي لا تدعي في العادي قياسها للزمن.

إلى جانب رصد الوعي لسهم الزمن، فإنه يقيس أيضًا مرور الزمن على نحو تقريبي. يمتلك الوعي الفكرة الصحيحة عن قياس الزمن، لكنه يشبه إلى حد ما عاملًا أخرقًا غير دقيق حال تنفيذه لهذا القياس. ينجح وعينا بطريقة ما في البقاء على اتصال وثيق بالعالم المادي، وعلينا أن نفترض أن تسجيله لرحلة الزمن ما هو إلا تسجيل لقراءة من نوع ما صادرة عن ساعات في مادة المخ – ساعات هي على الأرجح كميقاتي سيئ

نوعًا ما. ليس لدي في ذهني فيما يتعلق بهذا الشأن سوى تمثل عام لساعات الفيزياء المصممة كي تكون ميقاتيات جيدة؛ لكنني الآن أميل إلى التفكير في تمثل أفضل ألا وهو ساعة للإنتروبيا، أي أداة مصممة مبدئيًّا لقياس معدل فوضى ولا تنظيم الطاقة، وبشكل تقريبي وغير دقيق جدًّا تحافظ على وقع النظم مع الزمن، أي أنها آلة مصممة مبدئيًّا لقياس معدل فوضى ولا تنظيم الطاقة، وبشكل غير دقيق وتقريبي تمامًا فقط تحافظ على وقع النظم مع الزمن.

يحتمل أن يكون تصميم ساعة الإنتروبيا نموذجيًّا كالتالي. دارة كهربية مكونة من معدنين مختلفين بحيث تكون نقطتي اتصالهما مغموسة في جسم ساخن وبارد على التوالي. تحتوي الدارة على جلفانومتر وهو الذي يمثل عقارب وقرص ساعة الإنتروبيا. يتناسب التيار الحراري – كهربي في الدارة مع فارق درجة حرارة الجسمين، لذلك فمع تواصل الخلط الذي يحدث للطاقة فيما بينهما، يقل الفارق في درجة الحرارة وتقل قراءة الجلفانومتر بشكل مستمر. سوف تخبر هذه الساعة راصدًا من عالم آخر بشكل ناجح تمامًا أي من الحدثين قد جاء تاليًا. لقد عرفنا أنه لا توجد أي ساعة معتادة يمكنها القيام بذلك. بالنسبة لخواص ساعتنا هذه كميقاتي، يمكننا أن نقول فقط أن حركة إبرة الجلفانومتر لها ارتباط ما مع معدل مرور الوقت – وهو ربما نفس ما يمكننا أن نقوله عن خواص الوعي كميقاتي.

على ذلك، يبدو لي أن الوعي مع إصراره على سهم الزمن وأفكاره الضالة إلى حد ما وغير الدقيقة عن قياس الزمن من الممكن أن يكون موجهًا بواسطة ساعات للإنتروبيا في جزء ما من المخ. ذلك يتجنب الافتراض غير الطبيعي، أننا نستشير خليتين مختلفتين لمادة المخ لأجل تشكيل أفكارنا عن المدد الزمنية وعن الصيرورة، على التوالي. إذا فمعدل الإنتروبيا هو المكافئ المباشر لزمن الوعي في كلا ملمحيه. أما المدة الزمنية المقاسة بواسطة الساعات الفيزيائية (الفترات الزمنية) فلها علاقة بعيدة فقط.

دعنا نحاول توضيح أفكارنا عن الزمن من خلال تلخيص الوضع الذي بلغناه الآن. أولًا: يعد الزمن الفيزيائي نظامًا من أقسام في العالم رباعي الأبعاد (لحظات عالمية النطاق). هي مختلقة ونسبية ولا تتوافق بأي حال مع أي شيء يشير به علينا زمن الوعي. ثانيا، في النظرية النسبية، نختبر شيئًا ما يدعى بالعلاقة الزمنية، وهي مختلفة بشكل مطلق عن العلاقة المكانية. أحد تداعيات هذا الاختلاف أن الذهن الذي هو على اتصال بالجسم المادي يمكنه فقط أن يجد طريقه في العلاقات الزمنية، لذلك فإذا لم يكن هناك حتى أي رابط قريب، فهناك على الأقل توافق الواحد للواحد بين تراتب أطوار الذهن وتراتب النقاط في العلاقات الزمنية. ولأن الذهن يفسر التراتب الخاص به كزمن للوعي، فيمكننا على الأقل أن نذهب إلى أن العلاقة الزمنية في الفيزياء لها ارتباطها بزمن الوعي وهو ما لا تحظى به العلاقة المكانية. إنني أشك فيما إذا كان هناك أي رابط أبعد من ذلك. لا أعتقد أن التراتب الذهني هو قراءة لقائمة علاقات فيزيائية زمنية، لأن العلاقات الزمنية في الفيزياء لا سهم لها. أعتقد أنه قراءة للمعدل الفيزيائي للإنتروبيا، لأن الإنتروبيا تحظى بالسهم اللازم. في الفيزياء يتم تعريف العلاقة الزمنية ومعدل الإنتروبيا كليهما بشكل دقيق وصارم ومميز تمامًا وبشكل عام لا توجد أي علاقة رقمية تجمع بينهما. لكن، يمكن لأشياء أخرى أن تحسب الزمن ولا يوجد أي سبب يمنع من أن تكون هناك بقعة خاصة في المخ لا يكون تولد عامل العشوائية فيها ماضًا بوتيرة واحدة تمامًا. في تلك الحالة، لن يكون هناك تفاوتًا عظيمًا بين مرور الزمن في الوعي وبين طول العلاقة الزمنية المقابلة له في العالم الفيزيائي.

ردة الفعل العلمية استجابة للتحليل الميكروسكوبي:

من منظور فلسفة العلم، لا بد – فيما أعتقد– من اعتبار المفهوم المرتبط بالإنتروبيا كأعظم إسهام للتفكير العلمي في القرن التاسع عشر. لقد قام بوضع بصمته عبر حث منظور يذهب إلى أن كل ما يوليه العلم اهتمامًا يمكن تغطيته من خلال التشريح الميكروسكوبي للأشياء. إنه يوفر نقطة ارتكاز بديلة، يتحول فيها مركز الاهتمام من

عناصر تم بلوغها بواسطة التحليل المعتاد (ذرات، جهود كهربية، إلخ.) نحو كميات يحظى بها النظام باعتباره كلًّا واحدًا، لا يمكن فصل مكوناته أو تقسيمها أو تركيزها في موضع بحيث تكون هنا على نحو ما أو واقعة هناك قليلًا. يصبو الفنان إلى توصيل تدليلاته التي لا يمكن الإخبار عنها من خلال الإمعان في التفاصيل الدقيقة، باللجوء إلى الرسوم الانطباعية. يا للغرابة حقًّا فقد لجأ الفيزيائي إلى ذات الدرب بعد أن عانى من نفس الاحتياج؛ لكن مخططه الانطباعي علم منضبط تمامًا بل إنه حتى أكثر عملية في تطبيقاته من مخططه الميكروسكوبي.

هكذا يكشف التحليل الميكروسكوبي في دراسته للحجر الساقط عن زرافات من الجزيئات المنفردة. تتوزع طاقة الحجر بين تلك الجزيئات، بحيث يشكل حاصل جمع طاقات الجزيئات طاقة الحجر الإجمالية. إلا أننا لا نستطيع بهذه الطريقة أن نوزع التنظيم أو عنصر العشوائية.

سيكون أمرًا غير ذي معنى لو قلنا إن جزءًا من التنظيم يتموضع في جزيء معين.

هناك وسيلة مثلى للفحص والدراسة، تعنى بالنظر داخل كل جزء متناهي الصغر من الفضاء كي ترى ما قد يحتويه وبالتالي تسجل ما يمكن اعتباره بيانًا بكل الموجودات في العالم. لكن هذا يفتقد إلى ملامح العالم التي لا تتموضع في الأجزاء متناهية الصغر. نعتقد كثيرًا في أننا متى أتممنا دراستنا عن الواحد، فنحن نعرف كل شيء عن الاثنين، لأن «الاثنين» هما «واحد وواحد». ننسى أنه لا يزال يتوجب علينا أن نقوم بدراسة تلك الـ«و». تعنى الفيزياء الثانوية بدراسة تلك الـ«و»- أو فلنقل، تعنى بدراسة التنظيم.

يعود الفضل إلى الرواد أصحاب الرؤى الثاقبة الواضحة في القرن المنصرم[1] فيما يتعلق بلفت انتباه العلم إلى افتقادنا لشيء ما في منهج المخطط الأولي للفيزياء لحصر

(١) يقصد القرن التاسع عشر لأن إدنجتون قد كتب هذا الكتاب في القرن العشرين. (المترجم).

الموجودات، شيء له أهميته العملية. لقد تم الانتباه للإنتروبيا وإدراكها، على الرغم من عدم العثور عليها في أي من أجزاء العالم. لقد تم اكتشافها وتمجيدها لأنها قد كانت لازمة عند التطبيق العملي للفيزياء ولم يكن اكتشافها لسد جوع فلسفي ما، كان لها الفضل في إنقاذ العلم من ضيق أفق قاتل. لو التزمنا على نحو كامل بالاقتصار على منهجية جرد الموجودات، ما عثرنا على شيء في العالم الفيزيائي بمقدوره أن يمثل «الصيرورة». كان العلم ليرفع تقريره وقد نص فيه على أنه قد بحث في كل صوب وحدب حتى تكشف له أن «الصيرورة» ما هي إلا خداع ذهني، لا وجود لها – مثلها كمثل الجمال، والحياة، والروح، وكافة شيء آخر لا يمكن حصره وجرده وتبيانه.

أعتقد أن الشكوك قد تتصاعد في تساؤل عما إذا كان وافدنا الجديد هذا علميًّا، فالإنتروبيا ليست من نفس صنف بقية الكميات الفيزيائية المعروفة في العلم، ولأجل ضمها كان من اللازم توسيع مجال العلم في اتجاه خطير جدًّا. بمجرد الاعتراف بإسهامات التنظيم كمادة موضوع فيزيائي، قد أصبح من العسير رسم خط فاصل. لكن الإنتروبيا قد أمنت لنفسها مكانًا حصينًا في الفيزياء قبل اكتشاف كونها مقياسًا لعنصر العشوائية في التنظيم. لقد تم قبولها بشكل واسع وتقديرها من قبل المهندسين. كانت رعايتهم لها أعظم اعتراف بصلاح طبيعتها؛ حيث كان الاعتقاد السائد وقتها أن الخلق والإبداع هما عمل المهندس (لا الرياضي كما هي الموضة في أيامنا الحاضرة).

الآن فلتفترض أنه قد طلب منا ترتيب الكلمات الآتية في فئتين:

المسافة، الكتلة، القوة الكهربية، الإنتروبيا، الجمال، تناغم الألحان.

أعتقد أن المنطق الأقوى سيكون في صالح أن توضع الإنتروبيا إلى جانب الجمال وتناغم الألحان وليس مع الثلاثة الأوائل. نعثر على الإنتروبيا عندما ننظر إلى الأجزاء في ترابطها معًا فقط وهو نفس ما يقوم الجمال وتناغم الألحان بتمييزه، النظر إلى أو الاستماع إلى الأجزاء في ترابطها معا. يمكن اعتبار الثلاثة كملامح للتنظيم. إنها فكرة نيرة أن نذهب إلى أن أحد أعضاء تلك المجموعة الثلاثية قادر على تشكيل كمية

فيزيائية على النحو المألوف، لا غرابة فيها. إن السبب الذي يجعل هذه الكمية قادرة على تمرير نفسها بين أصول العالم الفيزيائي المتأصلة يكمن في كونها قادرة على أن تتحدث لغة تلك الأصول، أقصد، اللغة الرقمية. إن لها أرقام قياسات مرتبطة بها وهو ما يجعلها تمامًا في بيتها عند الحديث حديث الفيزياء. لا يملك الجمال وتناغم الألحان كلمة المرور الرقمية ولذلك يتم احتجازهما بالخارج. يعلمنا هذا أن ما يعنى به العلم المنضبط ليست الكميات التي تندرج تحت فئة خاصة ما، لكنها الكميات التي لها ملمح رقمي ولها وحدات للقياس. في فصل لاحق سوف نرى أن العلم عندما يقبل بكمية ما فإنه يقبل فعليًّا بملمحها الرقمي القابل للقياس فقط ولا يشغل نفسه بسواه. لن تكون هناك أي فائدة يحصدها الجمال لو حاول -فلنقل- تزوير بعض الإسهامات الرقمية (معبرًا لوهلة عن النسب المثالية للتناسق) على أمل أنه بذلك سيفوز بالمرور عبر مداخل العلم حاملًا معه ثورة جمالية إلى الداخل. سوف يتبين أن ما تم القبول به وتمريره إلى الداخل هي الملامح الرقمية البحتة، لكن التأثير الجمالي له قد ترك على الباب في الخارج. على ذلك فقد تم قبول الإنتروبيا من حيث ملمحها الرياضي؛ إذا ما كان لها أي دلالة ما أعمق نعتقد فيها على نحو باهت تلمس ما يبدو في وعينا كغاية (ضديد الصدفة)، فإن هذه الدلالة تترك في الخارج. إنها لم تؤدِّ بشكل أسوأ من الكتلة والمسافة اللتين تشبهانها في أن لهما بكل تأكيد بعض دلالات أعمق من مجرد الأرقام المجردة؛ لو أن الحال على ذلك، فكل تلك الدلالات تفقد حال الدمج في المخطط العلمي - عالم الظلال.

قد تميل إلى اعتبار إلحاحي على أن الإنتروبيا هي شيء يتم استبعاده من بيان جرد المكونات الميكروسكوبية للعالم كجبل يتمخض ليلد فأرًا. لو أن كل الأفراد لديك أمامك، فإن ترتيبها وتنظيمها وارتباطاتها ستكون أمامك بصورة تلقائية. لو أن النجوم لديك، فبالتالي لديك الكوكبات النجمية. نعم؛ لكن لو أن النجوم لديك؛ فإنك لا تأخذ الكوكبات النجمية على محمل الجد. لقد أصبح توجه العلم المعتاد، المرتبط

بشكل وثيق بتوجهاته المادية أن الكوكبات النجمية لا تؤخذ على محمل الجد حتى تقوم كوكبات الإنتروبيا بعمل استثناء وحيد. عندما نحلل اللوحة باعتبارها مكونة من عدد كبير من جزيئات الطلاء، فإننا نفقد الدلالة الجمالية للوحة. تدخل جزيئات الطلاء في بيان الجرد العلمي، وهناك ادعاء أن كل شيء كان هناك بالفعل في اللوحة قد تم حفظه. لكن هذه الطريقة في حفظ الأشياء قد تكون مكافئة تمامًا لفقدانها. إن جوهر اللوحة (في تمايزها عن الطلاء) هو الترتيب. هل تم الحفاظ على الترتيب أم تم فقده؟ تبدو الإجابة الحالية غير متسقة. ما دام الترتيب يدل على التنظيم فقد تم الحفاظ عليه؛ إن العلم معني كثيرًا بالتنظيم. لماذا ينبغي علينا (نتحدث حاليًا كفلاسفة، لا كعلماء) أن نقوم بالتمييز بين هذين الملمحين للترتيب؟ لقد قمنا بالتمييز لأن اللوحة بلا فائدة للعالم – لا يستطيع أن يمضي أبعد بخصوصها. كي تكون أحكامنا نزيهة، فمن واجبنا أن نبين أن الإنتروبيا بالمثل ليست بذات فائدة للفنان – إنه لا يستطيع أن يكون رؤيته باستخدامها.

إنني لا أحاول أن أجادل بأن هناك في العالم الخارجي كمية موضوعية هي اللوحة، متمايزة عن الجزيئات المتعددة العضوية المكونة لها، تلك التي قام العلم بتحليلها. إنني أشك فيما إذا كان للعبارة أي معنى؛ لا، هل يمكنها إن كانت صحيحة أن تعزز تقديري للوحة. سأقول هذا: هناك جانب لشخصيتنا يدفعنا إلى إمعان التبصر في الحسن والدلالات الجمالية الأخرى في الطبيعة، وفيما يبدعه الإنسان، لذلك تعني البيئة لنا أكثر من كل ما قد تم تضمينه بواسطة بيان الجرد العلمي لمكوناتها. يخبرنا إحساس يتملك منا أن هذا صحيح ولا غنى عنه لأجل تبرير الغاية من وجودنا. لكن هل ذلك منطقي؟ كيف يمكن للمنطق ألا يعتبر ذلك غير تحريف مغلوط لما هو في النهاية مجرد مجموعة من الذرات وموجات الأثير وما يشابهها، مما ينتهج نهجها؟ لو أن الفيزيائي قد اتخذ هذا السبيل كمدافع عن المنطق، فلتهمس في أذنه فقط بكلمة الإنتروبيا.

قصور القانون الأولي:

أظن أن الكثير من زملائي الفيزيائيين سوف يتضامنون معي في طرحي الذي جعلت فيه الإنتروبيا غريبة على المخطط الميكروسكوبي لكنها مع ذلك جوهرية في العالم الفيزيائي. ربما يعتبرونها إلى حد كبير كأداة توفر المجهود لكن من الممكن الاستغناء عنها. إن أي مسألة عملية مطروحة يتم حلها على نحو معتاد عن طريق إدخال مفهوم الإنتروبيا، يمكن الوصول إلى نفس النتيجة وذات الحل في دقة (لكن مع بذل جهد أكبر) عن طريق اتباع حركة كل جسيم مفرد من المادة أو كل كم من كمات الطاقة العاملة تحت مظلة القوانين الميكروسكوبية الأولية، من دون أي إشارة للإنتروبيا سواء كانت بادية أو كامنة. حسنًا جدًّا؛ دعنا نجرب. فلنطرح مسألة ما:

[ألقيت قطعة من الطباشير على طاولة المحاضر حيث دارت وانكسرت إلى قطعتين]

كمعطيات فقد حصلت على الموضع اللحظي لكل جزيء وسرعته[1]، أو لو أحببت الموضع اللحظي والسرعة الخاصين بكل بروتون وإلكترون في قطعتي الطباشير هاتين وكذلك للطاولة وللهواء المحيط بقدر ما تحتاج. أعطيت كذلك تفاصيل حالة كل عناصر الطاقة اللحظية. يمكنك تتبع الحال من لحظة إلى لحظة بواسطة قوانين الحركة الميكروسكوبية (الأولية). يمكنك تعقب الكيفية التي تتحرك بها الذرات بلا هدف ضمن كتلة الطباشير حيث تميل إلى الاتفاق تدريجيًّا مع بدء الكتلة في التحرك ككل. ترتد الكتلتان قليلًا وتدوران على المنضدة؛ يلتقيان معًا ويلتحمان؛ ثم ترتفع قطعة الطباشير بالكامل تدريجيًّا في الهواء، راسمة قطعًا ناقصًا، وتمضي لتستقر بين أصابعي. أضمن لك مقدرتك على فعل كل ذلك دون الاحتياج إلى الإنتروبيا أو أي شيء خارج حدود الفيزياء الميكروسكوبية. لقد حللت المسألة.

(١) تكون السرعات نسبية بحسب أطر المكان والزمان. حدد أي إطار تفضل وسوف نعطيك السرعة بالنسبة لذلك الإطار. (يلقي ذلك عليك عبء تمييز أي إطار – يسار، يمين، ماض، مستقبل، إلخ.) (المؤلف).

لكن هل قبضت تمامًا على دلالة حلك؟ هل هي نقطة يمكن إهمالها تمامًا أن ما قمت بوصفه من خلال حساباتك هو ضديد الصيرورة؟ لا توجد أي ضرورة لتغيير كلمة في وصفك ما دام يجري سلسًا؛ لكن يبدو أنه يحتاج إلى إضافة للتفريق بين كونه خدعة متميزة للسيد ماسكلين[1] وبين كونه ضديد ما يحدث يوميًّا على نحو معتاد.

قد يقول الفيزيائي إن الإضافة المطلوبة تتعلق بالدلالة، وهو لا يملك ما يقوم به حيال الدلالات؛ إنه معنيٌّ فقط بموافقة حساباته للأرصاد. إنه لا يستطيع أن يخبرني ما إذا كان للظاهرة دلالة الصيرورة أو دلالة ضديد الصيرورة؛ لكن لو تم تضمين ساعة في المسألة، فبإمكانه أن يزودنا بقراءات الساعة عند كل مرحلة. هناك الكثير مما يمكن قوله بخصوص استثناء كل الدلالات من علوم الفيزياء؛ إنه فعل صحي كي لا نخلط حساباتنا بمفاهيم أسطورية نحن فعليًّا لا نعرف عنها شيئا. إنني أحسد تمامًا الفيزيائي الخالص على وضعه الحصين ذلك. لكنه لو أزاح الدلالة بشكل كامل خارج مجال اهتمامه، سيقع على عاتق أحدهم مهمة اكتشاف ما إذا كان للعالم الفيزيائي للذرات والأثير والإلكترونات أي دلالة، أيًّا كانت. لسوء الحظ، من المتوقع لي أن أقول في هذه المحاضرات الكيفية التي ينبغي للرجل العادي أن ينظر بها إلى العالم العلمي عندما يصبح في منافسة مع وجهات النظر الأخرى عن محيطنا. ربما لا يكون بعض جمهوري مهتمًّا بعالم قد تم تخليقه كجهاز حسابات مجردة. هل عليَّ أن أخبرهم أن العالم العلمي لا يوجد لديه ما يعلق ويدفع به بخصوص اهتماماتهم تلك عندما يلح السؤال الأبدي في عقولهم، عم يدور كل هذا؟ إنني على يقين من أن زملائي الفيزيائيين يتوقعون مني أن أضع بعض الدفاعات عن العالم العلمي في هذا الخصوص. إنني على أهبة الاستعداد للقيام بذلك؛ إلا أنه ينبغي علي أن أصر على أننا بادئ ذي بدء علينا فقط أن نستقر على الطريقة التي ننظر بها إليه معتدلًا. لا أستطيع

(١) جاسبر ماسكلين ساحر إنجليزي (١٩٠٢ – ١٩٧٣) قدم عروضًا متميزة على مسارح إنجلترا، ألف كتبًا في السحر ويروى أنه قد شارك في الحرب العالمية الثانية مع سلاح المخابرات ممارسًا تقنيات الخداع والتمويه. (المترجم).

أن أقرأ أي دلالة لائحة في العالم الفيزيائي عندما يكون معروضًا أمامي مقلوبًا رأسًا على عقب، كما هو حادث الآن. لهذا السبب، أنا مهتم بالإنتروبيا، لا لأنها تختزل الحسابات فقط، تلك التي يمكن إجراؤها بوسائل أخرى، لكن لأنها تحدد توجها لا يمكن العثور عليه بأي طريقة أخرى.

ما العالم الفيزيائي إلا (كما أكرر دائمًا) عالم من ظلال، يظلل العالم المعتاد لوعينا. فقط ما القدر الذي نتوقع منه تظليله؟ لا نتوقع أنه سيظلل كل ما في عقولنا ومشاعرنا وذاكرتنا.. إلخ. بالأساس نتوقع منه أن يظلل الانطباعات التي يمكن تعقبها رجوعًا إلى أعضاء الحس الخارجية. لكن للزمن مدخل مزدوج وعلى ذلك فهو يشكل رابطًا بين الداخل والخارج. يتم تظليله جزئيًّا بواسطة العالم العلمي الذي تصيغه القوانين الأولية (التي تستثني سهم الزمن)، لكنه يظلل كليًّا عندما نوسع من المخطط كي نضم إليه الإنتروبيا. لذلك وبفضل الانطلاقة الهامة الفارقة التي شهدها القرن التاسع عشر لم يعد العالم الفيزيائي محصورًا في امتدادات استاتيكية، قد يختلق العقل من حولها التطور ورومانسية الفعاليات؛ بل قام بتظليل الخاصية الديناميكية للعالم المعهود والتي لا يمكن اجتزاؤها من دون أن تحل كارثة تتعلق بدلالته ومغزاه.

لقد افترض بشكل عام عند تصنيف فيض المعلومات المشوشة لخبرتنا أن غاية البحث اكتشاف كل ما هو موجود بالفعل. هناك بحث آخر ليس بأقل اتساقًا مع طبيعة وعينا – ألا وهو اكتشاف كل ما هو صائر بالفعل.

* * *

الفصل السادس

الجاذبية – القانون

تتحدث أحيانًا عن الجاذبية كجوهر مرتبط بالمادة وكامن فيها. ادعُ لي حتى لا يعزا ذلك المفهوم إليَّ؛ حيث إن الجاذبية هي ذلك الشيء الذي لا أدعي معرفته، وعلى ذلك فسيستغرق وقتًا أطول للتعريف به..

من المؤكد أن السبب في الجاذبية هو عامل ما يعمل بشكل ثابت بحسب قوانين معينة؛ لكن ما إذا كان هذا العامل ماديًّا أو غير مادي، فلقد تركت ذلك لإدراك قرائي.

نيوتن، خطابات إلى بنتلي.

الرجل في المصعد:

في عام ١٩١٥ تقريبًا قام أينشتاين بتطوير نظريته النسبية ودفعها إلى مدى أبعد يختص بالحركة غير المنتظمة. إن أسهل طريقة للتعاطي مع هذا الموضوع عبر فهم مثال الرجل في المصعد.

فلتفترض أن هذه الغرفة هي مصعد. انقطع السلك المعدني الداعم وها نحن نسقط نحو الأسفل سقوطًا حرًّا بسرعة متزايدة أبدًا.

دعنا نمرر الوقت بإجراء تجارب فيزيائية. فليكن المصعد هو معملنا وسوف نبدأ من البداية وسنحاول اكتشاف كل قوانين الطبيعة – فلنقل، هي الطبيعة كما يحللها الرجل في المصعد. سوف يكون هذا تكرارًا لتاريخ الكشف العلمي الذي تم بالفعل

في المعامل على سطح الأرض الصلبة الآمنة بدرجة كبيرة لا يمكن إغفالها. لكن هناك اختلاف واحد بيّن وظاهر.

لقد قمت بإجراء تجربة إسقاط تفاحة كانت يدي تقبض عليها. لا يمكن للتفاحة أن تسقط على أي حال بمعدل أكبر من ذلك المعدل الذي تسقط به بالفعل. تذكر أن في مصعدنا ذلك كل الأشياء المحتواة فيه كانت في حالة من السقوط الحر. نتيجة لذلك فالتفاحة تبقى معلقة في يدي. هناك حادث واحدة في تاريخ العلم لن يكرر نفسه للرجال الذين في المصعد، ألا وهو الحادث الخاص بنيوتن وشجرة التفاح. يتعطل المفهوم المهيب الراسخ المتمثل في ذلك العامل الذي يوجه النجوم عبر مساراتها وهو نفسه الذي يسبب سقوط التفاحة ضمن حدود خبرتنا المشتركة وسبب ذلك يعود إليها هي، خبرتنا المشتركة في المصعد التي تجد أن التفاحة لا تسقط.

أعتقد أن في حوزتنا الآن دليل كاف للبرهنة على أنه في كل الجوانب الأخرى سوف تتوافق القوانين العلمية التي يتم إقرارها في المصعد مع تلك التي يتم إقرارها تحت ظروف أكثر تقليدية. من دون ذلك الاستثناء الوحيد فقط، سوف يستنتج الرجال في المصعد كل قوانين الطبيعة التي سبق وتعرضنا لها، وسوف يتحصلون عليها بذات الشكل الذي تحصلنا عليها به. الاختلاف الوحيد يتمثل في غياب القوة التي تسبب سقوط التفاحة عن مخططهم.

على ذلك، أنسب لراصدينا في المصعد السلوك المعتاد لمركزية الأنا أي اعتبار أن الملمح الذي يواجهني به العالم هو ملمحه الطبيعي. لا يستوقفهم قضاؤهم لأعمارهم وهم يسقطون في مصعد كأمر شاذ، إنهم يعتبرون أن استقرارهم على سطح الأرض هو أمر أكثر شذوذًا. لذلك بالرغم من أنهم من المحتمل أن يكونوا قد قاموا بحسابات تتعلق بالمخلوقات التي تسندها الأرض بهذه الطريقة الغريبة تخلص إلى أن التفاح لديه نزوع محير نحو السقوط إلا أنهم لن يأخذوا خبرتنا الخاصة بالطريقة التي تسقط بها التفاحة بشكل أكثر جدية مما كنا سنأخذ به خبرتهم الخاصة.

هل يجب علينا أن نأخذ خبرتهم بشكل أكثر جدية؟ أو فلنقل ذلك بطريقة أخرى – ما هي الأهمية النسبية المقترنة بمخطط لقوانين الطبيعة قد تم إنجازه بواسطة راصدين في مصعد يسقط، عند مقارنته بمخطط قد تم إنجازه بواسطة راصدين مستقرين على الأرض الصلبة الآمنة؟ هل أحد المخططين أصح من الآخر؟ هل أحدهما أكثر تفوقًا على الآخر؟ ينشأ اختلاف واضح –إن كان هناك اختلاف– من حقيقة أن للمخططين مرجعيتين مختلفتين لإطارين مختلفين في المكان والزمان. في إطارنا تكون الأرض الصلبة في حالة سكون؛ على نحو مشابه في إطارهم يكون المصعد في حالة سكون. لقد قمنا في السابق بضرب أمثلة لراصدين يستخدمون أطرًا مختلفة، لكنها كانت أطرًا تختلف فيما بينها في سرعاتها المنتظمة الثابتة. إن سرعة المصعد تتزايد دائمًا بشكل متسارع. هل في إمكاننا أن نوسع من مبدأنا القائل بأن الطبيعة لا تختلف بالنسبة إلى أطر المكان والزمان ليشمل الأطر المتسارعة، وبناء على ذلك لا يوجد إطار أكثر تفوقًا وعلوًّا على أي إطار آخر؟ أعتقد أن ذلك في إمكاننا. قد ينتابنا الشك في مسألة وحيدة، تساؤل مؤرق، ألا ينبغي علينا أن نعتبر إطار الرجال في المصعد كإطار أكثر تفوقًا وأعلى مكانة من إطارنا المعتاد، بدلًا من اعتباره بالكاد مكافئًا له.

عندما ننتصب واقفين على الأرض فإن جزيئات الأرض تسندنا بالضرب كالمطارق على باطن أحذيتنا بقوة مكافئة لما يقرب من وزن عشرة ستون[1]. من دون ذلك فمن المحتم أن تغرز أجسادنا في الأرضية عبر فرجها. تُلطم أجسادنا بشكل متواصل ونشط. ربما نذهب إلى أن ذلك هو الوضع المثالي عند الحكم بحصافة على محيطنا الطبيعي، ولن يكون مفاجئًا لو أن حواسنا التي تعاني من أثر هذا التعاطي قد مدتنا بنظرة مريضة للعالم، مشوشة كأنها مصابة باليرقان. من الممكن اعتبار أجسامنا كمعدات علمية تستخدم لمسح العالم. ينبغي علينا ألا نسمح إراديًّا لأي شخص أن يضرب بمطرقة على الجلفانومتر عندما نستخدمه في الرصد؛ وعلى نحو

(١) ستون: وحدة وزن إنجليزية تستخدم عند الحديث عن وزن جسم الإنسان وتساوي ٦.٣٥ كيلوجرام. (المترجم).

مماثل من الأفضل أن نتجنب الضرب بالمطارق على أجسادنا عندما تكون مستخدمة كقناة للمعرفة العلمية. نتخلص من هذا الضرب بالمطارق عندما نتوقف عن أن نكون مسنودين بالأرض فقط.

دعنا إذَنْ نقوم بقفزة من فوق جرف هار وأثناء تلك القفزة من المحتمل أن نصدر حكمًا على الطبيعة، لا يتم التشويش عليه. أو لو بدا لك ذلك كوسيلة غريبة لإقناعك بأن الأجسام لا تسقط[1]، إذَنْ دعنا ندخل إلى المصعد الجامح من جديد. هنا لا شيء في حاجة إلى أن يسند؛ رفع عبء ضربات المطارق عن أجسادنا وعن أجهزة الجلفانومتر خاصتنا، وكل أجهزة القياس وكل قراءاتها يمكن الأخذ بها من دون أخطاء. إن إطار المكان والزمان الخاص بالمصعد الساقط هو الإطار الطبيعي بالنسبة إلى راصدين غير مسنودين؛ وقوانين الطبيعة المعينة تحت هذه الظروف المفضلة يجب على الأقل ألا تكون في مكانة دنيا بالنسبة لتلك المعينة بواسطة مرجعيات أطر أخرى.

لقد أجريت تجربة أخرى. هذه المرة أخذت تفاحتين وقمت برميهما من عند نهايتي المصعد المتقابلتين. ما الذي سوف يحدث؟ في البداية لا يحدث أي أمر ذي بال؛ تبقى التفاحتان معلقتين حيث تم إطلاقهما. لكن دعنا نخطو خارج المصعد للحظة كي نشاهد التجربة. إن التفاحتين يتم سحبهما بسبب الجاذبية نحو مركز الأرض. مع اقترابهما من المركز فإن مساريهما يقتربان، سوف يلتقيان في اللحظة التي عندها (بحسب المراقب الذي في الخارج) يمر المصعد بمركز الأرض. على الرغم من أن التفاحتين (في المصعد) لا تميلان إلى السقوط نحو أرضية المصعد فإنه لا يزال هناك لغز يتعلق بسلوكهما؛ ومن المحتمل أن يقوم نيوتن حتى اللحظة باكتشاف أن العامل الذي يرشد النجوم عبر مساراتها يمكن تعريفه بأنه هو نفسه العامل الذي يلعب هذه الخدع بالتفاح بالقرب من المنزل.

---

(١) حتى الآن وعلى قدر معرفتي (من دون القيام بتجربة علمية) فإن الرجل الذي يقفز من فوق جرف هار، سريعًا ما يفقد مفهوم السقوط؛ سوف يلاحظ فقط أن الأجسام المحيطة به تندفع منقذفة نحوه بسرعات متزايدة أبدًا. (المؤلف).

وصلنا إلى هذا. هناك ملمحان نسبي ومطلق فيما يخص الجاذبية. إن الملمح الذي يبذل أكثر تأثير مبهر علينا هو النسبي – نسبي بالنسبة إلى إطار، ليس له أي أهمية خاصة فيما عدا حقيقة أنه هو الذي نقوم باستخدامه عادة. يختفي هذا الملمح تمامًا عند الارتكان إلى إطار الرجل في المصعد ويتحتم علينا أن نقصيه عند أي محاولة لتشكيل صورة مطلقة عن الجاذبية. لكن يبقى هناك دائمًا شيء ما مطلق، أو شيء ما يتوجب علينا أن نحاول معه حتى نصل إلى الصورة المناسبة. حاليًا هناك أسباب – سوف أقوم بتوضيحها – تدفعنا إلى تصوير الجاذبية كانحناء في المكان والزمان.

صورة جديدة للجاذبية:

تصور النيوتونية الجاذبية على أنها شد يقع على الجسم الذي يتشوش مساره. أريد أن أوضح لماذا يتوجب علينا أن ننحي هذه الصورة جانبًا. ربما عليَّ أن أعود مجددًا إلى الحادث الشهير المتعلق بنيوتن وشجرة التفاح. إن الفهم الكلاسيكي للجاذبية مبني على رؤية نيوتن لما حدث؛ لكن قد حان وقت السماع من التفاحة؛ لتعبر عن رؤيتها لما حدث. إن التفاحة بسبب تمحورها المعتاد حول ذاتها كراصد تعتقد أنها في حالة سكون، وبالنظر نحو الأسفل ترى مختلف الأشياء الأرضية بما في ذلك نيوتن تندفع نحو الأعلى بسرعة متزايدة كي تقابلها. هل تبتكر عاملًا ملغزًا ما أو سحبًا ما كي يكون مسؤولًا عن ذلك السلوك؟ لا؛ لقد تكشف لها أن سبب تسارعهم واضح تمامًا. يتم لطم نيوتن بجزيئات الأرض من تحته. هذا الضرب هو أمر مطلق – لا يستثير أي تساؤل عن أطر الإسناد. باستخدام تطبيق له قدرة كافية على التكبير، يمكن لأي شخص أن يرى الجزيئات العاملة ويقدر تأثير دفعاتها وهبّاتها. بحسب قانون نيوتن نفسه للحركة فإن هذا بالتأكيد يزود بتسارع وهو ما قامت التفاحة برصده على نحو دقيق تمامًا. أما نيوتن فيجب عليه أن يفترض قوة غريبة ملغزة غير مرئية كي تسحب التفاحة نحو الأسفل؛ أما التفاحة فيمكنها أن تشير إلى دليل يسبب اندفاع نيوتن نحو الأعلى.

للتفاحة منظور مدلل عليه بدليل قاطع تمامًا، حتى إنه يتوجب عليَّ أن أعدل قليلًا في الوضع كي أمنح نيوتن فرصة عادلة؛ لأنني أؤمن أن التفاحة قد صنعت الكثير مستغلة ميزة قد حازتها بالصدفة. سوف أضع نيوتن في مركز الأرض حيث تختفي الجاذبية، على ذلك فيمكنه أن يبقى ساكنًا من دون أن يسنده شيء – من دون أن يتعرض لضربات المطارق. ينظر نحو الأعلى ويرى التفاح يسقط على سطح الأرض، وكما كان الحال في السابق يعزو هذا إلى شد غريب وملغز، يدعوه بالجاذبية. تنظر التفاحة نحو الأسفل وترى نيوتن يقترب منها؛ لكن هذه المرة لا يمكنها أن ترجع تسارع نيوتن إلى أي طرقات ظاهرة عليه. يجب عليها أيضًا أن تخترع شدًّا غريبًا وملغزًا يعمل على نيوتن.

إن لدينا إطارين مرجعيين. في أحدهما يكون نيوتن في حالة سكون والتفاحة متسارعة؛ في الآخر تكون التفاحة هي التي في حالة سكون ونيوتن هو المتسارع. لا يوجد أي سبب واضح في كلا الإطارين يمكن أن يسبب هذا التسارع؛ لا يتعرض الجسم في كليهما لأي تشوش ناتج عن طرق خارجي. القابلية للانعكاس مثالية ولا يوجد أي أساس لتفضيل إطار ما على الآخر. يتحتم علينا أن نخترع صورة فيها عامل ما يملك قدرة على التأثير على النظام وهو العامل الذي لن يقوم بترجيح نظام على الآخر ومنحه الأفضلية. في سياق لا تغليب فيه لهوى النفس، لن يلائمنا اقتراح الشد كتفسير، لأننا لو قرناه بالتفاحة فنحن نمنح الأفضلية لإطار نيوتن ولو قرناه بنيوتن فإننا نمنح الأفضلية لإطار التفاحة[1]. جوهر الجاذبية أو جانبها المطلق لا يمكن أن

(١) من المحتمل أن يبرز اعتراض على هذا، على اعتبار أن الظاهرة التي نناقشها هنا من الجلي أنها مرتبطة بوجود جسم ضخم جدًّا (الكرة الأرضية)، وعلى اعتبار أن نيوتن قد جعل الشد خاصته يحدث بشكل متماثل حول ذلك الجسم بينما التفاحة قد جعلت الشد خاصتها غير متماثل (يختفي حيث تكون التفاحة لكنه قوي على الجانب المقابل)، على هذا من الواضح أن إطار نيوتن يجب أن يتم تفضيله. من الضروري أن نغوص عميقًا في النظرية كي نفسر بشكل كامل لماذا لا نولي هذا التماثل أولوية من حيث الأهمية؛ يمكننا فقط أن نقول في هذا الخصوص إن خاصية التماثل ثبت أنها غير كافية كي تنتقي إطارًا متفردًا وكي ترسم خطًّا محددًا يفرق بين الأطر بحيث يتم قبول بعضها ورفض بعضها الآخر. في النهاية يمكننا أن نقدر تلك الأطر المعينة التي تبدي تماثلًا أكبر من الأطر الأخرى، دون إصرار على دعوة تلك المتماثلة بأنها (صحيحة) وتلك غير المتماثلة بأنها (خاطئة). (المؤلف).

يكون قوة مبذولة على جسم، لأنه من المبهم تمامًا بالنسبة لنا أي من الجسمين يتم بذل هذه القوة عليه. يتحتم علينا أن نرسم صورة مغايرة بالكلية للأمر.

لقد آمن القدماء في أن الأرض مسطحة. يمكن تمثيل الجزء الصغير الذي قاموا باستكشافه منها على خريطة مسطحة من دون أي تحريف. عندما تم اكتشاف بلدان أخرى كان من الطبيعي أن يعتقدوا أن في مقدورهم أن يضيفوها على الخريطة المسطحة. إن إسقاطات مركاتور[1] هي مثال مألوف لمثل هذه الخريطة المسطحة ولسوف تتذكر أن في تلك الخرائط يظهر حجم جرينلاند متضخمًا بشكل سخيف وغير معقول. (عند استخدام بعض الإسقاطات الأخرى قد تتشوه الاتجاهات ويتم تحريفها بشدة.) الآن على أولئك المخلصين إلى نظرية الأرض المسطحة أن يفترضوا أن الخريطة تمدهم بالحجم الحقيقي لجرينلاند – ما يعني أن المسافات الموضحة في الخريطة هي المسافات الحقيقية. كيف سيفسرون إذا كون المسافرين في تلك البلد (جرينلاند) يعلنون أن المسافات تبدو أقصر كثيرًا عما هي عليه (في الحقيقة)؟ أفترض أنهم سوف يبتكرون نظرية تذهب إلى أن هناك شيطانًا يعيش في جرينلاند، هو من يساعد المسافرين في اجتياز الطريق بسرعة. بالتأكيد لن يستخدم أحد العلماء جملة فجة جدًّا كهذه الجملة؛ سوف يخترع كلمة متعددة المقاطع مشتقة من الإغريقية واللاتينية كي تشير إلى العامل الغريب الملغز الذي جعل الرحلات تبدو قصيرة؛ لكن ذلك مجرد تمويه وخداع. لكن فلنفترض الآن أن سكان جرينلاند قد قاموا هم بتطوير جغرافيتهم الخاصة. سوف يجدون أن أكثر أجزاء سطح الأرض أهمية (جرينلاند) يمكن تمثيلها من دون تحريف ذي بال على خريطة مسطحة. لكن عندما يضيفون بلادًا بعيدة مثل اليونان فالحجم يتضخم لا محالة؛ أو، كما سوف يبنون نظريتهم، هناك شيطان نشيط في اليونان يجعل الرحلات هناك تبدو مختلفة

(١) هو نوع من الاسقاطات الأسطوانية المستخدمة بكثرة في رسم الخرائط وقد ابتكرها العالم ورسام الخرائط الفلمنكي جيراردوس مركاتور في محاولة لرسم الكرة الأرضية على خريطة مسطحة. (المترجم).

عما تبدو عليه الأمور على الخريطة المسطحة بشكل واضح. لا يكون الشيطان أبدًا حيث تكون؛ دائمًا أبدًا الرفيق الآخر هو المسكون به. الآن نعي أن التفسير الحقيقي يكمن في أن الأرض منحنية، والأنشطة الظاهرة للشيطان تبزغ بسبب إجباره للسطح المنحني على التسطح في خريطة مسطحة وبذلك يحرف بساطة الأشياء.

ما حدث لنظرية الأرض حدث لنظرية عالم المكان والزمان أيضًا. يمثل راصد في حالة سكون في مركز الأرض ما يحدث في إطار المكان والزمان المبني على مبادئ مألوفة، تلك المبادئ التي تمد بما يعرف بالزمكان المسطح. يمكنه أن يحدد مواضع الأحداث فيما يجاوره من دون أن يحرف من بساطتها الطبيعية. تبقى الأشياء التي في سكون في سكون وتبقى الأشياء المتحركة بسرعة منتظمة متحركة بسرعة منتظمة ما لم يكن هناك سبب واضح للتأثير والتشويش عليها مثل الضرب بالمطارق؛ يسافر الضوء في خطوط مستقيمة. لقد قام بمد هذا الإطار المسطح ليشمل سطح الأرض حيث شهد ظاهرة التفاح المتساقط. من المحتم تفسير هذه الظاهرة الجديدة بإقحام عامل غامض أو شيطان يدعى بالجاذبية، يقنع التفاح بالانحراف عن حركته المنتظمة الطبيعية. لكن يمكننا أيضًا أن نبدأ من إطار التفاحة الساقطة أو الرجل في المصعد. في إطار المصعد تبقى الأجسام الساكنة ساكنة؛ تبقى الأجسام التي تتحرك حركة منتظمة محافظة على نفس حركتها المنتظمة. لكن كما رأينا تبدأ هذه البساطة في الانهيار حتى عند ركني المصعد؛ بالنظر بعيدًا، فلنقل إلى مركز الأرض، يصبح من الضروري أن نفترض وجود نشاط لشيطان يدفع الأجسام التي لا يسندها أو يدعمها شيء نحو الأعلى (بالنسبة إلى إطار المصعد). يتغير شكل المشهد الخاص بنشاط الشيطان مع تنقلنا من راصد إلى الآخر ومع تنقلنا من إطار زمكان مسطح إلى الآخر. ليس الأمر في مكان وجود راصدنا لكنه دائمًا هناك في البعيد. أليس الحل واضحًا الآن؟ إن الشيطان ببساطة هو تلك التعقيدات التي تبرز عندما نحاول أن نجعل عالمًا منحنيًا يتلاءم مع إطار مسطح. في سبيل أن نحيل العالم إلى زمكان مسطح فإننا نحرف فيه

ونشوهه لذلك لا تبدو الظواهر في بساطتها الأصلية. اقبل بانحناء العالم ولسوف يختفي العامل الغامض الملغز. لقد قام أينشتاين بطرد الأرواح الشريرة والتخلص من الشيطان.

لا تتصور أن هذا التغيير الأساسي في المفاهيم قد حملنا بعيدًا صوب تفسير للجاذبية. إننا لا نسعى نحو تفسير؛ إننا نسعى نحو تصور. وهذا التصور عن عالم منحن (بالرغم من كونه يبدو صعبًا على التصور) يمكن أن يكون مفهومًا أكثر ويمكن الإحاطة به بقدر أكبر من شد محير يتنقل من جسم إلى آخر حسب وجهة النظر التي نختارها.

قانون جديد للجاذبية:

مع اكتشافنا لتصور جديد عن الجاذبية، يتطلب ذلك منا قانونًا جديدًا لها؛ يخبرنا قانون نيوتن بكمية الشد والآن لم يعد هناك شدًّا يذكر. ولأن الظاهرة الآن قد تم تصويرها في صورة انحناء، فعلى القانون الجديد أن يقول شيئًا ما عن الانحناء. من الواضح أنه يجب أن يكون قانونًا يحكم ويحدد الانحناء الممكن للزمكان.

لا يوجد الكثير مما يمكن أن يقال عن الانحناء – ليس هناك الكثير ليقال وله خواص عامة. لذلك عندما شعر أينشتاين برغبة شديدة في أن يقول شيئًا ما عن الانحناء، قال إلى حد كبير ما هو صائب أوتوماتيكيًّا. أعني إنه لم يكن هناك سوى محدد واحد أو قانون يقدم نفسه بوصفه معقولًا منطقيًّا، وذلك القانون قد ثبتت صحته عندما تم اختباره بواسطة الرصد.

فلننح جانبًا الزمكان، قد يشعر البعض منكم بعدم قدرة أذهانهم أبدًا على إدراك انحناء المكان؛ البعض الآخر قد يشعر بأنه ما دام معتادًا على ثني سطح ذا بعدين اثنين، فلا توجد أي صعوبة خارقة في تخيل شيء ما مماثل بالنسبة لأبعاد ثلاثة أو حتى أربعة. أميل إلى الاعتقاد في أن الذين ذكرتهم أولًا حالهم أفضل فهم على الأقل

يتجنبون ضلال المفاهيم المسبقة. لقد تحدثت عن صورة وتصور لكن في الحقيقة يجب أن يوصف الأمر تحليليًّا بدلًا من أن يدرك بشكل ظاهري. إن مفهومنا المعتاد عن الانحناء مشتق من الأسطح، أي ثني لسطح ثنائي الأبعاد في فضاء ثلاثي الأبعاد. إن الانحناء المطلق عند أي نقطة يقاس من خلال كمية مفردة تدعى بنصف قطر منحنى الدائرة. لكن الزمكان هو انثناء رباعي الأبعاد في فضاء من أبعاد كثيرة بقدر ما يمكنه أن يجد طرقًا جديدة للالتفاف والانثناء. في الحقيقة، إن مركب من انحناء رباعي الأبعاد يمتلك من الحذق المدهش ما يمكنه من الكشف عن أنواع جديدة للطي والانثناء، وابتكاراته في هذا الشأن لا تنضب إلى أن نضيف إلى الأبعاد المعروفة ستة أبعاد إضافية، ليكون عدد الأبعاد الكلي عشرة. علاوة على ذلك، يتطلب الأمر عشرين قياسًا منفصلًا عند كل نقطة من أجل تعيين نوع الطي وكميته هناك. تدعى هذه القياسات بمعاملات الانحناء. تبرز عشرة من المعاملات بشكل أكثر وضوحا عن العشرة الأخر.

يؤكد قانون أينشتاين للجاذبية على أن المعاملات العشرة الأساسية للانحناء تساوي الصفر في الفضاء الفارغ.

إذا لم يكن هناك أي انحناء أي أن كل المعاملات كانت تساوي صفرًا، فلن تكون هناك جاذبية. سوف تتحرك الأجسام بسرعات ثابتة في خطوط مستقيمة. لو أن الانحناء غير مقيد أي أن لكل المعاملات قيما غير قابلة للتحديد فإن الجاذبية سوف تعمل بشكل اعتباطي، بلا قانون. سوف تتحرك الأجسام بالفعل بأي طريقة. لقد أخذ أينشتاين موقفًا في منتصف الطريق بينهما؛ عشرة من المعاملات قيمتها صفر والعشرة الأخر اعتباطية. ذلك يجعل العالم المحتوي على الجاذبية محددًا بقانون. تنفصل المعاملات طبيعيًّا إلى مجموعتين، كل مجموعة من عشرة عناصر، لذلك لا توجد أي صعوبة في اختيار المجموعة التي تحذف.

بالنسبة للمبتدئين قد يبدو مفاجئًا أن قانونًا منضبطًا محددًا للطبيعة عليه أن يترك

بعض المعاملات تتوزع اعتباطًا. لكننا نحتاج إلى أن نترك شيئًا ما كي يتحدد لدى تعيين الظروف الخاصة لمعضلة، من المفترض تطبيق القانون عليها. يغطي القانون العام عددًا لا نهائيًّا من الحالات الخاصة. حذف المعاملات الأساسية العشرة يحدث في كل مكان في الفضاء الفارغ سواء كان الموجود جسمًا واحدًا له جاذبية أو أجسام عديدة. تختلف المعاملات العشرة الأخرى متنوعة بحسب الحالة الخاصة التي يتم تدارسها. ربما يذكرنا هذا أنه بعد التحصل على قانون أينشتاين للجاذبية رياضيًّا، لم تزل هناك خطوة طويلة كي نصل إلى تطبيقه حتى على أبسط معضلة عملية. على أي حال، في اللحظة الحالية بالتأكيد هناك عدة مئات من القراء قد تدارسوا في تأنٍّ تلك العمليات الرياضية، لذا من الممكن أن نهدأ مطمئنين إلى أنه ما من أخطاء هناك. بعد أن تم الانتهاء من هذا العمل فقد أصبح من الممكن البرهنة على أن القانون يتوافق مع الرصد. كذلك وجد أنه يتوافق مع قانون نيوتن بدرجة كبيرة للغاية؛ لذلك فالبرهان الرئيس على قانون أينشتاين هو نفسه البرهان الرئيس على قانون نيوتن؛ لكن هناك ثلاث ظواهر فلكية أساسية يكون الاختلاف بين القانونين كبيرًا بدرجة كافية لتؤثر في الرصد. تدعم الأرصاد قانون أينشتاين في مقابل قانون نيوتن عند إجرائها لرصد هذه الظواهر[1].

من الضروري كي نذهب نحو الاعتقاد في نظرية ما، أن تتوافق تنبؤاتها مع الرصد، ما لم يكن هناك تفسير -قد يتضح فيما يعد- معقول يقف وراء عدم التوافق ذلك. لذلك فقدرة قوانين أينشتاين على اجتياز الاختبارات الفلكية الدقيقة التي فشلت قوانين نيوتن في اجتيازها بالفعل تعد أمرًا في غاية الأهمية. وإن لم يكن السبب الرئيس وراء رفض قانون نيوتن افتقاده للدقة المثالية، إنما قد تم هجره بسبب عدم تضمنه لذلك النوع من المعلومات الذي نرغب في الإلمام به الآن حيث بات لدينا

(١) أحد هذه الاختبارات – تحول خطوط الطيف للشمس والنجوم نحو اللون الأحمر بالمقارنة مع المصادر الأرضية – وهو اختبار لنظرية أينشتاين أكثر منه اختبارًا لقانونه. (المؤلف).

إدراك مثالي له، وقد تبين أنه لم يكن حاضرًا في ذهن نيوتن على الإطلاق حين صاغ قانونه. يمكننا التوسع في إيضاح ذلك. تبين الأرصاد الفلكية أنه ضمن حدود معينة من الدقة تكون كل من قوانين أينشتاين وقوانين نيوتن صحيحة. مع تأكيد صحة قوانين نيوتن (بشكل تقريبي) فإننا نعتمد حالة الأشياء التي ستكون عليها، عند الإسناد إلى إطار خاص للزمكان. ما من سبب لإرجاع أي أهمية جوهرية خاصة لهذا الإطار. أما مع تأكيدنا (بشكل تقريبي) على صحة قانون أينشتاين، فإننا نعتمد حالة من الخواص المطلقة للعالم، صحيحة لكل أطر الزمكان. بالنسبة لأولئك الذين ينشدون ما وراء المظاهر فإن حالة أينشتاين تجُب بالضرورة تلك التي لنيوتن؛ إنها تستخلص من الأرصاد نتيجة لها معنى فيزيائي، لا مجرد غرائب رياضية. لقد برهن قانون أينشتاين على كونه المقاربة الأفضل، ما دعم رأينا الذاهب إلى أن التنقيب عن المطلق هو الطريق الأمثل لفهم التجليات النسبية؛ لكن إن كان هذا النجاح لا يتحقق بذات الآنية، فربما ندير له ظهورنا تمامًا.

لا يسعني سوى الاعتقاد في أن نيوتن نفسه كان ليفتن أنه بعد ٢٠٠ سنة قد تراجع «بحر الحقائق غير المكتشفة» مرحلة أخرى. لا يمكنني الاعتقاد في كونه عيَّابًا أو ميَّالًا للانتقاد بلا سند أو منطق، لن يجزع لامتناعنا عن تطبيق معادلته، فنحن لن نطبقها دون تفكر، ولن نتجاهل أبدًا كم المعارف الذي تراكم منذ ذلك الحين في أحوال لم تكن لديه الفرصة أبدًا كي يأخذها في الحسبان.

لن أقوم بتوصيف الاختبارات الثلاثة هنا[1]. حيث إنها الآن قد باتت معروفة بشكل جيد ويمكن العثور عليها في أي من الكتب العديدة المعدة لتكون دليلك إلى

(١) توالت الاختبارات التي تثبت نظرية أينشتاين ولعل آخرها العثور على موجات الجاذبية (حيث تنبأ أينشتاين أن أي تغير كبير في الجاذبية في الكون كانفجار نجم ضخم على سبيل المثال سيؤدي إلى ذبذبة تنتشر في نسيج الزمكان مؤدية لتمدده وانكماشه وهو ما تم الكشف عنه مؤخرًا)، لكن على الأغلب فإن إدنجتون يقصد بالإضافة إلى تنبؤ أينشتاين بعمل الجاذبية على الضوء وكذلك تحول خطوط الطيف نحو الضوء الأحمر، قدرة نظرية أينشتاين على تفسير حركة كوكب عطارد وهي الحركة التي فشلت نظرية نيوتن في تفسيرها. (المترجم).

النسبية؛ لكنني سوف أشير إلى عمل الجاذبية على الضوء، أحد تلك الاختبارات. عند مرور موجات الضوء بجسم شديد الضخامة مثل الشمس فإنها تحيد بزاوية صغيرة. إن هذا دليل إضافي على أن تصور نيوتن عن الجاذبية كشد غير مضبوط. لا يمكنك أن تحرف الموجات وتحيد بها بالشد عليها. بمعنى أوضح يتطلب الأمر تمثيلًا آخر لعامل آخر يسبب ذلك الحيود والانحراف. سوف أطلب منك الآن أن تترك ذهنك ليعود بالزمن إلى أول معرفة لك بالميكانيكا قبل أن ينطفئ اللمعان الطبيعي للحقيقة تحت إلحاح معلمك. لقد قاموا بتعليمك القانون الأول للحركة:

«يبقى كل جسم على حاله من السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم، إلا حين يجبر على تغيير ذلك الحال بواسطة قوة مؤثرة».

من المحتمل أن تكون قد افترضت في السابق أن الحركة هي شيء ما سوف يُنَضّب نفسه بنفسه؛ سوف تقف الدراجة بنفسها إذا لم تؤثر عليها بقوة كي تبقيها سائرة. أشار المعلم على نحو صائب إلى قوى الاحتكاك التي تميل إلى توقيف الدراجة؛ ومن المحتمل أن يكون قد اقتبس مثال الحجر الذي ينزلق على الجليد كي يبين أنه عندما يتم تقليل هذه القوى المتداخلة تبقى الحركة لفترة أطول. لكن حتى الجليد يؤثر ببعض المقاومة الاحتكاكية. لماذا لم يقم المعلم بإتمام العمل على وجهه الأكمل والمضي قدمًا إلى أبعد مدى ممكن، ومن ثم يقوم بحذف قوى المقاومة بالكلية، حيث إنه من الممكن أن يقوم بذلك ببساطة عبر رمي الحجر في الفضاء الخالي؟ لسوء الحظ ففي هذه الحالة لا تكون الحركة منتظمة وفي خطوط مستقيمة؛ بل يتحرك الحجر في هيئة قطع مكافئ. إذا ما اندفعت معترضًا على هذا، سوف يخبرونك أن اندفاع الحجر قد أجبر على تغيير حالته منتظمة الحركة بواسطة قوة غير مرئية تدعى بالجاذبية. أنَّى لنا أن نعلم أن هذه القوة موجودة بالفعل؟ بالتأكيد! لأن هذه القوة لو لم تكن موجودة لتحرك المقذوف بشكل منتظم وفي خط مستقيم.

إن المعلم لا يمارس اللعب بإنصاف. إنه يجعل من وجود حركته المنتظمة هذه

في خط مستقيم حتمًا مؤكدًا، وإذا ما أثرنا أمر الأجسام التي لا تتبع قانونه فإنه يخترع بشكل مثير للشفقة قوة جديدة كي تكون مسؤولة عن الانحراف. يمكننا أن ندخل تعديلا على نصه الذي أشار به للقانون الأول للحركة. ما كان يقصده بالفعل:

"يبقى كل جسم على حاله من السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم، إلا حين لا يفعل».

إن الاحتكاكات المادية والتفاعلات هي تداخلات مرئية ومطلقة، يمكنها أن تغير حركة جسم. لا يوجد لديَّ ما أقوله ضدها. يمكن لأي شخص ينظر بعمق إلى الظاهرة أيًّا ما كان إطاره المرجعي رصد وإدراك تصادمات الجزيئات. لكن عندما لا يكون هناك مثل هذه الإشارة للتأثير على النظام تصبح العملية بأكملها اعتباطية. من دون أي أساس يتم تقسيم الحركة إلى قسمين، أحدهما يعزى إلى ميل الجسم إلى أن يكون سلبيًّا ويطلق عليه القصور الذاتي ويعزى الآخر إلى مجال قوة متداخل. افتراض أن الجسم يريد بالفعل أن يسير بشكل مستقيم لكن عاملًا ما غريبًا وملغزًا جعله ينعقف هو افتراض فاتن وقابل للتصور لكنه غير علمي. إنه يصنع خاصيتين من خاصية واحدة؛ ومن ثم نتساءل لماذا هما دائمًا متناسبتين عند مقارنتهما ببعضهما البعض – لماذا تكون قوى الجاذبية الواقعة على الأجسام المختلفة متناسبة مع قصورها الذاتي أو كتلها. يصبح من غير الممكن الدفاع عن ذلك الفصل عندما نقبل بأن كل أطر الإسناد هي على قدم المساواة. إن المقذوف الذي تكون حركته كقطع مكافئ بالنسبة لراصد على سطح الأرض، تكون حركته كخط مستقيم بالنسبة لرجل في المصعد. لن يستطيع معلمنا بسهولة إقناع الرجل الذي في المصعد الذي يرى التفاحة باقية في ذات المكان حيث أطلقها بأنها سوف تندفع للأعلى بفطرة من لدنها إلا أن هناك شدًّا غير مرئي يضاد هذا الميل والرغبة بالضبط[1].

(١) سوف يعتمد القارئ ذلك مؤكدًا أنه المذهب الذي سوف يتخذه المعلم لزرع الفكرة في الرؤوس إذا ما قدر له أن يذهب في مهمة إلى الرجال في المصعد. (المؤلف).

لا يعترف قانون أينشتاين للحركة بهذا الفصل. هناك منحنيات معينة يمكن التعرف عليها على سطح منحنٍ دون الإحالة لأي إطار أو نظام من أقسام، نقصد بهذه المنحنيات المعينة، الإحداثيات الجوديسية أو أقصر المسارات من نقطة إلى الأخرى. توفر الإحداثيات الجوديسية لزمكاننا المنحني المسارات الطبيعية التي تتبعها الجسيمات لو لم يتم التأثير والتشويش عليها.

نرصد كوكبًا يدور حول الشمس في مدار إهليجي. قليل من التمعن سوف يكشف عن أننا لو قمنا بإضافة بعد رابع (الزمن)، فإن الحركة المتواصلة في بعد الزمن سوف تسحب الإهليج (القطع الناقص البيضاوي) محولة إياه إلى لولب. لماذا يتخذ الكوكب هذا المسار الحلزوني بدلًا من السير في خط مستقيم؟ إن هذا بسبب أنه يتبع أقصر المسارات؛ حيث إنه في الفضاء الهندسي المحرف للمنطقة المحنية حول الشمس يكون المسار الحلزوني أقصر من أي مسار آخر بين نفس النقطتين. لعلك تدرك التغير العظيم في رؤيتنا. ينص المخطط النيوتوني على أن الكوكب يميل إلى الحركة في خط مستقيم، لكن جاذبية الشمس تسحبه بعيدًا. يذهب أينشتاين إلى أن الكوكب يميل إلى أن يأخذ أقصر الطرق، ويقوم بذلك بالفعل.

تلك هي الفكرة العامة، لكن لأجل الدقة ينبغي علي أن أقوم بتعديل واحد طفيف للغاية. إن الكوكب يأخذ أطول الطرق.

قد تتذكر أن النقاط الواقعة على طول مسار أي جسم مادي (يتحرك بالضرورة بسرعة أقل من سرعة الضوء) هي إما في الماضي المطلق أو في المستقبل المطلق بالنسبة لبعضها البعض؛ هي بشكل مطلق ليست في الموضع الآخر. هكذا فطول المسار في الأبعاد الأربعة مصنوع من علاقات زمانية ويجب أن تقاس بوحدات قياس الزمن. إنها في الحقيقة عدد الثواني المسجلة بواسطة ساعة محمولة على جسم يعبر

المسار[1]. قد يكون هذا مختلفًا عن الزمن المسجل بواسطة ساعة قد أخذت طريقًا ما آخر بين نفس نقطتي النهاية. في بدايات الفصل الثالث كنا قد اهتممنا بأمر فردين كان لمساريهما نفس نقطتي النهاية؛ أحدهما كان قد بقي في بيته على الأرض والآخر كان قد سافر بسرعة خارقة إلى جزء بعيد من الكون ومن ثم عاد. سجل الأول انقضاء ٧٠ عامًا، سجل الثاني انقضاء عام واحد. لاحظ أن الرجل الذي تبع مسار الأرض الذي لم يتم التأثير أو التشويش عليه هو الذي سجل أو عاش الوقت الأطول. أما الرجل الذي تم انتزاع مساره بالقوة فكان قد عاش عامًا واحدًا عندما وصل إلى الحد النهائي لرحلته وبدأ في الرجوع من جديد. لا يوجد حد لهذا الاختزال: مع اقتراب سرعة المسافر من سرعة الضوء فإن الزمن المسجل يتضاءل إلى الصفر. لا وجود لطريق أقصر فريد؛ لكن للطريق الأطول فرادته. إذا ما قامت الأرض بدلًا من تتبع مدارها الفعلي باندفاعة سريعة واسعة تتطلب منها أن تسافر بسرعة الضوء فإن الأرض يمكنها أن تمضي من ١ يناير ١٩٢٧ إلى ١ يناير ١٩٢٨ في لا زمن أي في لا زمن بحسب تسجيل راصد أو ساعة تسافر معها، على الرغم من أن تلك الفترة سوف تقدر بعام بحسب «زمن الفلكي الملكي». إن الأرض لا تقوم بهذا لأن قانون اتحاد تجارة المادة ينص على أن أطول الأزمنة هو الذي يجب أن يؤخذ عند إتمام أي مهمة.

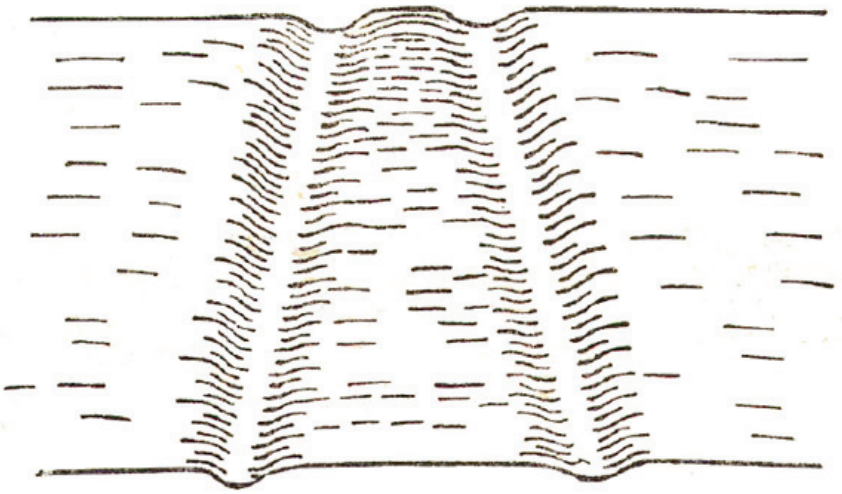
على هذا فهناك قانونان متضمنان عند حساب المدارات الفلكية وفي المسائل المشابهة. أولًا يجب أن نحسب شكل انحراف الزمكان باستخدام قانون أينشتاين للجاذبية، أي أن الانحناءات العشرة الرئيسة هي صفر. ثم نحسب بعد ذلك الكيفية التي يتحرك بها الكوكب عبر المنطقة المنحنية باستخدام قانون أينشتاين للحركة، أي

(١) من المحتمل أن يثار اعتراض، يذهب إلى أنه لا يمكنك أن تجعل ساعة تتبع مسارًا منحنيًا بشكل اعتباطي دون أن تؤثر فيه وتشوش عليه عبر قوى مؤثرة (مثل، طرقات الجزيئات). لكن هذه الصعوبة مماثلة تمامًا لصعوبة قياس طول منحنى باستخدام مقياس مستقيم، ويتم التغلب عليها وتجاوزها بنفس الطريقة. كما يتم تطبيق نظرية (تصحيح المنحنيات) على المنحنيات المكانية، يتم تطبيقها أيضًا على المسارات الزمانية. (المؤلف).

قانون المسار الأطول. حتى اللحظة فالعملية مماثلة للحسابات التي أجريت اعتمادًا على قانون نيوتن للجاذبية وقانون نيوتن للحركة. لكن هناك إضافة مميزة تنطبق على قوانين أينشتاين فقط. يمكن استنتاج قانون أينشتاين للحركة من قانونه للجاذبية. على الرغم من أن التكهن بمسار كوكب ينقسم إلى مرحلتين للتسهيل لكنه ينهض على قانون واحد مفرد.

أحب أن أوضح لك بطريقة عامة كيف يمكن لقانون يحكم انحناء الفضاء الخالي أن يحدد مسارات الجسيمات دون أن يزود بأي شروط أخرى. في شكل رقم ٥ جسيمان في العالم رباعي الأبعاد يسميان «أنت نفسك» و«أنا نفسي». نحن لسنا فضاء خاليًا لذلك فلا حد هناك لنوع الانحناء الداخل في تركيبنا؛ في الحقيقة نوع الانحناء غير المعتاد خاصتنا هو ما يميزنا عن الفضاء الفارغ. على حد تعبيري، نحن نتوءان في العالم رباعي الأبعاد حيث يتم جمعهما في تغضن. سوف يصفنا الرياضي البحت بلغته التي لا تعرف الألاعيب «كمفردات **singularities**». يتصل هذان النتوءان غير الخاليين بفضاء فارغ، ذلك الفراغ الذي يجب أن يكون خاليًا من كل أنواع المنحنيات التي تصفها المعاملات العشرة الرئيسة. الآن قد أصبح واقعًا في خبرتنا المعتادة أنه إذا ما أدخلنا تغضنات على نسيج مادة فإن الأجزاء الباقية منها يصبح لها معاندة معينة ولن تحظى بالسلاسة التي نتمناها. سوف تدرك أنه من غير الممكن أن تربط بين نتوءين -كالمبينين في شكل رقم ٥- عبر واد واصل فيما بينهما من دون استخدام المنحنيات غير المسموح بها. نكتشف أن الأمر على هذا الحال. لا يمكن لنتوءين مستقيمين بصورة مثالية بمفردهما في العالم أن يرتبطا بصورة سليمة عبر فضاء فارغ وعلى هذا لا يجوز لهما أن يقعا بمفردهما. لكن إذا ما انثنيا قليلًا نحو بعضهما البعض فإن المنطقة الواصلة يمكن لها أن تحظى بالسلاسة وأن توفي باشتراطات قانون المنحنى. إذا ما انثنيا بشكل زائد للغاية فإن التغضن غير المسموح به يعاود الظهور. إن قانون الجاذبية ترزي يصعب إرضاؤه، لا يمكن أن يتسامح مع التجاعيد (إلا إذا كانت من

نوع محدود ومصرح به) في المنطقة الرئيسة من النسيج؛ على ذلك يتطلب الأمر أن يتخذ تقطيب الخياطة مسارات لا تسبب تجاعيد. أنت وأنا يجب ان نلتزم بهذا لذلك تنحني مساراتنا نحو أحدنا الآخر. سوف يهتف الراصد معلقًا، ها هنا مثال توضيحي للقانون الخاص بجسمين ضخمين يجذب كل منهما الآخر.



شكل رقم (٥)

هكذا نصل إلى مفهوم آخر، إلا أنه مكافئ للكيفية التي يتشكل بها المسار اللولبي للأرض عبر العالم رباعي الأبعاد. نجده يأتي على هذه الصورة بسبب ضرورة ترتيب النتوءين (مضمار الشمس ومضمار الأرض) بطريقة لا يترتب عليها تضمين نوع خاطئ من المنحنيات في الجزء الخالي من العالم. تتخذ الشمس باعتبارها النتوء الأكثر بروزًا وتعبيرًا عن نفسه مضمارًا مستقيمًا إلى حد كبير؛ لكن الأرض باعتبارها نتوءًا ضئيلًا على انحدارات النتوء الشمسي عليها أن تلتوي بشكل جلي.

افترض أن الأرض كانت لتعصي الترزي وتتخذ مسارًا مستقيمًا. كان ذلك ليصنع تجعيدًا مروعًا في النسيج، وبما أن التجعيد لا يتفق مع قوانين الفضاء الفارغ، يجب أن يكون هناك –حيث يمر التجعيد– شيء ما. لا يحتاج هذا الشيء إلى مادة بالمعنى

الضيق لها. إن الشيء الذي يمكنه أن يشغل الفراغ وبالتالي لا يكون خاليًا بحسب وجهة النظر المقصودة في قانون أينشتاين هي زخم وإجهاد (ضغط وتوتر) الكتلة (أو معادلها الطاقة). في هذه الحالة يكون التجعيد هو المعادل الموضوعي للإجهاد. إن ذلك معقول تمامًا. إذا ما تركت الأرض بمفردها فإنها سوف تتبع مدارها المنحني الطبيعي؛ لكن لو تمت إضافة نوع ما من الإجهاد أو الضغط بين الشمس والأرض فإنها سوف تتخذ مسارًا آخر. في الحقيقة لو قدر لنا رصد أحد الكواكب يندفع عبر مسار مستقيم فسيعزو أتباع نيوتن وأتباع أينشتاين ذلك على نحو سواء إلى وجود ضغط يسبب هذا السلوك. من الصحيح تمامًا أنه بذلك قد قلبت السببية رأسًا على عقب بشكل واضح؛ فبحسب نظريتنا يبدو أن الإجهاد ينتج عن أن الكوكب يتخذ المسار الخاطئ، بينما نفترض عادة أن الكوكب يتخذ المسار الخاطئ بسبب أن هناك إجهادًا يعمل عليه. لكن هذا أمر غير ضار شائع كثيرًا في الفيزياء الأولية. يعتمد التفريق بين السبب والتأثير على سهم الزمن ويمكن إقراره بالرجوع إلى الإنتروبيا فقط. لا نحتاج إلى أن نولي مقترحات السببية الكثير من الاهتمام عند مناقشة القوانين الأولية التي تبصر العالم مقلوبًا رأسًا على عقب بقدر احتمالية إبصارها له قائمًا معتدلًا.

بالرغم من أننا هنا لا نزال فقط في بدايات الحديث عن نظرية أينشتاين العامة إلا أنني لا يجب أن أمضي قدما في هذا الموضوع التقني للغاية. سوف أكرس بقية هذا الفصل لتوضيح نقاط أولية أكثر.

نسبية التسارع:

يقوم الجدل في هذا الفصل على نسبية التسارع. للتفاحة تسارع يقدر بـ ٣٢ قدمًا لكل ثانية في الثانية بالنسبة إلى الراصد المعتاد، لكن تسارعها يقدر بصفر بالنسبة للرجل في المصعد. إننا نفترض تسارعًا ما أو الآخر بحسب الإطار الذي نستخدمه كما اتفق، لكن لا إطار منها يجوز انتخابه والإشارة إليه باعتباره الإطار (الحقيقي) أو اعتبار أن تسارعه مطلق. يقودنا ذلك إلى رفض المفهوم النيوتني الذي انتخب المقدار

٣٢ قدمًا لكل ثانية في الثانية ليكون معبرًا عن التسارع الحقيقي، كما قام باختراع عامل مؤثر ومشوش له هذه الدرجة المعينة من القوة.

سأشير إلى اعتراض، قال به في الأصل لينارد فيما أظن، قد يجعل الأمور أوضح. يمر قطار بمحطة بسرعة ٦٠ ميلًا في الساعة. بما أن السرعة نسبية، فلا يهم إن قلنا إن القطار يتحرك بسرعة ٦٠ ميلًا في الساعة تجاه المحطة أو قلنا إن المحطة تتحرك بسرعة ٦٠ ميلًا في الساعة تجاه القطار. الآن فلتفترض أن القطار المسرع قد دفع إلى السكون في بضع ثوان كما يحدث أحيانًا في حوادث السكك الحديدية. لقد كان هناك تغير في السرعة أو تسارع – وهو اصطلاح يتضمن التباطؤ كذلك. لو أن التسارع نسبي فإنه من الممكن وصفه -بلا فارق يذكر- كتسارع للقطار (بالنسبة للمحطة) أو كتسارع للمحطة (بالنسبة للقطار)، فلماذا إذَنْ يصاب الأشخاص في القطار ولا يصاب أولئك الذين في المحطة؟

نفس النقطة إلى حد كبير قد تم إثارتها أمامي من قبل أحد مستمعيّ. «بالتأكيد تجد الرحلة بين كامبريدج وإدنبرة متعبة للغاية. يمكنني أن أتفهم تعبك إن كنت تسافر إلى إدنبرة؛ لكن لماذا عليك أن تكون متعبًا إن كانت أدنبره هي التي تأتي إليك؟» الإجابة تتلخص في أن التعب يأتي بسبب إغلاق صندوق ما على الشخص ورجه لتسع ساعات كاملة، ولا فارق هناك سواء كان يتحرك إلى إدنبرة أو كانت إدنبرة هي التي تتحرك إليه. الحركة لا تتعب أحدًا. لأن الأرض هي مركبتنا السيارة فإننا نسافر بسرعة ٢٠ ميلًا في الثانية حول الشمس؛ تحملنا الشمس بسرعة ١٢ ميلًا في الثانية عبر النظام المجري؛ يحملنا النظام المجري بسرعة ٢٥٠ ميلًا في الثانية وسط السديم اللولبي؛ السديم اللولبي.... لو كانت الحركة تبث التعب لكنا الآن أمواتًا من فرط التعب.

بالمثل فإن التغير في الحركة أو التسارع لا يؤدي إلى إصابة أي شخص حتى إن كان التسارع تسارعًا مطلقًا (بحسب رؤية نيوتن). إننا لا نشعر حتى بأي تغير في

الحركة بينما تأخذ الأرض منحنى حول الشمس. قد نشعر بشيء ما عندما يأخذ قطار السكك الحديدية منحنى، لكن ما نشعر به ليس التغير في الحركة وليس أي شيء آخر يصاحب التغير في الحركة بالضرورة، إنه شيء ما عارض للمسار المنحني للقطار وليس للمسار المنحني للأرض. يمكن تتبع سبب الإصابات في حادث السكك الحديدية بسهولة. ضرب القطارَ شيء؛ يمكن القول أن القطار قد تم قصفه بوابل من الجزيئات وقد امتد الاصطدام بطول القطار كله. إن السبب واضح وجلي – ظاهر للعيان ومادي ومطلق – يتعرف عليه القاصي والداني وكل شخص كان، أيًّا ما كان إطار الإسناد خاصته- من الجلي أن ما حدث قد حدث للقطار وليس للمحطة. بالإضافة إلى ذلك، فقد تسبب التسارع النسبي في إصابة الركاب أيضًا، ما حدث قد يحدث كذلك للمحطة ، لو تم قصفها بالجزيئات على نحو مكافئ، مع ذلك ففي حالتنا هذه لم يجر الأمر على هذا النسق.

من المحتمل أن يواصل القارئ الناقد في اعتراضه: «ألم تناقض نفسك عندما قلت إن قصف القطار بالجسيمات يمكن أن يسبب تسارعًا للمحطة- وفي الحقيقة سيسبب تسارعًا لكل الأرض كذلك وبقية الكون؟ كي نوضح الأمر بسلاسة، فإن التسارع علاقة ذات نهايتين، من المحتمل أن يبدو لنا في البداية أن لنا حرية الاختيار، قد نقبض على أي نهاية من النهايتين لتصبح هي تلك المختارة؛ لكن في حالتنا هذه تشير علاقة السببية (القصف بالجزيئات) بشكل واضح إلى النهاية الصحيحة التي علينا أن نستمسك بها، عندما تصر على حريتك في اختيار أي من النهايتين، فأنت لا تقوم إلا بتدوير ذات التناقض».

لو أن هناك لا معقولية فيما يتعلق بالتمسك بالنهاية الخاطئة للعلاقة، فإن أفكارنا الحالية وأحاديثنا تتبنى وجهة النظر تلك وتمررها. إن دفعك ومقترحك في الحقيقة أكثر ثورية من أي شيء جازف أينشتاين بالدفاع عنه. دعنا نناقش مسألة الحجر الساقط. إن الحجر يتسارع بمعدل ٣٢ قدمًا لكل ثانية في الثانية بالنسبة لنا أو لنا بالنسبة للحجر. أي

نهاية للعلاقة علينا أن نختار؟ هل هي تلك التي يدل عليها القصف بالجزيئات؟ حسنًا، فالحجر لا يتم قصفه؛ إنه يسقط بحرية في الفراغ. لكن يتم قصفنا نحن بجزيئات الأرض التي نقف عليها. بناء على ذلك فنحن الذين نحظى بالتسارع؛ للحجر تسارع مساو للصفر، كما يفترض الرجل الذي في المصعد. يجعل دفعك ومقترحك من إطار الرجل الذي في المصعد الإطار الوحيد الجائز؛ ربما تكون قد تماديت قليلًا فقط عند اعتماد نوع من المساواة بين إطار ذلك الرجل والإطار المعتاد خاصتنا.

سوف يقبل مقترحك بشهادة رجل مخمور، يذهب في تفسير ما حدث له إلى أن «حجر التبليط قد نهض وارتفع وضربه» ويرفض رؤية ضابط الشرطة لما حدث كأمر عارض و»مجرد تدوير للتناقضات».

ما حدث فعليًّا أن حجر التبليط قد تتبع أثر الرجل عبر الفضاء بسرعة تتزايد أبدًا، صادمًا الرجل أمامه ولذلك فقد حافظا على نفس موضعيهما النسبيين. ثم لسوء الحظ فشل جسم الرجل عبر عدة اختلاجات في محوره في زيادة سرعته بشكل كاف وهو ما أدى إلى أن يتغلب عليه حجر التبليط ويلمس رأسه. لذلك فمن فضلك كن واعيًا لهذا، هل مقترحك؛ أو بالأحرى المقترح الذي أخذت حرية إلقاؤه عليك في سلوك سلطوي لأنه نتاج مشاعر مشتركة جدًّا ترفض النظرية النسبية، يذهب إلى ذلك. في الوقت الذي يعد فيه موقفك الذي تتخذه جائزًا تمامًا على نحو مثالي كطريقة للنظر إلى الحادث فكذلك يعتبر الدفع الأكثر شيوعًا الذي يقدمه رجل الشرطة جائزًا أيضًا، ويسعى موقف أينشتاين إلى أن يكون كقاض صالح يوفق فيما بينهما.

هندسة الزمان:

يتحكم قانون أينشتاين للجاذبية في كمية الانحناء الهندسي، في المقابل يتحكم قانون نيوتن في كمية القوة الميكانيكية. كي نفهم أصل هذه النظرة الهندسية للعالم في النظرية النسبية، علينا أن نعود إلى الوراء قليلًا.

يطلق على العلم الذي يتعامل مع خواص المكان اسم الهندسة. إلى الآن لم تكن الهندسة قد قامت بضم الزمن إلى اهتماماتها. إلا أن المكان والزمن قد أصبحا حاليًا متداخلين جدًّا، على هذا يجب أن يكون هناك علم واحد يحيط بهما معًا – ربما يكون نوعًا ما هندسة موسعة. إن الفضاء ثلاثي الأبعاد هو مقطع مجتزأ من الزمكان رباعي الأبعاد فقط، علاوة على ذلك فتلك المقاطع يتم اجتزاؤها في اتجاهات مختلفة بحسب الفضاء الخاص بالراصدين المختلفين. يمكننا بالكاد الإبقاء على المفهوم الذي يذهب إلى أن دراسة مقطع مجتزأ في اتجاه خاص هو الموضوع الطبيعي والأصيل للهندسة أما دراسة مقاطع مختلفة قليلًا فهي تنتمي إلى علم مختلف بالكلية. هكذا، يمكن اعتبار أن هندسة العالم الآن تضم الزمن بالإضافة إلى المكان. دعنا نتتبع هندسة الزمن.

تذكر أنه على الرغم من كون الزمن والمكان مختلطين معًا إلا أن هناك تمايزًا مطلقًا بين العلاقة المكانية والعلاقة الزمنية لحادثين. سوف تشكل ثلاث حوادث مثلثا مكانيًّا لو كانت أضلاعه الثلاثة تشير إلى علاقات مكانية – إذا ما كانت الأحداث الثلاثة قد وقعت في أماكن مختلفة بشكل مطلق بالنسبة لبعضها البعض[1]. سوف تشكل ثلاث حوادث مثلثًا زمنيًّا لو كانت أضلاعه الثلاثة تشير إلى علاقات زمنية– إذا ما كانت الأحداث الثلاثة قد وقعت قبل أو بعد بعضها البعض بشكل مطلق. (من الممكن أيضًا أن يكون لديك مثلثات مختلطة لها ضلعان زمنيان وضلع مكاني والعكس بالعكس). أحد القوانين المعروفة جيدًا عن المثلث المكاني أن أي ضلعين له هما معًا أكبر من الضلع الثالث. هناك قانون شبيه بذلك القانون لكنه مختلف على نحو واضح، قانون يخص المثلث الزمني وينص على أن ضلعين من الأضلاع الثلاثة له (ليسا أي ضلعين) هما معًا أقل من الضلع الثالث. من الصعب تصور مثل هذا المثلث لكنها الحقيقة بالفعل.

(١) سوف يكون هذا مثلثًا مكانيًّا لحظيًّا. المثلث الدائم يجب أن يكون نوعًا ما من المناشير رباعية الأبعاد. (المؤلف).

دعنا نتأكد تمامًا من أننا قد التقطنا المعنى المحدد بدقة لهذه الافتراضات الهندسية. فلنأخذ أولًا المثلث المكاني. يشير الافتراض إلى أطوال الأضلاع، ومن الجيد أن نستدعي ذكرى نقاشي التخيلي مع طالبين عن كيفية قياس الأطوال (الفصل الثاني). من دواعي السرور أنه لم يعد هناك أي لبس الآن، لأن المثلث ذا الحوادث الثلاثة يحدد معالم مقطع مسطح من العالم، وهو يختص فقط بذلك النوع من المقاطع حيث إن المثلث مكاني تمامًا. يذهب الافتراض إذَنْ إلى التالي:

"إذا ما قمت بالقياس مستخدمًا مسطرة من A إلى B و من B إلى C فإن مجموع قراءتيك سوف يكون أكبر من القراءة التي ستحصل عليها بقياسك من A إلى C باستخدام المسطرة».

بالنسبة إلى المثلث الزمني فإن القياسات يجب أن تُجرى بواسطة أداة يمكنها قياس الزمان وتعبر الفرضية إذَنْ عن التالي:

«إذا ما قمت بالقياس مستخدمًا ساعة من A إلى B و من B إلى C فإن مجموع قراءتيك سوف يكون أقل من القراءة التي ستحصل عليها بقياسك من A إلى C باستخدام الساعة»

لأجل أن تقوم بالقياس من الحدث A إلى الحدث B مستخدمًا ساعة يتوجب عليك أن تقوم بضبط الساعة بشكل مناظر لما تفعله عند توجيه المسطرة على طول الخط AB . ما هذا الضبط المناظر إذَنْ؟ إن الهدف في كلتا الحالتين يكمن في جعل كلٍّ من A وB في حالة من التجاور المباشر بالنسبة للمسطرة أو للساعة. بالنسبة للساعة فإن ذلك يعني أنه بعد معايشتها للحدث A يجب عليها أن تسافر بسرعة مناسبة يتطلبها الأمر كي تصل إلى محل B بالضبط في اللحظة التي يقع فيها B . من خلال ذلك يتم تحديد سرعة الساعة. هناك نقطة أخرى يجب أن تؤخذ في الاعتبار. يمكنك بعد أن تقيس من A إلى B أن تدير مسطرتك حول نفسها وأن تقيس من B إلى A ، فتحصل على نفس النتيجة، لكنك لا تستطيع أن تدير الساعة حول نفسها، أي

أنك لا تستطيع أن تجعلها تعود للوراء في الزمن.

إن ذلك مهم لأنه يقرر أي ضلعين معًا هما الأقصر من الضلع الثالث. لو اخترت الزوج الخاطئ فإن منطوق الفرض الزمني سوف يشير إلى نوع مستحيل من القياس ويصبح بلا معنى.

تذكر المسافر (في الفصل الثاني) الذي سافر صوب نجم بعيد وعاد صغيرًا في السن بشكل غير معقول. لقد كان ساعة تقيس ضلعين من أضلاع مثلث الزمن. لقد سجل وقتًا أقل مما سجله ذلك الراصد الذي بقي في الديار. هل أنا بحاجة إلى لدفاع عن نفسي عندما وصفته بالساعة؟ إننا جميعا عبارة عن ساعات، وجوهها تخبر بمرور السنين. تعد هذه المقاربة ببساطة مثالًا على الفرضية الهندسية الخاصة بمثلث الزمن (تلك التي تعتبر – برد الأمور إلى أصولها – حالة خاصة لقانون أينشتاين الخاص بالمسار الأطول). يمكن تفسير النتيجة كاملة من خلال المفاهيم الميكانيكية المعتادة. تزداد كتلة كل الجسيمات في جسد المسافر بسبب سرعته الفائقة وفقًا لقانون قد تم تدارسه بالفعل والتيقن من صحته بالتجربة. هذا يحملها على أن تكون أكثر ركودًا، يعيش المسافر حياة أبطأ مقارنة بالتقدير الأرضي للزمن. أيًّا ما كان، فحقيقة كون النتيجة معقولة وقابلة للفهم لا يجعل صحتها كفرضية لهندسة الزمن أقل.

إن توسعة الهندسة كي تضم الزمن إلى جانب المكان لن تكون مجرد إضافة سهلة لبعد إضافي إلى الهندسة الإقليدية بسبب أن فرضيات الزمن حتى تلك المناظرة ليست مماثلة لتلك التي قدمها لنا إقليديس عن المكان منفردًا. ليس الفارق بين هندسة الزمن وهندسة المكان عميقًا جدًّا بالفعل، ويستطيع علماء الرياضيات أن يتخطوا تلك العقبة بسهولة ويسر عبر استخدام متفرد للرمز $\sqrt{-1}$. لا نزال ندعو تلك الهندسة بالهندسة الإقليدية الموسعة وهو أمر إلى حد كبير يفتقر للإحكام؛ أو ندعوها إذا ما كان من الضروري التأكيد على فرادتها وتمايزها بالهندسة الزائدية. يشير اصطلاح الهندسة غير الإقليدية إلى تغيير أكثر عمقًا، أقصد ذلك التغيير المضمن في انحناء المكان

والزمان والذي من خلاله بتنا نقدم ظاهرة الجاذبية. لقد بدأنا بالهندسة الإقليدية للمكان وقمنا بتعديلها بطريقة سهلة نسبيًّا عندما أضيف إليها بعد الزمن؛ لكن ما زال ذلك يترك الجاذبية للتقديرات؛ حيث إن هناك تأثيرات جذبوية مرصودة، تمثل دليلًا على أن الهندسة الإقليدية الموسعة غير منضبطة تمامًا، وأن الهندسة الصحيحة ليست إقليدية - حيث إنها غير مناسبة للنطاقات المنحنية، فالهندسة الإقليدية تختص بالنطاقات المسطحة.

الهندسة والميكانيكا:

إن النقطة التي تستدعي اهتمامًا خاصًّا تتمثل في أن الافتراض المتعلق بالمثلثات الزمنية عبارة عن إفادة تخص سلوك الساعات المتحركة بسرعات مختلفة. لقد اعتدنا على اعتبار سلوك الساعات يندرج تحت مظلة علوم الميكانيكا. ثم وجدنا أنه من المستحيل أن نحصر الهندسة في حدود المكان بمفرده وكان علينا أن نتوسع فيها قليلًا. لقد اتسعت وكأنها تثأر فقد أخذت شريحة كبيرة من الميكانيكا. كما أخذت أيضًا بعض القضمات التجريبية في مجال الكهرومغناطيسية. ربما نشهد أمامنا بزوغ فجر جديد. فكرة ربما تقع هناك في البعيد لكن لا يمكن مقاومتها، فكرة تدعو إلى أنه من المحتمل أن تكون كافة معارفنا عن العالم الفيزيائي قابلة للتوحيد في علم واحد مفرد، ومن المحتمل أن يتم التعبير عنه باصطلاحات هندسية أو بمفاهيم شبيهة بالمفاهيم الهندسية. لم لا؟ فكل المعارف تأتي من قياسات تمت بواسطة معدات متنوعة. هذه المعدات المستخدمة في مختلف مجالات البحث والتساؤل ليست مختلفة جوهريًّا. لا يوجد أي منطق في اعتبار أن أقسام العلوم التي تم تعيينها في المراحل الأولى للتفكير الإنساني راسخة، لا تتبدل.

لكن الميكانيكا في الهندسة البازغة تبقى رغم ذلك ميكانيكا. لقد انهار الحد الفاصل بين الميكانيكا والهندسة وطبيعة كل منهما قد تسربت في الكل. إن التفوق الواضح للهندسة فعليًّا ناتج عن أنها تمتلك مفردات أكثر ثراء وقابلية للتكييف؛ وعلى ذلك لم

نعد في حاجة إلى المفردات المزدوجة من بعد هذا الدمج وأصبحت الاصطلاحات الموظفة مأخوذة بشكل عام من الهندسة. لكن إلى جانب هندسة الميكانيكا فقد كان هناك مكننة للهندسة. لقد رأينا أن الافتراض الخاص بمثلث المكان الذي اقتبسناه في الفقرات السابقة قد كان له تداعيات ظاهرة للعيان فيما يخص سلوك المساطر وهو الأمر الذي لن يدركه أي شخص يفكر فيه كما لو كان افتراضًا في علوم الرياضيات الخالصة.

يجب أن نخلص أذهاننا من فكرة أن كلمة الفضاء/ المكان[1] لها أي ارتباط بالخواء. إن لكلمة الفضاء/ المكان معنى آخر هو المسافة والحجم وما إلى غير ذلك كما أوضحنا فيما سبق، هي كميات تعبر عن قياس فيزيائي مثل القوة بالضبط التي تعد كمية معبرة عن قياس فيزيائي. لذلك فعبارة أن نظرية أينشتاين قد اختزلت قوة الجاذبية إلى خاصية فضائية/ مكانية (غير دقيقة إلى حد كبير) لا يجب أن تستثير الريبة. لا يدرك الفيزيائي الفضاء/ المكان كخواء تحت أي ظرف. فعندما يكون الفضاء فارغًا من كل شيء آخر فما يزال الأثير[2] موجودًا هناك. وأولئك الذين لا يحبذون كلمة الأثير لأسباب ما، فلينثروا الرموز الرياضية عبر الفراغ وأنا أجترئ على افتراض أنهم لا بد أن يدركوا نوعًا ما من الخلفيات المميزة التي تشكلها هذه الرموز. لا أظن أن هناك من يقترح بناء شيء حتى وإن كان نسبيًّا ومراوغًا مثل القوة من لا شيء بالكلية.

* * *

(١) الكلمة المستخدمة **space** وهي تعني الفضاء وكذلك المكان. (المترجم).

(٢) استخدم أينشتاين مصطلح الأثير بمعنى مغاير عما كان شائعًا عنه، لم يستخدمه أبدًا كوسط مادي لكنه استخدمه ليعبر نوعًا ما عن مجال الجاذبية إلا أن ذلك الاستخدام لم ينتشر ولم يأخذ به العلماء فيما بعد ولعل إدنجتون هنا عندما ذكر الأثير كان يقصد به ذات الدلالة التي كان يعنيها أينشتاين. (المؤلف).

الفصل السابع

الجاذبية – التفسير

قانون الانحناء:

يمكن تفسير الجاذبية. إلا أن نظرية أينشتاين ليست في الأساس تفسيرًا للجاذبية. عندما يخبرنا أن مجال الجاذبية يتسق مع كونه انحناء في المكان والزمان، فإنه يزودنا بصورة. من خلال الصورة يمكننا الحصول على رؤية ضرورية من أجل استنتاج مختلف النتائج المرصودة. مع ذلك يبقى سؤال أعمق بلا إجابة عما إذا كان هناك أي سبب يمكن الإشارة إليه يبين لماذا توجد هذه الأشياء التي تم تصويرها. هذا هو التساؤل الأعمق الذي نقصده عندما نتحدث عن «تفسير» الجاذبية بأي معنى يتوخى العمق.

للوهلة الأولى تبدو الصورة الجديدة وكأنها لم تترك الكثير جدًّا مما قد يحتاج لتفسير. ترشدنا تلك الصورة إلى عالم من رواب متموجة، يكون فيها العالم منعدم الجاذبية مسطحًا ومنتظمًا. لكن المستوى الذي يكون فيه العالم كمرج منبسط يقف -بكل تأكيد – في حاجة أمس إلى التفسير من مجال متموج ولا شك أن عالمًا بلا جاذبية سيكون تبريره أصعب كثيرًا عند مقارنته بعالم يحتوي على جاذبية. يتطلب ذلك منا بالكاد تعليل ظاهرة من الممكن أن تغيب فقط لو اتخذت تدابير احترازية بينة لأجل إقصائها عند بناء العالم. لو كان الانحناء اعتباطيًّا بالكلية فسيمثل ذلك ضربة قاضية لأي محاولة تفسير؛ لكن هناك قانونًا للانحناء – قانون أينشتاين للجاذبية–

ويجب أن نركز على هذا القانون عند أي محاولة للإجابة عن أي تساؤل أعمق. إننا بحاجة إلى تفسير للانتظام، وكذلك للتنوع؛ إن فضولنا لا تستثيره القيم المتنوعة لمعاملات الانحناء العشرة الإضافية، تلك التي تميز عالمنا عن العالم المسطح لكن يستثيره اختفاء المعاملات العشرة الأساسية في كل مكان.

تسعى كل تفسيرات الجاذبية المستندة إلى الخطوط العريضة لنظرية نيوتن إلى توضيح لماذا يوجد شيء ما (دعوته بالشيطان في عدم احترام) في العالم. أما التفسيرات التي تقوم على الخطوط العريضة لنظرية أينشتاين فعليها أن تعلل لنا لماذا على شيء ما (أطلقنا عليه الانحناء الأساسي) أن يقصى من العالم.

في الفصل السابق قمنا بصياغة قانون الجاذبية على النحو التالي – تختفي المعاملات العشرة الأساسية للانحناء في الفضاء الخالي. سوف أقوم الآن بإعادة صياغة العبارة بشكل مختلف قليلًا:

يكون لنصف قطر الانحناء الكروي[1] لكل مقطع ثلاثي الأبعاد من العالم مقتطع في أي اتجاه عند أي نقطة من الفضاء الخالي نفس الطول الثابت.

إلى جانب التغيرات في شكل الصياغة، هناك بالفعل اختلاف بسيط في الفحوى بين المنطوقين؛ المنطوق الثاني يشير إلى معادلة تالية ويعتقد في كونها أدق، معادلة قام أينشتاين بطرحها بعد عام أو اثنين من طرحه لنظريته الأولى. لقد أصبح التعديل ضروريًّا بناء على إدراكنا أن الفضاء متناهٍ لكنه غير محدود. سوف يكون المنطوق الثاني مكافئًا تمامًا للأول لو أننا نقرأ قياسًا لـ «طول غير متناهٍ» لـ «نفس الطول الثابت». بغض النظر عن كل التقديرات التخمينية جدًّا فنحن لا نعرف إلى ماذا يشير

(١) لا توجد أي علاقة بين الانحناء الأسطواني للعالم والجاذبية، ولا أي علاقة لها بحسب ما نعرف حتى الآن مع أي ظاهرة أخرى. يمكن لأي شيء مرسوم على سطح أسطوانة أن يتم بسطه على خريطة مسطحة دون حدوث تشوهات، لكن الانحناء الذي تم التقديم له في الفصل السابق كان المقصود منه تفسير التشوه الذي يظهر على الخرائط المسطحة المعتادة؛ لذلك فإن هذا النوع من الانحناء الذي تم ضربه في المثال هو لكرة وليس لأسطوانة. (المؤلف).

الطول الثابت، لكنه يجب أن يكون بكل تأكيد أكبر من المسافة إلى أبعد سديم، فلنقل ٢٠١٠ ميل. إن التمييز بين أي مسافة كبيرة للغاية وبين طول غير متناهٍ هو أمر غير ضروري في غالبية أطروحاتنا واستقصاءاتنا، لكنه أمر ضروري في الفصل الحالي.

يتوجب علينا أن نحاول الوصول إلى الدلالة الواضحة التي تقع فيما وراء المجاز المبهم لمنطوق القانون. فلتفترض أنك أرسلت لشراء مرآة مقعرة لتليسكوب، كي تحصل على ما تريد، يجب عليك أن تحدد طولين. (١) طول فتحة دخول الضوء (٢) نصف قطر انحناء المرآة. يخص كلا الطولين المرآة – كلاهما لازم لوصف نوع المرآة التي تريد شراءها – لكنهما يتعلقان بها على نحو مختلف. ربما تطلب مرآة لها نصف قطر انحناء ١٠٠ قدم ولا يزال في مقدورك أن تتسلمها في طرد بريدي. بناء على فهم معين فإن المائة قدم طول تمضي مع المرآة، لكنها تفعل ذلك بطريقة خارج فهم وحسبان سلطات البريد. تشير المائة قدم تحديدًا إلى طول سطح المرآة، سطح متصل من بعدين، أما الزمكان فهو متصل رباعي الأبعاد، سوف تدرك من هذه المقاربة أنه ربما تكون هناك أطوال تصف بنفس هذه الكيفية كتلة من الزمكان – أطوال ليس لها علاقة بكبر أو صغر الكتلة، لكنها أحد المحددات القليلة جدًّا اللازمة لتوصيف أي عينة. هناك عدد أكبر من مثل هذه الأطوال مرتبط بتوصيف الزمكان مقارنة بتلك الأطوال المرتبطة بتوصيف سطح المرآة وذلك نتيجة لوجود بعدين إضافيين. على وجه التحديد، ليس هناك نصف قطر عام واحد للانحناء الكروي، لكن هناك نصف قطر يتوافق مع الاتجاه الذي ترغب في اتخاذه. اختصارًا، سوف أطلق على نصف القطر ذلك «نصف القطر الموجه» للعالم. فلتفترض أنك قد طلبت الآن كتلة زمكان لها نصف قطر موجه ٥٠٠ تريليون ميل في اتجاه ما و٨٠٠ مليون ميل في اتجاه آخر. ترد الطبيعة: «لا. إن ذلك لا يوجد في مخزوننا. إننا نحتفظ بمدى عريض من الاختيارات فيما يخص التفاصيل الأخرى للمحددات؛ لكن فيما يخص نصف القطر الموجه فليس لدينا أي تنويعات في الاتجاهات المختلفة، وفي الحقيقة

كل بضائعنا لها نصف قطر واحد معياري، x تريليون ميل.» لا يمكنني أن أشير إلى أي رقم أعوض به في قيمة x لأن ذلك لا يزال سرًّا تحتفظ به الشركة.

الحقيقة أن لنصف القطر الموجه هذا -الذي قد يظن أحدنا أنه قد يختلف بسهولة من نقطة إلى نقطة ومن اتجاه إلى اتجاه- قيمة واحدة معيارية في العالم وهي قانون أينشتاين للجاذبية. انطلاقًا من تلك القيمة وذلك القانون يمكننا أن نصيغ استنتاجات رياضية حاسمة ونخلق قوة قادرة على تحريك الكواكب ويمكننا كذلك أن نتنبأ -على سبيل المثال- بكل كسوف سيحدث في ألف عام قادم، وكما أوضحنا سابقًا يتضمن قانون الجاذبية قانون الحركة أيضًا. إن قانون نيوتن للجاذبية ما هو إلا تكييف تقريبي لقانون جاذبية أينشتاين؛ لتسهيل إجراء الحسابات العملية. عند البناء انطلاقًا من القانون يصبح كل شيء واضحًا؛ لكن ما الذي يقبع فيما وراء القانون؟ لماذا توجد مثل هذه المعايرة غير المتوقعة؟ ذلك ما يتوجب علينا بحثه الآن.

نسبية الطول:

لا يوجد ما يسمى بالطول المطلق؛ يمكننا التعبير عن طول شيء ما قياسًا إلى طول شيء ما آخر فقط[1]. وعلى ذلك عندما نتحدث عن طول نصف القطر الموجه فإننا نقصد طوله بالمقارنة بمقياس المتر المعياري. علاوة على ذلك، لكي نقوم بهذه المقارنة، يجب أن يكون الطولان واقعين جنبًا إلى جنب. المقارنة عن بعد لا يمكن تصورها مثل الفعل عن بعد تماما؛ بل أكثر من ذلك، لأن المقارنة مفهوم أقل غموضًا من الفعل. يجب علينا إما أن نحمل المتر المعياري إلى مكان الطول الذي نقوم بقياسه وإما أن نستخدم جهازًا ما نكون راضين عن أدائه بحيث إنه عند استخدامه يقوم بتزويدنا بنفس النتيجة كما لو أننا قد قمنا بالفعل بتحريك عصا المتر.

(١) إن هذه النسبية فيما يتعلق بالوحدة المعيارية هي إضافة إلى نسبية حركة الراصد التي عالجناها في الفصل الثاني، كما أنها مستقلة عنها كذلك. (المؤلف).

الآن لو قمنا بنقل عصا المتر هذه إلى نقطة أخرى من المكان والزمان، هل من اللازم أن يبقى طولها مترًا؟ نعم، بكل تأكيد سيبقى؛ ما دام هو الطول المعياري فلا يمكن له أن يصبح أي شيء آخر بخلاف المتر. لكن هل يبقى بالفعل نفس المتر الذي كانه؟ لا أفهم ما الذي تعنيه بالسؤال؛ لا يوجد شيء بالرجوع إليه يمكننا أن نكشف عن قصور العصا المعيارية، لا يوجد شيء بالرجوع إليه يمكننا إدراك طبيعة القصور المفترض. إن العصا المعيارية هي العصا المختارة لم تزل، ربما مع الأخذ ببعض الحيطة في الاعتبار؛ كأن تكون مادتها مستوفية لشروط معينة – بحيث لا تتأثر إلا بأقل قدر ممكن من المؤثرات السببية مثل درجة الحرارة أو الإجهاد أو البلى بحيث يعتمد تمددها فقط على أكثر الخصائص المحيطة أساسية، الحاضر والماضي[1]. لا يمكننا أن نقول إنه قد تم اختيار المتر المعياري كي يحافظ على نفس الطول المطلق حيث إنه لا يوجد شيء معروف له هذه الخواص؛ لكن قد تم اختياره لأنه من المحتمل ألا تمنعه المؤثرات السببية من الحفاظ على نفس الطول النسبي – نسبي إلى ماذا؟ نسبي

(١) ما دام لا يتم التخلص بشكل تام من المؤثرات السببية عن طريق اختيار مادة العصا وتعليمات استخدامها فإنه من اللازم تطبيق التصحيحات المناسبة. لكن لا يتوجب تصحيح العصا بالنسبة إلى خواص المكان الأساسية التي تقوم بقياسها. إننا نصحح قراءات الفولتميتر بالنسبة لدرجة الحرارة، لكن سيكون عبثيًّا أن نصححها بالنسبة لتأثيرات الجهد الكهربي الواقعة عليه. يعتمد التمييز بين التأثيرات السببية والتأثيرات الأساسية – تلك التي يجب التخلص منها وتلك التي يجب الإبقاء عليها – على الهدف من القياس. الهدف من عصا القياس مسح أبعاد المكان، والخصائص الأساسية للفضاء «الخصائص المترية». سوف يكون عملًا غريبًا لو قمنا بتصحيح قراءات مقياسنا للقيم التي كان ليحوزها لو أن المكان قد كان له بعض الخصائص المترية الأخرى. إن المنطقة من العالم التي يشير إليها المقياس المتري قد تحتوي على مجال كهربي أيضًا؛ سوف يعتبر هذا كخاصية سببية حيث إن عصا القياس ليس الهدف منها مسح المجالات الكهربية. لا أعني بذلك أنه استناد لأي مرتكز أعرض سوف يكون المجال الكهربي أقل أساسية بأي حال مقارنة بالخصائص المترية التي هي للمنطقة. إنه لمن العسير أن نحدد القدر الذي سوف تبقى به المنطقة هي نفسها لو أن أي من خصائصها قد كانت غير تلك التي هي عليها بالفعل. إن هذه النقطة لا تمثل لنا أي مشكلة هنا، لأن هناك مناطق كثيرة للغاية من العالم خالية بالفعل من كل الخصائص عدا تلك المترية، وهي هذه المناطق التي يتم تطبيق قانون الجاذبية عليها نظريًّا وكذلك عند الممارسة. رغم ذلك يبدو من الأفضل إمعان التفكير في هذا التمييز بين الخصائص الأساسية والسببية، لأن هناك البعض ممن سيعتبرون هذا رخصة لتطبيق أي نظام اعتباطي للتصحيحات وهي العملية التي ستكون السبب في إخفاء ما يمكن أن نعرفه من القياسات عن الخصائص الأساسية، علما بأننا لا نستطيع تجنب تصحيح المؤثرات السببية في كافة الظروف. (المؤلف).

إلى طول معين غير قابل للتغير مرتبط بالمنطقة التي تم وضعه فيها. لا يمكنني تصور أي إجابة أخرى. نصف القطر الموجه هو مثال لمثل هذا الطول غير القابل للتغير المرتبط بمنطقة ما.

إن الطول أو القصر هو طول أو قصر بالنسبة إلى المتر المعياري. عندما يتخذ المتر المعياري موضعًا جديدًا أو اتجاها فإنه يقيس نفسه بالنسبة إلى نصف القطر الموجه للعالم في تلك المنطقة وذلك الاتجاه، ويتخذ امتدادا، هو كسر محدد من نصف القطر الموجه. لست أعرف ما الذي بإمكانه أن يفعل غير ذلك. إننا نصور العصا وكأنها مشوشة قليلًا في محيطها الجديد، تتساءل ما مقدار الكبر الذي من المحتمل أن يكون عليه، هذا المحيط – ما عدد العصي المعيارية التي بإمكان محيط الموضع غير المألوف أن يحوز عليها. تريد العصا أن تقوم فقط بما قامت به من قبل. لا يفيد تذكرها لقطع المكان التي شغلتها من قبل، لأنه لا يوجد شيء في الطبيعة كعلامة تدل على المكان. الشيء الوحيد الذي بإمكانها أن تدركه هو الطول الموجه الخاص بالمنطقة التي وجدت نفسها فيها، لذلك فهي تضع نفسها على نفس الصورة ككسر من هذا الطول الموجه كما فعلت من قبل.

لو أن المتر المعياري هو دائمًا نفس الكسر من نصف القطر الموجه، فإن نصف القطر الموجه سوف يكون له دائمًا نفس عدد الأمتار. على ذلك فقد جعل لنصف القطر الموجه نفس الطول لكل المواضع والاتجاهات. هكذا أصبح لدينا قانون الجاذبية.

عندما أصابتنا الدهشة لدى اكتشافنا أن نصف القطر الموجه للانحناء هو نفسه في كل المواضع والاتجاهات كأحد قوانين الطبيعة، لم نكن ندرك أن وحدة قياسنا للطول قد جعلت نفسها بالفعل كسرًا ثابتًا من نصف القطر الموجه. إن الأمر كله كدائرة مفرغة. إن قانون الجاذبية ما هو إلا عمل مختلق.

لا يقدم هذا التفسير أي فرضية جديدة. عندما نذهب إلى أن نظامًا ماديًّا ما ذا

محددات معيارية معينة يشغل دائمًا مقدار كسر ثابت من نصف القطر الموجه للمنطقة حيث يكون، فإننا ببساطة نعيد إنتاج قانون أينشتاين للجاذبية – وقد صغناه في صيغة عكسية. الآن دعنا ننحي جانبًا هذا التساؤل عما إذا كان هذا السلوك للعصا متوقعًا أم غير متوقع، يؤكد لنا قانون الجاذبية على أن ذلك هو السلوك المتوقع. على أي حال كي نستوعب مدى قوة هذا التفسير، علينا في البداية إدراك نسبية الامتداد. إن الامتداد الذي ليس بنسبي مع شيء في المحيط ليس له معنى. تخيل نفسك بمفردك في وسط اللاشيء، ومن ثم حاول أن تخبرني ما هو حجمك. يمكن فقط لامتداد العصا المعيارية اليقيني المحدد أن يكون محددًا إذا كان عبارة عن نسبة بين امتداد العصا وأي امتداد آخر ما. لكننا نتحدث الآن عن امتداد عصا موضوعة في فضاء خال، لذلك فقد تم محو كل معيار مرجعي عدا الامتداد الخاص بالمقياس المتري. إن ذلك يستتبعه أن مثل هذا الامتداد يجب أن يظهر من قياساتنا نفسها لكي يكون ثابتًا في كل مكان (متجانس ومتسق الاتجاهات) بسبب علاقته الثابتة بالنسبة إلى ما اتفقنا عليه وقبلنا به كوحدة للطول.

لقد كانت مقاربتنا للمسألة من منظور يرى أن للعالم الحقيقي بمعاملات الانحناء العشرة المتلاشية (أو بمنحناه الموجه متسق الاتجاهات) خصوصية تستدعي تفسيرًا؛ كنا إذا نقارنه في عقولنا بعالم اقترحه الرياضي البحت، عالم له انحناء اعتباطي تمامًا. لكن في الحقيقة يستحيل أن يوجد عالم انحناؤه اعتباطي تمامًا. إن لم يكن معيارنا نصف القطر الموجه فسيكون إذَنْ أي طول آخر موجه بشرط أن يكون متجانسًا ومتسق الاتجاهات. عند تطبيق أفكار الرياضي البحت فإننا نتجاوز حقيقة أنه كان يتخيل عالمًا يتم مسح قياساته من الخارج بمعايير غريبة عنه، بينما يجب علينا أن نتعامل مع عالم يتم مسح قياساته من الداخل وفق معايير مطواعة له.

على ذلك فتفسير قانون الجاذبية يكمن في حقيقة أننا نتعامل مع عالم يتم مسح قياساته من داخله. انطلاقًا من نقطة الارتكاز العريضة هذه يمكننا تعميم حجتنا

السابقة ليس فقط على مسح القياسات باستخدام العصي المترية لكن على مسح القياسات باستخدام الوسائل البصرية، لقد حلت بشكل عام محل العصي المترية كمكافئ لها عمليًّا. عندما نذكر مسح القياسات ذلك فمن غير الممكن أن يكون له أي امتداد في جوهره لكنه امتداد بالنسبة إلى العالم، لذلك فأي مسح لقياسات الفضاء ما هو إلا مقارنة للفضاء بنفسه، سيكون من المدهش أن تظهر مثل هذه المقارنة بالنفس أي شبهة عدم تجانس.

حقيقة يمكن البرهنة على أن القياس المتري لعالم ثنائي أو ثلاثي الأبعاد يتم مسح قياساته من الداخل يجب أن يكون منتظمًا في تجانس بالضرورة. قد يصبح عدم التجانس ممكنًا في عالم رباعي الأبعاد أو أكثر من رباعي، لكنه عدم تجانس مؤطر بقانون يفرض بعض القياسات المتجانسة.

أعتقد أن لهذا حمولته المباشرة على وجهات نظر د. واهيتهيد الكافرة بالنسبية. لقد هجر أينشتاين لأنه لا يعترف بعدم انتظام وعدم تماثل الزمكان الموجود في نظرية أينشتاين. «بما أن خبرتنا تستلزم أسس الانتظام والتماثل وتكشف عنها، إذا فلا بد أن تظهر دراسة الطبيعة هذه الأسس نفسها كانتظام وتماثل في العلاقات المكانية-الزمنية. يستدعي ذلك اقتطاع عدم التجانس السببي لهذه العلاقات وهو الأمر اللازم لنظرية أينشتاين الأخيرة»[1].

هناك نتيجة غاية في الغرابة لذلك الاستنتاج الذاهب إلى أن امتداد جسم في أي اتجاه في العالم رباعي الأبعاد يتحدد من خلال مقارنته بنصف قطر الانحناء في ذلك الاتجاه. حيث إنه لا تظهر أي صعوبة فيما يتعلق بذلك الأمر ما دام الاتجاه في العالم رباعي الأبعاد كان مكانيًّا. لكننا عندما ننتقل إلى اتجاهات زمنية (ضمن مخروط الماضي المطلق أو المستقبل المطلق) فإن نصف القطر الموجه يصبح طولًا تخيليًّا. لو لم يتجاهل الجسم الرمز التحذيري $\sqrt{-1}$ فلن يكون له أي معيار مرجعي من أجل

(١) أ. ن.وايتهيد، مبدأ النسبية، مقدمة. (المؤلف).

تقرير امتداده الزمني. لن تكون لديه فترة زمنية معيارية. يقرر الإلكترون الحجم الذي بإمكانه أن يكون عليه من خلال مقارنة نفسه بنصف قطر العالم في اتجاهاته المكانية. لا يمكنه أن يقرر المدة التي في مقدوره أن يتواجد فيها لأنه ليس هناك نصف قطر حقيقي للعالم في اتجاهه الزمني. على ذلك فهو يمضي في وجوده فقط من دون تحدد. ليست النية معقودة على أن يكون هذا دليلًا قاطعًا قويًّا على خلود الإلكترون – يفترض الواحد منا دائمًا حيال ذلك الظرف حجة تذهب إلى أنه لا توجد أي وسيلة بخلاف المقياس المتري قد تتدخل في تحديد الامتداد. لكن قد تبين أن الإلكترون يتخذ وسيلة بسيطة نأمل أقله في اكتشافها[1].

تنبؤات من خلال القانون:

أظن أن تحول قانون، كان من المفترض به عند اكتشافه أنه يتحكم في حركات النجوم والكواكب إلى قانون لازم كثيرًا لتحديد سلوك عصي القياس هو أمر يصيب بالدوار. لكن لا يوجد تنبؤ واحد قام به قانون الجاذبية لم يلعب فيه سلوك أجهزة القياس دورًا جوهريًّا. أحد تنبؤات القانون النموذجية تشير إلى أنه في تاريخ معين يمكن لـ ٣٨٤.٤٠٠.٤٠٠ عصا مترية أن تمتد مصطفة الواحدة تلو الأخرى من الأرض إلى القمر. ربما نستخدم لغة مراوغة كثيرًا، لكن ذلك هو المقصود. حقيقة أننا عندما نقوم باختبار صحة التنبؤات فإننا نلجأ إلى براهين غير مباشر، ولا نقوم أبدًا بإنجاز كل العملية حرفيًّا، هي غير ذات صلة؛ تصاغ النبوءة في مصداقية، لا بنية مبيتة لاستغلال إهمالنا في بحث الأمر والتيقن منه.

لقد اتهمنا قانون الجاذبية بأنه عمل مختلق. ربما تتوق إلى أن تعرف كيف يمكن لذلك القانون أن يواصل ادعاءاته فيما يتعلق بالتنبؤ بالكسوف وبالأحداث الأخرى

(١) على الجانب الآخر لعوالم الكم دوريتها المحددة المرتبطة بها (انظر الفصل التاسع)، لذلك من اللازم أن تكون قادرة على قياس نفسها بالنسبة إلى امتداد زمني. من يتأمل المعادلات الرياضية الخاصة بنظرية الكم الجديدة سوف يجد دليلًا وافرًا على المعركة مع الرمز $\sqrt{-1}$ المتداخل. (المؤلف)

التي تقع، بعد تلك الاتهامات التي طالت مصداقيته.

يقول فيلسوف شهير:

"لا تدفع النجوم بتلك الطريقة التي تعتمد على القوى الميكانيكية؛ إن الحركة الخاصة بها هي حركة حرة. إنها تمضي في طريقها، كما قال القدماء، مثل الآلهة المباركة»[1].

تبدو هذه العبارة حمقاء على وجه الخصوص حتى بالنسبة إلى فيلسوف. لكنني أؤمن أنها صحيحة من منظور ما.

لدينا بالفعل ثلاث فرضيات لما تحاول الأرض أن تقوم به عندما ترسم مدارها البيضاوي حول الشمس.

(١) تحاول أن تمضي في خط مستقيم لكنها تدفع بعيدًا في خشونة بواسطة شد مصدره الشمس.

(٢) تأخذ أطول مسار محتمل عبر الزمكان المنحني حول الشمس.

(٣) تقوم بتكييف مسارها حتى تتجنب تسبيب أي نوع من الانحناءات غير المسموح بها في الفضاء الخالي من حولها.

فلنضف الآن سببًا رابعًا:

(٤) تمضي الأرض على أي نحو شاءت.

لا توجد فجوة كبيرة بين الفرضيتين الثالثة والرابعة، خاصة بعد أن رأينا أن الصورة الرياضية للفضاء الخالي المحتوي على انحناء غير مسموح به هو أمر مستحيل تمامًا في عالم يتم مسح قياساته من الداخل. فيما يتعلق بمسألة إن كان ذلك الانحناء غير المسموح به أمرًا مستحيلًا تمامًا فإنه لن يقع على عاتق الأرض عبء اتخاذ أي

(١) Hegel, Werke (1842 Ed.),Bd. 7, Abt. 1, p. 97. (المؤلف).

احتياطيات خاصة كي تتجنب التسبب فيه، ويمكنها أن تفعل أي شيء تحبه. ويبقى عدم حدوث هذا الانحناء المستحيل هو قانون الجاذبية، بواسطته نحسب مسار الأرض!

مفتاح حل التناقض يكمن فينا نحن أنفسنا، ما اتفقنا عليه، نوعية الأشياء التي تجذب انتباهنا، إن لها علاقة بالأمر أكثر بكثير مما نتصور وذلك عند أي تعليل نقوم به عن الكيفية التي تتصرف بها الأجسام في العالم الفيزيائي. على ذلك فالجسم الذي يتم النظر إليه عبر إطار مفاهيمنا وتقاليدنا التي اتفقنا عليها قد يبدو وكأنه يتصرف بطريقة خاصة جدًّا ومميزة، بالنظر إليه بحسب مجموعة أخرى من المفاهيم والتقاليد سيبدو وكأنه لا يقوم بأي شيء يستدعي تعليقًا خاصًّا. سوف يكون هذا أوضح لو ضربنا مثالًا توضيحيًّا عمليًّا وفي نفس الوقت ندافع عن الفرضية الرابعة.

سوف تقول إن الأرض يجب أن تصل بكل تأكيد إلى الموضع الصحيح الخاص بالكسوف في يونيو القادم (١٩٢٧)؛ ذلك يعني أنها لا تملك حرية الذهاب إلى أي مكان تحبذه. يمكنني صياغة الأمر على النحو الصحيح. سألزم في حجاجي الجانب الذي يرى أن الأرض تملك الذهاب إلى أي مكان تحبذ. يجب علينا تاليًا أن نكتشف المكان الذي كانت تحبذ الذهاب إليه. السؤال المهم بالنسبة لنا ليس إلى أين قد وصلت الأرض في المطلق الملغز فيما وراء الظاهرة، لكن أين سنعين موضعها في خلفيتنا المعتادة للمكان والزمان. يتوجب علينا أخذ قياسات لموضعها، على سبيل المثال، قياسات للمسافة بينها وبين الشمس. في الشكل رقم ٦، تمثل **SS1** تلة في العالم ندركها على أنها الشمس؛ قمت برسم تلة الأرض مرتين ((**EE1, EE2** لأنني أظن أنه لم يتقرر بعد أي مسار سوف تأخذه الأرض. إذا ما أخذت المسار **EE1** سوف نقوم بوضع عصي القياس بحيث تكون نهاياتها متماسة جنبًا إلى جنب بين التلتين وعبر الوادي من **S1** إلى **E1** ونقوم بحساب العدد ونقدم النتيجة باعتبارها المسافة التي تبعدها الأرض عن الشمس. سوف تتذكر أن تضبط أطوال عصي

القياس بالنسبة إلى نصف قطر انحناء العالم. إن الانحناء على طول هذا المحيط كبير إلى حد ما ونصف قطر الانحناء صغير. لذلك فالعصي ستكون صغيرة وسوف يكون هناك الكثير منها في S1E1، هذا ما تدفعنا الصورة إلى الظن فيه. لو اختارت الأرض أن تذهب إلى E2 سيكون المنحنى أقل حدة؛ سوف يفرض نصف القطر الأكبر للمنحنى طولا أكبر للعصي. العدد الذي نحتاجه ليمتد من S1 إل E1 لن يكون كبيرًا للغاية كما يبدو عليه الحال في الرسم للوهلة الأولى؛ إنه لن يزيد بأي حال على عدد العصي الخاص بالمسافة الأولى، على خلاف النسبة بين S1E2 و S1E1 في الرسم. لا يجب أن نصاب بالدهشة لأن عدد العصي لم يتغير في الحالتين وبقي هو نفسه. لو أن الأمر كذلك فإن القائم على مسح القياسات سوف يسجل نفس المسافة التي تبعدها الأرض عن الشمس سواء كان مسار الأرض EE1 أو EE2. وسوف يبلغ المشرف على الرزنامة الملاحية[1] الذي قام بنشر نفس هذه المسافة قبلها بعدة سنوات أنه قد تنبأ بصورة صحيحة إلى أين سوف تذهب الأرض.

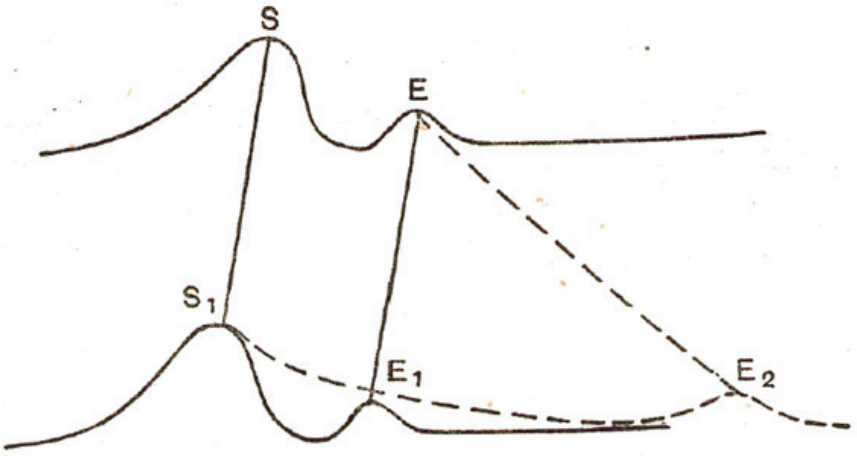
وعلى ذلك يمكن للأرض أن تلعب دور الشارد كيفما شاءت لكن قياساتنا سوف تواصل الإبلاغ عن أنها في ذات الموقع الذي عينته الرزنامة الملاحية. لا تولي السلطات أي أهمية لتقلبات الأرض التي تشبه في تقلباتها تقلبات الآلهة؛ إنها معنية فقط بما سوف نسجل عندما نحاول قياس المسار الذي قد تم اختياره. سوف نقيسه باستخدام العصي التي تضبط نفسها بالنسبة إلى انحناء العالم في ذلك الاتجاه. إن التعبير الرياضي عن هذه الحقيقة يتمثل في قانون الجاذبية المستخدم في التنبؤات.

ربما ستعترض وحجتك في ذلك أن الفلكيين حال ممارستهم للقياس لا يقومون فعليًّا بوضع عصي القياس بحيث تتماس نهاياتها عبر الفضاء بين الأجرام من أجل أن يكتشفوا أين هي الكواكب. حقيقة يتم استنباط الموضع من خلال أشعة الضوء.

---

(١) الرزنامة الملاحية Nautical Almanac هي مطبوعة تعنى بنشر مواضع الأجرام في السماوات في مختلف أوقات العام كي تكون دليلًا للبحارة في إبحارهم. (المترجم).

لكن بينما يواصل الضوء مسيرته، عليه أن يكتشف أي المسارات سيتخذها من أجل أن يمضي مستقيمًا بطريقة مماثلة لعصا المتر التي يتوجب عليها كذلك اكتشاف إلى أي مدى تمتد. إن النظام المتري أو الانحناء هو علامة إرشادية للضوء كما هي معيار للعصي. إن مسار الضوء في الحقيقة يتم التحكم فيه بواسطة الانحناء بمثل ذات الطريقة، ما يجعله غير قادر على فضح تكلف وزيف قانون الانحناء. وعلى ذلك فأينما تذهب الشمس والقمر والأرض، لن يهجرها الضوء. لو تنبأ قانون الانحناء بكسوف فسوف يأخذ الضوء ذلك المسار الذي سيكون معه كسوف. إن قانون الجاذبية ليس بالحاكم المتزمت القاسي الذي يحكم الأجسام السماوية؛ إنه شريك طيب القلب يغطي على جنوحها.



شكل رقم (٦)

لا أوصيك بمحاولة التحقق من صحة أن عدد المساطر في **S1E1** (الخط الكامل) هو نفسه في **S1E2** (الخط المنقط) من خلال الشكل رقم ٦. هناك بعدان للزمكان قد تم تجاهلهما في الصورة إلى جانب الأبعاد الإضافية التي من المفترض أن ينحني الزمكان فيها؛ علاوة على ذلك فالانحناء الكروي هو معيار الطول وليس الانحناء الأسطواني. ربما يكون لإجراء مثل هذا التثبت فوائده التعليمية التوضيحية لكنه

مجهد ومضن، غير أننا قد بتنا نعلم مسبقًا أن المسافة التي يتم قياسها لبعد الأرض عن الشمس يجب أن تكون هي نفسها في أي من المسارين. يمكن التعبير رياضيًّا عن قانون الجاذبية من خلال الصياغة التالية $G\mu\nu=\lambda g\mu\nu$ ، وهو ما لا يؤدي إلى معنى يختلف بأي حال عن أن وحدة قياس الطول في كل مكان هي كسر ثابت من نصف القطر الموجه للعالم عند تلك النقطة. وبما أن الفلكي الذي يتنبأ بالموضع المستقبلي للأرض لا يفترض أي شيء فيما يتعلق بما ستختار الأرض أن تفعله أكثر مما هو مصاغ في القانون $G\mu\nu = \lambda g\mu\nu$، على ذلك فسوف نعثر دائمًا على نفس موضع الأرض، ما لم نقم بافتراض أي شيء يختلف عن أن وحدة القياس العملية للطول المستخدمة في قياس الموضع هي كسر ثابت من نصف القطر الموجه. لا نحتاج إلى أن نقرر ما إذا كان على المسار أن يمثل بواسطة **EE1** أو **EE2** ولن تمرر معرفتنا بالتمثلات أي معلومة فيما يخص أي ظاهرة مرصودة.

سيتوجب علي أن أؤكد في موضع آخر على أن كل معلوماتنا الفيزيائية تنبني على قياسات وعلى أن عالمنا الفيزيائي يتكون من -يمكننا أن نقول- مجموعات قياس تستقر على خلفية من ظلال تقع خارج منظور الفيزياء. لذلك من أجل الإلمام بعالم له وجود يزيد عن مجرد كونه حفنة من القياسات التي نقوم بها عنه، فقد كنت أقوم بانتهاكات خارج حدود ما نطلق عليه الواقع الفيزيائي. لن أخالف المنظور الذي يذهب إلى أنه ما من دليل هناك في العالم الفيزيائي قد يعضد من وجود مثل تلك النزوة التي لا يمكن قياسها نظرًا لطبيعتها المتأصلة فيها ولا يعرف أحد ما المقصود بها، لذلك لا حق لنا في الاعتقاد فيها. لقد قلت أن الأرض قد تمضي في أي مذهب تختاره، لكنني لم أقدم أي «مذهب» لها كي تختاره؛ حيث إن مفهومنا عن «المذهب» مبني على قياسات الفضاء/ المكان، تلك التي قد تم استثناؤها في تلك المرحلة. لكنني لا أعتقد في أنني لم أكن عقلانيًّا منطقيًّا. أذهب في رؤيتي إلى أن، تفعل الأرض ما تفعله، لا يمكن لها أن تخرج عن مسارها الذي وضع لها بواسطة قانون الجاذبية.

لأجل توضيح ذلك عليَّ أن أفترض أن الأرض قد قامت بمحاولة وتسللت مقتربة من الشمس؛ ثم تبين أن قياساتنا تتآمر تمامًا كي تعيدها موضعها الصحيح[1]، لا يهمني ما كان لأنني من ذلك قد برهنت على وجهة نظري. حقيقة قد لا يكون المسار المتوقع عبر المكان والزمن الذي وضع للأرض قيدًا فعليًّا على سلوكها، إلا أن المخطط الأساسي يعاود فرضه وقد استنتجنا منظورنا عن سلوكها فيه.

الفضاء غير الخالي:

لا ينطبق القانون الذاهب إلى أن نصف القطر الموجه هو طول ثابت على الفضاء غير الفارغ بالكلية. ما من سبب يجعلنا نتوقع استمرار تطبيقه. تعنى عبارة أن المنطقة ليست خالية أن لها خواص أخرى إلى جانب تلك المترية، وتستطيع عصا المتر أن تجد أطوالًا أخرى بالإضافة إلى الانحناءات كي تقيس نفسها قبالتها. بالإشارة إلى الصياغات السابقة (المتقاربة كفاية) للقانون، فإن للمعاملات الأساسية للانحناء قيمة صفرية في الفضاء الخالي لكن ليس لها قيمة صفرية في الفضاء غير الخالي. لذلك، من الطبيعي أن نستخدم هذه المعاملات كمقياس لامتلاء الفضاء. يتوافق أحد تلك المعاملات مع الكتلة (أو الطاقة) وفي الحالات الأكثر عملية يبز الباقين في الأهمية. يرتبط التعريف القديم للكتلة باعتبارها «كمية من المادة» بامتلاء الفضاء. تشكل معاملات ثلاثة أخرى الزخم – وهو كمية موجهة ذات ثلاثة مكونات مستقلة. تشكل المعاملات الستة المتبقية للانحناء الأساسي الإجهاد أو نظام الضغط. وفقًا لذلك، فإن الكتلة والزخم والإجهاد تشير إلى عدم فراغ منطقة بقدر ما، كما يمكنها التشويش على أجهزة مسح القياسات المعتادة، تلك التي نستكشف الفضاء بها – مثل الساعات وعصي القياس (الموازير) وأشعة الضوء إلخ. على أي حال يجب أن

(١) حيث إنني لا أستطيع ربط أي مدار سوى مدار يكون في الزمان والمكان –أي كما تم تحديد موضعه من خلال القياسات– بأي معنى. لكنني لا أستطيع أن أفترض أن المدار البديل سوف يكون بلا معنى (أي لا يتسق مع القياسات الممكنة) حتى أجربه. (المؤلف).

نضيف أن هذا مجرد ملخص واصف وليس شرح كامل للافراغ، لأن لدينا أجهزة أخرى للاستكشاف – مثل المغناطيسات والتليسكوبات إلخ. – وهي تمد بتفاصيل أكثر. كما يجب أن يؤخذ في الحسبان أننا عندما نستخدم هذه الأجهزة عادة فإننا لا نستكشف الفضاء لكن مجالًا في الفضاء. إن هذا التمايز الذي تم تأصيله مصطنع إلى حد كبير ومن غير المحتمل أن يتم قبوله على نحو دائم. سيتضح أنه من اللازم الجمع بين نتائج استكشاف العالم باستخدام عصا قياس (مازورة) وبوصلة ومن اللازم لحامهما معًا في وصف موحد، بالضبط كما قمنا بلحام نتائج الاستكشاف باستخدام (عصا القياس) المازورة والساعة معًا. لقد تم إنجاز بعض التقدم نحو هذا التوحيد[١]. مع ذلك، هناك سبب فعلي للتسليم بتلك المعالجة المنفصلة جزئيًّا؛ حيث إن أحد نمطي الاستكشاف يحدد الخواص المتماثلة والآخر يحدد الخواص غير المتماثلة لبنية العالم التحتية[٢].

أثيرت اعتراضات عدة من قبل كتاب وفلاسفة على وجه الخصوص مرجعها عدم التحدد ذلك الذي يكتنف متطلبات أينشتاين المبدئية، على وجه التعيين، الساعة ومازورة القياس. لكن هيكل المعلومات التجريبية عن العالم الذي تسعى نظرية أينشتاين إلى تنظيمه لم يأتِ إلى عقولنا كوحي مرسل من السماء؛ إنه نتيجة مسح للقياسات، لعبت فيه الساعة ومازورة القياس فعليًّا دور البطولة. قد يبدوان كآلتين شديدتي الضخامة بالنسبة لأولئك المعتادين على مفاهيم الذرات والإلكترونات، لكن المعلومات التي يقومان بجمعها تخص أجسامًا ضخمة كذلك في اتساق، تلك الأجسام التي كنا نناقش أحوالها في الفصول المعنية بنظرية أينشتاين. مع تطور النظرية النسبية، وجد أنه من المحبذ بشكل عام استبدال الجسيمات المتحركة وأشعة الضوء بالساعة والمازورة كتطبيقات أساسية لمسح القياسات؛ هذه أجسام اختبار

(١) تعرف محاولات التوحيد بنظرية المجال الموحد حيث تم بالفعل توحيد النسبية الخاصة والكهرومغناطيسية، فقط لا تزال النسبية العامة عصية على كل محاولات التوحيد (المترجم).

(٢) انظر الفصل الحادي عشر (المؤلف).

ذات بنية أبسط، لكنها لا تزال ضخمة مقارنة بالطبيعة الذرية. على سبيل المثال، ربما يكون استخدام شعاع الضوء نفسه كأداة للقياس غير قابل للتطبيق، لذلك فقد كان التعديل بأخذ حيود الضوء في الحسبان. لا يمكن فصل معارفنا عن العالم الخارجي عن طبيعة الأجهزة والتطبيقات التي بواسطتها قد حصلنا على المعلومات. لا يمكن أن نعتبر أن حقيقة قانون الجاذبية توجد وتبقى بمعزل عن العملية التجريبية التي بواسطتها قد تيقنا من تلك الحقيقة.

ترتبط مفاهيم أطر المكان والزمن ولا فراغ العالم الذي يتم توصيفه كطاقة وزخم إلخ مع مسح القياسات بواسطة أجهزة القياس والتطبيقات التي تستخدم مع الأجسام الكبيرة. عندما تصبح تلك المفاهيم عاجزة عن تلقي دعم مثل هذا المسح للقياسات تتلاشى متحولة إلى لا معنى. على وجه التحديد، من غير الممكن القيام باستكشاف داخل الذرة بطريقة لا يمكن توظيفها إلا لمسح قياسات الأجسام الكبيرة. لا يمكننا وضع ساعة أو مازورة في داخل قلب ذرة. لا يمكن الإصرار بقوة كبيرة للغاية على أن المصطلحات مسافة وزمن دوري وكتلة وطاقة وزخم إلخ. من الممكن استخدامها لتوصيف ذرة مشعة بنفس معانيها التي نستخدمها لتوصيف خبراتنا بالعالم على مستواه الكبير. يجب على الفيزيائي الذري الذي يستخدم هذه المصطلحات بداية أن يجد معانيها التي تخصه – يجب عليه أن يحدد المعدات المتطلبة عندما يتخيل مخطط قياسها. يفترض أحيانًا وجود قوى جاذبية ضئيلة بين نواة الذرة والإلكترونات الدوارة كأقمار صناعية (إضافة إلى القوى الكهربية)، تخضع لنفس قانون الجاذبية مثلها كمثل الجاذبية بين الشمس والكواكب. يبدو لي الافتراض خياليًّا؛ لكن من المستحيل مناقشته دون أي إشارة إلى الكيفية التي يفترض بها إجراء القياسات داخل تلك المنطقة في الداخل. من دون مثل هذا القياس فإن الإلكترونات تذهب إلى حيث تحبذ مثلها «كمثل الآلهة المباركة»

لقد بلغنا نقطة ذات أهمية علمية وفلسفية كبيرة. إن العشرة معاملات الأساسية

للانحناء ليست بالغريبة عنا؛ إنها مألوفة بالفعل في خضم الحجاج العلمي، تأتي تحت مسميات أخرى (الطاقة، الزخم، الإجهاد). إن ذلك مماثل لنقطة تحول شهيرة في تطور النظرية الكهرومغناطيسية. أدى التقدم في الموضوع إلى توجيه الأنظار نحو موجات القوى الكهربية والمغناطيسية المسافرة عبر الأثير؛ ثم كان الوميض في ذهن ماكسويل أن هذه الموجات لم تكن غريبة عنا لكنها بالفعل مألوفة لخبرتنا تحت اسم الضوء. إننا نستخدم لتعريفها ذات الوسيلة التي نستخدمها لتعريف الضوء. أجريت الحسابات التي تمخضت عن أنه للموجات الكهرومغناطيسية نفس الخواص المرصودة للضوء بالضبط؛ على نفس المنوال أجريت الحسابات التي تمخضت عن أن المعاملات العشرة للانحناء لها بالضبط تلك الخصائص التي تم رصدها للطاقة والزخم والإجهاد. إن مرجعيتنا هنا هي الخصائص الفيزيائية فقط. من غير المتوقع العثور على نظرية فيزيائية في مقدورها أن تفسر لنا لماذا يرتبط الضوء بتلك الصورة الخاصة التي هي له في أذهاننا، ولا لماذا قد بزغ في أذهاننا مفهوم المادة مرتبطًا بتلك الأجزاء من العالم التي تحتوي على كتلة.

لقد أدى ذلك إلى تبسيط معتبر لأن الهوية قد حلت محل السببية. في نظرية نيوتن لن يعتبر أي تفسير للجاذبية كاملًا ما لم يتم وصفه كآلية بها تقبض قطعة المادة على الوسط المحيط بها؛ لتجعله حاملًا للتأثير الجذبوي الذي تشعه. لا نحتاج إلى أي شيء مماثل في النظرية الحالية. نحن لا نسأل أبدًا عن الكيفية التي تقبض الكتلة بها على الزمكان وتسبب انحرافه الذي تفترضه نظريتنا. سيكون من التزيد لو سألنا عن الكيفية التي يقبض بها الضوء على الوسط الكهرومغناطيسي من أجل أن يجعله يتذبذب. الضوء هو التذبذب، الكتلة هي الانحراف. لا يوجد أي تأثير سببي يعزى للكتلة؛ لا يزال من الصعب كذلك عزو أي شيء للكتلة. إن مفهوم المادة المرتبط بهذه المناطق ذات الطي غير المعتاد ما هو إلا نصب قد أقامه الذهن كي يميز مشهد الصراع. عندما تزور موقع معركة، هل تساءلت أبدًا كيف يمكن لذلك النصب الذي يخلد الذكرى أن يتسبب في مذبحة عظيمة جدًّا؟

سوف يشغلنا المغزى الفلسفي لهذا التعريف بشكل كبير في الفصول التالية. لكن قبل أن نترك موضوع الجاذبية، أود أن أتحدث قليلًا عن معنى الانحناء الفضائي والهندسة اللاإقليدية.

الهندسة اللاإقليدية:

لقد كنت أشجعك على التفكير في الزمكان كأنه منحني؛ لكنني كنت حريصًا على أن أتحدث عنه كصورة وليس كنظرية. إنه تمثيل جرافيكي صوري للأشياء التي نتحدث عنها والتي تمدنا بالبصيرة وتأخذ بأيدينا لتقودنا. ما ألممنا به من الصورة يمكن التعبير عنه بطريقة ليس فيها إحالات أبعد بالقول أن الزمكان له هندسة لاإقليدية. تستخدم مصطلحات «الفضاء المنحني» و«الفضاء اللاإقليدي» عمليًّا كمترادفات؛ لكنها تقترح وجهات نظر مختلفة إلى حد ما. عندما كنا نحاول إدراك الفضاء المتناهي وغير المحدود (الفصل الرابع) كانت الخطوة الصعبة تتمثل في التخلص من داخل وخارج الكرة الفائقة. هناك خطوة مماثلة عند التحول من الفضاء المنحني إلى الفضاء اللاإقليدي – ألا وهي إسقاط كل العلاقات مع السقالات الخارجية (والمتخيلة) والتمسك بتلك العلاقات التي توجد في داخل الفضاء نفسه.

إذا ما سألت ما المسافة من جلاسجو إلى نيويورك فهناك ردان محتملان. أحد الرجال سوف يخبرك المسافة المقاسة فوق سطح المحيط؛ رجل آخر سوف يستوعب أن هناك لم تزل مسافة أقصر عير نفق يمر خلال الأرض. استفاد الرجل الثاني من بعد، كان الأول قد أزاحه من ذهنه. لكن لو لم يتفق الرجلان في أمر المسافات، فإنهما لن يتفقا في أمر الهندسة؛ لأن الهندسة تعالج قوانين المسافات. أن تنسى أو أن تجهل بعدًا، فإن ذلك يؤدي بنا إلى هندسة مختلفة. تخضع المسافات بالنسبة للرجل الثاني إلى هندسة إقليدية من ثلاثة أبعاد؛ تخضع المسافات بالنسبة للرجل الأول إلى هندسة لاإقليدية من بعدين. وسيكون الأمر على نفس هذا الحال لو أنك قد ركزت انتباهك على سطح الأرض في اهتمام شديدة إلى درجة أن تنسى أن هناك داخلًا وخارجًا لها،

سوف تقول إنها عبارة عن طي ثنائي الأبعاد، بهندسة لاإقليدية؛ لكنك لو استوعبت أن هناك فضاءً ثلاثي الأبعاد في كل حدب وصوب، يمكنه أن يوفر طرقًا أقصر للانتقال من نقطة إلى نقطة، يمكنك أن تحلق عائدًا إلى إقليديس في النهاية. من ثم يمكنك إذَنْ أن تفسر الهندسة اللاإقليدية بلا تردد لو قلت أن ما اعتبرتها لدى النظرة الأولى مسافات لم تكن مسافات صحيحة حقيقية. من الواضح أن هذه هي الطريقة الأسهل لفهم كيف يمكن للهندسة اللاإقليدية أن تظهر -عبر إضاعة بعد- لكن لا يجب علينا أن نشير بذلك إلى أن تلك الهندسة اللاإقليدية مستحيلة ما لم تظهر من هذا السبب.

تخضع المسافات في عالمنا رباعي الأبعاد الذي تتخلله الجاذبية لهندسة لا إقليدية. هل هذا بسبب أننا نركز انتباهنا بشكل كامل على أبعاده الأربعة وقد نسينا الطرق المختصرة عبر المناطق في العمق؟ يمكننا بإضافة أبعاد ستة زائدة العودة إلى الهندسة الإقليدية؛ في تلك الحالة فإن مسافاتنا المعتادة من نقطة إلى نقطة في العالم ليست هي المسافات الحقيقية، المسافات الحقيقية الأخيرة تتأتى بأخذ طرق أقصر عبر بعد ثامن أو تاسع. لقد ساعدنا فيما أعتقد ثني العالم وتحويله إلى عالم فائق من عشرة أبعاد لأجل توفير هذه الطرق المختصرة في تشكيل فكرة عن خصائص هندسته اللاإقليدية؛ على أي حال توفر تلك الصورة حصيلة كبيرة مفيدة لأجل وصف هذه الخواص. لكن من غير المحتمل بالنسبة لنا أن نقبل بمثل هذه الأبعاد الإضافية كحقيقة حرفية ما لم نعتبر الهندسة اللاإقليدية كشيء يجب بأي ثمن تفسيره نهائيًّا.

أي البديلين هو الصحيح - طي منحني في فضاء إقليدي من عشرة أبعاد أم طي بهندسة لاإقليدية ولا توجد أبعاد إضافية؟ لن أحاول الإجابة بشكل مباشر، لأنني أخشى أن أضيع في ضباب من الميتافيزيقا. لكنني قد أقول في الحال إنني لا آخذ الأبعاد العشرة على محمل الجد؛ في ذات الوقت آخذ الهندسة اللاإقليدية للعالم بجدية شديدة، ولا أعتبرها كشيء يحتاج إلى تفسير نهائي. لقد باتت وجهة النظر التي تعلمها بعضنا في المدرسة وتذهب إلى أنه من الممكن فهم الحقائق في مسلمات إقليديس بالبداهة، مرفوضة بشكل عام هذه الأيام. لم يعد بإمكاننا أن نقر قوانين

الفضاء والمكان بالبداهة على نحو يزيد عن قدرتنا على وضع قوانين الوراثة بالبداهة. لو أخرجنا البداهة من المعادلة فإن العطاء يجب أن يرسو على التجريب -تجارب حقيقية منفتحة الذهن، ليست حبيسة أي مفاهيم مسبقة وهو ما يجب أن تكون عليه أحكامنا. لا يجب أن نتراجع أبدًا عن التجريب، فقد جعل الفضاء لاإقليديًّا على نحو بسيط جدًّا. من الصحيح تمامًا أن بوسعنا العثور على سبيل للخروج من ذلك عبر اختراع أبعاد إضافية، فنصبح قادرين على جعل الهندسة اللاإقليدية للعالم تعتمد على هندسة إقليدية لأبعاد عشرة؛ إذا ما كان العالم قد برهن عن كونه إقليديًّا فباستطاعتنا -فيما أعتقد- أن نجعل هندسته تعتمد على هندسة لاإقليدية من عشرة أبعاد. لن يقوم أحد بمعالجة الاقتراح الأخير على نحو جاد ولا يوجد أي سبب يمكن تقديمه لأجل أخذ معالجة الاقتراح الأول على نحو أكثر جدية.

لا أعتقد أن هناك أي مدافعين متعصبين عن الأبعاد الستة الإضافية؛ لكننا دائمًا ما نجابه محاولات لإعادة إنتاج وتطبيق الهندسة الإقليدية في العالم بطريقة أخرى. إن المقترح الذي قدم على نحو يفتقر إلى الحياء تمامًا يذهب إلى أنه ما دامت أطوالنا المقاسة لا تخضع للهندسة الإقليدية فإنه يتوجب علينا أن نطبق عليها تصحيحات -نطبخها- حتى تخضع للهندسة الإقليدية. وجهة نظر أخرى على علاقة وثيقة تدفع دائمًا بأن الفضاء ليس إقليديًّا أو لاإقليدي؛ إن الأمر كله لا يخرج عن كونه اتفاقات عرفية ونحن أحرار في أن نتبنى أي هندسة نختارها[1]. فعليًّا لو اعتبرنا أنفسنا أحرارًا في أن نطبق أي تصحيحات نحبها على قياساتنا التجريبية فبإمكاننا أن نجعلها خاضعة لأي قانون؛ لكن هل يستحق الأمر؟ يمكن فقط التأكيد على أن أي نوع من الهندسة مسموح به حال افتراض أن الأطوال ليس لها قيما ثابتة - بذلك فالفيزيائي لا يعني

(١) كمثال توضيحي قريب لهذا المسلك قد أحيل إلى كتاب «تحليل المادة» لبرتراند راسل، صفحة ٧٨ - كتاب لا أختلف معه في الأعم الأغلب على نحو صارم. «في الوقت الذي يبدو فيه إدينجتون وقد اعتبر أنه من الضروري إقرار فضاء أينشتاين المتغير، اعتبر وايتهيد أن من الضروري رفضه. بالنسبة لي، لا أفهم لم يتوجب علينا أن نتفق مع أي من وجهتي النظر؛ يبدو الأمر كأحد المواءمات التي تحدث حال تفسير المعادلات.» تم تعضيد وجهة نظر راسل في مقال بحثي ل(تشارلي دانبار برود).

(أو لا يملك أن يعني) أي شيء على وجه التحديد عندما يتحدث عن الطول. أخشى من أن أجد صعوبة في جعل مقصدي واضحًا لأولئك الذين انطلقوا من فرضية أن كلماتي لا تعني شيئًا على وجه التحديد، أما أولئك الذين ينسبون إلى كلماتي معنى ما فسأحاول أن أزيل أي شك محتمل لديهم. الفيزيائيون معتادون على أن يصيغوا الأطوال في عدد كبير من الصور الدالة؛ للتيقن من دلالة هذه الأطوال يجب أن نمعن النظر في الكيفية التي يتم اشتقاقها بها؛ نجد أنه قد تم اشتقاقها من مقارنتها بمعيار هو امتداد لبنية مادية معينة. (قد نتوقف لوقت قصير كي نلفت الانتباه إلى أن امتداد المكون المادي المعياري يمكن على نحو صحيح اعتباره أحد موضوعات البحث الأبكر في المسح الفيزيائي لمحيطنا.) هذه الأطوال هي بوابة عبرها يتم بحث معلومات الكون من حولنا. لا يمكننا أن نحكم بشكل مسبق عما إذا كانت ستبقى واضحة جلية في الصورة الختامية لبنية العالم أم لا. في الحقيقة سريعًا ما نجد أن الأطوال المكانية أو الأطوال الزمنية المأخوذة بشكل منفرد هي نسبية، ومزيج منهما فقط من الممكن توقع ظهوره حتى في أكثر سعات بنية العالم النهائية تواضعًا. في نفس الوقت تأخذنا الخطوة الأولى عبر بوابة الدخول لذلك العالم إلى الهندسة التي تخضع لها تلك الأطوال – هندسة قريبة جدًّا من الإقليدية لكنها في الحقيقة لاإقليدية وكما رأينا هي نوع مميز من الهندسة اللاإقليدية، فيها تتلاشى المعاملات العشرة الأساسية للانحراف. لقد أوضحنا في هذا الفصل أن المحددات ليست اعتباطية؛ إنها خاصية جوهرية للأطوال المعبر عنها بمصطلحات امتداد المعيار المادي، مع ذلك فربما سيكون الأمر مدهشًا لو كنا قد وجدنا ذلك في أطوال معرفة بطريقة أخرى. هل يجب أن نتوقف كي نمعن النظر في تلك الجملة التي اعترضتنا أننا لو عنينا بالطول شيئًا مختلفًا، علينا أن نعثر على هندسة مختلفة؟ بكل تأكيد يجب أن نفعل؛ ولو أننا قد عنينا بالقوى الكهربية شيئًا مختلفًا، يجب أن نعثر على معادلات تختلف عن معادلات ماكسويل. لا يقف وراء ذلك الاستنتاج التجريب فقط بل يمكن الوصول إليه من خلال التعليل النظري كذلك، لقد وصلنا إلى الهندسة التي نقوم بها لأن أطوالنا تعني ما تقوم به.

لقد تأخرت للغاية في التعامل مع نقد الرياضي البحت الواقع تحت تأثير أن الهندسة موضوع خاص به بالكلية. يميل كل فرع من فروع المعرفة التجريبية إلى أن يكون مرتبطًا بجزع يخصه من التقصي الرياضي. تمت دعوة الرياضي البحت في البداية كخادم، حاليًا يرغب في التأكيد على أنه هو السيد؛ أصبحت الصلة بالأطروحة الرياضية هي الموضوع الرئيس بالنسبة له، ولا يحاول أن يطلب الإذن من الطبيعة عندما يرغب في تنويع أو تعميم المعطيات الأصلية. نتيجة ذلك فمن المحتمل أن يصل إلى هندسة لا تلتزم بقيود تفرضها قياسات الفضاء الفعلية؛ قد يصل إلى نظرية محتملة لا تؤطرها أي تساؤلات مثل التساؤل عن الكيفية التي تتصرف بها الجهود الجذبوية والكهربية بالفعل؛ مثل التساؤل عن هيدروديناميكا الموائع المثالية فيما يتعلق بقيامها بأشياء هي على عكس ما يمكن أن يقوم به أي مائع مادي آخر طبيعيًّا. لكن يبدو أنها هي الهندسة فقط التي نسي في شأنها وجود موضوع فيزيائي دائم يحمل ذات الاسم، بل أحنقه استخدام الاسم قرين أي شيء خلاف شبكة الرياضيات التجريدية . لا أظن أن في الإمكان الجدال سواء من حيث الناحية اللغوية الاشتقاقية أو من حيث العادة في أن الهندسة تستخدم باعتبارها علم قياس الفضاء من حولنا؛ ومهما جاوزت بنيتها الفائقة الرياضية الأسس المرصودة حاليًا، فمن الطبيعي ومن الصحيح أن تواصل تحدثها بلغة تجريبية. لقد تم الانتباه لذلك في التدريس «المعدل» للهندسة في المدارس، يتم تعليم الأولاد وجوب التحقق من خلال إجراء القياس، ذلك يجعلنا في يقين مما إذا كانت الأطروحات الهندسية صائبة أو قريبة من الصواب. ربما لن يتساءل أحد عن الفائدة من التطور المتحرر للهندسة متى اعتبرت موضوعًا رياضيًّا خالصًا؛ لكن ما دام هذا الموضوع مرتبطًا بكميات تظهر من خلال الرصد والقياس، فهل ستجد ذكرًا في الحجاج المتعلق بطبيعة العالم الفيزيائي إن أهملت التدقيق القائم على التجريب.

الفصل الثامن

موقع الإنسان من الكون

الكون الفلكي:

تكشف التليسكوبات الأكبر عما يقرب من ألف مليون نجم. وتضيف كل زيادة في قوة التليسكوبات إلى العدد وبالكاد نستطيع أن نضع حدًّا للعدد الوفير الذي يجب أن يوجد من النجوم، وذلك بالرغم من دلالات الخفوت وبالرغم من وضوح أن التوزيع المحيط بنا لا يمتد بشكل متماثل عبر فضاء لا نهائي. في البداية كانت تأتي الزيادة في التقاط الضوء بمقدار[1] واحد فقط إلى أنظارنا بثلاثة أمثال عدد النجوم المرصودة؛ لكن فيما بعد بدأ هذا العامل في التضاؤل، لذلك فعند حد القوة الذي بلغته تليسكوباتنا العملاقة في رصد الأجسام البعيدة الخافتة، فإن زيادة بمقدار واحد تضرب عدد النجوم التي تمت رؤيتها في ١,٨ فقط. وتقل النسبة بشكل سريع عند هذه المرحلة. يبدو من ذلك أننا نقترب من حد، لن تجلب عنده الزيادة في قوة التليسكوبات لأنظارنا عددًا كبيرًا جدًّا من النجوم الإضافية.

أجريت محاولات عدة لإيجاد العدد الكلي للنجوم بواسطة استنباطات وتعميمات لا تخلو من الجرأة والمجازفة، تتم الإشارة أحيانًا إلى رقم كلي يتراوح بين ٣٠٠٠

(١) المقدار هو وحدة لوغاريتمية فلكية لقياس لمعان النجوم. (المترجم).

إلى ٣٠٠٠٠ مليون[١]. لكن الصعوبة مبعثها أننا نرصد بالأساس جزءًا من الكون النجمي عبارة عن تكثف موضعي أو سحابة نجوم تشكل جزءًا من نظام أكبر كثيرًا. قد تكون تليسكوباتنا قادرة على كشف المدى حتى حدود النظام في اتجاهات معينة في السماء، لكن في اتجاهات أخرى يكون الامتداد عظيمًا للغاية بالنسبة لنا كي نقدر على قياسه. تشكل مجرة الطريق اللبني[٢] في الليالي المظلمة حزامًا لامعا حول السماء، تبدو عند النظر في اتجاهها كنجوم تقع من وراء نجوم حتى تستحيل الرؤية. يدعى هذا التوزيع الممتد العظيم بالنظام المجري، مشكلًا قرصًا ذا سماكة صغيرة مقارنة بامتداده الفعلي. يتفتت جزئيًّا إلى تكثفات ثانوية أدنى، قد تلتف في شكل حلزوني مثل السدم الحلزونية التي نرصدها بأرقام كبيرة في السماوات. يقع مركز النظام المجري في مكان ما في اتجاه كوكبة القوس؛ إنه مخفي عنا ليس فقط بسبب المسافة الشاسعة لكن إلى حد ما كذلك بسبب مسارات المادة المشوشة (العتمة السديمية) التي تقطع سبيل الضياء المنبعثة من النجوم خلفها.

يجب أن نميز إذَنْ بين سحابتنا النجمية المحلية وبين النظام المجري العظيم التي هي جزء منه. (بشكل أساسي لكن غير جازم) يشير عدد النجوم إلى عددها في السحابة النجمية المحلية، حيث تنضب قوة التليسكوبات الكبيرة عندها. إن لها كذلك شكلًا مسطحًا – مسطحًا في نفس مستوى النظام المجري تقريبًا. إذا ما عمدنا إلى تشبيه النظام المجري بالقرص، فمن الممكن تشبيه السحابة النجمية المحلية بالكعكة، سمكها يعادل تقريبًا ثلث امتدادها الجانبي. حجمها يتطلب من

(١) تشير دراسات حديثة إلى أن كتلة مجرة درب التبانة بمفردها تساوي ١٠٠ مليار كتلة شمسية، وبالتالي فهي تحتوي على ١٠٠ مليار نجم لو أخذنا في الاعتبار تنوعات النجوم المرصودة في مجرتنا، كما تذهب تقديرات أخرى إلى أن عدد النجوم في مجرتنا درب التبانة يصل إلى ٢٠٠ مليار نجم، أما عن عدد المجرات في الكون فيصل به البعض وفق تقديرات إلى ١٠ تريليون مجرة ولو اعتبرنا أن عدد النجوم في مجرتنا هو متوسط عدد النجوم في أي مجرة فسيكون عدد النجوم ١٠٠ أوكتيليون نجم (واحد وأمامه ٢٩ صفرًا) وهو عدد يفوق كل حبات الرمال على سطح الأرض بكثير جدًّا (المترجم).

(٢) يطلق على مجرتنا اسم الطريق اللبني أو درب التبانة (المترجم).

الضوء ٢٠٠٠ عام على الأقل كي يعبرها من جانبها إلى جانبها؛ هذه القياسات تقريبية بالضرورة؛ لأنها تشير إلى تكثفات غير محددة، وهي على الأرجح ليست منفصلة بشكل واضح وحاد عن التكثفات الأخرى المجاورة. يبلغ امتداد الحلزون المجري كله ما يقارب ١٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية. بالكاد يمكننا الاعتقاد في أن الشكل المسطح قد تكون بسبب الدوران السريع، وفي الحقيقة هناك دليل مباشر على سرعة دوران عالية؛ هذه السرعة هي واحدة من الألغاز غير المفسرة المتعلقة بنشأة الكون وتطوره، حيث إن كل الأجسام الفلكية تقريبًا جاءت وقد وهبت دورانًا سريعًا.

في وسط هذا الجمع العظيم تأتي شمسنا كوحدة متواضعة. نجم عادي جدًّا يقع لمعانه في منتصف مقياس لمعان النجوم تقريبا. نعرف نجومًا تسطع بما يزيد ١٠,٠٠٠ مرة عن سطوع ضوء الشمس؛ نعرف أيضًا نجومًا يقدر سطوعها بـ ١/١٠٠٠ من سطوع ضوء الشمس. لكن تلك النجوم ذات الضياء الخافتة تفوق أعدادها كثيرًا تلك النجوم ذات الضياء الفائقة. تنتمي الشمس من حيث الكتلة ودرجة حرارة السطح والحجم إلى فئة شائعة جدًّا من النجوم، سرعتها متوسطة؛ لا تكشف عن أي ملمح من ملامح الظواهر الأكثر بروزًا التي تثير انتباه الفلكيين كما قد تفعل المتغيرات[١] على سبيل المثال. تماثل الشمس في مجتمع النجوم مواطنًا محترمًا من الطبقة المتوسطة. صادف أنها قريبة تمامًا من مركز السحابة النجمية المحلية؛ لكن هذا الموضع المميز على نحو واضح تنتقص منه حقيقة أن السحابة النجمية نفسها تقع متطرفة تمامًا بالنسبة إلى النظام المجري، في الحقيقة هي قريبة جدًّا من حدوده. لا نستطيع ادعاء كوننا محور الكون.

يصيبنا تأمل المجرة بشعور بضآلة عالمنا الصغير خاصتنا؛ إلا أنه ما زال علينا أن نهبط أكثر في وادي الهوان. النظام المجري هو واحد ضمن مليون سديم حلزوني أو

(١) هي نجوم تتغير درجة سطوعها عند رصدها من الأرض، وذلك بسبب حدوث تغيرات فيها تؤدي إلى تمددها وانكماشها، إلا أن هناك نجومًا تسمى بالمتغيرات أيضًا لكن سطوعها يتغير بسبب مرور ما قد يحجب ضياءها بينها وبين الأرض. (المترجم).

أكثر[١]. تبدو السدم الحلزونية الآن وبلا شك كأنها «جزر كونية» منفصلة عن خاصتنا كما كان قد افترض طويلًا، هي نظم نجمية عظيمة للغاية – أو نظم في خضم عملية تطورها إلى نجوم – أقيمت على ذات المستوى الذي يشبه القرص. نرى بعضها بشكل جانبي ويمكننا أن نقدر تسطح القرص، بعضها الآخر يواجهنا بسطحه العريض ويظهر ترتيب تكثفاته في شكل حلزون مزدوج. يظهر الكثير منها تأثير العتمة السديمية، تلك التي تقتحم انتظامها وتشوش على ضوء النجوم فيها. في قليل من المجرات الحلزونية القريبة يمكن رصد أسطع النجوم منفردة؛ مثل النجوم المتغيرة ونجوم النوفا (أو النجوم الجديدة)[٢]، كتلك الواقعة في نظامنا المجري. يمكن الحكم على بعد النجوم التي نقدر على تمييزها والتعرف عليها (خاصة المتغيرات السيفيدية)[٣] عنا بحسب مقدار سطوعها. أقرب السدم الحلزونية منا يقع على بُعد ٨٥٠ ,٠٠٠ سنة ضوئية.

من مقدار المعلومات الضئيل التي استطعنا تحصيلها إلى الآن يبدو سديمنا أو النظام المجري خاصتنا ضخم بشكل استثنائي؛ بل هناك من يذهب إلى أن السدم الحلزونية إن كانت جزرًا فإن النظام المجري خاصتنا هو قارة[٤]. لكن لا يمكننا المجازفة بادعاء المركز الأول في الترتيب من دون دليل قوي. مهما يكن فهذه الأكوان الأخرى هي تجمعات لما يقرب من ١٠٠ مليون نجم[٥].

من جديد يطرح السؤال نفسه، إلى أي مدى يمتد هذا التوزيع؟ ليست النجوم هذه المرة بل الأكوان الممتدة الواحد تلو الآخر فيما وراء مجال الإبصار. هل يصل

(١) أشرنا في الملاحظات السابقة إلى الأرقام الأحدث وهي أكبر بكثير جدًّا. (المترجم).

(٢) هي نجوم تسطع بشدة جدًّا وهي غالبًا نجوم حديثة في نظام نجمي مزدوج، تسطع بهذه الشدة في ظاهرة فلكية خاصة لمدد تتراوح بين أسابيع قليلة أو شهور عديدة. (المترجم).

(٣) نوع من أنواع النجوم المتغيرات النابضة التي تنبض بشكل منتظم وتسطع بشدة مع هذه النبضات المنتظمة. (المترجم).

(٤) بات من المؤكد أن هناك مجرات أخرى أضخم من مجرتنا كثيرًا، على سبيل المثال يبلغ قطر المجرة (إم ٨٧) ٩٨٠ ألف سنة ضوئية، كما يبلغ قطر المجرة (هرقل إيه) ١,٥ مليون سنة ضوئية، في الوقت الذي يبلغ فيه قطر مجرتنا ١٢٠ ألف سنة ضوئية فقط وفق التقديرات الحديثة. (المترجم).

(٥) تمت الإشارة مسبقًا إلى الأرقام الأحدث المجاوزة ببون شاسع يصعب تخيله. (المترجم).

التوزيع إلى نهاية؟ يبدو أن على تصوراتنا أن تقوم بقفزة أخرى، محاولة تخيل أنظمة فائقة تتجاوز السدم الحلزونية كما تتجاوز السدم الحلزونية النجوم. لكن هناك وميضًا واحدًا خافتًا لدليل على أننا ربما قد بلغنا هذه المرة قمة الهرم الهيراركي، وأن نظام الحلزونيات ذلك هو كل العالم. كما قد تبين لنا، تذهب وجهة النظر الحديثة إلى كون الفضاء متناهيًا – متناهيًا رغم كونه غير محدود. في مثل هذا الفضاء تتباطأ ذبذبات الضوء الذي سافر لمسافات شاسعة كجزء من الطريق حول العالم وهو ما يؤدي إلى أن كل خطوط الطيف تتم إزاحتها نحو الأحمر. في المعتاد نفسر مثل هذه الإزاحة نحو الأحمر كدليل على سرعة ابتعاد واضحة على طول خط الإبصار. الآن قد ثبت نجم الحقيقة الصادمة، فالغالبية العظمى من الحلزونيات التي قد تم رصدها ومسح قياساتها تظهر ابتعادًا بسرعات كبيرة، تتجاوز غالبًا ١٠٠,٠٠٠ كم في الثانية. هناك استثناءان مهمان فقط، الاستثناءان هما الحلزونيتان الأضخم والأقرب لنا من غالبية الحلزونيات الأخرى. سيكون من العسير جدًّا تفسير لماذا ينبغي على هذه الأكوان الأخرى الهرولة مبتعدة عنا سريعًا جدًّا مجتمعة لو التزمنا بالقواعد المألوفة. لماذا تهرب منا كأننا طاعون؟ لكن تصبح الظاهرة معقولة لو أن ما تم رصده بالفعل هو تباطؤ الذبذبات الناتجة عن الضوء القادم من تلك الأجسام التي سافرت جزءًا عظيمًا من الطريق حول العالم. بناء على تلك النظرية يكون نصف قطر الفضاء في حدود ٢٠ مرة متوسط المسافة من السدم المرصودة، أو فلتقل ١٠٠ مليون سنة ضوئية. يترك ذلك مساحة لبضعة ملايين من الحلزونيات؛ لكن لا وجود لشيء فيما وراءها – في الفضاء الكروي يرجع بنا ما وراء النجوم عائدًا صوب الأرض من الاتجاه المقابل[١].

(١) كانت تقديرات نصف قطر الكون أقل من التقدير الصحيح المعروف الآن (عام ١٩٤٢) والذي يبلغ ما لا يقل عن ٩٨٠ مليون سنة ضوئية. لا يوجد حد أقصى يمكن الإشارة إليه لكن من غير المحتمل أن يتجاوز ٤٠٠٠ مليون سنة ضوئية. تم رصد المجرات التي تبعد ٥٠٠ مليون سنة ضوئية بالفعل. كانت تقديرات الجدول الزمني في الفقرة القادم زائدة عن التقدير الصحيح. هناك الآن اتفاق عام على أن ميلاد الشمس (والنجوم والسدم) قد وقع منذ ما لا يزيد عن ١٠,٠٠٠ مليون سنة. (المؤلف).

تعقيبًا على ذلك، تشير التقديرات الحديثة إلى أن نصف قطر الكون يبلغ ٤٧ مليار سنة ضوئية، أما عمر الكون فيبلغ ١٣,٧ مليار سنة ضوئية. (المترجم).

الجدول الزمني:

يمتد رواق الزمن رجوعًا في الماضي. لا نستطيع أن نقبض على مفهوم يفسر الكيفية التي بدأ بها كل شيء. لكن في مرحلة ما نتصور الخواء وقد امتلأ بمادة مخلخلة أكثر من أكثر السدم هشاشة. انتشرت الذرات متفرقة، متحركة هنا وهناك في فوضى بلا نظام.

(لاح عرش
العماء وقد نصب سرادقه الحالك
مديدًا على عباب الضياع)[1]

ثم ببطء بدأ الشعور بقوى الجاذبية. بدأت مراكز التكثفات في تكوين نفسها واجتذاب مادة أخرى إليها. كانت أول الأجزاء التي تكونت النظم النجمية مثل نظامنا المجري؛ انفصلت تكثفات أقل منها مكونة السحابات النجمية والتجمعات النجمية؛ انقسمت هذه مجددًا إلى النجوم.

لم يصل التطور إلى نفس درجة النمو في كل الأجزاء. نرصد السدم والمجموعات النجمية في مراحل مختلفة على سلم التطور. لا تزال بعض النجوم منتشرة للغاية وغير متمركزة؛ البعض الآخر يبدو مركزًا مثل الشمس بكثافة أكبر من كثافة الماء؛ هناك البعض -لم يزل- أكثر تطورًا، فقد تقلص إلى كثافة لا يمكن تصورها. إلا أنه على أي حال لا يمكن أن يتسرب الشك إلى قلب أحدهم ويظن أن تكون النجوم قد كان عملية مفردة من النشوء والتطور، تلك التي حدثت ولا تزال تواصل الحدوث في توزيع أولي. في السابق كانت هناك افتراضات مجانية -لا تتقيد بأي شيء- ترى

(١) اقتباس من (الفردوس المفقود) لجون ميلتون وقد آثرت استخدام ترجمة د. محمد عناني للنص. (المترجم).

أن ميلاد النجوم هو حدث فردي مثله كمثل ميلاد الحيوانات، من وقت إلى الآخر سوف يصطدم نجمان كانا قد نضبا منذ زمن طويل ويتحولان إلى بخار بفضل طاقة الاصطدام؛ ثم يتبع ذلك تكثف ومن ثم تبدأ حياة جديدة لجسم ساطع جديد لمرة أخرى ويعاد كل شيء. نستطيع بالكاد أن نؤكد أن هذا لن يحدث أبدًا وأنه ليس من المقدر للشمس أن يكون لها دورة ثانية أو ثالثة؛ فقد بات واضحا من خلال رصد العلاقات المختلفة بين النجوم أن المرحلة الحالية لوجود الكون الفلكي هي دورته الأولى. اكتشفت مجموعات من النجوم تتحرك عبر السماء حركة طبيعية سليمة مشتركة؛ هذه النجوم من المؤكد أن لها أصلًا واحدًا مفردًا، ويستحيل أن تكون قد تشكلت من اصطدام كان السبب في تكونها. كما تم كذلك التخلي عن فرضية أخرى تذهب إلى أن النجوم الواضحة النيرة ربما تكون هي الاستثناء، وبذلك قد توجد هناك آلاف النجوم الميتة في مقابل كل نجم يرى مشعًّا. إلا أن هناك طرقًا لأجل حساب الكتلة الكلية في الفضاء النجمي عن طريق رصد التأثير الجذبوي لها على متوسط سرعة النجوم؛ حيث وجد أن النجوم الواضحة النيرة مسؤولة عن كتلة تقترب من الكتلة الكلية المسلم بها والكمية المتروكة للنجوم المعتمة محدودة جدًّا[1].

يذهب البيولوجيون والجيولوجيون إلى أن تاريخ الأرض يعود في الماضي إلى بضعة آلاف ملايين السنين، وذلك بناء على الدليل الفيزيائي القائم على معدل تحول واضمحلال المواد النشطة إشعاعيًّا حيث يشير إلى أن أقدم الصخور (الأركيولوجية) في قشرة الأرض قد استقرت منذ ١٢٠٠ مليون سنة ماضية[2]. بالتأكيد كانت الشمس قد بدأت احتراقها قبل ذلك التاريخ، في الوقت الحالي نذهب إلى أنها تواصل الحياة على حساب مادتها الخاصة التي تنضب شيئًا فشيئًا، متحولة إلى إشعاع. يذهب

(١) مؤخرًا كشفت الأبحاث عن أن غالبية كتلة الكون هي كتلة غير مرئية أو منظورة وهي على الأغلب مكونة من مادة لا تبدي أي تأثير سوى التأثير الجذبوي وبالتالي فهي لا تخص النجوم الواضحة النيرة أو حتى تلك المعتمة لكنها من مادة مظلمة، لم يستدل عليها حتى الآن وإن كانت هناك بعض التكهنات التي تحاول تفسير طبيعتها. (المترجم).
(٢) تذهب أحدث الدراسات إلى أن عمر الأرض ٤٣٠٠ مليون سنة (٤,٣ مليار سنة) (المترجم).

الجدول الزمني النظري الذي يبدو مدعوما بصورة عظيمة بالدليل الفلكي إلى أن بداية الشمس ككوكب ساطع بالتأكيد تعود إلى خمسة مليارات سنة في الماضي[١]. لا يمكن التسليم تمامًا بالنظرية التي تطرح هذا التاريخ، لكنه يبدو استنتاجًا معقولًا آمنًا لتحديد عمر الشمس، كونه لا يتجاوز هذا الحد، غير أن المستقبل ليس مقيدًا ومن المحتمل أن تواصل الشمس كنجم يزداد ضعفًا لمدة ٥٠ أو ٥٠٠ مليار سنة أخرى[٢]. لقد أطالت نظرية طاقة الجسيمات دون الذرية أعمار النجوم من ملايين إلى مليارات السنين، ومن الممكن أن نقترح عمليات لتجديد الشباب قد تطيل من وجود الكون الفلكي من مليارات إلى تريليونات السنين. إلا أنه ما لم نستطع إبطال القانون الثاني للديناميكا الحرارية – وهو ما يعني إلى حد كبير، ما لم نستطع أن نجد طريقة تسبب سريان الزمن للخلف – فإن التحلل النهائي يقترب بثبات على نحو مؤكد وسوف يصل الكون في النهاية إلى حالة من اللاتغير والثبات المتماثل المتساوق.

هل هذا التبذير في المادة والفضاء/ المكان والزمن قد بلغ ذروته مع بلوغه الإنسان؟

تعدد العوالم:

سوف أقوم هنا بجمع الأدلة الفلكية فيما يتعلق بقابلية العوالم الأخرى للسكنى. هناك فكرة شائعة ترى أن إجابة هذا السؤال تعد أحد الأهداف الرئيسة لدراسة الأجرام السماوية، إلا أن ذلك غير صحيح بالمرة وهذا الأمر لا يعني الفلكي كثيرًا، حيث تتركز إسهاماته على أمور تتعلق بجمع اللمحات المتناثرة على مسار البحث والتقصي لأغراض أكثر عملية وألفة. مع ذلك، يندفع العقل برغبة لا تقاوم للتعاطي مع فكرة أنه في مكان ما في الكون، من المحتمل أن توجد مخلوقات أخرى «أدنى قليلًا من الملائكة» قد يعتبرهم الإنسان أنداده – أو ربما أسيادًا متفوقين عليه.

(١) عمر الشمس حسب آخر التقديرات حوالي ٤.٥ مليار سنة. (المترجم).

(٢) تشير التقديرات المعاصرة إلى أن مدة حياة النجوم مثل الشمس في حدود ١٠ مليار سنة. (المترجم).

ربما يكون في محاولة تخمين الصور التي قد تتخذها الحياة في ظروف تخالف تلك التي على كوكبنا هدر للوقت. إذا كنت قد فهمت رؤى علماء الحفريات بشكل صائب، فإن الحياة الثديية تعد الحاكم الثالث لكوكب الأرض – المحاولة الثالثة للطبيعة لتطوير نظام حياة مرن على النحو الكافي أمام تقلبات الظروف، نظام قد تم تكييفه للسيطرة على كوكب الأرض. بالطبع تؤثر التفاصيل الصغيرة لتوازن الظروف بصورة كبيرة في احتمالات الحياة، كما تحدد نوع الكائن الحي المقدر له أن يسود. من اللازم كذلك مناقشة نقطة تحول حرج على مسار التطور من أجل تفسير ارتقاء الحياة إلى مستوى الوعي. إلا أن هذا كله بعيد تمامًا عن توجه أبحاث عالم الفلك. حتى نتلافى السقوط في شرك من تخمينات لا تنتهي، سأفترض أن الظروف الحاكمة لصلاحية عوالم أخرى لاستقبال الحياة ليست مختلفة عن تلك التي للأرض، وأن هذه الظروف لو تحصلت على مقومات الحياة فستجعلها تتجلى ذاتيًّا.

قمنا أولًا بتقصي أحوال كواكب المجموعة الشمسية؛ من بينها جميعًا يبدو المريخ والزهرة الصالحان لاستضافة حياة. إن فينوس (الزهرة) بقدر ما نعرف ملائم على نحو جيد لحياة مماثلة لخاصتنا. له تقريبًا نفس حجم الأرض، أقرب إلى الشمس لكنه على الأرجح ليس بأحرّ من الأرض، كما يحظى بغلاف جوي له كثافة مرضية. فشل الرصد الطيفي على نحو غير متوقع في تزويدنا بأي إشارة تدل على وجود الأكسجين في طبقات الغلاف الجوي العليا وهذا يبعث شكوكًا حول وجود الأكسجين الحر على سطح الكوكب؛ لكننا في الوقت الحالي نتردد في إعطاء حكم محدد نهائي. إذا ما تم نقلنا وزرعنا في أجواء الزهرة فمن المحتمل أن نواصل الحياة دون تغيير كبير في عاداتنا – فيما عدا أنني شخصيًّا سيتحتم علي العثور على مهنة جديدة، لأن فينوس ليس مكانًا جيدًا للفلكيين. إنه مغطى تمامًا بالسحب والضباب. لهذا السبب لا يمكن تكوين صورة محددة عن تضاريس السطح، ولا تزال سرعة دورانه حول محوره غير مؤكدة، كما لا يزال الاتجاه الذي يقع فيه هذا المحور غير مؤكد كذلك. ربما نأتي

على ذكر واحدة من النظريات الغريبة عنه على الرغم من أن الراجح عدم أخذها على محمل الجد كثيرًا. يعتقد البعض في أن الفجوة العظيمة التي يشغلها المحيط الهادي هي ندبة قد خلفها القمر الذي كان قد انفصل في البداية عن الأرض. الثابت أن هذه الفجوة تنجز وظيفة هامة حيث تقوم بتصريف المياه الفائضة بعيدًا وما لم تكن هذه الفجوة موجودة فإن كل المساحة القارية كانت لتغمر بالماء فعليًّا. على ذلك فوجود أرض جافة يرتبط بشكل غير مباشر بوجود القمر. لكن فينوس لا يحظى بأي أقمار، وبما أنه يبدو مشابهًا للأرض في كثير من النواحي الأخرى، فقد يدل ذلك ربما على كونه عالمًا من محيط شاسع، يسيطر على سطحه كله- حيث الأسماك هي الكائنات الأكثر تفوقًا. إن هذه الأطروحة على أي حال مفيدة في تذكيرنا بأن مقادير الحياة العضوية معلقة بأحداث قد يعتقد للوهلة الأولى في أنها غير ذات صلة بالأمر[١].

تعتبر الشمس نجمًا عاديًّا والأرض كوكبًا عاديًّا، لكن القمر ليس بقمر عادي. لا يوجد قمر آخر معروف كبير جدًّا في الحجم بالنسبة للكوكب الذي هو في حضرته مثلما هو حال القمر بالنسبة للأرض. يحتوي القمر على ١/ ٨٠ من كتلة الأرض وهي تبدو كنسبة صغيرة؛ لكنها عظيمة بصورة غير طبيعية بالمقارنة ببقية الأقمار. إن أكبر نسبة تالية موجودة في نظام كوكب زحل حيث تبلغ كتلة أضخم أقماره تيتان ١/ ٤٠٠٠ من كتلة الكوكب. من المؤكد أن هناك أحداثًا خاصة جدًّا قد وقعت في تاريخ الأرض وأدت إلى انفصال هذا الجزء الكبير غير المعتاد من الكتلة. التفسير الذي اقترحه سير جورج دارون وما يزال يعتبر أكثر التفسيرات احتمالية يتمثل في أن تأثيرًا للرنين[٢] قد حدث في الفترات الدورية بين المد والجزر الشمسي والفترات الطبيعية الحرة

(١) الصورة الحالية عن المريخ أن درجة حرارته ٤٦٢ درجة مئوية وأن غلافه الجوي مكون أغلبه من غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة تزيد على ٩٦٪ (المترجم).

(٢) ظاهرة فيزيائية يهتز فيها النظام بشدة عالية جدًّا عند تعرضه لترددات معينة، وهي نفس الظاهرة التي يحدث معها انكسار الزجاج حال تعرضه لترددات معينة حيث يحدث تداخل بناء للموجات وهو ما يؤدي إلى سعات اهتزاز فائقة جدًّا. (المترجم).

لاهتزازات الكرة الأرضية. هكذا تزايد الانبعاج وتغير الشكل الناتج عن المد والجزر حتى بلغ سعة ضخمة، انتهت بهياج مزلزل، أدى إلى فصل كتلة عظيمة من المادة التي شكلت القمر. نجحت بقية الكواكب في الهروب من تراتب الأحداث الدورية، وانفصلت أقمارها عبر تطورات أكثر طبيعية. لو قدر لي مقابلة كائن حي كان يعيش في عالم مختلف، فسأشعر دائمًا بضآلة شديدة في أغلب النواحي، لكنني أظن أن في مقدوري أن أتباهى عليه قليلًا بخصوص القمر.

المريخ هو الكوكب الوحيد الذي يمكن رؤية سطحه الصلب ودراسته. يغرينا المريخ كي نتفكر في احتمال استضافته لحياة على سطحه عبر كثير من التفاصيل. لقد أدى حجم المريخ الأصغر إلى ظروف مغايرة على نحو مؤثر؛ لكن العنصرين الضروريين، الهواء والماء موجودان عليه وإن كانا في كميات شحيحة. الغلاف الجوي للمريخ أقل سماكة من خاصتنا لكن من المحتمل أن يكون مناسبًا. لقد برهن على احتوائه على الأكسجين. لا توجد محيطات؛ لا تكشف تضاريس السطح عن ماء ويابس، لكن تكشف عن صحراء حمراء ممتدة وأرض أكثر قتامة من المحتمل أن تكون رطبة وخصبة. تتمثل أحد أبرز ملامح الكوكب في الغطاء الأبيض الذي يغطي قطبه ويبدو على نحو واضح كترسبات ثلجية؛ من المؤكد أن هذا الغطاء سطحي تمامًا حيث إنه يذوب متلاشيًا بالكامل في الصيف. تظهر الصور الفوتوغرافية من وقت إلى الآخر سحبًا لا تقبل الشك، تخفي بصورة مؤقتة مساحات كبيرة من تفاصيل السطح؛ إلا أن الطقس الصحو بلا غيوم هو الطقس الغالب. للمريخ هواء مضبب قليلًا رغم خلوه من السحب. لقد أكد و.هـ. رايت ذلك على نحو مقنع عن طريق مقارنة الصور الفوتوغرافية المأخوذة بواسطة ضوء له أطوال موجية مختلفة. يتشتت الضوء ذو الأطوال الموجية القصيرة، ومن ثم فالصور المعتادة تكون مشوشة على نحو مخيب للآمال. عند استخدام ضوء أصفر مرئي (تستخدم شاشات صفراء في العادة كي تجعل التليسكوبات البصرية مناسبة للتصوير) تكون تفاصيل السطح

الظاهرة أكثر وضوحًا ودقة؛ حيث إن للضوء الأصفر طولًا موجيًّا أطول، تخترق الأشعة المرئية ذات الطول الموجي الأطول الضباب بصورة أكثر سهولة[1]، وعلى ذلك فما يزال من الممكن الحصول على صور فوتوغرافية بتفاصيل أكثر وضوحًا مع استخدام الأشعة تحت الحمراء الأكثر طولًا.

مؤخرًا كان هناك اهتمام عظيم بمحاولات تحديد درجة حرارة سطح المريخ؛ حيث إنه من الممكن الحصول عليها عن طريق القياس المباشر للحرارة التي يتم إشعاعها نحونا من مختلف أجزاء السطح. رغم أن النتائج التي وصلت إلينا تحمل الكثير من المعلومات في أوجه عدة إلا أن دقتها لم تزل محل تساؤل وتعتبر بالكاد مناسبة للتزويد بفكرة مقبولة عن مناخ الكوكب. في العادة تختلف درجة حرارة السطح بصورة عظيمة ما بين النهار والليل وما بين أجزاء السطح المختلفة حسب موضعها بالنسبة إلى خطوط العرض وقربها أو بعدها من القطبين وخط الاستواء، لكن في المتوسط تكون الاحوال المناخية قارصة البرودة. حتى عند خط الاستواء تهبط درجة الحرارة تحت نقطة التجمد عند الغروب. لو قبلنا بهذه المعلومات، فبالتأكيد ستتولد لدينا شكوك عما إذا كان في مقدور الحياة أن تتحمل مثل هذه الظروف.

تناول هكسلي هذا الأمر في أحد من مقالاته حيث كتب: «لا أعتقد أن على الحكماء أن يشغلوا أنفسهم بالتاريخ الطبيعي للمشتري أو المريخ، ربما يفعلون عندما تصبح أعمار البشر أطول والضغوط التي تفرضها الواجبات الحالية أقل وطأة » بات من الواضح اليوم أن التاريخ الطبيعي للمريخ ليس بالكلية فيما وراء حدود العلم الجاد. يظهر سطح المريخ تغيرًا موسميًّا حتى تكاد صورته تبدو كأرض تغطيها الغابات، هكذا سيراها الناظر لها من خارج الكوكب. إن هذا التغير الموسمي للمظهر مثير جدًّا للراصد المهتم. مع حلول الربيع في أحد نصفي الكرة (بالتأكيد أقصد الربيع

(١) يبدو أنها قد كانت صدفة سعيدة لرواد التصوير الفوتوغرافي للمريخ كونهم لم يحظوا بتليسكوبات مناسبة للتصوير الفوتوغرافي وبالتالي كان عليهم أن يطوعوا التليسكوبات البصرية – لذلك فقد وظفوا الضوء المرئي (الأصفر)، والذي كما اتضح فيما بعد كان لازمًا لأجل الحصول على نتائج جيدة. (المؤلف).

المريخي) تتسع رقعة المناطق الأكثر قتامة، تلك التي كانت في البداية قليلة وشاحبة، كما تزداد قتامتها كذلك. تزداد قتامة نفس المناطق عامًا تلو الآخر في نفس التاريخ تقريبًا بحسب تقويم كوكب المريخ. قد يكون هناك تفسير غير عضوي لذلك؛ ربما ترطب أمطار الربيع السطح وتغير لونه. لكن المحتمل ألا تكون هناك أمطار كافية كي تقوم بهذا التغيير كتأثير مباشر، ربما يكون الاعتقاد في كوننا نشهد البعث السنوي للحياة الخضراء النباتية الشبيهة كثيرًا بتلك التي على الكوكب خاصتنا مبررة أكثر.

يوفر وجود الأكسجين في الغلاف الجوي للمريخ الدعم كحجة أخرى لفرضية وجود الحياة النباتية. يتحد الأكسجين بحرية مع العديد من العناصر والصخور في القشرة الأرضية العطشة للأكسجين. سوف يؤدي ذلك مع مرور الوقت إلى الاختفاء الكامل له من الهواء، ما لم تقم النباتات الخضراء باستخلاصه من التربة وإطلاقه حرًّا من جديد. لو تم الحفاظ على الأكسجين في الغلاف الجوي للأرض بهذه الطريقة، فسيبدو من المعقول افتراض أن الحياة النباتية الخضراء لازمة كي تلعب نفس الدور على المريخ. بأخذ هذا في الاعتبار وربطه بالدليل الخاص بتغيرات المظهر الموسمية، يبدو أنه قد تشكلت لدينا حجة قوية على وجود الحياة النباتية الخضراء.

لو صار القبول بالحياة النباتية مؤكدا، هل من الجائز استبعاد الحياة الحيوانية؟ لقد بلغت منتهى معلوماتي الفلكية وليس في مقدوري تحمل مسؤولية أي شيء أبعد قد تستدل عليه. من الصحيح أن بروفيسور لويل قد أشار في وقت متأخر إلى علامات معينة مستقيمة الشكل إلى حد ما على سطح الكوكب وادعى أنها قد تمثل نظامًا صناعيًّا للري وهو الأمر الذي قاده إلى الاعتقاد في وجود حضارة متقدمة هناك، لكن هذه النظرية –فيما أعتقد– لم تفز بالكثير من الدعم. كي لا نظلم صاحب هذه الفرضية يتوجب علينا أن نشير إلى أن جهوده الخاصة وجهود مرصده قد قامت بإسهام رائع بخصوص معلوماتنا عن المريخ؛ لكن القليلين سوف يتبعونه مواصلين معه الطريق

كله صوب الجانب الأكثر إثارة وبذخًا من استنتاجاته[1]. ختامًا ربما ينبغي علينا التركيز على نقطة واحدة. للمريخ كل مظاهر الكوكب الأولي صاحب التاريخ والباع الطويل؛ ويبدو من غير المحتمل تحت أي ظرف أن يكون كوكبان مختلفان بصورة كبيرة مثل المريخ والأرض على ذروة التطور البيولوجي معًا في ذات الوقت على نحو متزامن.

تكون الأنظمة الكوكبية:

حتى لو تأكد خذلان كواكب نظامنا الشمسي لنا، فسيبقى هناك بضع آلاف الملايين من النجوم التي اعتدنا على اعتبارها مثل الشمس، تحكم أنظمة من الكواكب المجاورة، قد لا تصيبنا بذات الخذلان. تكفر بعض الفرضيات بأي احتمال لوجود حياة من نفس نمط تلك الموجودة على الأرض في الفضاء الممتد. حقيقة سيكون من التسرع الحكم على أن الطبيعة لم تكرر تجربتها الغريبة التي أنجزتها على الأرض في أي مكان آخر من الكون[2]. إلا أن هناك الكثير من الأسباب التي قد تحملنا على التراجع عن إعمار الكون بالسكان بشكل حر ليبرالي للغاية.

عند فحص النجوم بالتليسكوبات نفاجأ بكم النقاط التي نعثر عليها، تلك البقع التي تبدو كنقاط منفردة للعين لكنها فعليًّا عبارة عن نجمين قريبين من بعضهما البعض. بينما يفشل التليسكوب في فصلهما، يستطيع منظار الطيف غالبًا استبيانهما كاشفًا عن نجمين في فورة دوران حول بعضهما البعض. من كل ثلاثة نجوم هناك على الأقل واحد مزدوج – زوج مكون من كرتين تسطعان ذاتيًّا، لهما أبعاد تشابه

(١) لا يرى المريخ في ظروف مواتية إلا من أماكن مرتفعة أو عند خطوط العرض المنخفضة (بالقرب من خط الاستواء). دائمًا ما يتردد الفلكيون الذين لا يملكون هذه المزايا في حسم آرائهم بخصوص كثير من نقاط الجدل التي تمت إثارتها. (المؤلف).

(٢) تشير آخر معارفنا عن الكوكب الأحمر أن نسبة الأكسجين في غلافه الجوي أقل من ١٪ (١٣ , ٠ ٪) وأن معظم الغلاف الجوي من غاز ثاني أكسيد الكربون وأغلب الرؤى المقدمة عن وجود نباتات هي غير صحيحة على الأغلب. (المترجم).

أبعاد الشمس. على ذلك فالشمس المنفردة الفائقة ليست هي المنتج الوحيد للنشوء والارتقاء، لقد اتخذ التطور منحى آخر لا يقل في معدل حدوثه كثيرًا عن المنحى الأول، وقد انتهى إلى تكوين نجمين مرتبطين معًا على نحو وثيق. ربما علينا في حالة النجوم المزدوجة أن نستبعد أي احتمال لوجود كواكب. ليس فقط بسبب صعوبة عزو مدارات ثابتة لها نتيجة تأثيرات مجالات الجاذبية الأكثر تعقيدًا، لكن من الواضح أن سبب تكون الكواكب ذاته مفتقد. حيث يبدو النجم وقد أرضى دافعيته للانشطار بطريقة أخرى، لقد انقسم إلى نصفين متساويين تقريبًا بدلًا من أن يرمي إلى الخارج بسلسلة من الشظايا الصغيرة[1].

تتمثل أكثر أسباب الانقسام وضوحًا في الدوران المفرط. عندما تنكمش الكرة الغازية تدور أسرع فأسرع حتى يأتي وقت لا تستطيع معه أن تبقي على تماسك أجزائها معًا لأكثر من ذلك، ويجب أن يعقب هذا نوع من الانفراج. بحسب النظرية السديمية المنسوبة إلى لابلاس فقد حصلت الشمس على الانفراج برمي حلقات متعاقبة من المادة خارجًا، تلك التي كونت الكواكب. كان الحال على هذه الصورة بالنسبة للنظام الكوكبي المعروف لنا، وعلينا أن نستنتج من آلاف النجوم المزدوجة في السماء أن التبعة المعتادة للدوران المفرط هي انقسام النجم إلى جسمين متساويين في الحجم.

ربما من الممكن الدفع بأن انقذاف نظام كوكبي والانشطار إلى نجمين مزدوجين هما حلَّان تبادليَّان للمشكلة التي تنشأ عن الدوران المفرط، يأخذ النجم مسارًا أو الآخر تبعًا للأحداث. نعرف العديد من النجوم المزدوجة ونعرف نظامًا كوكبيًّا وحيدًا فقط؛ لكن على أي حال، فإن رصد أنظمة كوكبية أخرى إذا ما كانت موجودة هو أمر فوق طاقتنا. يمكننا فقط الاحتكام إلى نتائج الدراسات النظرية عن كتل الغازات الدوارة؛ تعترض هذه الأعمال الكثير من التعقيدات ومن المحتمل ألا تكون النتائج

(١) تشير آخر معارفنا إلى أن هناك كواكب تستطيع بالفعل أن تجد مدارات ثابتة لها في الأنظمة الثنائية ويمكن أن يدور بعضها حول أحد النجمين فقط، بينما يمكن للبعض الآخر أن يدور حول النجمين معًا، كما أن بعض هذه الكواكب يمكن لظروفها أن تكون مواتية لاستقبال حياة. (المترجم).

نهائية؛ لكن أبحاث سير ج. هـ. جينز تقود إلى استنتاج أن الانفصال الناتج عن الدوران ينتج نجمًا مزدوجًا ولا ينتج أبدًا نظامًا كوكبيًّا؛ إنه ليس حتى بتنوع معتاد في دروب التطور؛ بل حدث شاذ.

من خلال استبعاد البدائل الواحد تلو الآخر، يتبقى احتمال وحيد قد يؤدي إلى الوصول لمثل هذا التكوين الذي يشبه النظام الشمسي يتمثل في وقوع حادث غير معتاد عند مرحلة معينة من التكثف. بحسب جينز فربما يكون ذلك الحادث هو الاقتراب الشديد لنجم آخر بينما يمضي في طريقه عبر الفضاء. لا يجب أن يمر النجم بعيدًا للغاية خارج مدار كوكب نبتون، كما لا ينبغي أن يمر بسرعة كبيرة للغاية كذلك؛ لكن من المفترض أن يمر النجم بالشمس أو تمر الشمس بالنجم في شيء من البطء. نتيجة الانبعاج الناتج عن المد والجزر النجمي سترتفع نتوءات كبيرة من سطح الشمس، وستتدفق خيوط المادة خارجها؛ حيث تتكثف مكونة الكواكب. حدث ذلك ربما منذ ما يزيد عن ألف مليون سنة في الماضي، ثم واصل النجم الدخيل طريقه منذ ذلك الحين مختلطًا بالنجوم الأخرى؛ لم يبقَ سوى ميراثه الذي هو النظام الكوكبي، متضمنًا كرة مسكونة بالبشر.

من المؤكد أن مثل هذا النوع من الأحداث يعد أمرًا شديد الندرة حتى بالنسبة لعمر النجم الطويل. لو شبهنا الكثافة التي تتوزع بها النجوم في الفضاء بعشرين كرة تنس تتجول في كل حجم الكرة الأرضية من الداخل، فمن الممكن تشبيه الحادث الذي أدى لميلاد النظام الشمسي بالاقتراب الفعال لكرتين من هذه الكرات ضمن ياردات قليلة من إحداهما الأخرى. من غير الممكن القيام بأي مقاربة دقيقة للاحتمالات التي قد تقف ضد وقوع مثل هذه الأحداث في ضوء المعلومات القليلة وغير الدقيقة المتاحة، لكن إن كان لي أن أصدر حكمًا، فربما لم يخض مثل هذه التجربة نجم واحد فقط ضمن مئات ملايين النجوم، ربما لم تتوفر الظروف الصحيحة المناسبة

التي انتهت بتكوين نظام من الكواكب لنجم واحد فقط[1].

على الرغم من كون هذا الاستنتاج فيما يتعلق بندرة الأنظمة الشمسية المحتملة مشكوك فيه، إلا أنه مفيد في تصحيح وجهة النظر التي تم تبنيها في أريحية شديدة، تلك التي ترى في كل نجم راعيًا محتملًا للحياة. إننا نعرف بشأن إسراف الطبيعة. كم عدد بذور أشجار البلوط التي تنثر من أجل واحدة فقط قد تنمو إلى شجرة بلوط؟ وهل تحتاج الطبيعة إلى أن تكون أكثر حرصًا في شأن نجومها من حرصها فيما يتعلق ببذور البلوط؟ إذا ما كان هدف الطبيعة الأكبر تزويد تجربتها الأعظم -البشر- بسكن، فسيأتي الأمر على الصورة التي تعمل بها دائمًا، أن تنثر مليون نجم؛ إذ ربما ينجز أحدها الغرض على نحو سعيد.

بذلك فقد تقلص عدد المنازل التي كان من المحتمل أن تستضيف حياة كثيرًا للغاية عما كان عليه الحال في البداية حيث كان من المحتمل أن تتناثر الحياة بصورة أكبر. في مغامرات البحث عن منزل سنجد أنه من اللازم رفض الكثير من البيوت التي تبدو صالحة وذلك حين نتعمق في التفاصيل. قد تقرر حوادث بسيطة للغاية ما إذا كان من الممكن للأشكال العضوية أن تتأصل على الإطلاق؛ قد تقرر ظروف أعمق ما إذا كانت الحياة سترتقي إلى تعقيد يشبه خاصتنا أم ستبقى في الشكل الأدنى، رغم ذلك أظن أنه مع نهاية عملية الاستبعاد تلك سوف تبقى هناك أراضٍ قليلة متنافسة، كبثور هنا وهناك عبر الكون.

تظهر قضية أعمق تتمثل في التساؤل عما إذا كان لدينا في أذهاننا تصورًا لحياة قد تعاصر حياتنا على وجه الخصوص. إن الزمن الذي قضاه الإنسان على وجه البسيطة صغير للغاية بالمقارنة بعمر الأرض أو الشمس. لا يوجد سبب فيزيائي واضح قد

(١) كشفت الأرصاد عن كم مهول من النجوم التي تدور من حولها أنظمة كوكبية، فهو أمر ليس بالنادر أبدًا. تشير المقاربات المبنية على معلوماتنا الحديثة أن مجرتنا درب التبانة فقط قد تحتوي على ١٠٠ - ٢٠٠ مليار كوكب كحد أدنى وتصل بعض المقاربات بالعدد إلى ١٠ تريليون كوكب. (المترجم).

يمنع استمراره في سكنى الأرض لعشرة مليارات عام أخرى أو ما شابه ما دام قد دانت له بالفعل من قبل؛ لكن – حسنًا، هل في مقدورك تصور هذا؟ بافتراض أن تلك المرحلة لتطور الحياة الأعلى هي جزء صغير جدًّا بالنسبة للتاريخ غير العضوي لنجم، على ذلك فتلك الكواكب المتنافسة على التشبه بالأرض هي في العموم أماكن قد اختفت الحياة الواعية بالفعل منها أو لم تأتِ إليها بعد. لا أظن أن غاية الخلق بالكلية قد تمركزت في كوكب واحد حيث نعيش؛ وأظن أنه على المدى الطويل لا ينبغي لنا اعتبار أنفسنا العرق الوحيد الذي وهب أو سوف يوهب أعجوبة الوعي. إلا أنني أشعر بالميل إلى ادعاء أن جنسنا هو الجنس الفائق حاليًا؛ وأنه لا يوجد أي كوكب من كواكب النجوم الوفيرة في إسراف ضمن التجمعات النجمية العديدة الناظرة إلى المشهد في ازدراء، تشبه تلك التي تمر من تحت أشعة الشمس.

* * *

الفصل التاسع

نظرية الكم

منشأ الاضطراب:

في هذه الأيام، كلما التقى فيزيائيان مفعمان بالحماس وشرعا في نقاش قضايا الفيزياء النظرية، سرعان ما يتخذ الحوار عاجلًا أو آجلًا سياقًا معينًا واحدًا. تتركهما في حوارهما حول معضلاتهما الخاصة أو حول آخر الاكتشافات، لكنك تعود بعد ساعة لتجدهما قد غرقا في مسألة واحدة بالكامل – ألا وهي جهلهما الباعث على الكآبة، وما من احتمال آخر لخاتمة أخرى لهذا اللقاء. لا توجد أدنى مبالغة في ذلك. ولا تعكس حالتهما تلك أي تواضع علمي، حيث إن الشعور الغالب عليهما هو الدهشة البريئة كون الطبيعة قد أخفت سرها الجوهري بنجاح عن عقول كمثل عقليهما القويين. ببساطة قد أرغمنا ركن في مسار إنجازنا العلمي على تغيير اتجاهنا ومن ثم تكشف لنا جهلنا من أمامنا صادمًا ومضن. هناك شيء ما جذري خاطئ، لا نعرف كيفية تصحيحه مع استعانتنا بمفاهيم الفيزياء الأساسية الحالية.

إن السبب في كل هذا الاضطراب هو شيء صغير يُدعى h ، ذلك الذي يبزغ فجأة وباستمرار في كثير جدًّا من التجارب. إننا نعرف ما هو h بالضبط، وإن كانت معرفة من جانب واحد، حيث إن هناك طرقًا عديدة ومتنوعة لقياسه؛ إن h هو

٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٦٥٥ إرج . ثانية

يشير ذلك (على نحو صحيح) إلى أن h هو شيء ما صغير جدًّا؛ لكن المعلومة الأكثر أهمية عنه مضمنة في وحدة القياس. إن الإرج هو وحدة قياس الطاقة والثانية هي وحدة قياس الزمن؛ من ذلك ندرك أن طبيعة h هي طاقة مضروبة في زمن.

لا نكاد نصادف في الحياة العملية طاقة مضروبة في زمن. غالبًا ما نقوم بقسمة الطاقة على الزمن. على سبيل المثال، يقوم قائدو المركبات بقسمة الطاقة الناتجة عن محركاتهم على الزمن ومن ثم يحصلون على قوة المحرك وعدد الأحصنة التي تساويها. على عكس ذلك، تضرب شركة امدادات الكهرباء قوة الأحصنة أو عدد الكيلو وات في عدد ساعات الاستهلاك ومن ثم ترسله في فواتيرها. لكن أن تضرب ذلك في عدد الساعات مرة أخرى، سوف يبدو عمل كهذا شاذًّا للغاية حال القيام به.

لكن لا يبدو الأمر غريبًا جدًّا تمامًا عندما ننظر إليه في العالم رباعي الأبعاد المطلق. إن الكميات مثل الطاقة التي نعتقد في وجودها عند لحظة معينة، تنتمي للفضاء ثلاثي الأبعاد، وتحتاج إلى أن يتم ضربها في المدة الزمنية كي تمنح سمكًا قبل أن يكون في الإمكان وضعها في العالم رباعي الأبعاد. فلتتخيل جزءًا مكانيًّا ما. فلنقل بريطانيا العظمى؛ علينا أن نشير إلى كم البشر فيها على صورة ٤٠ مليون شخص. لكن تخيل جزءًا من الزمكان، فلنقل بريطانيا العظمى بين عامي ١٩١٥ و١٩٢٥؛ يتوجب علينا عند الإشارة إلى كم البشر فيها أن يكون ذلك على صورة ٤٠٠ مليون شخص . عام. لكى نشير إلى محتوى العالم من البشر من وجهة نظر زمكانية فيجب علينا أن نلتزم بوحدة قياس ليست معينة مكانيًّا فقط بل زمنيًّا كذلك. على نحو مماثل، لو أن محتوى ما آخر مكاني يشار إليه في صورة العديد من الإرج الكثيرة، فإن المحتوى المقابل لمنطقة من الزمكان سوف يشار إليه كالعديد من الإرج . ثانية الكثيرة.

نطلق على هذه الكمية التي تنتمي إلى العالم رباعي الأبعاد وتعد المناظر أو التكييف اللازم لطاقة العالم ثلاثي الأبعاد اسم (الفعل). لا يبدو أن للاسم أي علاقة خاصة بالمسمى، لكن علينا القبول به. ينتمي الإرج . ثانية أو الفعل إلى عالم منكوفسكي

وهو عالم مشترك لكل الراصدين ولذلك فهو مطلق. إنه واحد من الكميات المطلقة القليلة للغاية التي تم الانتباه لها في فيزياء ما قبل النسبية. باستثناء الفعل والإنتروبيا (التي تنتمي إلى فئة مختلفة تمامًا من فئات المفاهيم الفيزيائية) ترجع كل الكميات البارزة في فيزياء ما قبل النسبية إلى قطاعات ثلاثية الأبعاد، لذلك تكون مختلفة بالنسبة للراصدين المختلفين.

لقد تكشفت لنا أهمية الفعل المحتملة التي قد يحظى بها في مخطط الطبيعة من قبل إرساء قواعد النظرية النسبية بوقت طويل وذلك من منطلق كونه كمية مطلقة، وقبل وقت طويل من بداية ظهور ذلك القدر المحدد من الفعل **h** على وجه الخصوص، لقد استفاد الباحثون في مجال الديناميكا النظرية بالفعل على نحو عظيم. كانت جهود سير ويليام هاملتون على وجه الخصوص هي التي دفعت بالديناميكا إلى المقدمة؛ ومنذ ذلك الحين تم إنجاز الكثير جدًّا من التطوير النظري في مجال الديناميكا انطلاقًا من هذا الأساس. ربما أحتاج إلى أن أشير فقط إلى البحث المعياري في الديناميكا التحليلية الذي قام به بروفيسور إدنبرة[1]، حيث يعد حقيقة أصل ذلك التطوير. لم يكن من الصعب إدراك أهمية المبدأ الرئيس الجوهرية ودلالته؛ لكن من الضروري الاعتراف بأن أهمية التطورات الأكثر تفصيلًا لم تبد واضحة جدًّا لغير المتخصص – إلا كوسيلة بارعة ربما لجعل الأشياء السهلة صعبة. في النهاية قد بررت الغريزة التي قادت إلى كل هذا نفسها على نحو لافت. بات من اللازم الانغماس عميقًا إلى حد كبير في نظرية هاملتون للديناميكا من أجل تعقب أي تقدم في نظرية الذرة الكمية وذلك منذ عام ١٩١٧ تقريبًا. من اللافت للنظر أنه كما وجد أينشتاين حساب الموترات جاهزًا لأجله وقد أنجز الرياضيون فيه الكثير، كأنما أعدوه له، حيث إن ذلك الحساب قد كان ما يحتاجه بالضبط كي يطور نظريته العظيمة للجاذبية، فكذلك وجد فيزيائيو الكم نظرية فعل للديناميكا متشعبة وجاهزة، من دونها ما استطاعوا أن يتقدموا للأمام.

(١) بروفيسور إ. ت. ويتاكر (المؤلف).

لكن لم يؤهلنا اكتشافنا لأهمية الفعل المطلقة في العالم رباعي الأبعاد أو بزوغ نجمه المبكر في ديناميكا هاملتون إلى افتراض أن كمية محددة منه قد تكون ذات أهمية خاصة. وإلى الآن تواصل كمية محددة ذات حجم معياري ثابت ٦,٥٥ . ١٠-٢٧ إرج . ثانية الظهور في تجاربنا. ربما يكون من الجيد تمامًا التفكير في الفعل على أنه ذري واعتبار هذه الكمية ذات الحجم المعياري كذرة الفعل، لكننا لا نستطيع أن نفعل ذلك، رغم محاولاتنا الجاهدة طوال العشرة سنوات الأخيرة. إن تصورنا الحالي عن العالم يظهر الفعل في شكل غير متوافق أبدًا مع هذا النوع من البنى الذرية، والصورة العامة يجب أن يعاد رسمها كاملة من جديد. في الحقيقة يجب أن يكون هناك تغيير جذري في المفاهيم الأساسية التي بُني عليها مخطط الفيزياء؛ تكمن المشكلة في اكتشاف ذلك التغيير المطلوب على نحو محدد. لقد توالت الأفكار الجديدة التي تحاول التعاطي مع الموضوع منذ عام ١٩٢٥ وقد بدا أنها قد خففت من وقع الاخفاق وجعلته أقل وطأة كما منحتنا معرفة محدودة بطبيعة الثورة التي يجب أن تأتي؛ لكنها لم تنجح في اقتراح حل عام للمعضلة. سوف تكون تلك الأفكار الجديدة موضوع الفصل التالي. أما الآن فيبدو لي من الأفضل أن نلزم أنفسنا بعدم تجاوز النقطة التي ارتكزت عليها أفكار عام ١٩٢٥ في نقاشنا، باستثناء الجزء الأخير في نهاية الفصل، حيث نتأهل للنقلة.

ذرة الفعل:

نتذكر أن الفعل له مكونان، هما، الطاقة والزمن، يتوجب علينا أن ننظر مليًّا في الطبيعة بحثًا عن كمية محددة للطاقة، ترتبط بها فترة محددة من الزمن. تلك هي الطريقة التي بواسطتها يمكن فصل كمية محددة من الفعل عن بقية الفعل الذي يملأ الكون دون تقسيم مختلق. على سبيل المثال طاقة بنية الإلكترون هي كمية محددة ومعروفة؛ إنه تجمع للطاقة يحدث بشكل طبيعي في كل أجزاء الكون، لكن لا توجد فترة زمنية محددة – نحن على علم بها – مرتبطة به، وبذلك فهو لا يقترح علينا أي كمية محددة من الفعل. يجب أن نتحول إلى شكل من أشكال الطاقة التي لها فترة

زمنية محددة ويمكن اكتشاف ارتباطها بها. على سبيل المثال قطار موجات الضوء؛ تلك الموجات التي تحمل معها وحدة للزمن -على وجه التحديد- الزمن الدوري لتذبذبها. يتكون الضوء الأصفر الذي مصدره الصوديوم من ذبذبات أثيرية زمنها جزء من ٥١٠ بليون جزء من الثانية الواحدة. للوهلة الأولى يبدو أننا نواجه صعوبة من نوع عكسي؛ لدينا الآن فترتنا الزمنية المحددة؛ لكن كيف لنا أن نقتطع الوحدات الطبيعية من الطاقة الصادرة عن لهب الصوديوم؟ بالتأكيد يجب علينا أن نفصل الضوء بادئين من الذرة المفردة التي تشعه، لكن ذلك الضوء لن ينقسم إلى وحدات ما لم تشع الذرة بشكل غير متواصل.

لقد تبين لنا بالفعل أن الذرة تشع الضوء بشكل غير متواصل. ترسل خارجها بقطار طويل من الموجات ثم تتوقف. يجب أن يُعاد بناء العملية بواسطة نوع من الاستثارة قبل أن تشع مجددًا. لا ندرك هذا التقطع في شعاع الضوء المعتاد لأن هناك العديد من الذرات المتداخلة في إنتاج الضوء.

وجد أن كمية الطاقة الصادرة عن ذرة الصوديوم في خضم أي إشعاع من هذه الإشعاعات غير المتواصلة هي ٤ ,٣ × ١٠$^{-١٢}$ إرج. بذلك بات لدينا المكونان اللازمان لاستنتاج الكمية الطبيعية للفعل. اضربهما معًا، فنحصل على ٥٥ ,٦ × ١٠$^{-٢٧}$ إرج . ثانية. تلك هي الكمية **h**.

يصبح القانون قانونًا طبيعيًّا جديرًا بالملاحظة والرصد عندما نحصل دائمًا على نفس النتيجة الرقمية عند تطبيقه. فلنقم بدراسة مصدر آخر للضوء - الهيدروجين أو الكالسيوم أو أي ذرة أخرى. سوف تسجل كمية الطاقة عددًا مختلفًا من الإرج؛ سوف يكون الزمن الدوري عددًا مختلفًا من الثواني؛ لكن الناتج سوف يكون دائمًا ذات عدد الإرج . ثانية. ينطبق نفس الأمر على أشعة إكس وعلى أشعة جاما وعلى كل الأشكال الأخرى من الإشعاع. ينطبق على الضوء الذي تمتصه الذرة كما ينطبق على الضوء الذي تشعه، يكون الامتصاص بصورة غير متواصلة أيضًا. يثبت ذلك

أن h ما هي إلا نوع من الذرات – شيء ما ملتحم ببعضه كوحدة واحدة في خضم عمليات الإشعاع؛ ليست h بذرة مادة لكنها رغم ذلك تعتبر ذرة –أو كما ندعوها عادة «كم فعل» – أكثر الكميات والكيانات الفيزيائية إثارة للحيرة. في الوقت الذي يوجد فيه ٩٢ نوعًا مختلفًا من ذرات المادة، هناك نوع واحد من الفعل فقط – دائمًا ما يكون هو نفسه أيًّا ما كانت المادة المرتبطة به[١]. أقول دائمًا ما يكون هو نفسه دون أي تحفظات. ربما تعتقد في أن هناك بالتأكيد اختلافًا كيفيًّا ما بين كم الضوء الأحمر وكم الضوء الأزرق، على الرغم من أن كليهما يحتوي على نفس عدد الإرج. ثانية؛ إلا أن الاختلاف القائم هو اختلاف ظاهري، نسبي بحسب إطار مكان وزمان الراصد وغير معني أبدًا بكمية الفعل المطلقة. مع الاقتراب من مصدر الضوء بسرعة عالية يتغير الضوء الأحمر إلى ضوء أزرق وهو ما يتوافق مع مبدأ دوبلر؛ تتغير طاقة الموجات أيضًا حيث إنها قد باتت منسوبة إلى إطار مرجعي جديد. يلقي لهب الصوديوم ولهب الهيدروجين نحونا بنفس كميات الفعل، فقط تكون هذه الموجات موجهة بشكل مختلف بالنسبة إلى الخطوط الحالية التي قمنا برسمها عبر العالم رباعي الأبعاد. إذا ما غيرنا حركتنا بحيث نعدل من اتجاه الخطوط الحالية، يمكننا أن نرى الكميات التي مصدرها الصوديوم بنفس التوجه الذي رأينا عليه في السابق الكميات التي كان مصدرها الهيدروجين وساعتها سنذهب إلى أن الاثنين حقيقة هما نفس الشيء ومتماثلان.

لاحظنا في الفصل الرابع أن خلط الطاقة يمكن أن يصبح تامًّا، على ذلك فقد تم الوصول إلى حالة محددة تعرف بالتوازن الديناميكي الحراري؛ وقد لاحظنا أن هذا ممكن فقط لو أنه قد تم خلط وحدات غير قابلة للتقسيم. لو كان من الممكن تمزيق أوراق اللعب إلى قطع أصغر وأصغر من دون حد، فليس هناك نهاية لعملية الخلط. الوحدات غير القابلة للتقسيم في عملية خلط الطاقة هي الكمات. عن طريق

(١) عدد العناصر المعروفة حاليًا ١١٨ عنصرًا (المترجم).

الإشعاع والامتصاص والتشتت يتم خلط الطاقة بين مختلف أوعية المادة والأثير، لكن لا يتم تمرير سوى كم واحد فقط عند كل خطوة. في الحقيقة كانت هذه الحتمية فيما يتعلق بالتوازن الديناميكي الحراري هي ما وضعت البروفيسور ماكس بلانك في البداية على طريق الكم؛ وقد تم حساب مقدار **h** في البداية عن طريق تحليل تركيب الإشعاع المرصود في حالة العشوائية الأخيرة. كان الفضل في التقدم الذي أحرزته النظرية خلال فترة مراهقتها عائدًا بشكل كبير إلى أينشتاين وذلك فيما يخص المبادئ العامة وإلى بور فيما يخص ربطها بالبنية الذرية. تتلخص الطبيعة المتناقضة للكم في أنه على الرغم من كونه غير قابلة للتقسيم إلا أنه غير متماسك كوحدة واحدة. لقد قمنا في البداية باختبار حالة كانت فيها كمية الطاقة مترابطة معًا بصورة واضحة، نقصد أنه قد كان لدينا إلكترون، لكننا لم نعثر على **h**؛ ثم حولنا انتباهنا إلى حالة، كانت الطاقة فيها تذوب مبتعدة عبر الفضاء بصورة واضحة، نقصد موجات الضوء وقد ظهرت **h** هذه المرة في الحال. يبدو أن ذرة الفعل ليس لها أي ترابط في الفضاء؛ إن لها وحدة مترابطة تتجاوز الفضاء. كيف يمكن لمثل هذه الوحدة أن تجبل على الظهور في تصورنا عن العالم خاصتنا الممتد عبر المكان والزمن؟

التعارض مع النظرية الموجية للضوء:

يؤدي تتبع الكم إلى مفاجآت عديدة؛ لكن من المحتمل أن أيًّا منها ليس صادمًا وخارجًا عن المألوف بالنسبة لمفاهيمنا المسبقة بذات قدر إعادة جمع الضوء وأي طاقة أخرى قد تم إشعاعها في وحدات **h**، في الوقت الذي تظهرها كل التصورات وقد تناثرت أكثر وأكثر. فلتتفكر في موجات الضوء الناتجة عن إشعاع منفرد تم بواسطة ذرة منفردة على نجم الشعرى اليمانية. تحمل هذه الموجات مبتعدة كمية معينة من الطاقة بثت خلال زمن معين، ونتاج كمية الطاقة والزمن معًا هو **h**. الزمن الدوري المحمول بواسطة الموجات لا يتغير، لكن الطاقة تنتشر إلى الخارج في دائرة تتسع أبدا. بعد ثمانية أعوام وتسعة أشهر أوشك صدر الموجة على الوصول

إلى كوكب الأرض. قبل وصول صدر الموجة بدقائق قليلة تصاعدت فكرة في رأس شخص ما، حيث فكر في أن يخرج وينظر نحو السماء معجبًا بعظمتها وخلال وقت قصير كان قد ثبت عينيه على مسار الموجة. عندما بدأت موجات الضوء لم تكن لديها أدنى فكرة عما هي مقبلة على الاصطدام به؛ كل ما كانت تعرفه أنها مرتبطة برحلة عبر الفضاء اللانهائي، كما هو حال أغلب زملائها. تبدو طاقاتها وقد تناثرت بشكل لا يمكن استعادته فوق دائرة نصف قطرها ٥٠ بليون ميل. ومع ذلك لو أن لتلك الطاقة أن تدخل المادة من جديد، لو أن لها أن تقوم بتلك التغيرات الكيميائية التي أحدثتها في الشبكية، تلك التغيرات التي تؤدي إلى الشعور بالضوء، فليس أمامها سوى أن تدخل ككم فعل مفرد **h** . يجب أن يدخل ٦.٥٥×١٠^{-٢٧} فقط أو لا يدخل شيء على الإطلاق. بالضبط كما هي الذرة المشعة فقد جبلت على أن ما يخرج منها -أيًّا ما كان- سيكون دائمًا **h** بغض النظر عن كل قوانين الفيزياء الكلاسيكية، يتكرر نفس الأمر أيضًا مع الذرة المستقبلة فقد جبلت على أنه -أيًّا ما كان - ما يدخل فيها فسيكون **h** بالضبط. لا تمر كل موجات الضوء الواصلة إلينا دون أن تدخل العين؛ فنحن بطريقة ما نقدر على رؤية الشعرى اليمانية. فكيف يحدث هذا؟ هل تقوم التموجات التي تصطدم بالعين بإرسال رسالة راجعة إلى مؤخرة الموجة تقول «لقد وجدنا عينًا. دعونا جميعا نتجمهر فيها!»

انتظمت محاولات تفسير هذه الظاهرة ضمن سبيلين رئيسين، يمكننا أن نصفهما بنظرية «صندوق النذور» ونظرية «اليانصيب» على الترتيب. دون أن تحاول جاهدًا ترجمتهما إلى لغة علمية، فإنهما يشيران إلى هذا: في النظرية الأولى تحمل الذرة صندوقًا للنذور، تدفع فيه كل مجموعة قد وصلت مساهمة صغيرة جدًّا؛ عندما تبلغ الكمية التي في الصندوق كمًّا كاملًا، يدخل هذا الكم إلى داخل الذرة. في النظرية الثانية تستخدم الذرة جزءًا صغيرًا من الكم المقدم لها كي تشتري تذكرة في اليانصيب وجوائز هذا اليانصيب كم كامل؛ بعض الذرات سوف تفوز بكم كامل وبالتالي

سيكون في مقدورها امتصاصه، وهي تلك الذرات الفائزة في شبكيتنا التي تخبرنا بوجود الشعرى اليمانية.

لا يمكن الدفاع عن نظرية صندوق النذور. فكما قال جينز يومًا، لا تمنعنا نظرية الكم من قتل طائرين بحجر واحد فقط، لكنها لن تتركنا حتى نقتل طائرًا واحدًا بحجرين. لا يمكنني أن أخوض بشكل كامل مفصل في الأسباب التي تقف ضد هذه النظرية، لكنني قد أشرح صعوبة أو اثنتين من الصعوبات. واحدة من الصعوبات تنشأ بسبب صناديق النذور نصف الممتلئة. سوف نفهم هذا بصورة أكثر سهولة لو تفكرنا في الجزيئات بدلًا من الذرات، تلك الجزيئات التي تمتص أيضًا كمات كاملة فقط. قد يبدأ الجزيء في جمع أنواع الضوء المتنوعة التي يمكن له أن يمتصها، لكن قبل أن يجمع كمًّا من أي نوع واحد فإنه يشارك في تفاعل كيميائي. تكونت مركبات جديدة لم تعد تمتص أنواع الضوء القديمة؛ إن لها امتصاصًا طيفيًّا مختلفًا تمامًا. سوف يتوجب عليها أن تبدأ من جديد في جمع أنواع الضوء الموافقة لها. ما الذي سوف يتم عمله بالنسبة للتراكمات السابقة التي أصبحت عديمة الجدوى الآن، حيث إنه لا يمكن استكمالها أبدًا؟ هناك شيء واحد مؤكد؛ لا يتم إطلاقها كبقشيش إلى الأثير عندما يحدث التغير الكيميائي.

هناك أيضًا ظاهرة تبدو معاكسة على نحو مباشر لأي شكل من أشكال تفسيرات صندوق النذور في حالة التأثير الكهروضوئي. عندما يشع الضوء على شرائح معدنية من الصوديوم والبوتاسيوم والروبيديوم إلخ. تنطلق الإلكترونات الحرة من الشريحة. تحلق مبتعدة بسرعة عالية، ومن الممكن قياس سرعتها أو طاقتها تجريبيًّا. بلا شك إنه الضوء الساقط الذي يزود بطاقة هذه الانفجارات، لكن الظاهرة محكومة بقانون مميز. أولًا، لا تزيد سرعة الإلكترونات باستخدام ضوء أكثر قوة. ما يعني أن زيادة تركيز الضوء تنتج انفجارات أكثر لكنها لا تنتج انفجارات أقوى. ثانيًا، تزداد السرعة مع استخدام ضوء أكثر زرقة أي ضوء فترته الزمنية أقصر. على سبيل المثال،

الضوء الضعيف الواصل لنا من الشعرى اليمانية سوف يسبب اندفاعات أكثر قوة للإلكترونات من ضوء الشمس الكامل، لأن الشعرى اليمانية أكثر زرقة من الشمس؛ لا يؤدي بعد الشعرى اليمانية إلى ضعف اندفاعات الإلكترونات بالرغم من أنه يقلل عددها.

الظاهرة الكهروضوئية هي ظاهرة كمية مباشرة. كل إلكترون يحلق خارجًا من المعدن قد جمع كمًّا واحدًا بالضبط من الضوء الساقط. بما أن قانون h يربط الطاقة الأعلى مع زمن الذبذبات الأقصر، إذا فالضوء الأكثر زرقة يزود بطاقة أكثر شدة. تبين التجارب أن كل إلكترون يخرج مندفعا بطاقة حركة مساوية لطاقة كم الضوء الساقط وذلك بعد استنتاج ثابت «عتبة» الطاقة التي تستخدم في استخلاص الإلكترون من الشريحة.

يمكن إعداد الشريحة في الظلام؛ لكن مع تعرضها لضوء خافت تبدأ الإلكترونات في الحال في التحليق قبل أن يكون أي صندوق نذور قد امتلأ عبر استخدام وسائل عادلة. ولا يمكننا الركون إلى أي تأثير محفز للضوء يمكنه إطلاق إلكترون قد تم تحميله بالطاقة بالفعل من أجل رحلته؛ إنها طبيعة الضوء الذي يقرر كمية الحمل. يطلب الضوء النغمة، لذلك عليه أن يدفع للزمار. لا تزود النظرية الكلاسيكية -بمفردها- الضوء بجيب كي يدفع منه.

من الصعب دائمًا أن تشيد جدار تفنيد كاملًا -لا يغادر صغيرة أو كبيرة - من أجل أن تنفي كل ما تم إنجازه على طول خط معين من محاولات التفسير. لكن حتى إن كان لا يزال التملص ممكنًا، يأتي وقت يبدأ الشخص عنده في إدراك أنه لم يعد هناك مجال للف والدوران. لو قُدّر لنا امتلاك غريزة من نوع ما يمكنها التعرف على قوانين الطبيعة الأساسية عندما ترى واحدًا، سوف تخبرنا تلك الحاسة أن تفاعل الإشعاع والمادة من خلال كمات مفردة هو شيء يقع في أصل بنية العالم وليس نتيجة أحد التفاصيل السببية في آلية الذرة. وعلى ذلك سوف نتحول إلى نظرية اليانصيب، التي ترى في هذه الظاهرة نقطة بداية لمراجعة جذرية للمفاهيم الكلاسيكية.

فلتفترض أن موجات الضوء التي لها شدة تقدر بواحد من المليون من الكم – بحسب التقديرات المعتادة لطاقاتها – قد سيقت إلى مجال كل الذرات. الظاهرة غير المتوقعة أن تمتص ذرة واحدة من مليون ذرة كمًّا كاملًا بدلًا من أن تمتص كل ذرة واحدًا من مليون من الكم. تلك الكمات الكاملة الممتصة قد تم توضيحها بواسطة التجارب الكهروضوئية التي تم وصفها بالفعل، بما أن كل الإلكترونات المنبعثة قد نجحت في تأمين كم طاقة كامل.

يبدو أن ما كانت تحمله موجات الضوء بالفعل في متناول كل ذرة لم يكن واحدًا من مليون من الكم لكن واحد من مليون من فرصة تأمين كم كامل. تصور وتصف النظرية الموجية للضوء شيئًا ما قد تم توزيعه بعدل ومساواة على صدر الموجة كله، يتم تعريف ذلك الشيء عادة كطاقة. يبدو من المستحيل إنكار مثل هذا التماثل والانتظام حيث تبرهن عليه ظواهر مستقرة ومؤكدة مثل التداخل والحيود، لكن يتوجب علينا –فيما يبدو– أن نمنحها تفسيرًا آخر؛ إنها فرص طاقة متماثلة. لو قمنا بتمثل التعريف القديم البالي للطاقة ك «قدرة على القيام بشغل» فإن الموجة تحمل على كامل صدرها فرصًا متماثلة للقيام بشغل. إن انتشار تلك الفرص هو ما تقوم النظرية الموجية بدراسته.

من المحتمل طرح وجهات نظر مختلفة عن الكيفية التي يتم بها سحب الجوائز في نظرية اليانصيب. البعض يعتقد في أن الجزء المحظوظ من صدر الموجة قد تم وسمه بالفعل قبل بلوغ الذرة، بالإضافة إلى انتشار الموجات على نحو متماثل منتظم فإن انتشار الفوتون أو «شعاع الحظ» متداخل في العملية. يبدو لي هذا كخروج عن الالتزام بالاتجاه العام لنظرية الكم الحديثة؛ وعلى الرغم من أن أغلب السلطات العلمية تأخذ بمنظور نظرية الكم الحديثة ذلك الآن، حيث يقال إنه قد تمت الإشارة لها بشكل مؤكد بواسطة تجارب معينة، إلا أنني لا أضع ثقة كبيرة للغاية على رسوخ هذا الرأي.

نظرية الذرة:

نعود الآن إلى معلومات تجريبية أعمق بشأن الكمات. تظهر الكمية الغامضة h داخل الذرة كما تظهر خارجها. دعنا نتدارس أبسط الذرات، على وجه التحديد، ذرة الهيدروجين. تتكون هذه الذرة من بروتون وإلكترون، ما يجعل القول بأنها تتكون من وحدة شحنة كهربية موجبة ووحدة شحنة كهربية سالبة ممكنًا. يحمل البروتون كل كتلة الذرة تقريبًا ويبقى كصخرة في المركز، بينما يتحرك الإلكترون الرشيق الماهر حول النواة في مدار دائري أو بيضاوي تحت تأثير قانون التربيع العكسي للتجاذب فيما بينهما. لذلك يشابه ذلك النظام كثيرًا شمسًا وكوكبًا. لكن بينما قد يكون لمدار الكوكب في النظام الشمسي أي حجم أو أي تطرف عن المركز، يكون مدار الإلكترون محصورًا في سلسلة من أحجام وأشكال محددة. لا يوجد شيء في النظرية الكلاسيكية للكهرومغناطيسية يفرض مثل هذه القيود، لكن القيود موجودة، والقانون الذي يفرضها قد تم اكتشافه. لقد ظهر القانون لأن الذرة مرتبة كي تجعل شيئًا ما في داخلها مساويًا لـ h . تتم تنحية المدارات البينية لأنها سوف تتضمن كسورًا من h في حين لا يمكن تقسيم h .

لكن هناك تخفيفًا واحدًا. عندما يتم إرسال طاقة موجية إلى الخارج أو اقتناصها إلى داخل الذرة، يجب أن تتوافق الكمية والزمن مع h بالضبط. لكن بالرجوع إلى الترتيبات الداخلية فليس لدى الذرة اعتراضات على 2h و3h و4h إلخ. ؛ تصر فقط على أن الكسور سوف تتم تنحيتها. ذلك هو السبب في أن هناك الكثير من المدارات البديلة للإلكترون مقابلة للمضاعفات الكاملة المختلفة لـ h . نطلق عليها مضاعفات أرقام الكم ونقول عنها مدارات ١ كم ومدارات ٢ كم إلخ. لن أدخل هنا في تفاصيل محددة عما يجب أن تكون عليه ماهية مضاعفات h بالضبط؛ لكنها شيء ما يشاهد في العالم رباعي الأبعاد، يرى في الحال على أنه فعل على الرغم من أنه ليس واضحًا جدًّا عندما ننظر إليه بالطريقة المعتادة في الأقسام ثلاثية الأبعاد. هناك العديد من ملامح

الذرة المتعددة يتم تنظيمها بشكل مستقل بواسطة هذا القانون أيضًا، وعلى ذلك هناك أرقام كم متعددة – واحد لكل ملمح؛ لكن من أجل تجنب التعقيدات التقنية فإنني سوف أشير فقط إلى أرقام الكم التي تخص الملمح الواحد المتصدر.

حسب هذا التصور عن الذرة الراجع إلى نيلز بور، فإن انتقال الإلكترون من أحد مدارات الكم إلى الآخر هو تغير الحالة الوحيد المحتمل. يجب أن تحدث هذه القفزة عند أي وقت يتم امتصاص أو إشعاع الضوء فيه. إذَنْ فلتفترض أن إلكترونا قد كان يرتحل في أحد المدارات عالية الطاقة ثم قفز نحو الأسفل إلى مدار ذي طاقة أقل. سوف يكون لدى الإلكترون إذَنْ كمية معينة من الطاقة الفائضة التي يجب أن يتخلص منها. إن كمية الطاقة ثابتة، ويتبقى أن تقرر الزمن الدوري للتذبذب الذي سوف تحظى به عندما تتحول إلى موجة أثير. يبدو من غير المتصور أن تقبض الذرة على الأثير وتهزه في أي زمن دوري غير ذلك الذي تهتز به هي نفسها. مع ذلك فالحقيقة الثابتة تجريبيًّا، أنه عندما تطلق الذرة ذبذبة في الأثير مع إشعاعها، فإنه يتم تجاهل الزمن الدوري للإلكترون ولا يتقرر الزمن الدوري لموجات الأثير بواسطة أي من الآليات المتصورة لكن بواسطة ما يبدو كقانون **h** المصطنع. ستبدو الذرة كأنها ترمي في غير اعتناء من فوق السطح بكمية من الطاقة، تلك الطاقة التي تشكل نفسها ككم فعل بينما تنزلق إلى الأثير وذلك عن طريق اتخاذها للزمن الدوري المتطلب من أجل تخليق ناتج الطاقة والزمن الدوري المساويان لقيمة **h** . إذا ما بدا أن هذه العملية غير الميكانيكية للإشعاع مناوئة لمفاهيمنا المسبقة، فإن العملية المعاكسة بالضبط للامتصاص تعد أكثر مناوئة حتى من ذلك. في عملية الامتصاص على الذرة أن تمعن البحث عن كمية طاقة لها بالضبط نفس القدر المتطلب لرفع الإلكترون إلى المدار الأعلى. بمقدور الإلكترون أن يستخلص مثل هذه الكمية من الطاقة من موجات الأثير التي لها زمن دوري خاص فقط – ليس الزمن الدوري الذي له نفس التردد الذي لبنية الذرة، لكنه الزمن الدوري الذي يجعل للطاقة الكم المضبوط.

ربما تكون أكثر الأدلة البارزة لسيادة الكم نابعة من ذلك التناسق بين طاقة قفز المدار والزمن الدوري للضوء الذي يحمل تلك الطاقة بعيدًا كي يمد بالكمية الثابتة h، يستحق الأمر أن ننفق لحظات من أجل شرح كيفية قياس طاقة قفزة المدار تلك. من السهل نقل كمية معروفة من الطاقة إلى إلكترون مفرد بجعله يرتحل على طول مجال كهربي مع قياس الهبوط في الجهد. لو أن هذا المقذوف اصطدم بذرة، فقد يتسبب في جعل واحد من الإلكترونات الدوارة في الذرة يقفز إلى مدار أعلى، لكن لن يحدث ذلك مطلقًا إلا إذا كانت طاقته كافية للمد بتلك الطاقة اللازمة من أجل القفزة؛ لو كان للإلكترون طاقة ضئيلة للغاية فليس في مستطاعه أن يفعل شيئًا وعليه أن يمر مواصلًا طريقه بطاقته سليمة. دعنا نطلق تيارًا من الإلكترونات، كلها قد وهبت نفس كمية الطاقة إلى وسط مجموعة من الذرات. لو كانت الطاقة أقل من تلك اللازمة لقفزة مدار، فسوف يمر التيار عبر الذرات دون أي تداخل خلاف التشتت المعتاد. الآن قم تدريجيًّا بزيادة طاقة الإلكترونات؛ فجأة نجد الإلكترونات تترك جانبًا كبيرًا من طاقتها وراءها. ذلك يعني أننا قد وصلنا إلى الطاقة الحرجة وقد تمت استثارة القفزات المدارية. ما يعني أن لدينا وسائل لقياس الطاقة الحرجة المكافئة تمامًا لتلك التي للقفزة بالضبط – وتساوي فارق الطاقة بين حالتي الذرة. الفائدة من وراء هذه الطريقة في القياس أنها لا تتطلب أي معلومات عن الثابت h ، لذلك فلا خوف من السقوط في قلب دائرة مفرغة عندما نستخدم الطاقات التي تم قياسها لاختبار قانون h[1]. على هذا النحو، توفر لنا هذه التجربة حجة أخرى ضد نظرية صندوق النذور. لا يتم قبول الاسهامات الصغير من الطاقة بشكر وعرفان، وغير مسموح للإلكترونات التي تقدم أي شيء أقل من إسهام كلي لأجل القفزة أن تقوم بأي تبرع على الإطلاق.

(١) بما أن قانون h قد أصبح راسخًا الآن فإن طاقات الحالات المختلفة للذرات يتم حسابها عادة بمساعدته؛ سوف يكون استخدامها في اختبار القانون دائرة مفرغة عبثية. (المؤلف).

العلاقة بين القوانين الكلاسيكية وقوانين الكم:

سوف يقودنا الانجراف وراء الاثباتات والتأكيدات فيما يخص قوانين الكم وتطبيقاتها الناجحة إلى مسح تفصيلي لجزء عظيم من الفيزياء الحديثة يتعلق بالحرارة النوعية والمغناطيسية وأشعة إكس والنشاط الإشعاعي وما إلى غير ذلك. علينا أن نترك هذا وأن نعود إلى الاعتبارات العامة فيما يخص العلاقة بين القوانين الكلاسيكية وقوانين الكم. لمدة ١٥ عامًا ماضية كنا نستخدم القوانين الكلاسيكية وقوانين الكم جنبًا إلى جنب على رغم التناقض الجلي بين مفاهيمهما. في نموذج الذرة، من المفترض أن الإلكترونات تمضي في مداراتها وفق القوانين الكلاسيكية للديناميكا الكهربية؛ لكنها تقفز من أحد المدارات إلى الآخر بطريقة لا تتوافق أبدًا مع تلك القوانين. يتم حساب طاقات المدارات بواسطة القوانين الكلاسيكية؛ لكن أحد أغراض الحسابات هو التثبت من صحة الارتباط بين الطاقة ومدة الدورة الزمنية بالوحدة **h**، والتي هي على العكس من القوانين الكلاسيكية للإشعاع. العملية كلها مخالفة بشكل جلي وواضح لكنها -ويالللعجب!- ناجحة.

في مرصدي هناك تليسكوب يقوم بتكثيف ضوء نجم على شريحة صوديوم في خلية كهروضوئية. أعتمد على النظرية الكلاسيكية لتمرير الضوء عبر العدسات وتركيزه في الخلية؛ ثم أتحول إلى نظرية الكم كي أجعل الضوء يخرج الإلكترونات من شريحة الصوديوم كي يتم جمعها في إلكترومیتر (مقياس الإلكترونات). إذا ما حدث وقمت بتبديل النظريتين، تقودني نظرية الكم إلى أن الضوء لن يتركز أبدًا على الخلية وتبين لي النظرية الكلاسيكية أن الضوء لا يملك القوة كي يستخرج الإلكترونات إذا ما دخل. لا أملك سببًا منطقيًّا لعدم استخدام النظريتين على هذا النحو المتبادل؛ فقط التجربة علمتني أنه ينبغي علي ألا أفعل. لم يكن سير ويليام براج يبالغ في الأمر، عندما قال إننا نستخدم النظرية الكلاسيكية أيام الإثنين والأربعاء والجمعة، ونستخدم نظرية الكم أيام الثلاثاء والخميس والسبت. ربما يجب أن

يجعلنا ذلك نشعر ببعض التعاطف القليل نحو الرجل الذي تتخذ فلسفته عن الكون قوامًا في أيام الأسبوع وقوامًا آخر أيام الآحاد.

في القرن المنصرم – وأظن في هذا القرن أيضًا – قد كان هناك بالتأكيد رجال علم يحافظون على علمهم وتدينهم في حجرات محكمة. يحتفظون جيدًا بمجموعة من المعتقدات في المعمل وبمجموعة أخرى من المعتقدات في الكنيسة، ولم يبذلوا أي مجهود جاد لجعلها متناغمة. يمكن الدفاع عن هذا السلوك؛ حيث إن مناقشة صلاح المعتقدات سوف تقود العالم إلى مناطق فكرية، هو ليس خبيرًا بها؛ وأي إجابة قد يصل إليها سوف تفتقر إلى الموثوقية الكبيرة. من الأفضل التسليم بأن هناك بعض الحقيقة في كل من العلم والدين؛ وإن كان لزامًا عليهما الصراع، فليكن ذلك في مكان آخر غير ذهن عالم مجد في عمله. إذا ما قمنا أبدًا بازدراء مثل هذا السلوك، فما من شك أن نميسيز[1] سوف تنال منا وسندفع الثمن الباهظ. لعشر سنوات كان علينا أن نقسم العلم الحديث إلى حجرتين، لدينا مجموعة من المعتقدات في الحجرة الكلاسيكية ومجموعة أخرى من المعتقدات في حجرة الكم. لسوء الحظ فحجرتانا ليستا محكمتين.

ينبغي علينا بالتأكيد التطلع إلى إعادة هيكلة نهائية لمفاهيمنا عن العالم الفيزيائي، تلك التي ستجمع شمل كلٍّ من القوانين الكلاسيكية وقوانين الكم في ارتباط هارموني متناغم. لا يزال هناك البعض ممن يظنون أن التوفيق سوف يكون ناتجًا عن تأثير تطور المفاهيم الكلاسيكية. لكن الفيزيائيين المنتمين إلى ما يمكن أن أطلق عليها «مدرسة كوبنهاجن» يؤمنون في أن إعادة الهيكلة يجب أن تبدأ من عند النهاية الأخرى، وأننا في ظاهرة الكم ننزلق نحو اتصال أكثر وثاقة مع طريقة الطبيعة في العمل من ذلك الذي للخبرة الوعرة التي قامت بفرش القوانين الكلاسيكية. تأمل المدرسة الكلاسيكية انطلاقًا من اقتناعها بوجود مثل هذه الكميات المتماثلة الموحدة من الفعل في تصنيع

(١) إلهة الانتقام عند الإغريق. (المترجم).

الخراطة اللازمة لنحت الكميات المتماثلة الموحدة؛ ترى مدرسة كوبنهاجن على الجانب الآخر في هذه الظاهرة أبهة فارغة بلا أي قيمة للمكان والزمان والمادة حيث تتفتت إلى حبات من الفعل. لا أظن أن مدرسة كوبنهاجن قد تأثرت في الأساس بالصعوبة الشديدة المرتبطة ببناء خراطة مرضية من المواد الكلاسيكية؛ لقد نبعت وجهة نظرها على وجه الخصوص من دراسة نقطة التقاء قوانين الكم والقوانين الكلاسيكية.

تنزع قوانين الكم إلى الأخذ بنتائج القوانين الكلاسيكية عندما تكون للحالات المعنية أرقام كم مرتفعة.

إن هذا هو مبدأ التناظر الشهير الذي أعلن عنه بور. في البداية قد كان رابطًا ينبني على لمحات بسيطة إلى حد ما؛ لكن مع نمو معارفنا عن قوانين الكم، تأكد لنا أنه عند تطبيقها على حالات ذات أرقام كم مرتفعة للغاية، فإنها تتقارب مع القوانين الكلاسيكية، وتتنبأ بما ستتنبأ به القوانين الكلاسيكية.

على سبيل المثال، فلتتدارس ذرة الهيدروجين مع إلكترونها عندما يكون في مدار دائري ذا رقم كم مرتفع جدًّا، ما يعني أنه بعيد جدًّا عن البروتون. في أيام الإثنين والأربعاء الجمعة يكون محكومًا بالقوانين الكلاسيكية. تلك التي تقول إن عليه أن يطلق إشعاعًا ضعيفًا بشكل متواصل، له قوة يحددها التسارع الذي يمضي به وله زمن دوري يتوافق مع الزمن الدوري خاصته. نتيجة لفقدان الطاقة التدريجي، سوف يهبط في مدار حلزوني نحو البروتون. في أيام الثلاثاء والخميس والسبت يكون محكومًا بقوانين الكم ويقفز من مدار إلى الآخر. هناك قانون للكم لم أذكره، يشير إلى أنه (بالنسبة للمدارات الدائرية فقط) يجب أن تكون القفزة دائمًا إلى المدار الدائري التالي في الأسفل، بذلك فالإلكترون ينزل بمعدل ثابت سلسلة السلالم دون أن يفوت واحدة. هناك قانون آخر يصف متوسط الزمن بين انطلاقات الإشعاع المتتالية للضوء. تتكون كميات الطاقة الصغيرة من موجات الضوء التي تندفع مبتعدة عند كل درجة

سلم من زمن دوري يتحدد بواسطة القانون h.

"إن ذلك مناف للعقل! لا يمكن أن تقصد جادًّا أن الإلكترون يقوم بأشياء مختلفة في أيام مختلفة من الأسبوع»

لكن هل قلت إنه يقوم بأشياء مختلفة؟ لقد استخدمت كلمات مختلفة لوصف أفعاله. إنني أجري هابطًا الدرج يوم الثلاثاء وأنزلق نازلًا على الدرابزين يوم الأربعاء؛ لكن لو كان الدرج مكونًا من درجات لا يمكن عدها متناهية الصغر، فلن يكون هناك فارقًا جوهريًّا في الطريقة التي أمضي بها في اليومين. وبذلك فلن يمثل هذا فارقًا سواء تدرج الإلكترون من أحد المدارات إلى التالي أسفله أو نزل بشكل حلزوني عندما يكون عدد الدرجات عظيمًا، لا يمكن عدُّها. تندمج كميات الطاقة المتسلسلة المندفعة عن السطح في سيال خارج متواصل. إذا كانت لديك المعادلات أمامك، فسوف تجد أن الزمن الدوري للضوء وقوة الإشعاع متماثلان سواء قمت بحسابها بطريقة يوم الإثنين أو بطريقة يوم الثلاثاء – لكن ذلك لا يحدث إلا عندما يكون عدد الكم كبيرًا إلى ما لا نهاية. ولا يكون الخلاف بين الطريقتين معتبرًا ومؤثرًا عندما يكون الرقم متوسط الدرجة في كبره؛ لكن بالنسبة لأعداد الكم الصغيرة لا يمكن للذرة أن تجلس على الحياد. عليها أن تقرر بين قواعد يوم الإثنين (الكلاسيكية) وقواعد يوم الثلاثاء (الكمية). وهي تختار قواعد الثلاثاء.

لو أن هذا مثال نموذجي كما نظن، فإنه يشير إلى اتجاه واحد يتحتم على عملية إعادة تشكيل الأفكار اتخاذه. لا ينبغي علينا أن نحاول البناء ابتداء من المفاهيم الكلاسيكية، لأن القوانين الكلاسيكية تصبح صحيحة وتصبح مفاهيمها المعنية واضحة فقط عند الحالات الحدية عندما تكون أعداد كم النظام كبيرة جدًّا. لذا ينبغي علينا أن نبدأ من عند المفاهيم الجديدة المناسبة للحالات ذات أعداد الكم المنخفضة، فهي كذلك مناسبة للحالات ذات أعداد الكم المرتفعة؛ من مفاهيم الكم سوف تبزغ المفاهيم الكلاسيكية بالتأكيد، في البداية بصورة غير واضحة ثم على نحو محدد وأكيد مع

ازدياد عدد الكم الذي للحالة، حينها تقترب القوانين الكلاسيكية من الصحة أكثر فأكثر. لا أستطيع أن أتنبأ بنتيجة إعادة التشكيل هذه، لكن على ما يبدو سيكون من اللازم إيجاد مساحة لمفهوم «الحالات» يجب أن تحل وحدة الحالة كقوام واحد محل ذلك النوع من الروابط الذي تعبر عنه القوى الكلاسيكية. فيما يخص الحالات ذات أعداد الكم الدنيا فإن المعجم اللغوي الحالي للفيزياء غير مناسب؛ في الوقت الحالي نستطيع بالكاد تجنب استخدامه، لكن التضارب الحالي لنظرياتنا ينبع من سوء الاستخدام هذا. بالنسبة لهذه الحالات لا يوجد مكان وزمان – على الأقل لا يمكنني أن أرى سببًا يجعلني أعتقد في وجودهما. لكن من المفترض أننا عندما نأخذ في الاعتبار الحالات ذات أعداد الكم الكبيرة فسوف نعثر في المخطط الجديد الذي تشكله على مناظران قريبان لزمان ومكان المفهوم الحالي – شيء ما على استعداد لأن يندمج إلى مكان وزمان عندما يكون للحالات أعداد كم لانهائية. وبالتزامن سوف تندمج التفاعلات التي تم وصفها بالانتقالات بين الحالات إلى قوى كلاسيكية، تبذل عبر المكان والزمان. لذلك عند الحد يصبح الوصف الكلاسيكي بديلًا متاحًا. في خبرتنا العملية الحالية علينا أن نتعامل عموما مع أنظمة، روابطها رخوة وتتوافق مع أعداد كم كبيرة جدًّا، نتيجة ذلك يتعثر مسحنا الأول للعالم في القوانين الكلاسيكية وتتكون مفاهيمنا الحالية عن العالم من تلك الكيانات التي تتخذ شكلًا محددًا فقط عند أعداد الكم الكبيرة. لكن في داخل الذرة والجزيء وفي ظاهرة الإشعاع وربما في البنية الكثيفة جدًّا لنجوم مثل ذلك المصاحب للشعرى اليمانية يكون للحالات أعداد كم ليست كبيرة كفاية كي تقبل بهذه المعالجة. تدفعنا هذه الظواهر الآن نحو العودة إلى المفاهيم الأكثر جوهرية والتي منها يجب أن تبزغ المفاهيم الكلاسيكية (الكافية لوصف أنواع الظواهر الأخرى) عند الحد الأقصى.

على سبيل المثال سوف أستعير مفهومًا كميًّا من الفصل التالي. ربما لا يقدر له أن يبقى في ظل تطور الأفكار السريع الحالي، لكن على أي حال سوف يوضح وجهة

نظري. في نموذج بور النصف كلاسيكي لذرة الهيدروجين، هناك إلكترون يرسم مدارًا دائريًّا أو بيضاويًّا. إن هذا نموذج فقط؛ لا تحتوي الذرة الفعلية على شيء من هذا النوع. تحتوي الذرة الفعلية على شيء ما لم يدخل إلى ذهن بشري ليدركه، وعلى الرغم من ذلك فقد تم وصفه رمزيًّا بواسطة شرودنجر. هذا الشيء ما منتشر مفروش بطريقة لا تشبه بأي حال إلكترونًا يرسم مدارًا. الآن قم بإثارة الذرة إلى حالات كمية أعلى وأعلى على نحو متتابع. في نموذج بور يقفز الإلكترون إلى مدارات أعلى وأعلى. في الذرة الفعلية يبدأ شيء شرودنجر في سحب نفسه جامعًا إياها معًا أكثر فأكثر حتى يبدأ في رسم حدود مدار بور على نحو غير مفصل بل يقلد بالكاد تكثفًا يهرع دائرًا. استمر في المضي نحو أعداد كم أكبر، والآن يمثل رمز شرودنجر جسمًا مصمتًا يتحرك دائرًا في نفس المدار ونفس الزمن الدوري كما هو الإلكترون في نموذج بور، وعلاوة على ذلك يشع حسب القوانين الكلاسيكية للإلكترون. وعلى ذات المنوال عندما تصل أعداد الكم إلى ما لا نهاية، وتنفطر الذرة، يحلق خارجًا إلكترون كلاسيكي حقيقي. عندما يغادر الإلكترون الذرة يتبلور من وسط ضباب شرودنجر مثل جني يخرج من قنينته.

❊ ❊ ❊

الفصل العاشر

نظرية الكم الجديدة

لقد أصبح الخلاف بين نظرية الكم والنظرية الكلاسيكية حادًّا على وجه الخصوص عند مناقشة مسألة انتشار الضوء. هنا نجد الخلاف على أشده بين النظرية الجسيمية للضوء والنظرية الموجية.

في الأيام المبكرة الأولى كان هناك سؤال، غالبًا ما يُسأل، ما هو حجم الكم الذي للضوء؟ أحد الإجابات قد تم الحصول عليها عن طريق فحص صورة نجم تكونت بواسطة منظار الـ١٠٠ بوصة العاكس العظيم بجبل ويلسون. يبين نمط الحيود أن كل إشعاع من كل ذرة يجب أن يملأ المرآة كلها؛ لأنه إذا أضاءت ذرة واحدة جزءًا واحدًا فقط وأضاءت ذرة أخرى جزءًا آخر فقط، فيجب أن نحصل على نفس التأثير عن طريق إضاءة أجزاء مختلفة من المرآة بواسطة نجوم مختلفة (حيث إنه لا توجد مزية معينة لو استخدمت ذرات مختلفة من نفس النجم)؛ حقيقة فإن نمط الحيود الذي يتم الحصول عليه ليس هو نفسه. من المؤكد أن حجم الكمات كبير كفاية كي يغطي مرآة الـ١٠٠ بوصة بكاملها.

لكن لو أن نفس ضوء هذا النجم قد سقط من دون أي تركيزات صناعية على شريحة بوتاسيوم، فإن الإلكترونات تحلق خارجة، وقد امتلك كل واحد منها كمًّا كاملًا من الطاقة. إن هذا ليس فعلًا محفزًا لإخراج طاقة كانت بالفعل مخزنة في الذرة، لأن كمية

الطاقة يتم إقرارها بحسب طبيعة الضوء وليس بحسب طبيعة الذرة. بالتأكيد قد دخل إلى الذرة كم كامل من طاقة الضوء وقام بفطر إلكترون إلى الخارج. وبالتأكيد قد كان هذا الكم صغير كفاية كي يدخل الذرة.

لا أعتقد أن هناك الكثير من الشك فيما يتعلق بأساس هذا التناقض. إذ إننا لا يجب أن نفكر في المكان والزمن من حيث علاقتهما بكم منفرد؛ فليس هناك أي معنى فعلي لامتداد الكم في الفضاء. يشبه تطبيق هذه المفاهيم على كم منفرد، كأن نقرأ قوانين التجمهر على رجل واحد. إن ذلك الكم المفرد لم يكن مسافرًا لخمسين مليار ميل من الشعرى اليمانية، ولم يمض في طريقه ثماني سنوات. لكن عندما تم جمع عدد كاف من الكمات ليشكلوا نصابًا فسوف يتم العثور فيما بينها على خصائص إحصائية والتي من بينها خلق مسافة الخمسين مليار ميل بعدًا للشعرى اليمانية ورحلة الثماني سنوات للضوء.

النظرية الموجية للمادة:

بالمقارنة، من السهل إدراك أن معرفتنا بما علينا فعله هو أمر سهل، الأصعب بكثير أن نبدأ في الفعل نفسه. قبل أن نستعرض محاولات مجابهة هذه المعضلة في السنة الأخيرة أو السنتين الأخيرتين، سوف نتفكر بشكل موجز في طريقة أقل جموحًا للتقدم في هذا الشأن، كان دي براولي أول من اقترحها. في الوقت الراهن سوف نكتفي بقبول الأحجية على أنها أحجية. سوف نقول إن الضوء هو مكون له خاصية الانتشار الموجي حيث يملأ أضخم الأشياء الزجاجية وله كل خصائص الموجة المعروفة جيدًا من حيود وتداخل، في نفس الوقت هو مكون له خاصية جسيمية، هو كطلقات الرصاص حيث يبذل كل طاقته على هدف واحد صغير جدًّا. يمكننا بالكاد وصف مثل هذا المكون كموجة أو كجسيم؛ ربما يكون من الأفضل كترضية أن ندعوه «موجسيم».

لا شيء جديد تحت الشمس، وهذا التغير الأخير الكبير في الملامح يكاد يعود بنا إلى نظرية نيوتن للضوء – مزيج ملغز بين النظرية الجسيمية والموجية. ربما تكون هناك مشاعر عاطفية سعيدة مصاحبة لهذه «العودة إلى نيوتن». لكن افتراض أن سمعة نيوتن العلمية قد تم الزود عنها على نحو خاص بواسطة نظرية دي براولي للضوء، هو في نفس سذاجة افتراض أن سمعته قد حطمت بواسطة نظرية أينشتاين للجاذبية. لا توجد أي ظاهرة كانت معروفة لنيوتن، لم يكن ممكنًا كشفها بإسهاب من خلال النظرية الموجية؛ ولا تقل أهمية تنقية البراهين الخاطئة جزئيًّا للنظرية الجسيمية التي تأثر بها أينشتاين من أجل تقدم العلم عن أهمية الدفع بالبراهين الصحيحة (على الأرجح) التي تؤثر فينا اليوم. إن تصور أن السمعة العلمية العظيمة التي حاذها نيوتن تتأرجح صعودًا وهبوطًا في خضم ثورات هذه الأيام العلمية، هو تصور يخلط ما بين العلم والعرفان اللدني.

بالعودة إلى الموجسيم – إذا كان ذلك الذي دأبنا على اعتباره موجة يحظى بطبيعة جسيمية أيضا، أليس من المحتمل أن ما اعتدنا على اعتباره جسيمًا يحظى أيضًا بطبيعة موجية؟ حتى حلول القرن الحالي لم تكن قد أجريت أي تجارب بحثية من نوع مناسب، يمكنها الكشف عن الملمح الجسيمي في طبيعة الضوء؛ ربما لا يزال في الإمكان إذا تصميم تجارب قادرة على كشف الملمح الموجي في طبيعة الإلكترون.

لذلك، وكخطوة أولى، بدلًا من أن نحاول استيضاح اللغز، نجدنا نحاول مده وتعميمه. بدلًا من أن نفسر كيف يمكن لأي شيء أن يمتلك في ذات الوقت الخواص المتعارضة للموجة وللجسيم، نسعى لأن نبين تجريبيًّا أن الخواص مترابطة كونيًّا. لا توجد أي موجات خالصة أو أي جسيمات خالصة.

ما يميز النظرية الموجية أن شعاع الضوء ينتشر إلى الخارج دائمًا بعد أن يمر عبر ثقب ضيق – وهي ظاهرة معروفة جيدًا تدعى بالحيود. يتناسب مدى الظاهرة مع الطول الموجي للضوء. بين لنا دي براولي كيفية حساب أطوال الموجة المرتبطة

بإلكترون (إن كان أي منها موجودًا)، ما يعني أنه قد اعتبر أن الإلكترون لم يعد جسيمًا خالصًا بل موجسيم. اتضح أنه في بعض الأحوال لن يكون مدى تأثيرات الحيود صغيرًا للغاية عصيًّا على الرصد التجريبي. يوجد الآن العديد من نتائج التجارب التي يتم الإشارة إليها كتعزيز وتأكيد لهذا التوقع. بالكاد أعرف ما إذا كان من الممكن أخذها في الاعتبار كنتائج حاسمة أم لا، لكن هناك ما يبدو كدليل فعلي على حدوث الظاهرة عند تشتت الإلكترونات بواسطة الذرات وهو ما لا يمكن استنتاجه بحسب النظرية المعتادة التي تذهب إلى أن الإلكترونات هي جسيمات خالصة. هذه التأثيرات مماثلة للحيود والتداخل الخاصين بالضوء، الظاهرتان اللتان تحملاننا على التمسك بقوة بالنظرية الموجية. منذ زمن بعيد قامت هذه النظرية بإزاحة كل نظريات الضوء الجسيمية الخالصة، ربما اليوم نعثر على الظاهرة التي سوف تزيح كل النظريات الجسيمية الخالصة عن المادة[1].

فكرة مشابهة تم التعاطي معها في «الميكانيكا الإحصائية الجديدة» تلك التي طورها أينشتاين وبوز – على الأقل يبدو أن تلك هي الترجمة الفيزيائية للرياضيات البحتة تمامًا الخاصة بنظريتهما. كما يحدث دائمًا فقد أدى التحول عن الميكانيكا الكلاسيكية من خلال التوسع في ذلك المبدأ لآفاق بعيدة إلى تصحيحات غير مؤثرة عندما تم التطبيق على مسائل الخبرة العادية. يمكن توقع اختلافات مؤثرة ودالة فقط عند دراسة مادة أكثر كثافة من أي شيء قد تم اكتشافه أو تخيله حتى الآن. من الصدف الغريبة جدًّا، أنه قد تم العثور على مادة كثيفة جدًّا في الكون، في وقت قريب للغاية من ذلك الذي تم عنده إدراك أن المادة الكثيفة جدًّا قد تمتلك خواص غريبة مختلفة عن تلك المتوقعة بحسب المفاهيم الكلاسيكية. يبدو أن الدليل الفلكي لم يترك أي شك عملي في أن الكثافة فيما يسمى بنجوم (القزم الأبيض) تتجاوز كثيرًا أي شيء تعرفه

(١) الدليل اليوم أقوى كثيرًا مما كان عليه الحال عند إلقاء المحاضرات. (المؤلف).

خبراتنا الأرضية؛ على سبيل المثال تصل الكثافة في رفيق الشعرى اليمانية[1] إلى طن في البوصة المكعبة. يمكن تفسير ذلك بالحجة التي تذهب إلى أن درجات الحرارة العالية والاختلاجات الشديدة المصاحبة لدرجات الحرارة تلك في المادة تفصل (تؤين) أنظمة الإلكترونات الخارجية للذرات، لذلك يمكن تكديس الأجزاء الصغيرة معًا بصورة أكثر قربًا بكثير. عند درجات الحرارة المعتادة تكون النواة الصغيرة محمية بواسطة الخطوط الأمامية لإلكترونات متعاطفة، تحميها من اقتراب بقية الذرات حتى تحت تأثير أعلى الضغوط؛ لكن عند درجات الحرارة النجمية تكون الاختلاجات عظيمة جدًّا للدرجة التي معها تغادر الإلكترونات مواقعها وتهرع في كل أجزاء المكان. من ثم يصبح التكديس الشديد للغاية ممكنًا تحت تأثير ضغط عالٍ كافٍ. لقد وجد ر. هـ. فولر أن الكثافة في القزم الأبيض عظيمة جدًّا بحيث تكون الطرق الكلاسيكية غير مناسبة ويجب استخدام الميكانيكا الإحصائية. على وجه التحديد، قام فولر بهذه الطريقة بتخفيف توترًا كان قد استشعر فيما يخص القدر النهائي الذي ينتظر هذه النجوم؛ بحسب القوانين الكلاسيكية يبدو أنها تتجه نحو وضع لا يمكن التسامح حياله – لن يستطيع النجم التوقف عن فقدان الحرارة، لكنه لن يحوز الطاقة الكافية ليبرد كذلك[2].

الانتقال إلى نظرية جديدة:

بحلول عام ١٩٢٥ ظهرت في آلية النظرية الحالية عيوب أخرى وباتت في حاجة إلى إعادة هيكلة عاجلة، لقد انهار نموذج بور الذري تمامًا بشكل مؤكد. نموذج بور هو ذلك النموذج (المألوف جدًّا الآن) الذي يصور الذرة كنوع من الأنظمة الشمسية

(١) يبدو الشعرى اليمانية كنجم واحد لكنه في الحقيقة نظام مزدوج من نجمين، أحدهما قزم أبيض وهو ما يقصده إدنجتون برفيق الشعرى اليمانية (المترجم).

(٢) الطاقة لازمة لأنه حال التبريد يجب أن تستعيد المادة كثافة أكثر طبيعية، وهذا يتضمن تمددًا كبيرًا في حجم النجم. عند التمدد يجب بذل جهد ضد قوى الجاذبية (المؤلف).

بنواة مركزية موجبة الشحنة وعدد من الإلكترونات التي ترسم مدارات من حولها مثل الكواكب، الملمح الهام يكمن في كون المدارات الممكنة محدودة بقوانين يمكن الرجوع لها في الفصل التاسع. بما أن كل خط في طيف الذرة يتم إشعاعه بواسطة قفزة إلكترون بين مدارين معينين، إذا يجب أن يكون تصنيف خطوط الطيف موازيًا لتصنيف المدارات بحسب أعداد الكم خاصتها في النموذج. عندما بدأ دارسو خطوط الطيف في حل سلاسل الخطوط المتنوعة في الطيف، وجدوا أنه من الممكن تعيين قفزة مدارية لكل خط – ما يعني أن في الإمكان الإشارة إلى ما يعنيه كل خط باصطلاحات تخص النموذج الجديد. لكن بزغت الآن مسائل تفصيلية أكثر دقة، لم يعد معها هذا التوافق كائنًا. لا يجب على الشخص أن يتوقع الكثير جدًّا من نموذج، ولن يكون مفاجئًا لو أن النموذج قد فشل في إظهار الظواهر الصغيرة أو لو ثبت أن دقته غير مثالية. لكن الاضطراب الآخذ في التصاعد الآن يتمثل في أن قفزتين مداريتين فقط قد تم تقديمهما في النموذج ليمثلا ثلاثة خطوط طيف مرتبطة بهما بشكل واضح؛ وهكذا. لقد كان النموذج مفيدًا جدًّا في تفسير خطوط الطيف حتى بلغ حدًّا، عنده أصبح مضللًا بالكلية؛ ووجد دارسو خطوط الطيف أنفسهم مدفوعين للتحول عن النموذج واستكمال تصنيفهم للخطوط بطريقة تتجاهله. لقد استمروا في الحديث عن المدارات والقفزات المدارية لكن لم يعد هناك توافق الواحد إلى الواحد الكامل مع المدارات المبينة في النموذج[1].

كان من الواضح أن الوقت قد أزف لميلاد نظرية جديدة. إذا يمكن تلخيص الموقف السائد كالتالي:

١ – كان القانون العام السائد هو توظيف القوانين الكلاسيكية مع تحفظ يتمثل

(١) يحتاج كل مدار أو حالة إلى ثلاثة (أو، بحسب تعديلات مؤخرة، أربعة) أعداد كم من أجل تعريفه. يتم تمثيل أول عددي كم بصورة صحيحة في نموذج بور؛ لكن ثالث عدد كم، ذلك الذي يفرق بين الخطوط المختلفة التي تكون طيفًا مزدوجًا أو متعددًا يكون ممثلًا بشكل خاطئ – فشل أكثر فداحة من أن يكون غير ممثل على الإطلاق. (المؤلف).

في أنه متى ظهر أي شيء له طبيعة الفعل يجب أن يجعل مساويًا لـ h، أو مساويًا لمضاعفات صحيحة لـ h أحيانًا.

٢ – يقود هذا التحفظ غالبًا إلى استخدام متناقض مع نفسه للنظرية الكلاسيكية. هكذا ففي ذرة بور يكون تسارع الإلكترون في مداره محكومًا بقانون h. لكن في الديناميكا الكهربية الكلاسيكية يكون التسارع والإشعاع مترابطين بشكل لا فكاك منه.

٣ – كان الفضاء الصحيح للقوانين الكلاسيكية معروفًا. إنها صيغة مأخوذة عن القوانين الأكثر عمومية لكن في حالة حدية، أي، عندما نكون معنيين بعدد ضخم جدًّا للكمات. لا يجب أن تعوق المفاهيم الكلاسيكية التي تختص بالحالة الحدية فقط، التقدم في التحري عن نظام تام لقوانين أكثر عمومية.

٤ – تتضمن الترضية الحالية إدراك أن للضوء كلًّا من الخواص الجسيمية والموجية. يبدو أن نفس الفكرة قد تم مدها بنجاح لتشمل المادة وقد تأكد ذلك بالتجربة. لكن هذا النجاح يقدم فقط منهجًا أقل في تناقضه، مطلوبًا على نحو عاجل لإدراك هذه الخواص.

٥ – على الرغم من كون القانون العامل الذي ذكر مسبقًا قد كان ناجحًا بشكل عام في تنبؤاته، فقد وجد أنه يعطي توزيعًا لمدارات الإلكترون في الذرة مختلفًا في مناحٍ أساسية عن ذلك المستنبط من التحليل الطيفي. لذلك فنحن في حاجة إلى إعادة هيكلة وليس فقط التخلص من الاعتراضات المنطقية، إننا في حاجة إلى أن نسد الاحتياجات العاجلة للفيزياء العملية.

تطور نظرية الكم الجديدة:

يرجع أصل «نظرية الكم الجديدة» إلى ورقة بحثية لافتة لهايزنبرج في خريف عام ١٩٢٥. إنني أكتب المسودة الأولى لهذه المحاضرة بعد اثني عشر شهرًا فقط من

ظهور الورقة البحثية. لم يتح لها الوقت لأجل أن تتطور بعد؛ مع ذلك فقد مرت النظرية بالفعل عبر ثلاث مراحل متمايزة مرتبطة بأسماء بورن وجوردان، ديراك، شرودنجر. إن قلقي الرئيس في اللحظة الحالية هو الخشية من أنه قد كان من اللازم الوصول إلى مرحلة أخرى لإعادة التأويل قبل أن يصبح في الإمكان تقديم المحاضرات. لو التزمنا بالمنهج المعتاد يجب علينا أن نصف المراحل الثلاثة كثلاث نظريات متمايزة. إلا أن العمل الريادي لهايزنبرج يحكم الكل؛ لكن النظريات الثلاثة تظهر اختلافات واسعة في الأفكار. دخلت الأولى إلى السبيل الجديد بطريق الحقيقة إلى حد ما؛ الثانية كانت ترنسدنتالية علوية مفارقة بشدة؛ الثالثة بدت في البداية محتوية على انعكاسات لأفكار كلاسيكية، لكن من المحتمل أن ذلك قد كان انطباعًا خاطئًا. سوف تدرك أناركية وثورية هذا الفرع من الفيزياء عندما تجد أنه قد قبض ثلاثة مطالبين بالسلطة متتابعين على عرشها في خلال اثني عشر شهرًا؛ لكنك لن تدرك التقدم ثابت الخطى الذي تم في تلك الفترة ما لم تتحول إلى رياضيات الموضوع. فيما يخص الأفكار الفلسفية فالثلاث نظريات هي أقطاب متباعدة ؛ فيما يخص المحتوى الرياضي فإنها واحدة ومتماثلة. لسوء الحظ فالمحتوى الرياضي هو بالضبط الشيء الذي قد منعت من معالجته في هذه المحاضرات.

رغم ذلك، سوف أنتهك الحظر وسأعمد إلى كتابة معادلة رياضية واحدة لأجلكم كي تتأملوها؛ لن أكون غير واقعي كي أتوقع منكم فهمها. يبدو أن كل ذوي الباع قد وافقوا على أنه في أصل أو تقريبًا في أصل كل شيء في العالم الفيزيائي تقع المعادلة الغامضة:

$$qp - pq = ih / 2\pi$$

إننا لا نفهم ذلك بعد؛ ربما إن كنا لا نستطيع فهمها، فينبغي علينا ألا نفكر فيها على أنها جوهرية جدًّا. حيثما يجد الرياضي المدرب الفرصة سانحة أمامه فإنه يستخدمها، وفي العام أو العامين الماضيين قد كانت تستخدم في الفيزياء وصاحب استخدامها

ذلك فائدة عظيمة جدًّا حقًّا.

إنها لا تؤدي فقط إلى تلك الظواهر الموصوفة بواسطة قوانين الكم الأقدم مثل قاعدة h ، لكن إلى كثير من الظواهر المتعلقة التي لم تستطع المعادلة الأقدم أن تعالجها.

على الجانب الأيمن ، إلى جانب h (ذرة الفعل)، يظهر هناك i (الجذر التربيعي ل – ١) والذي قد يبدو غامضًا إلى حد ما. لكنه فقط مجرد حيلة معروفة جيدًا فقط؛ وبالعودة قديمًا إلى فيزيائيي ومهندسي القرن الفائت فقد كانوا على وعي جيد بأن $\sqrt{-1}$ في معادلاتهم هو نوع من الإشارات لإمعان البحث عن موجات أو اهتزازات. إن الجانب الأيمن لا يحتوي على أي شيء غير معتاد، لكن الجانب الأيسر محير للخيال. ندعو p وq بالإحداثيات والزخم، مستعيرين مفردات لغتنا من عالم المكان والزمن وباقي الخبرات الوعرة الأخرى، لكن ذلك لا يزودنا بأي شعاع ضوء فعلي يدل على حقيقتها، ولا يفسر لماذا تسيء qp التصرف بحيث لا تكون مساوية لـ pq .

هاهنا تختلف النظريات الثلاثة بشكل أكثر جوهرية. من الواضح أن q وp لا يمكن أن يمثلا قياسات عددية بسيطة، لأنه ساعتها سوف تكون qp – pq تساوي الصفر. بالنسبة إلى شرودنجر فإن p هو عامل. زخمه ليس كمية لكن إشارة إلينا كي نقوم بعمليات رياضية معينة على أي كميات قد تتبعه. بالنسبة إلى بورن وجوردان p هو شبكة – ليس كمية واحدة، ولا كميات متعددة، لكن عددًا غير محدود من الكميات مرتبة في مصفوفة نظامية. بالنسبة إلى ديراك فإن p هو رمز من دون أي نوع من الترجمة الرقمية، يدعوه ب رقم– q وهي طريقة من أجل قول أنه ليس رقمًا على الإطلاق.

أجرؤ على الاعتقاد في أن هناك فكرة متضمنة في معالجة ديراك، قد يكون لها دلالة فلسفية عظيمة، بغض النظر عن مدى النجاح الذي تحققه في هذا التطبيق على وجه الخصوص. الفكرة تتمثل في أنه بالتنقيب أعمق وأعمق في ذلك الذي يقع كأساس

للظاهرة الفيزيائية، يجب أن نكون مستعدين للوصول إلى كميات مثلها كمثل كثير من الأشياء في خبرتنا الواعية، لا يمكن قياسها بالأرقام بأي طريقة؛ كما تبين على نحو أعمق كيف يمكن العثور على العلم المنضبط -يمكننا القول إن العلم المنضبط هو علم الظواهر المتناسبة مع أرقام القياس- في مثل هذه الأسس.

لقد كان التغير في تفسيرنا للعلم المثالي واحدًا من أعظم التغيرات التي حدثت في الفيزياء بين القرن التاسع عشر ووقتنا الحالي. لقد كان مصدر تباهي الفيزيائي الفيكتوري يتمثل في أنه لا يدعي فهم شيء حتى يتمكن من صناعة نموذج له، وقد كان يعني بالنموذج شيئًا ما مبنيًّا بالروافع والعجلات ذات نواقل الحركة والبخاخات أو أي أدوات أخرى مألوفة للمهندس. كان الاعتقاد السائد حينها أن الطبيعة عند بنائها للكون قد اعتمدت على مثل نفس أنواع المصادر بالضبط كأي ميكانيكي بشري؛ وعندما كان الفيزيائي يسعى من أجل تفسير الظاهرة، كانت أذنه تجهد نفسها كي تقبض على همهمة الماكينة. لو وجد في العصر الفيكتوري البشري الذي يستطيع أن يصنع جاذبية من عجلات مسننة كان ليصبح بطلًا.

في وقتنا الحاضر لا نشجع الفيزيائي على بناء العالم من المواد خاصته، لكننا تحولنا نحو الرياضي كي يقوم ببنائه من المواد خاصته. مما لا شك فيه أن الرياضي أكثر غطرسة من المهندس. لكن ربما حتى الرياضي لا يجب أن نعهد إليه بالخلق بلا تحفظات. إننا نتعامل في الفيزياء مع عالم رمزي ويمكننا بالكاد أن نتجنب توظيف الرياضي الذي هو خبير أبرع بالرموز؛ لكن عليه أن ينهض إلى الفرص الكاملة للمهمة ومسؤوليتها الموكلة إليه، لا أن يشبع رغباته في حرية جمة منحازًا انحيازه الخاص للرموز التي لها تجل حسابي. إذا ما كان لنا أن نتبين القوانين الحاكمة للطبيعة التي لا يمليها علينا العقل، فيبدو أنه من الضروري أن نهرب بعيدًا جدًّا على قدر ما نستطيع من الإطار المعد مسبقًا فالعقل على أهبة الاستعداد كي يرغم كل شيء يختبره على الدخول فيه.

أظن أن منهج ديراك يسعى من حيث المبدأ إلى تأكيد هذا النوع من التحرر. إنه يبدأ بالكميات الأساسية التي لا يتم التعبير عنها بالأرقام أو بالأنظمة الرقمية بحيث تكون قوانينه الأساسية تعبيرات رمزية، غير متصلة بالعمليات الحسابية. النقطة المدهشة أنه مع المضي في التقدم تنضح الرموز أرقامًا فعلية. وبذلك فعلى الرغم من أن p و q بمفرديهما ليس لهما ترجمة حسابية، غير أن التركيب qp – pq له ترجمة حسابية يعبر عنها بالمعادلة المشار إليها في السابق. بتنزيل الأرقام منازلها وعلى الرغم من كون الرموز نفسها غير رقمية، يمكن لمثل هذه النظرية أن تكون أساس أرقام القياس المتدارسة في العلم المنضبط على نحو جيد. لا يمكن لأرقام القياس، التي نستخلصها كلها من المسح الفيزيائي للعالم، أن تكون هي العالم كله؛ بل ربما لا تكون حتى جزءًا كبيرًا منه بحيث تكون وحدة حاكمة لذاتها. يبدو هذا التفسير الطبيعي لإجراء ديراك بحثًا عن قوانين العلم المنضبط الحاكمة في حسبة غير حسابية.

أخشى أن هذا تصويب على هدف بعيد وأمر غير مؤكد كي نتنبأ بأن شيئًا مثل هذا قد ينتج عن البداية التي أطلقها ديراك؛ غير أن شرودنجر قد أزال في الوقت الحالي الكثير من الغموض والإلغاء عن p وq عن طريق الإشارة إلى تفسير مناسب للتطبيقات الحالية أقل ترانسدانتالية ومفارقة. لكنني أظن أننا ربما لم نسمع بعد بآخر ما تطرحه الفكرة.

تتمتع نظرية شرودنجر الآن بمد شعبوي كامل، جزئيًّا بسبب مزاياها الكامنة فيها، لكن جزئيًّا كذلك بسبب فيما أظن أنها هي الوحيدة من بين الثلاثة البسيطة على نحو كاف يسمح بالفهم. بغض النظر عن معارضتي وحكمي إلا أنني سأحاول أن أعطي انطباعًا عامًّا عن النظرية. ربما يكون من الحكمة أن أثبت على باب نظرية الكم الحديثة ملحوظة «منطقة عمل، لا تزال تحت الإنشاء – ممنوع الدخول لغير العاملين» وأن أحذر حارس العقار على وجه الخصوص ليمنع الفلاسفة الفضوليين من الدخول. مع ذلك سوف أرضي نفسي بإبداء احتجاجي، فبينما تقودنا نظرية شرودنجر إلى تقدم

سريع وواضح وجيد في كثير من المسائل الرياضية التي تواجهنا ولا يمكن الاستغناء عنها لاستخداماتها العملية، إلا أنني لا أرى أقل احتمال في أن تبقى أفكاره طويلًا في صيغتها الحالية.

الخطوط العريضة لنظرية شرودنجر:

تخيل (أثير- تحتي) سطحه مغطى بالموجات. ذبذبات تلك الموجات مليون مرة أسرع من تلك التي للضوء المرئي - سريعة للغاية، أسرع كثيرًا جدًّا من أن يلتقطها منظور خبرتنا بالعوالم الظاهرة. تقع الأمواج المفردة فيما وراء مداركنا؛ ما نستطيع تقديره هو تأثيرها المجمع - عندما تتلاقي الموجات وتلتحم تتآزر لخلق منطقة اضطرابات لها امتداد كبير مقارنة بالموجات المفردة لكنه صغير من المنظور البروبدينجناجي[1] خاصتنا. يمكن إدراك مثل هذه المنطقة المضطربة على أنها جسيم مادي؛ على وجه الخصوص يمكن أن تكون إلكترونًا.

الأثير التحتي هو وسط مبدد، يمكننا القول إن الموجات لا تسافر كلها بنفس السرعة؛ مثل أمواج الماء سرعتها تعتمد على طولها الموجي أو زمنها الدوري. تسافر تلك التي لها زمن دوري أقصر بشكل أسرع. علاوة على ذلك من المحتمل أن تتغير السرعة بحسب الظروف الموضعية. هذه التغيرات في نظرية شرودنجر هي المعادل الموضوعي لمجال القوة في الفيزياء الكلاسيكية. يمكن بسهولة فهم أنه إذا كنا لنختزل كل الظواهر في هيئة موجات تنتشر، فمن ثم يجب أن يكون تأثير الجسم في محيطه (من المعتاد وصفه كمجال قوى يسببه وجوده) عبارة عن تعديل في انتشار الموجات في المنطقة المحيطة به.

يجب علينا أن نربط هذه الظاهرة في الأثير التحتي بظاهرة في نطاق خبرتنا بالعوالم الظاهرة. كما بينا بالفعل من قبل، سوف يتم رصد منطقة ذات عواصف موضعية

(١) بروبدينجناج هي أرض مسكونة بالجان ارتحل لها جلفر ضمن رحلاته (المترجم).

كجسيم؛ سوف نضيف إلى هذا الآن أن تردد (عدد الذبذبات في الثانية) الموجات المكونة للاضطراب يمكننا إدراكه على أنه طاقة ذلك الجسيم. سوف نحاول الآن شرح الكيفية التي تنجح بها الموجة في إظهار نفسها لنا بهذه الطريقة من التمويه العجيب؛ لكن أيًّا ما كان ما تسفر عنه الأمور، فإن إدراكنا للتردد في الأثير التحتي كطاقة في خبرتنا بالعوالم الظاهرة يزودنا في الحال بعلاقة ثابتة بين الزمن الدوري والطاقة، ما قمنا بتسميتها بقاعدة **h**.

بوجه عام فالاهتزازات في الأثير التحتي سريعة للغاية بالنسبة لنا كي نتمكن من رصدها بشكل مباشر؛ يصل ترددها إلى نطاق الخبرة المعتادة عن طريق التأثير في سرعة الانتشار، لأن السرعة تعتمد على (كما بينت بالفعل) الطول الموجي أو التردد. بإطلاق **v** على التردد، سوف تحتوي المعادلة المعبرة عن قانون انتشار التموجات على الاصطلاح **v** . سوف يكون هناك اصطلاح آخر يعبر عن التعديلات التي يسببها «مجال القوة» البازغ من الأجسام الموجودة في الجوار. يمكن معالجة هذا كنوع من **v** المزيفة، بما أنها تظهر في خبرتنا بالعوالم الظاهرة بنفس الطريقة التي تفعل بها **v**. لو أن **v** تنتج تلك الظواهر التي تجعلنا قادرين على إدراكها كطاقة، فإن **v** المزيفة سوف تنتج ظواهر شبيهة تتماشى مع نوع زائف من الطاقة. من الواضح أن **v** المزيفة سوف تكون ما ندعوها بالطاقة الكامنة، حيث إنها تنشأ من التأثيرات المعزوة إلى وجود الأجسام المحيطة. بافتراض أننا نعرف كلًّا من **v** الفعلية و**v** الزائفة أو الكامنة لتموجاتنا، فإن معادلة انتشار الموجات قد تم التثبت منها، ويمكننا أن نتابع نحو حل أي مسألة متعلقة بانتشار الموجات. على وجه الخصوص يمكننا أن نحل المسائل المتعلقة بالطريقة التي تتحرك بها المناطق العاصفة. إن هذا يزودنا بنتيجة لافتة، توفر لنا أول سبيل للتحقق من نظريتنا. تتحرك المناطق العاصفة (إن كانت صغيرة كفاية) وفق نفس القوانين بالضبط التي تحكم حركة الجسيمات في الميكانيكا الكلاسيكية. تكون المعادلات الخاصة بحركة مجموعة موجات لها تردد معروف وتردد كامن،

مماثلة تمامًا لمعادلات الحركة الكلاسيكية لجسيم له الطاقة المقابلة وطاقة كامنة.

يجب أن نلاحظ أن سرعة المنطقة العاصفة أو مجموعة الموجات، ليست مماثلة لسرعة موجة منفردة. إن هذا معروف على نحو جيد فيما يخص موجات الماء حيث تختلف سرعة المجموعة عن سرعة الموجة. إنها سرعة المجموعة هي تلك التي نرصدها كحركة للجسيم المادي.

لن نكون قد جنينا سوى أقل القليل إن كانت نظريتنا لا تؤدي إلى شيء غير إعادة التأسيس لنتائج الميكانيكا الكلاسيكية بناء على هذه الأسس الخيالية الفانتازية إلى حد ما. إلا أن فوائدها المميزة تبدأ في الوضوح عندما نتعامل مع ظاهرة لا تغطيها الميكانيكا الكلاسيكية. لقد اعتمدنا منطقة عاصفة لها امتداد صغير جدًّا حتى إن موضعها يمكن تحديده كما يمكن تحديد ذلك الذي للجسيم الكلاسيكي، لكن من المحتمل أن نعتمد مساحة لها امتداد أوسع أيضًا. لا يمكن رسم خط فاصل دقيق بين المساحة الكبيرة والمساحة الصغيرة، لذلك سوف نستمر في ربط فكرة الجسيم بها؛ لكن سيكون ذلك بحيث تحدد العاصفة الصغيرة المركزة موضع الجسيم بشكل مقرب، في حين تتركه عاصفة أكثر تمددًا مبهمًا كثيرًا وغير محدد. إذا ما حاولنا شرح معنى مجموعة موجية ممتدة في صياغة بلغة كلاسيكية نقول عنها إنها جسيم ليس موجودًا في أي نقطة محددة من الفضاء، لكنه مرتبط بمنطقة واسعة غير محددة.

ربما ينبغي أن تفكر في أن مساحة عاصفة ممتدة يجب أن تمثل مادة ما منتشرة على العكس تمامًا من الجسيم المركز. إلا أن هذه ليست نظرية شرودنجر وليس هذا ما تذهب إليه. إن ذلك الانتشار ليس انتشارًا للكثافة؛ إنه لا تحدد للموضع أو توزيع عريض لاحتمالات أن الجسيم يقع ضمن حدود معينة للموضع. على هذا إذا ما مررنا بموجة شرودنجر وقد ملأت وعاء بصورة متماثلة، فليس تفسير ذلك أن الوعاء مليء بمادة لها كثافة متماثلة، لكن الوعاء يحتوي على جسيم واحد، من المحتمل أن يوجد في أي مكان ضمن احتمالات متساوية.

أول نجاح عظيم لهذه النظرية كان في تفسير إشعاع الضوء من ذرة الهيدروجين – مشكلة خارج منظور النظرية الكلاسيكية تمامًا.

تتكون ذرة الهيدروجين من بروتون وإلكترون، يجب ترجمتهما إلى ما يناظرهما في الأثير التحتي. لسنا مهتمين بما يفعله البروتون، لذلك لا يشغلنا تمثيله كموجة، ما يعنينا منه هو مجال قوته، نقصد به، v المزيفة التي تقدمها لنا معادلة انتشار الموجة للإلكترون. تشكل الموجة التي تسافر وفقًا لهذه المعادلة مكافئ شرودنجر للإلكترون؛ وسوف يتوافق أي حل للمعادلة مع حالة ما محتملة لذرة الهيدروجين. لقد تكشف لنا الآن (بالانتباه إلى الحد الفيزيائي الواضح أن الموجة لا يجب أن يكون لها في أي مكان سعة غير متناهية. إن حلول هذه المعادلة الموجية ممكن فقط لموجات لها ترددات معينة. على هذا ففي ذرة الهيدروجين تكون موجات الأثير التحتي محصورة في سلسلة من الترددات المعينة المنفصلة. نذكر أن التردد في الأثير التحتي يعني طاقة في خبرتنا بالعوالم الظاهرة، ذلك يعني أن الإلكترون سوف يحوز سلسلة منفصلة من الطاقات المحتملة. وجد أن سلسلة الطاقات هذه مماثلة بدقة لتلك التي قدمها بور بناء على قوانين التكمية خاصته (راجع الفصل التاسع). لقد كان ذلك تقدمًا له اعتباره يتمثل في تحديد هذه الطاقات بواسطة نظرية موجية بدلًا من أن يتم ذلك بواسطة قواعد رياضية غير قابلة للتفسير. أكثر من ذلك، عندما تم تطبيق هذه النظرية على ذرات أكثر تعقيدًا، نجحت نظرية شرودنجر في تلك النقاط التي انهار عندها نموذج بور؛ فهي دائمًا ما تقدم العدد الصحيح من الطاقات أو «المدارات» التي توفر قفزة مدارية واحدة لكل خط طيف مرصود.

مع ذلك فالمزية ليست في العبور من تردد الموجة إلى الطاقة الكلاسيكية في هذه المرحلة، لكنها في تتبع مسار الأحداث في الأثير التحتي قليلًا للأمام. سوف يكون من العسير التفكير في الإلكترون كحائز على طاقتين (أن يكون في مدارين اثنين) في نفس الوقت؛ لكن لا يوجد ما يمنع الموجة من أن يكون لها ترددان مختلفان موجودان

في نفس الوقت في الأثير التحتي. هكذا تسمح لنا النظرية الموجية في سهولة بتصوير حالة، لا تستطيع النظرية الكلاسيكية توصيفها إلا باستخدام اصطلاحات متناقضة فقط. فلتفترض وجود مجموعتين من الموجات. لو أن الفارق في التردد ليس كبيرًا جدًّا فسوف ينتج النظامان «نبضات». لو أن محطتين إذاعيتين تبثان عبر أطوال موجية مقاربة لبعضهما، فإننا نسمع نغمة موسيقية أو صراخًا ناتجًا عن نبضات الموجتين الحاملتين؛ تكون الذبذبات المنفردة سريعة للغاية كي تؤثر على الأذن، لكنها في اجتماعها تعطي نبضات بطيئة كفاية لتؤثر في الأذن. بنفس الطريقة تتكون الأنظمة الموجية المنفردة في الأثير التحتي من ذبذبات سريعة للغاية كي تؤثر في أحاسيسنا بالعالم الظاهر؛ لكن نبضاتها تكون أحيانًا بطيئة كفاية كي تأتي ضمن الأوكتاف الذي تغطيه العين. هذه النبضات هي مصدر الضوء القادم من ذرة الهيدروجين وتظهر الحسابات الرياضية أن ترددتها هي تمامًا كتلك التي للضوء المرصود من الهيدروجين. ينتج اقتران الموجات الحاملة للراديو صوتًا؛ ينتج اقتران موجات الأثير التحتي ضوءًا. لا تزود هذه النظرية بالزمن الدوري لمختلف الخطوط في الطيف فقط، لكنها تتنبأ بالشدة أيضًا – مسألة لم يكن لدى نظرية الكم الأقدم وسيلة التصدي لها. رغم ذلك يجب أن يكون مفهومًا أن النبضات لا يمكن أن تعرف هي نفسها كموجات ضوء؛ إنها في الأثير التحتي بينما موجات الضوء في الأثير. إنها توفر مصدر التذبذبات التي بطريقة ما لا يتم تتبعها بعد أن ترسل للخارج موجات ضوء لها الزمن الدوري الذي كان لها. ما هو بالضبط ذلك الكيان الذي نفترض تذبذبه عندما نتحدث عن الموجات في الأثير التحتي؟ يشار إليه بـ ψ وللحديث على نحو صحيح يجب أن نعتبره ككيان أساسي غير قابل للتعريف خاص بالنظرية الموجية. لكن ألا يمكننا أن نفسره كلاسيكيًّا تفسيرًا من أي نوع؟ يبدو أن من الممكن تفسيره على أنه احتمالية، احتمالية الجسيم أو الإلكترون أن يوجد ضمن منطقة ما تتناسب مع كمية ψ في المنطقة. لذلك إذا ما كانت ψ مركزة بصورة رئيسة في منطقة واحدة صغيرة، فمن المؤكد عمليًّا أن الإلكترون موجود هناك؛ يمكننا إذا تعيين مكانه على نحو محدد

ومؤكد وندركه على أنه جسيم كلاسيكي. لكن موجات ψ للهيدرجين منتشرة في كل أنحاء الذرة؛ ولا يمكن تحديد موضع الإلكترون بدقة، على الرغم من أن بعض الأماكن تحمل احتمالًا لوجوده أعلى من أماكن أخرى[1].

يجب التركيز بانتباه على واحدة من أهم نتائج هذه النظرية. تتوافق مساحة عاصفة صغيرة إلى درجة كبيرة جدًّا مع جسيم متحرك تحت تأثير القوانين الكلاسيكية للحركة؛ على ذلك سيبدو لنا أن جسيمًا موقعه محدد تمامًا في نقطة متحركة هو على نحو صارم عند الحد الذي يتم اختزال المساحة العاصفة عنده. لكن المثير للعجب كفاية أنه بالاختزال المتواصل للمساحة العاصفة لا نقترب أبدًا على نحو تام من الجسيم الكلاسيكي المثالي؛ نحن نقترب منه ومن ثم نتراجع عنه مجددًا. لقد عرفنا أن المجموعة الموجية تتحرك كجسيم (يتموضع في مكان ما ضمن مساحة العاصفة) وله طاقة تتوافق مع تردد الموجات؛ لذلك كي تقوم بمحاكاة الجسيم تمامًا، فليس اللازم أن تختزل المساحة إلى نقطة فقط، بل يجب أن تتكون المجموعة من موجات لها تردد واحد فقط. إن الشرطين متناقضين. في حالة إن كان التردد واحدًا، يمكننا أن نحظى بتتابع لا نهائي فقط من الموجات، لا ينهيها أي حد. التداخل بين الموجات المختلفة قليلًا في الطول هو ما يوفر ذلك الحد الذي تقف عنده المجموعة، وذلك كونه يقوي أحدها في المنتصف، بينما يلغي آخر عند الحد. على نحو تقريبي، لو أن للمجموعة نصف قطر من ١٠٠٠ طول موجي فيجب أن يكون الفارق بين أطول طول محتمل للموجة وأقصر طول محتمل لها ضمن حدود ١ ,٠٪ ، على ذلك فإن ١٠٠٠ من الموجة الأطول و١٠٠١ من الأصغر يجب أن يشغلا نفس المسافة. إذا ما تناولنا

(١) دائمًا ما يتم النص على أن الاحتمالية تتناسب مع ψ^2، بدلا من ψ، كما هو مفترض مما سبق. تفسير الأمر كله مبهم جدًّا، لكن يبدو أنه يعتمد على ما إذا كنت مشغولًا بالاحتمالية بعد أن عرفت ما حدث أم بالاحتمالية لأغراض تتعلق بالتوقع. يتم الحصول على ذلك عن طريق اعتماد نظامين متماثلين من موجات ψ يسافران في اتجاهين مختلفين في الزمن؛ أحدهما يجب أن يتوافق مع كونه دالًّا على ما يعرف (ما اعتبر) أحوال وقت تالٍ. تعني الاحتمالية بالضرورة «الاحتمالية في ضوء معلومات معينة معطاة» على ذلك فليس من الممكن للاحتمالية أن يتم تمثيلها لتؤدي نفس الدور في فئات مختلفة من المسائل لها معلومات ابتدائية مختلفة. (المؤلف).

أمر مساحة عاصفة أكثر تركزًا، لها نصف قطر ١٠ أطوال موجية فقط فإن الفارق يزيد إلى ١٠٪ بين أطول طول محتمل وأقصر طول محتمل؛ ففي هذه الحالة يجب أن تمتد ١٠ من الموجات الأطول و١١ من الموجات الأقصر لنفس المسافة. في خضم اجتهادنا لجعل موضع الجسيم محددًا أكثر عن طريق اختزال المساحة، فإننا نجعل الطاقة أقل تحددًا عن طريق المباعدة بين ترددات الموجات. لذلك لا يمكن لجسيمنا أبدًا أن يحظى بموضع محدد تمامًا وطاقة محددة تمامًا في نفس الوقت؛ دائمًا ما يكون هناك عدم تحدد فيما يخص أحدهما أو الآخر بما لا يتماشى مع الجسيم الكلاسيكي. على ذلك، في التجارب الدقيقة لا يجب أن نتوقع تحت أي ظروف أن نجد جسيمات تتصرف بالضبط على نحو مماثل لذلك المفترض صدوره عن الجسيمات الكلاسيكية – استنتاج يبدو متوافقًا مع التجارب الحديثة لحيود الإلكترونات، تلك التي ذكرناها من قبل.

لاحظنا أن تصور شرودنجر عن ذرة الهيدروجين قد مكنها من امتلاك شيء، كان مستحيلًا في نظرية بور –على وجه التحديد– طاقتين في نفس الوقت. بالنسبة لجسيم أو لإلكترون فإن هذا ليس مسموحًا به فقط، بل هو حتمي – وإلا فإننا لن نستطيع أن نضع أي حدود للمكان الذي من المحتمل أن يوجد فيه. ليس المطلوب منك أن تتخيل حالة جسيم له طاقات متعددة؛ المقصود أن تصورنا الحالي عن الإلكترون كجسيم له طاقة مفردة قد انهار، وينبغي علينا أن نغوص أعمق في الأثير التحتي إذا ما طمحنا إلى تتبع مسار الأحداث. رغم ذلك، يمكن الاحتفاظ بصورة الجسيم عندما لا يكون غرضنا البحث عن درجة عالية من الدقة؛ إذا لم نكن بحاجة إلى معرفة الطاقة بشكل أكثر تحديدًا من ١ في المائة، يمكن معاملة سلسلة من الطاقات تقع في نطاق ١ في المائة كطاقة واحدة محددة.

حتى الحين، فقد اهتممت فقط بالموجات التي تتماشى مع إلكترون واحد؛ الآن فلنفترض مسألة تتضمن إلكترونين. كيف سيتم تمثيلهما؟ بالتأكيد، هذا سهل كفاية!

كل ما عليك هو أن تتناول مساحتين عاصفتين اثنتين بدلًا من واحدة. أخشى أن الأمر ليس على هذه الصورة. سوف تتوافق مساحتان عاصفتان مع إلكترون مفرد، من غير المؤكد في أي مساحة منهما يقع بالضبط. ما دامت هناك احتمالية ولو شاحبة تمامًا لوجود الإلكترون الأول في أي منطقة، فليس بمقدورنا جعل موجات شرودنجر هناك تمثل احتمالية مرجعها يعود إلى إلكترون ثان. يريد كل إلكترون احتكار الفضاء ثلاثي الأبعاد كله لموجاته؛ لذلك بكرم حاتمي سمح شرودنجر لها جميعًا بالأبعاد الثلاثة كلها. لأجل إلكترونين تطلب الأمر منه أثيرًا تحتيًّا من ستة أبعاد. ومن ثم نجح في تطبيق إجرائه كما فعل من قبل. أعتقد أنك سوف تذهب الآن إلى أن شرودنجر قد منحنا ما بدا كتصور فيزيائي مفهوم، ذلك من أجل أن يخطفه من أمامنا بعيدًا من جديد. إن أثيره التحتي لا يوجد في الفضاء / المكان الفيزيائي؛ إنه «فضاء صوري» يتصوره الرياضي بغرض حل معضلاته، ويعيد تصويره من جديد بعدد أبعاد جديد بناء على المعضلة التي يتعامل معها. لقد كانت مصادفة –لا أكثر– أن المعضلات الأولى التي كان معنيًّا بها قد استدعت فضاءً صوريًّا على توافق وثيق مع الفضاء الفيزيائي، ما قدم درجة ما من الواقعية الموضوعية لهذه الموجات. إن الميكانيكا الموجية لشرودنجر ليست بنظرية فيزيائية لكنها مراوغة – وهي مراوغة جيدة جدًّا أيضًا.

الحقيقة هي أن إمكانية تطبيق هذه الموجات بهذا الشكل العام إلى حد كبير يفسد كل فرص أخذنا لها على محمل الجد كنظرية فيزيائية. هناك مثال توضيحي ممتع على هذا قد جاء بالصدفة في خضم عمل ديراك. في واحدة من المسائل، التي قام بحلها مستعينًا بموجات شرودنجر، يمثل تردد الموجات العدد الذي هو للأنظمة من نوع ما. لقد تم استنباط المعادلات الموجية وحلها، و(بالضبط كما كان الحال في المسألة المتعلقة بذرة الهيدروجين) فقد وجد أن الحلول متاحة فقط لسلاسل من قيم خاصة للتردد. استتبع ذلك أن العدد الذي هو للأنظمة من النوع المعني يجب أن يكون لها قيمة ضمن سلسلة من القيم المتباعدة. في مسألة ديراك تبين أن السلاسل هي سلاسل

أعداد صحيحة. بناءً على ذلك نستنتج أن العدد الذي هو للأنظمة يجب أن يكون ١، ٢، ٣، ٤، ..... لكن لا يمكن أن يكون على سبيل المثال ٤/ ٣ ٢. كان مرضيًا تمامًا أن النظرية تزود بنتائج متوافقة جدًّا مع خبرتنا! لكن من غير المحتمل لنا أن نقتنع بأن التفسير الصحيح للسبب الذي يجعلنا نحسب مستخدمين أرقامًا صحيحة هو ذلك الذي توفره الأنظمة الموجية.

مبدأ عدم التحدد (اللايقين):

كانت مخاوفي تلك تطمح إلى ظهور نسخة رابعة من نظرية الكم الجديدة تتلافى القصور، قبل أن أعمد إلى إلقاء هذه المحاضرات وهو ما لم تتم التوفية به؛ لكن بعد أشهر قليلة دخلت النظرية بصورة مؤكدة مرحلة جديدة. لقد كان هو هايزنبرج من جديد الذي أطلق حركة التطوير الجديد في صيف ١٩٢٧، وقد أوضح بور تداعيات هذه المرحلة الجديدة الأعمق. إن خلاصة ذلك قد كانت مبدأً عامًّا أساسيًّا يبدو على ذات درجة الأهمية التي عليها مبدأ النسبية. سوف أقوم هنا بتسميته «مبدأ عدم التحدد (اللايقين)».

يمكن النص على جوهره كالتالي: قد يحظى الجسيم بموضع أو قد يحظى بسرعة، لكن من غير الممكن له على أي نحو مؤكد أن يحظى بالاثنين معًا.

إذا كنا راضين بهامش معين من عدم الدقة وإذا كنا راضين بإفادات تزعم عدم وجود يقين لكن درجة عالية من الاحتمال فقط، إذا فمن الوارد أن نعزو كلًّا من الموضع والسرعة إلى جسيم. لكن إذا ما سعينا وراء تحديد أكثر دقة للموضع فإن شيئًا جديرًا بالملاحظة جدًّا يحدث؛ يمكن الوصول إلى درجة عظيمة من الدقة لكن ذلك يتم تعويضه بدرجة عظيمة من عدم التحدد واللايقين في تعيين السرعة. بالمثل إذا ما تم جعل تعيين السرعة أكثر دقة يصبح الموضع أقل تحددًا.

على سبيل المثال فلنفترض رغبتنا في معرفة موضع وسرعة إلكترون في لحظة

ما. نظريًّا من الممكن تحديد الموضع مع خطأ محتمل ١/١٠٠٠ ميلليمتر تقريبًا وتحديد السرعة مع خطأ محتمل ١ كيلومتر لكل ثانية. لكن خطأ مقداره ١/١٠٠٠ ميلليمتر هو خطأ كبير مقارنة ببعض قياساتنا المكانية؛ ألا توجد أي طريقة ممكنة لتحديد الموضع بهامش ١/١٠,٠٠٠ ميلليمتر؟ بالتأكيد يوجد؛ لكن في تلك الحالة سوف يكون من الممكن فقط تحديد السرعة بهامش خطأ ١٠ كيلومتر لكل ثانية.

إن شروط استكشافنا لأسرار الطبيعة هي على النحو التالي: كلما ألقينا الضوء على سر الموضع، توارى سر السرعة. إنهما مثل الرجل العجوز والمرأة العجوز في زجاج الطقس؛ يخرج أحدهما من أحد الأبواب، يتوارى الآخر خلف الباب الآخر. عندما نجابه عوائق غير متوقعة في الكشف عن شيء ما نرغب في معرفته، هناك مساران محتملان يمكننا اتخاذهما. من المحتمل أن المسار الصحيح هو في معاملة العائق كحافز لبذل المزيد من الجهد؛ لكن هناك احتمالية ثانية – تتمثل في أننا كنا نحاول العثور على شيء ما غير موجود. سوف تتذكر أن تلك قد كانت الكيفية التي فسرت بها النسبية الاستتار الواضح لسرعتنا عبر الأثير.

عندما تبين أن هذا الاستتار هو جزء من النظام على نحو أكيد، صار لزامًا علينا أن نزيح ذلك الكيان الذي يدل عليها ونمحوه من العالم الفيزيائي. فعليًّا لا يوجد أي خيار آخر. لقد انهارت العلاقة مع وعينا على نحو تام. عندما لا نستطيع الإشارة إلى أي تأثير سببي واقع على أي شيء ضمن نطاق خبرتنا، تصبح الكيانات والكميات بالكاد جزءًا من اللامعلوم – اللامتمايز ضمن بقية أجزاء الغيب الشاسع. من حين إلى آخر تحدث اكتشافات فيزيائية؛ وتخرج كميات جديدة من الغيب اللامعلوم وتصبح مرتبطة بخبرتنا ويتم تسميتها وتوصيفها على نحو واف. لكن أن نترك الكثير من البطاقات التعريفية غير مرتبطة بشيء وطافية في غير المعلوم ذلك، غير المتمايز حتى الآن على أمل أنه قد تتجلى فائدتها مستقبلًا، ليس ذلك علامة معرفة بالغيب وليس مفيدًا إطلاقًا للعلم. انطلاقًا من وجهة النظر تلك نؤكد على أن توصيف موضع وسرعة

إلكترون فيما هو أدق من عدة أماكن محدودة من بعد العلامة العشرية ما هو إلا وصف لشيء غير موجود؛ على الرغم من أنه ويالللغرابة قد يكون مسموحًا بوصف الموضع أو السرعة على نحو دقيق لكن إن كان كل منهما قائمًا على حدة. منذ ذلك الحين الذي أوضحت فيه نظرية أينشتاين أهمية تأمين كون الكميات الفيزيائية التي نتحدث عنها مرتبطة فعليًّا بخبرتنا، قد حرصنا على التأمين إلى حد ما ضد الاصطلاحات التي لا تحمل معنى. هكذا أصبحت المسافة معرفة بواسطة عمليات قياس معينة وليس استنادًا إلى مفاهيم غير حسية مثل «كمية الفراغ» بين نقطتين. لقد أثارت المسافات الضئيلة المشار إليها في الفيزياء الذرية بشكل طبيعي بعض الشك، ذلك لأنه ليس من السهل دائمًا القول كيف يمكن تخيل القيام بالقياسات المفترضة. لا أود أن أؤكد على أن هذه النقطة قد تم إيضاحها؛ لكن على أي حال لا يبدو ممكنًا إحراز انتصارات مؤزرة بخصوص كل المسافات الضئيلة، لأنه من الممكن الإشارة إلى حالات بدا فيها ألا وجود لحد طبيعي لدقة تحديد الموضع. بالمثل هناك طرق لتحديد الزخم من الجلي أنها بلا حد في دقتها. ما غاب عن الملاحظة أن القياسين يتداخل كل منهما مع الآخر بطريقة نظامية، لذلك فمزيج الموضع مع الزخم المحدد قانونًا على مستوى الأجسام الكبيرة، يصبح غير قابل للتعريف على مستوى الأجسام الصغيرة. لقد تم النص علميًّا على مبدأ عدم التحدد (اللايقين) كالتالي: إذا ما كانت **q** نظيرًا وكانت **p** هي الزخم المقابل له فإن اللايقين اللازم في معرفتنا بـ**q** مضروبًا في لايقين **p** مساويًا بدرجة ما لمقدار كم الثابت **h**.

يمكن إدراك نوع عام من المنطق دون صعوبة كبيرة. فلتفترض أنها مسألة تتمحور حول معرفة موضع وزخم إلكترون. ما دام الإلكترون غير متفاعل مع بقية الكون فلا يمكننا أن نكون على دراية به. يجب علينا أن نغتنم فرصتنا في الحصول على معلومات عنه في لحظات تفاعله مع شيء ما حيث إنه بذلك ينتج تأثيرات يمكن رصدها. لكن في أي تفاعل مماثل هناك كم كامل مضمن؛ ومرور هذا الكم يغير بدرجة هامة ظروف

اللحظة التي قمنا فيها بالرصد، جاعلًا من المعلومات قديمة وغير محدثة حتى في لحظة حصولنا عليها.

فلنفترض (مثاليًّا) أن إلكترونًا يتم رصده تحت ميكروسكوب قوي من أجل تحديد موضعه بدقة كبيرة. بالنسبة له فلِكي يرى إطلاقًا فيجب أن تتم إضاءته ليقوم بتشتيت الضوء كي يصل إلى العين. أقل ما يمكن أن يقوم بتشتيته هو كم واحد. مع تشتيته لذلك الكم الواحد فإنه يتلقى ركلة من الضوء، مقدارها غير متوقع؛ يمكننا تحديد احتمالات الركلات الممكنة ذات المقادير المختلفة فقط. هكذا فعندما نكون في ظرف يحاول تأكيد الموضع فإننا نسبب اضطرابًا للإلكترون بطريقة لا يمكن حسابها وهو ما سوف يتسبب في منعنا من أي تأكيد لاحق لمقدار الزخم الذي كان له. رغم ذلك ففي مقدورنا تأكيد الزخم مع لا يقين تمثله الركلة وإذا كانت الركلة صغير فإن الخطأ المحتمل صغير. كي نبقي الركلة صغيرة يجب أن نستخدم كمًّا صغيرًا من الطاقة، ما يعني، ضوء له طول موجي كبير. لكننا إن استخدمنا طولا موجيًّا كبيرًا فإننا نقلل من دقة ميكروسكوبنا. كلما طالت الموجات، زاد حيود الصور. ويجب علينا الانتباه إلى أن الأمر يحتاج إلى عدد عظيم من الكمات من أجل تحديد صورة الحيود، يمكن لكم واحد مشتت أن يحفز ذرة واحدة فقط في شبكية العين، في نقطة اعتباطية ضمن صورة الحيود النظرية. على ذلك فسيكون هناك لا يقين في تحديدنا لموضع الإلكترون يتناسب مع حجم صورة الحيود. إننا في خضم معضلة. يمكننا تحسين تحديد الموضع باستخدام الميكروسكوب وذلك باستخدام ضوء له طول موجي أقصر، لكن ذلك سوف يضرب الإلكترون بركلة أكبر ويفسد التحديد اللاحق للزخم.

يمكن الإشارة إلى مشهد توضيحي لنفس المعضلة إذا ما تخيلنا أنفسنا نحاول رؤية أحد الإلكترونات في الذرة. بالنسبة لعمل مثل هذا يصعب إنجازه في إتقان لا توجد أي فائدة من توظيف الضوء العادي كي نرى به؛ إنه كبير جدًّا للغاية بكثير. إن طوله الموجي أكبر من كل الذرة بأكملها. يجب أن نستخدم إضاءة بالغة الدقة وأن

ندرب أعيننا على أن ترى بأشعة لها طول موجي قصير – أشعة إكس في الحقيقة. من الجيد تذكر أن لأشعة إكس تأثيرًا مدمرًا إلى حد ما على الذرات، لذلك فإنه ينبغي علينا أن نستخدمها باقتصاد. أقل ما يمكن أن نستخدمه هو كم واحد. الآن لو إننا على استعداد سوف ترى ماذا يحدث عندما أقوم بتسليط كم واحد من أشعة إكس على الذرة؟ قد لا أصيب الإلكترون في المرة الأولى؛ في تلك الحالة بكل تأكيد لن تراه. حاول مرة أخرى؛ هذه المرة ربما يصيب الكم الإلكترون. انظر بحدة وراقب أين هو. ألا يوجد هناك؟ هياج! بالتأكيد قد أطحت بالإلكترون خارج الذرة.

ليست هذه بصعوبة سببية. إنها مؤامرة أُعدت بليل – مؤامرة كي تمنعنا من رؤية شيء غير موجود، أقصد، موضع الإلكترون في الذرة. إذا ما استخدمت أطوالًا موجية أطول لا تسبب ضررًا، فإنها لن تقدر على تحديد الإلكترون بدقة كافية لك كي تراه أين هو. ومع تقصير الطول الموجي بحيث يصبح الضوء دقيقًا كفاية فإن الكم الخاص به يصبح عنيفًا للغاية ويضرب الإلكترون بعنف إلى خارج الذرة.

مثال آخر على اللايقين التبادلي قد تم ضربه، ويبدو أنه لا شك في عموميته التامة. تذهب الفرضية إلى التالي، لا يمكن لنا أبدًا أن نكشف عن ارتباط بين موضع دقيق وبين زخم دقيق لأنه لا يوجد مثل هذا الشيء في الطبيعة. ليس هذا بالعصي على الفهم. يزودنا نموذج شرودنجر بتوضيح عن الكيفية التي يمكن أن يحدث بها ذلك. لقد رأينا (أوضحنا ذلك سابقًا في نفس هذا الفصل) أنه كلما أصبح موضع المجموعة الموجية محددًا أكثر، فإن الطاقة (التردد) تصبح غير محددة على نحو أكثر، والعكس بالعكس. أعتقد أن تلك هي قيمة وفائدة نظرية شرودنجر الجوهرية؛ إنها تمتنع عن عزو نوع من التحدد إلى الجسيم، لا يتوافق مع أي شيء في الطبيعة. لكنني لن أعتبر مبدأ عدم التحدد (اللايقين) كنتيجة يمكن استقراؤها من نظرية شرودنجر؛ إن الأمر يبدو على العكس من ذلك. يشبه مبدأ عدم التحدد (اللايقين) مبدأ النسبية، ممثلا التخلي عن افتراض خاطئ، ليس لدينا أي منطق كاف أبدًا لتصوره. كما كان الحال

بالضبط عندما تم تضليلنا بواسطة أفكار عن الأثير، لا يمكن الدفاع عنها وذلك بسبب ثقتنا في تناظر مع بحر المادة، بالمثل قد تم تضليلنا بواسطة أفكار لا يمكن الدفاع عنها عن خصائص عناصر بنية العالم الميكروسكوبية وذلك بسبب ثقتنا في تناظر مع الجسيمات في العالم المرئي.

نظرية معرفة (إبستمولوجيا)[1] جديدة:

مبدأ عدم التحدد (اللايقين) هو مبدأ إبستمولوجي (معرفي). إنه يذكرنا مجددًا أن عالم الفيزياء هو عالم قائم على التأمل من الداخل، تم مسحه بمعدات هي جزء منه ومعرضة لقوانينه. ما الذي قد يكشف عنه الكون لو تم جسه بطريقة ما فوق طبيعية باستخدام معدات لم يتم التأسيس لها من خلاله، فإننا لا نملك جوابًا قاطعًا.

هناك اعتقاد معروف جيدًا للفلاسفة أن القمر يكف عن الوجود عندما لا ينظر إليه أحد. لن أناقش الاعتقاد ما دمت لا أملك أدنى فكرة عن معنى كلمة وجود عندما تستخدم في هذا السياق. على أي حال، لم يؤسس علم الفلك على مثل هذا النوع من الأقمار المتشنجة. في العالم العلمي (الذي عليه أن يوفي بوظائف أقل إبهامًا من مجرد الوجود) هناك قمر ظهر على الساحة قبل الفلكي؛ يقوم بعكس ضوء الشمس عندما لا يراه أحد؛ له كتلة عندما لا يقوم أحد بقياس كتلته؛ إنه على بعد ٢٤٠,٠٠٠ ميل من الأرض عندما لا يقوم أحد برصد المسافة؛ وسوف يتسبب في كسوف الشمس في عام ١٩٩٩ حتى لو نجح الجنس البشري في إفناء نفسه قبل ذلك التاريخ. على القمر –القمر العلمي– أن يلعب دور العنصر السببي المتصل في عالم يتم إدراكه على أن أجزاءه في مجملها متداخلة معًا سببيًّا (كعاشق ومعشوق).

ما الذي ينبغي علينا اعتباره وصفًا كاملًا لهذا العالم الفيزيائي؟ لا يجب علينا إدخال أي شيء مثل السرعة عبر الأثير، والذي لا يحمل أي معنى باعتباره لا يقوم

(١) هي فرع من فروع الفلسفة معني بدراسة طبيعة المعرفة وارتباطاتها بالحقيقة والمعتقد والتبرير (المترجم).

بإظهار أي صلة سببية مع خبرتنا. على الجانب الآخر لا يمكننا أن نقصر الوصف على المعلومات اللحظية من أرصادنا المتشنجة خاصتنا. ينبغي ألا يتضمن الوصف أي شيء لا يمكن رصده لكن قدرًا عظيمًا مما تم رصده بالفعل. فعليًّا فإننا نفترض جيشًا لا نهائيًّا من المشاهدين والقائمين على عمليات القياس. من لحظة للأخرى يقومون بمسح كل شيء من الممكن مسحه وقياس كل شيء يمكن قياسه بوسائل يمكننا نحن أنفسنا بشكل مفهوم ومدرك توظيفها.

كل شيء يقومون بقياسه يندرج كجزء من التوصيف الكامل للعالم العلمي. يمكننا بالتأكيد إدخال توصيفات اشتقاقية وتعبيرات لفظية عن الأمزجة الرياضية للقياسات اللحظية، تلك التي قد تزود الوصف بوجهة نظر أعظم – وبذلك لا نفوت رؤية الخشب الذي للأشجار.

عن طريق توظيف القوانين الفيزيائية المعروفة المعبرة عن تجانس الطبيعة، يمكننا إلى حد كبير صرف هذا الجيش من المراقبين. يمكننا تحمل غياب القمر عن منظورنا لساعة أو اثنتين واستنتاج موضعه خلال ذلك الوقت. لكن عندما أؤكد على أن القمر (الذي رأيته آخر مرة جهة الغرب منذ ساعة) يغرب الآن. إنني أؤكد ذلك، لا باعتباره استنتاجي لكن باعتباره حقيقية صحيحة للعالم الفيزيائي. ما زلت أفترض وجود المراقب المتخيل؛ لا أستشيره، لكنني أستبقيه كي يعزز بياني إن شكك فيه أحد. بالمثل، عندما نذهب إلى أن الشعرى اليمانية تبعد ٥٠ بليون ميل، إننا لا نقدم مجرد ترجمة معتادة لاختلاف المنظر المقاس؛ لكننا عاقدون العزم على التصريح بمعلومات لها ذات الظروف وكأن أحدهم بالفعل قد مضى إلى وضع عصي قياس واحدة تلو الأخرى وقام بإحصاء عدد ما أحتاجه كي يصل إلى الشعرى؛ وينبغي علينا الإصغاء بصبر إلى أي أحد يقدم منطقًا للظن في أن استنتاجاتنا لا تتوافق مع «الحقائق الواقعية» أي الحقائق كما هي معروفة بالنسبة لجيش القائمين بالقياس. إذا ما صادف وقمنا باستنتاج ما لا يكون تعزيزه أو نقضه جائزًا بواسطة هذا الجيش من الكادحين

القائمين على القياس، فإنه لا يوجد أي ملمح لإثبات صحته أو تخطيئه وعلى ذلك يكون استنتاجًا بلا معنى.

أساس عمل نظرية المعرفة هذه هو تطبيق مقاييس مسح العوالم المنظورة الكبيرة للعالم الفيزيائي، لكن عادة ما كان هناك تسليم بأن ذلك يمكن تطبيقه على نحو مكافئ على الدراسات الميكروسكوبية. لقد أدركنا في النهاية حقيقة عدم التناغم، فما يطبق على القمر، لا يشترط تطبيقه على الإلكترون.

لا يتأذى القمر من النظر إليه. لا يوجد عدم اتساق في افتراضنا أنه قد كان واقعًا تحت أرصاد جحافل من المراقبين بينما كنا نائمين. لكن الأمر يختلف مع الإلكترون. في أوقات معينة، أقصد عندما يتفاعل مع كم، فمن المحتمل رصده بواسطة واحد من مراقبينا، لكنه في الأوقات البينية يختفي فعليًّا من العالم الفيزيائي، لا يقوم بأي تفاعل معه. قد نقوم بتسليح راصدينا ببطاريات ضوئية كي نحافظ على مشاهدة مستمرة ومتواصلة لأفعاله؛ لكن المشكلة تكمن في أنه لن يواصل تحت ضوء البطارية ما كان يقوم به في الظلام. هناك عدم اتساق جوهري فيما يخص إدراك بنية العالم الفيزيائي الميكروسكوبية عن طريق جعلها تحت الرصد المستمر لأن الرصد نفسه سوف يطيح بالآلة كلها.

أظن أن ذلك سيبدو لك في البداية كمجرد صعوبة منبعها الجدل. لكن هناك الكثير جدًّا مما يحويه أكثر من ذلك. إن الإحباط المتنامي فيما يتعلق بجهودنا لإخضاع المعرفة بالعالم الميكروسكوبي للخطة المعتادة يعد ملمحًا قويًّا على وجوب تغيير الخطة.

إن ذلك يعني أننا كنا نسعى صوب مثال خاطئ لوصف كامل للعالم. لم يمض بعد الوقت الكافي كي نقوم ببحث جاد عن إبستمولوجيا جديدة مناسبة لهذه الأحوال. لقد أصبح مشكوكًا فيما إذا سيكون من الجائز أبدًا بناء عالم فيزيائي مما هو معروف فقط – المبدأ الحاكم في نظرياتنا الماكروسكوبية على النطاق المرئي الكبير. لو أصبح

ذلك ممكنًا، فسيمثل ثورة عظيمة على الأساسات الحالية. يبدو الاحتمال الأكبر ماثلًا في وجوب رضانا بقبول مزيج يجمع بين ما هو معروف وما هو غير معروف. يعني ذلك إنكارًا للحتمية، لأن المعلومات المطلوبة لأجل التنبؤ بالمستقبل سوف تتضمن عناصر الماضي غير المعروفة. أظن أنه قد كان هايزنبرج الذي قال: «لا يجوز طرح تساؤل عما إذا كان في مقدورنا التنبؤ بالمستقبل من خلال المعرفة الكاملة بالماضي؛ لأن المعرفة الكاملة بالماضي تتضمن تناقضًا ذاتيًّا»

يمكن للعالم الخارجي أن يتفاعل معنا نحن أنفسنا ويمكن لمعلومات عنه أن تصل إلى عقولنا من خلال فعل الكم فقط لا غير. قد يكون فعل الكم وسيلتنا للكشف عن بعض حقائق الطبيعة، لكن بالتزامن مع ذلك يتم غرس ما هو غير معروف في رحم الزمن. نربح ما يزيد من معرفتنا على حساب ما يزيد من جهلنا. من الصعب إفراغ بئر الحقيقة باستخدام دلو يسرب الماء.

* * *

الفصل الحادي عشر

بناء العالم

أمامنا مهمة معقدة، حيث سنقوم ببناء عالم – عالم فيزيائي سوف يزودنا بعرض ظل للدراما الصادرة عن عالم الخبرة. إلى الآن نحن لسنا ببنائين محنكين للغاية؛ ولا يجب أن تتوقع أن يمضي العمل بلا مشاكل أو أن يحظى بتفاصيل ثرية قد يعتبرها الجمهور الناقد ضرورة لازمة. إلا أن المنهج الذي نوشك على وصفه يبدو قادرًا على تزويدنا بالخطوط العريضة؛ ويتحتم علينا بلا شك أن نتعلم أسرار الصنعة الأخرى اللازمة لبناء العالم أيضًا قبل أن نكون قادرين على إكمال التصميم.

تكمن المشكلة الأولى في مادة البناء. أتذكر عندما كنت طفلًا معدمًا في المدرسة كيف اعتدت قراءة مقالات جذابة عن كيفية بناء تجهيزات رائعة من بقايا المخلفات. لسوء الحظ تضمنت هذه المقالات أعمالًا يتم تكوينها من ساعة قديمة وهواتف زائدة عن الحاجة قليلة وسائل الزئبق الفضي من بارومتر مكسور وبقايا مخلفات أخرى تصادف عدم وجودها في غرفة «الكراكيب» القريبة. سأحاول ألا أحبطك على هذا النحو. لا يمكنني بناء العالم من لا شيء، لكنني سوف أحاول أن أطلب مواد ذات خصوصية محدودة. يتلخص النجاح في لعبة بناء العالم في عظم التباين بين خصائص البنية المكتملة ذات الخصوصية المميزة وطبيعة المادة الخام الأساسية العمومية، غير ذات الخصوصية وغير المميزة.

بنية العلاقات:

نأخذ العلاقات والتعالقات كمادة خام للبناء. التعالقات هي نقاط التقاء العلاقات. لا يمكن التفكير في إحداهما بمعزل عن الأخرى. لا أظن أن هناك بداية أكثر عمومية من هذه يمكن إدراكها.

لكي نميز التعالقات من بعضها البعض، نقوم بإلصاق علامات تعريفية بها. تتكون العلامة التعريفية من أربعة أرقام، في الأساس تدعى «نظائر». لكن النظائر تفترض فضاء وهندسة وحتى الآن لا يوجد مثل هذه الأشياء في مخططنا؛ لذلك سوف نعتبر الأرقام التعريفية الأربعة كعلامة تعريفية اعتباطية لا أكثر في الوقت الحالي. لماذا أربعة أرقام؟ نستخدم أربعة لأنه قد تكشف في النهاية أن التركيب سينفذ على نحو أفضل بتلك الطريقة؛ لكننا لا نعرف لماذا يجب أن يكون الأمر على هذا الحال. لقد مضينا بعيدًا فيما يخص إدراك أن العلاقات لو أصرت على تراكيب ثلاثية أو خماسية فسوف يكون من الأصعب كثيرًا بناء أي شيء ذي أهمية منها، لكن ذلك فيما يبدو عذرًا غير كاف ربما لتبرير هذا الافتراض الذاهب إلى أن المادة الأولية يجب أن تصاغ من تركيب رباعي.

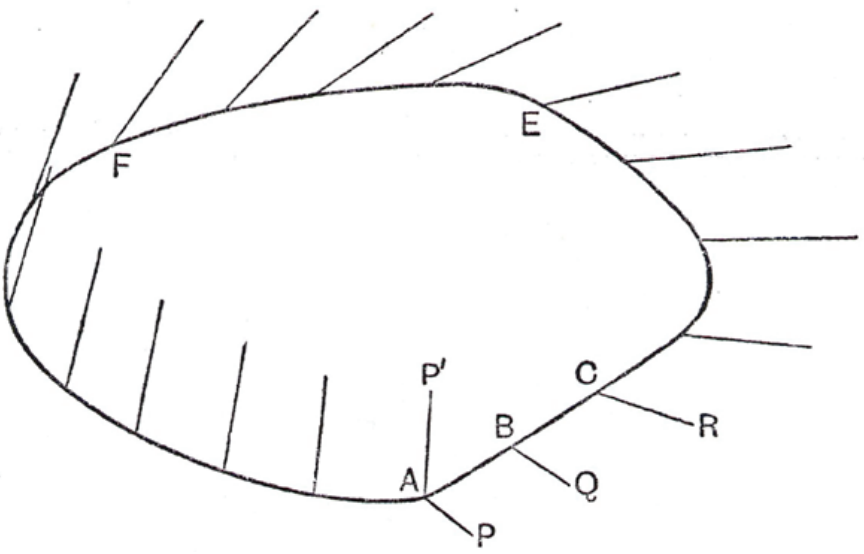
تمثل العلاقة بين فردين بشريين بمعناها الأعرض كل أنواع الصلات التي تجمعهما والمقارنات فيما بينهما – مثل القرابة وسلوكيات العمل واختلاف القوام والمهارة في الجولف – وأي نوع من التوصيفات التي يحوزها كلاهما. لأجل التعميم، سوف نفترض أن العلاقات في عالمنا المادي تشبه مركبات ولا يمكن مطلقًا التعبير عنها بقياسات رقمية. مع ذلك يجب أن يكون هناك نوع ما من أوجه المقارنة أو التشابه بين العلاقات، كما هو الحال بين علاقات أفراد البشر؛ وإلا لن يكون هناك ما يقال عن العالم أكثر من أن كل شيء فيه لا يشبه في النهاية أي شيء آخر. كي نصيغ ذلك بطريقة أخرى، يجب ألا نفترض وجود علاقات بين التعالقات فقط بل أن نفترض نوعًا من علاقات التشابه بين بعض هذه العلاقات كذلك. إن أبسط إنجاز في هذا

الاتجاه سوف يمكننا من ربط الكل في بنية جديدة.

نفترض إذَنْ التالي، بالتفكر في العلاقة التي قد تكون بين تعالقين، فمن المحتمل على نحو عام التقاط تعالقين قريبين في متناول اليد بينهما علاقة تشابه. لا أقصد بالتشابه أنه تشابه في كل منحى، لكنه تشابه في أحد أوجه العلاقات بين المركبات. كيف يتم اختيار وجه معين؟ لو أن تعالقينا كانا فردين من البشر، فمن الممكن إطلاق أحكام مختلفة لأوجه التشابه من قبل عالم الأنساب والاقتصادي والمحلل النفسي واللاعب الرياضي، إلخ.؛ وهنا سيتشعب بناء الهيكل على طول خطوط مختلفة. يستطيع كل خط منها بناء بنية عالمه الخاص من المواد الخام الأساسية المشتركة للبشرية. لا يوجد أي منطق قد يبرر إنكار احتمالية بناء عدة عوالم متنوعة من مادتنا الخام المفترضة، تقف جميعها على قدم المساواة. لكن جميعها سوف تجهض باستثناء عالم واحد فقط. سيذهب مجهودنا هباء، ما لم يكن العالم الذي بنيناه هو ذلك الذي عليه العين، الذي اختاره العقل لينعشه ويحييه في صورة عالم الخبرة. التعريف الوحيد الذي بإمكاننا إطلاقه على أوجه العلاقات بين ملامح «التشابه» المختارة هو أنها الملامح التي سوف تتداخل في النهاية مع ملامسة العقل للعالم الفيزيائي. إلا أن ذلك يقع في ما وراء مجال الفيزياء.

يفترض أن يكون توافق الواحد إلى واحد لهذا «التشابه» محددًا تمامًا عندما تكون العلاقتان قريبتين من إحداهما الأخرى جدًّا في هيكل البناء. بذلك نتجنب أي نوع من أنواع المقارنات عن بعد وهو الأمر البغيض تمامًا مثلما هو الفعل عن بعد بغيض. دعني أعترف بلا مقدمات، لا أعرف ما الذي أقصده هنا بعبارة «قريبتين من إحداهما الأخرى جدًّا». فحتى الآن لم يتم بناء المكان والزمن بعد. ربما قد نذهب إلى أن القليل من التعالقات فقط قد تمتلك علاقات محددة، وربما نأخذ تحدد القابلية للمقارنة ذلك كملمح للقرب. بالكاد أعرف ذلك. عند هذه النقطة يظهر البناء بعض الشقوق، لكنني أظن أنها ليست ببعيدة عن متناول موارد المنطقي الرياضي

كي يعالجها بالأسمنت. كما ينبغي علينا أيضًا في هذه المرحلة ترتيب الأمور بحيث تكون العلامات التعريفية ملصقة على نحو جيد كي تعطي لمحة عن القرب.



شكل رقم (٧)

دعنا نبدأ بالمتعالق A والعلاقة AB المنبعثة منه. الآن فلتخطو إلى طرف المتعالق B واختر علاقة التشابه BQ . استمر في التحرك إلى متعالق C واختر العلاقة CR والتي تشبه BQ . (لاحظ أنه بما أن C أبعد عن A منها عن B ، فإن العلاقة AP عند C ليست محددة تمامًا بينما ستكون العلاقة BQ أكثر تحددًا) رويدًا رويدًا وخطوة خطوة قد نقوم بعقد المقارنة على طول المسار AEFA والذي يعود بنا إلى نقطة البداية. لا يوجد ما يضمن أن العلاقة الأخيرة `AP تلك العلاقة التي – قد نقول إنها قد جرت بعد الدوران حول الحلقة سوف تكون هي العلاقة AP التي بدأنا بها في الأصل.

لدينا الآن علاقتان AP و`AP تنبعثان من المتعالق الأول، الفارق فيما بينهما

موصول بحلقة معينة في العالم AEFA . النهايتان السائبتان للعلاقتين P و `P لهما علامتاهما التعريفيتان، ويمكننا اعتبار الفارق في العلامتين التعريفيتين (أي الفارق في أرقام التعريف المكونة) كتعبير مشفر عن التغير الحادث نتيجة لجريان AP بعد الدوران حول الحلقة. مع تبديلنا للحلقة وللعلاقات الأصلية، يتبدل كذلك (التغير `PP)؛ والخطوة التالية هي إيجاد معادلة رياضية تعبر عن هذه التبعية. من المفترض أن هناك أربعة أشياء لنقوم بربطها، وتحسب الحلقة على الضعف لأنه، على سبيل المثال، سوف يتم وصف حلقة مستطيلة عن طريق تحديد جانبين. يجب أن يتم تحديد كل منهما بواسطة أربعة أرقام تعريفية (سواء كانت علامات تعريفية أو مشتقة من العلامات التعريفية)؛ على ذلك، كي نوفر كل التباديل والتوافيق، سوف تحتوي المعادلة الرياضية المطلوبة على ٤٤ أو ٢٥٦ معاملًا رقميًّا. تزود هذه المعاملات بالمقاييس الرقمية للبنية المحيطة بالعلاقة الأولية.

يكمل هذا الجزء الأول من مهمتنا لإدخال قياس رقمي خاص بالبنية في المادة الأساسية القاعدية. ليس النهج مختلقًا جدًّا كما يبدو للوهلة الأولى. ما لم نتهرب من المشكلة بوضع خواص العالم الفيزيائية المرغوبة مباشرة في العلاقات والتعالقات الأصلية، يجب أن نشتقها من التداخلات الهيكلية للعلاقات؛ ومثل هذه التداخلات يتم تعقبها طبيعيًّا من خلال تتبع الحلقات بين العلاقات. حقيقة مقارنة العلاقات القريبة تميز فقط بين التشابه وعدم التشابه، ولا توفر بشكل أولي أي وسيلة لتصنيف مختلف درجات وأنواع عدم التشابه؛ لكننا قد وجدنا وسيلة تعيين نوع عدم التشابه بين AP و`AP بالرجوع إلى الحلقة التي «تحول» الواحدة إلى الأخرى. على هذا فقد بنينا دراسة كمية للتنوع والاختلاف على تعريف للتماثل والتشابه.

سوف تعتمد القياسات الرقمية للبنية على الشفرة الاعتباطية للعلامات التعريفية المستخدمة لتعريف التعالقات كما سوف تتنوع بناء عليها كذلك. تلك التي تحمل القياسات –مهما كان على أن تكون مناسبة على نحو خاص لبناء كميات الفيزياء

المعتادة. عندما تكون العلامات التعريفية هي نظائر المكان والزمن فإن الاختيار الاعتباطي للشفرة سوف يكون معادلًا لاختيار اعتباطي لإطار مكان وزمن؛ وسوف يكون متوافقًا مع نظرية النسبية بحيث يجب أن تختلف قياسات البنية والكميات الفيزيائية التي تشتق منها باختلاف إطار المكان والزمن. ليس للكميات الفيزيائية بوجه عام أي قيمة مطلقة، لكن قيمها تتناسب مع أطر الإسناد المختارة أو شفرات العلامات التعريفية.

لقد قمنا الآن بتشكيل قوالبنا من الصلصال الأولي ومهمتنا التالية تتمثل في البدء في عملية البناء باستخدامها. قد تختزل الـ ٢٥٦ قياسًا للبنية المتنوعة من نقطة إلى أخرى في العالم نوعًا ما عندما يتم تجاهل التكرارات؛ لكن حتى مع ذلك فإنها لا تزال تتضمن قدرًا عظيمًا من سقط غير مفيد، غير لازم لعملية البناء. يبدو أن ذلك قد أثار قلق عدد من أبرز الفيزيائيين؛ لكنني لا أكاد أرى سببًا لذلك على الإطلاق. في النهاية هو العقل من يقرر ماهية السقط – يقرر ما هو الجزء من البناء الذي سوف يظلل أشياء الخبرة المعتادة، وما الذي لن يكون له ما يناظره. ليس من مهام وظيفتنا كموردي مواد البناء الخام توقع ما سوف يتم اختياره لأجل قصر العقل. من هذه اللحظة سوف نقوم بحذف السقط باعتباره غير ذي صلة في قادم العمليات، لكنني لا أتفق مع أولئك الذين يظنون أن في ذلك عيبًا في النظرية حيث يذهبون إلى أن السقط يجب أن يظهر فيها. بجمع قياسات البنية التي توجد في حالة تناظر معًا وبتجاهل بعض القياسات الأخرى نقلل القياسات المهمة فعليًّا إلى ١٦ قياسًا[١]. يمكن تقسيم تلك القياسات إلى ١٠ قياسات تكون مخططًا تناظريًّا و٦ قياسات تكون مخططًا تخالفيًّا (غير تناظري). هذه هي نقطة انقسام العالم العظيمة.

المعاملات المتناظرة (١٠). نجد أن من الممكن بناء الهندسة والميكانيكا منها. إنها الجهود العشرة ($g_{\mu\nu}$). نشتق منها المكان والزمن وانحناءات العالم الممثلة

(١) رياضيًّا نقلص الموتر الأصلي من الدرجة الرابعة إلى واحد من الدرجة الثانية (المؤلف).

للخواص الميكانيكية للمادة، أي الزخم والطاقة والإجهاد وما إلى غير ذلك.

المعاملات التخالفية (غير المتناظرة) (٦). نبني منها الكهرومغناطيسية. حيث تنقسم إلى ثلاثة مكونات للشدة الكهربية وثلاثة مكونات للقوة المغناطيسية. نشتق الجهد الكهربي والمغناطيسي والشحنة الكهربية والتيار والضوء والموجات الكهربية الأخرى.

لا نشتق منها ظاهرة القوة الذرية وقوانينها. لقد كانت عملية بنائنا بطريقة ما خشنة للغاية كي تؤسس لبنية العالم الميكروسكوبية، لذلك فالذرات والإلكترونات والكمات في الوقت الحالي خارج نطاق مهاراتنا.

لكن فيما يتعلق بما يطلق عليه فيزياء المجال فالبناء مكتمل على نحو معقول. المجال المتري ومجال الجاذبية ومجال الكهرومغناطيسية كلها محتواة. نبني الكميات التي عددناها سابقًا؛ وهي تطيع القوانين العظيمة لفيزياء المجال بفضل الطريقة التي قد تم بناؤها بها. أما الملمح الخاص المميز؛ فيتمثل في أن قوانين المجال – مثل قوانين بقاء الطاقة والكتلة والزخم والشحنة الكهربية وقانون الجاذبية ومعادلات ماكسويل – ليست قوانين حاكمة[١]. إنها بديهيات. ليست بديهيات عندما نتعامل معها بالطريقة التي ينظر بها العقل إلى العالم، لكنها تعد بديهيات عندما نصادفها في أثناء رفع عمدان العالم من الهيكل الأساسي. علي أن أحاول جعل الأمور واضحة فيما يتعلق بتوجهنا الجديد بالنسبة لهذه القوانين.

القوانين المتماثلة:

إن الطاقة والزخم والإجهاد – التي قد قمنا بتعريفها من خلال المنحنيات العشرة الرئيسة للعالم – هي موضوع قانوني بقاء الطاقة والزخم الشهيرين. باعتبار أن

(١) أحد القوانين التي يتم في العادة ضمها إلى نفس هذه المجموعة هو قانون القوة المحركة الثقالية للحقل الكهربي، إلا أنه لم يتم ضمه هنا. يبدو من المستحيل الوصول لأساس هذا القانون من دون التعرض لبنية الإلكترون وهي تقع فيما وراء منظور تدريبنا الحالي على بناء العالم (المؤلف).

التعريف صحيح، فإن هذه القوانين ما هي إلا مطابقات رياضية[1]. لا يمكن الظن في إمكانية خرقها. ربما يمكنني الإشارة إلى طبيعتها بشكل أفضل من خلال مثال مناظر.

مكث أمين صندوق كبير في السن في حجرته منعزلًا، مكرسًا نفسه بشكل كامل للحسابات. أدرك النشاطات التعليمية والنشاطات الأخرى للكلية كما تُظهر نفسها في الفواتير فقط. حدس على نحو غير واضح أن هناك واقعًا موضوعيًّا يقع خلف هذا كله -نوع ما من الموازاة للكلية الفعلية- إلا أنه لم يستطع سوى تشكيل صورة له في ضوء الجنيهات والشلنات والبنسات فقط، وهي ما شكلت ما سيطلق عليه «كلية الحس المشترك للخبرة اليومية». لقد أصبح منهج العناية بالحسابات عادة راسخة تم تمريرها عبر أجيال من أمناء الصندوق الذين يشبهون الكهنة؛ تقبل شكل الحسابات كجزء من طبيعة الأشياء. إلا أنه قد كان يحظى بلمحة علمية وأراد أن يتعلم أكثر عن الكلية. يومًا ما بينما كان يتصفح كتبه، اكتشف قانونًا جديرًا بالملاحظة. لكل عنصر على جانب الدائن يظهر عنصرًا مساويًا في مكان ما آخر على جانب المدين. قال أمين الصندوق: «أها! لقد اكتشفت واحدًا من القوانين العظيمة الحاكمة للكلية. إنه قانون مثالي ومضبوط للعالم الواقعي. يجب أن يطلق على الدائن: موجب، وعلى المدين: سالب؛ وبذلك بات لدينا قانون بقاء الجنيهات والشلنات والبنسات. هذه هي الطريقة الحقيقية لاكتشاف الأشياء، ولا يوجد حد لما يمكن اكتشافه في النهاية بواسطة هذا المنهج العلمي. لن أولي أي عناية زائدة بقوى خارقة يؤمن بها بعض الزملاء متمثلة في روح طيبة تدعى الملك أو روح شريرة تدعى مفوضي الجامعة. عليَّ أن أمضي على هذا النحو فقط وسوف أنجح في فهم لماذا ترتفع الأسعار دائمًا».

لا يوجد خلاف بيني وبين أمين الصندوق فيما يتعلق بالإيمان في أن الفحص العلمي للحسابات هو سبيل لمعرفة مضبوطة (وإن كانت بالضرورة جزئية) عن الواقع فيما وراءها. يمكن اكتشاف أشياء بهذا النهج، تذهب لما هو أعمق من مجرد

(١) معادلات رياضية دائمًا صحيحة أيًّا ما كانت القيم التي يتم التعويض بها فيها. (المترجم).

الكشف عن بديهيات. على أي حال فحياة أمين الصندوق تدور حول الحسابات ومن الطبيعي أن يكتشف قوانين الحسابات أيًّا ما كانت طبيعتها. لكنني سوف أوضح له أن الكشف عن التداخل بين الملامح المختلفة التي تُظهر بها وقائع الكلية نفسها في عالم الحسابات ليس كشفًا عن القوانين الحاكمة للكلية؛ ما يعني أنه لم يبدأ حتى في إيجاد القوانين الحاكمة. قد تتداعى الكلية بالكامل رغم كون حسابات أمين الصندوق لم تزل مستقرة.

ينتج قانون بقاء الزخم من تداخل الملامح المختلفة التي يُظهر بها «عدم فراغ الفضاء» نفسه لخبرتنا العملية. مرة أخرى نجد أن قوانين الفيزياء الأساسية ليست قوانين حاكمة لكنها «عمل مدبر» بمجرد أن ندرك طبيعة ما يطيعها. يمكننا قياس أشكال معينة من الطاقة باستخدام الترمومتر وقياس الزخم باستخدام بندول منقذف وقياس الإجهاد باستخدام مانومتر. عادة ما نصور هذه الأشياء ككميات فيزيائية منفصلة، سلوكها نحو بعضها البعض محكوم بقانون. لكن النظرية الآن كالتالي: الأدوات الثلاثة تقيس ملامح مختلفة لكنها تداخلات من نوع ما لظرف فيزيائي واحد، والقانون الذي يربط بين قياساتها هو من نفس نوع قوانين الحشو التي لا تضيف، مثله كمثل القانون الذي يربط القياسات التي يتم إجراؤها بالمتر كوحدة قياس بتلك التي يتم إجراؤها بالقدم كوحدة قياس.

لقد أشرت إلى أنه لا يمكن الظن في إمكانية خرق قوانين البقاء هذه. هل وجدنا إذَنْ قوانين الفيزياء التي سوف تبقى أبدًا بلا أي هزات قد تتعرض لها مع أي ثورة مستقبلية؟ ربما، إلا أنه ينبغي علينا تذكر الجملة الاعتراضية «بافتراض أن التعريف (الخاص بالكمية موضع العلاقة) صحيحًا.» على ذلك فالقانون نفسه سوف يبقى ما دام اثنان زائد اثنين بقيت تساوي أربعة؛ لكن أهميته العملية تنبني على معرفتنا بما سيطيعه. نظن أن لدينا مثل هذه المعرفة، لكننا لا ندعي العصمة من الخطأ في هذا الخصوص. من منظور عملي فإن القانون سيتأثر إن تبين أن الأشياء التي يتم إبقاؤها

وفقًا له ليست تلك التي اعتدنا على قياسها بالأدوات المذكورة مسبقًا وظنناها على هيئة غير هيئتها لكن اتضح كونها شيئًا ما مختلفًا قليلًا.

التأثير الانتقائي للعقل:

يذهب بنا هذا إلى الاقتراب من مشكلة رأب الصدع بين العالم العلمي وعالم الخبرة اليومية. لا يوجد نظائر مباشرة لعناصر العالم العلمي الأبسط في الخبرة اليومية؛ يمكن أن نستخدمها لبناء أشياء لها ما يناظرها. تظلل الطاقة والزخم والإجهاد في العالم العلمي ملامح معروفة جيدًا في العالم المألوف. أشعر بالإجهاد في عضلاتي؛ يزودني أحد أنواع الطاقة بإحساس الدفء؛ نسبة الزخم إلى الكتلة هي السرعة، التي تدخل إلي خبرتي كتغير لمواضع الأشياء. عندما أقول إنني أشعر بهذه الأشياء، لا يجب أن أنسى أن المشاعر بقدر ما ليست موجودة في العالم الفيزيائي على الإطلاق، فهي ليست في الأشياء نفسها لكنها تقع في ركن معين من مخي. في الحقيقة، لقد اخترع العقل أيضًا نموذجًا لبناء العالم؛ لم يبنِ عالمه المألوف من توزيع العلاقات والتعالقات لكن من خلال ترجمته الخاصة به لرسائل الشفرة المنقولة على طول الأعصاب إلى صومعته.

على ذلك لا يجب أن نفقد منظور الحقيقة حيث يتبين لنا أن العالم الذي تحاول الفيزياء وصفه يبزغ من تلاقي مخططين مختلفين لبناء العالم. إذا ما نظرنا إلى البناء الذي أقيم من جانب الفيزياء فقط فسيبدو اعتباطيًّا تمامًا. سوف تتوفر جميع أنواع الأشياء التي قد نبنيها مع تزويدنا بالقوالب – الـ ١٦ الخاصة بقياسات بنية العالم، أو قد نأخذ من جديد ببعض السقط المرفوض ونبني ما سيكون أشياء أكثر تنوعًا. لكننا لا نبني بشكل اعتباطي؛ نبني على نسق ونظام. للأشياء التي نبنيها خواص معينة جديرة بالملاحظة؛ تحظى بهذه الخواص بفضل الطريقة التي بُنيت بها، لكنها تحظى بها أيضًا بسبب أن مثل هذه الخواص قد طلبت. هناك وصف عام يقوم على أي حال بتغطية أغلب عمليات البناء التي قد نحتاجها لتأسيس عالم الفيزياء؛ بلغة الرياضيات

تكمن العمليات في تفاضل هاميلتون لدالة غير متغيرة للـ ١٦ قياسًا الخاصين بالبنية. لا أظن أن هناك أي شيء في علاقات البنية الأساسية يشي بمثل هذا النسق الخاص من الجموع؛ لا تقع دلالة هذه العملية في الطبيعة غير العضوية. وإنما تكمن دلالتها في توافقها مع منظور يقره العقل لأسبابه الخاصة، كما لن تتوافق أي عملية بناء أخرى مع المخطط العقلي لبناء العالم. لمشتقة هاميلتون نفس ذلك النسق من الخواص الذي يجعلها صامدة في أذهاننا كعامل فعال في مقابل امتداد سلبي للمكان والزمن؛ وتفاضل هاميلتون بالفعل هو الرمز الخاص اللازم لخلق عالم فعال من خلفية غير متشكلة. ليس خلقًا لمرة واحدة في ماضٍ معتم، لكنه خلق متواصل بواسطة العقل الواعي معجزة الخلق المنمق.

بالعمل وفق خطة البناء هذه، فإن الأشياء التي نقوم بتشييدها سوف توفي بقانون البقاء، ما يعني أنها أشياء دائمة. قانون البقاء هو بديهية بالنسبة للأشياء التي توفي به؛ لكن بروزه في مخطط قوانين العالم الفيزيائي يرجع إلى أن العقل قد طلب الديمومة. ربما نقوم ببناء أشياء لا توفي بهذا القانون، في الحقيقة لقد بنينا شيئًا مهمًّا جدًّا وغير باق أو دائم، ألا وهو «الفعل»؛ فيما يتعلق «بالفعل» فقد أقرته الفيزياء في قوة وألحت في إصرار على اعتبار هذا «الفعل» أكثر الأشياء أساسية على الإطلاق، على الرغم من أن العقل لم يعتقد في استحقاقه لمكان في العالم المألوف ولم يقم بتوضيحه وإظهاره عبر أي صورة أو مفهوم عقلي. لعلك تدرك أن البناء الذي أشير إليه ليس تحويلًا في المادة؛ بل هو كبناء كوكبات (مجموعات نجمية) من النجوم. إن الأشياء التي قد كان في مقدورنا بناءها لكننا لم نقم بذلك، هي هناك بذات قدر تلك التي قمنا ببنائها. ما ندعوه بناء هو أقرب إلى اختيار من بين الأنساق التي تحيك نفسها.

إن عنصر الديمومة في العالم الفيزيائي الممثل على نحو مألوف بمفهوم المادة هو بالضرورة إسهام العقل في خطة البناء أو الاختيار. يمكننا أن نرى هذا الميل إلى الاختيار عاملًا في مسألة بسيطة نسبيًّا، على وجه التحديد، النظرية الهيدروديناميكية

للمحيطات. للوهلة الأولى يبدو ما يحدث عند بث بعض الاضطراب المبدئي قائمًا على قوانين غير عضوية فقط؛ لا شيء أبعد من احتمالية تدخل العقل الواعي في هذا الخصوص. قد يكون هذا صحيحًا من أحد الأوجه؛ حيث تمكننا قوانين المادة من استنتاج الحركة وتطور أجزاء المياه المختلفة وهكذا، ما دام العالم غير العضوي هو ما يعنينا، فربما نظن أن المسألة قد بلغت منتهاها، إلا أن الأمر قد اتخذ وجهة أخرى فعليًّا في الكتب المرجعية للهيدروديناميكا؛ حيث تحول البحث نحو دراسة حركة الأمواج والمجموعات الموجية. إن تطور الأمواج ليس تطورًا لكتلة ماء مادية، لكنه تطور لنسق يسافر على السطح عندما تجيش المياه للأعلى والأسفل، مرة أخرى فإن تطور المجموعات الموجية ليس تطورًا للموجات. لهذه الأنساق درجة معينة من الديمومة في خضم حركة جسيمات الماء المتبدلة. ينزع أي شيء دائم إلى أن يكرم وذلك من خلال وصفه بالجوهرية. يبدو انطباع المبحر أكثر وضوحًا حتى؛ حيث يذهب إلى أن المحيط مكون من أمواج أكثر من ذهابه إلى أنه مكون من ماء[1]. في النهاية، هو الجوع الغريزي نحو الديمومة الكائن في أذهاننا الذي يوجه مسار تطور الهيدروديناميكا، وبالمثل يوجه بناء العالم من ستة عشر قياسًا للبنية.

ربما ستثور اعتراضات، تدفع بأن أشياء أخرى إلى جانب العقل من الممكن أن تقدر الكميات الدائمة مثل الكتلة؛ حيث من الواضح أن في إمكان آلة للقياس أن تقدرها وأن تحرك مؤشرًا للإشارة إلى كم الكتلة الموجودة هناك. لا أظن أن هذا الاعتراض صائب. عند بنائنا لعالم فيزيائي، يجب علينا بالتأكيد بناء معدات للقياس، تكون جزءًا منه؛ تنشأ معدات القياس من خلال نفس خطة البناء بنفس الطريقة التي تنشأ بها الكميات التي تقوم بقياسها. على سبيل المثال، إذا ما قمنا باستخدام بعض السقط لبناء الكمية x ، من المحتمل أن نقدر على بناء معدة لقياس x من نفس السقط.

(١) لم يكن مقصودًا الإشارة إلى أي تأثيرات معينة مترتبة على الموجات؛ إن ذلك صحيح فيما أعتقد بسبب الانطباعات الفرحة للقائم بالرحلة (المؤلف).

يكمن الفارق في التالي – إذا كان مؤشر آلة القياس يقرأ خمسة أرطال، فإن المخ البشري بطريقة غامضة (لم يتم التعرف عليها على نحو تام حتى الآن) ينتبه للحقيقة ويعي بها، بينما لو كانت معدة قياس x تقرأ ٥ وحدات فلن ينتبه عقل بشري لذلك. ليس لـ x أو لمعدة قياس x أي تفاعل مع الوعي. لذلك فالمسؤولية الحقيقية عن كون مخطط العالم العلمي يتضمن الكتلة لكنه يتجاهل x تقع في النهاية على عاتق ظاهرة الوعي.

أعتقد أنه للتعبير بصورة أوضح عن تأثير العقل الانتقائي على قوانين الطبيعة علينا أن نقول بأن القيم يخلقها العقل. تأتي كل «ألوان الصورة» في مفهومنا عن عالم الفيزياء بهذه الطريقة، ولا يمكن تفسيرها دون الرجوع إلى خواص العقل.

لا شك أن العالم الذي قمنا ببنائه من بنية العلاقات مقدر له أن يمضي بقدر جيد مع تنامي معارفنا. تظهر نظرية الكم أن بعض التغير الجزري قد بات وشيكًا. لكنني أظن أن تدريب البناء الخاص بنا قد وسع من مداركنا على أي حال نحو مختلف الاحتمالات وقد زودنا بتوجه مختلف فيما يتعلق بفكرة القانون الفيزيائي. أود التركيز على النقاط التالية:

أولا: يمكن لعلم صارم كميًّا أن ينشأ من قواعد كيفية خالصة. إمكانية عقد المقارنة التي من المفترض بها أن تكون بديهية، هي بالكاد تمييز كيفي بين التشابه وعدم التشابه.

ثانيا: القوانين التي اعتبرناها أكثر القوانين الطبيعية نموذجية حتى الآن ما هي إلا قوانين ذات طبيعة بديهية، والقوانين النهائية الحاكمة للبنية الأساسية القاعدية (إن كان هناك أي منها) من المحتمل أن تكون من نوع مختلف عن أي نوع تم إدراكه حتى الآن.

ثالثا: قام العقل من خلال قواه الانتقائية بتحديد عمليات الطبيعة في شكل إطار من قوانين نسق من اختياره الذاتي؛ واكتشاف نظام القوانين هذا قد يعتبره العقل استعادة ما كان قد أرساه في الطبيعة من الطبيعة.

ثلاثة أنواع من القوانين:

تقسم قوانين الطبيعة نفسها – على قدر ما نستطيع الحكم– إلى ثلاث فئات:

١ – قوانين المطابقات الرياضية.

٢ – القوانين الاحصائية.

٣ – القوانين الترانسدنتالية الفوقية.

لقد كنا نهتم بقوانين المطابقات الرياضية فقط، أي القوانين التي تطاع كمتطابقات رياضية بفضل الطريقة التي بنيت بها الكميات التي تطيعها. لا يمكن اعتبارها كقوانين أصيلة حقيقية للتحكم في مادة العالم الأساسية القاعدية. تشير القوانين الاحصائية إلى سلوك الحشود، وتعتمد على حقيقة أنه بالرغم من أن سلوك كل الأفراد قد يكون غير مؤكد ويقيني إلا أنه يمكن التنبؤ بمتوسط النتائج في موثوقية. كثير من تجانس الطبيعة الواضح ما هو إلا تجانس للمتوسطات. ينبني إدراك حواسنا على متوسط تأثير عدد مهول من الجسيمات والعمليات المنفردة؛ وقد يكون انتظام المتوسطات متوافقًا بشكل جيد مع قدر كبير من افتقاد الفرد للقوانين. لا أظن أن من الممكن التغاضي عن القوانين الإحصائية (مثل القانون الثاني للديناميكا الحرارية) باعتبارها مجرد تكييفات لفئات أخرى من القوانين الخاصة بمشكلات عملية معينة. تتضمن القوانين الإحصائية عنصرًا معينًا خاصًّا بها موصولًا بفكرة الاحتمال المسبق؛ لكن لا يبدو أننا حتى اليوم قادرين على إيجاد مكان لهذا في أي من المفاهيم الحالية لقوام العالم.

لو أن هناك أي قوانين أصلية حقيقية للتحكم في العالم الفيزيائي فيجب البحث عنها في قوانين المجموعة الثالثة – القوانين الترانسدنتالية الفوقية السماوية. تشكل القوانين الترانسدنتالية كل تلك الكميات والكيانات التي لم تصبح بعد كميات وكيانات واضحة موظفة في مخطط بناء العالم. إنها معنية بسلوك خاص للذرات والإلكترونات والكوانتا – يمكن القول إنها قوانين القوى الذرية للمادة والكهربية

والفعل. يبدو أننا نقوم ببعض التقدم نحو استنباطها وتكوينها، لكن يبدو من الواضح أن العقل يعاني من مشقة أكثر كثيرًا كي يحظى بمفهوم منطقي عنها من تلك المشقة التي يعانيها مع قوانين المجال الكلاسيكية. لقد رأينا أن قوانين المجال خاصة قانون البقاء مفروضة بشكل غير مباشر من قبل العقل والذي أمر -كما يمكن القول- بخطة لبناء العالم من أجل الوفاء بها. من الطبيعي افتراض أن الصعوبة الأكبر في تبيان القوانين الترانسدنتالية الفوقية ناتجة عن حقيقة أننا لم نعد منخرطين في استعادة ما قمنا بوضعه نحن أنفسنا في الطبيعة منها لكننا في النهاية في مواجهة نظام حكمها الداخلي الخاص بها. إلا أنني أكاد لا أعرف ما أذهب إليه وأظن فيه. لا ينبغي افتراض أن التطورات الممكنة للتوجه الجديد فيما يتعلق بقوانين الطبيعة قد تم استهلاكها في سنوات قصيرة قليلة. قد يكون الأمر على ذات الصورة؛ حيث يتبين لنا أن قوانين القوى الذرية مثلها كمثل قوانين البقاء تنشأ من تمثل العالم لنا فقط ويمكن إدراكها كتطابقات ببعض التطوير وتوسعة ذات الحجاج. لكن من المحتمل كذلك بعد إزالة كل القوانين الزائدة المضافة التي ظهرت فحسب في طريقتنا لفهم العالم، سيبقى هناك عالم موضوعي خارجي، تطور تحت سيطرة وتحكم قوانين أصلية حقيقية.

يمكننا في الوقت الحالي أن نلاحظ التباين حيث إن القوانين التي ندركها باعتبارها صنيعة الإنسان تتميز بالاستمرارية والتواصلية بينما القوانين التي لم يقم العقل حتى اللحظة بإثارة أي دعوى حيالها باعتبارها صنيعته تتميز بالذرية. تبدو نظرية الكم غريبة بالنسبة لأي مخطط يفترض أننا من المحتمل أن نكون قد وضعناه باللاوعي كإطار للظاهرة الطبيعية بسبب تجنبها للكسور وإلحاحها على الوحدات الصحيحة. ربما سوف يشبه استنتاجنا النهائي بالنسبة لعالم الفيزياء وجهة نظر كرونكر عن الرياضيات النقية الخالصة.

"خلق الله الأعداد الصحيحة، وكل ما عداها هو صنيعة الإنسان»[1].

(١) ليوبلد كرونكر، عالم رياضيات ومنطق ألماني كان عمله حول نظرية الأعداد والجبر. (المترجم).

الفصل الثاني عشر

قراءات المؤشر

مفاهيم مألوفة ورموز علمية:

لقد قلنا في المقدمة إن المادة الخام للعالم العلمي لا تتم استعارتها من العالم المألوف. مؤخرًا فقط فصل الفيزيائي نفسه عن المفاهيم المألوفة وانطلق مبحرًا بلا بوصلة أو دفة في حرية. لم يخطط لاكتشاف عالم جديد، بل لرتق ذلك القديم. مثله مثل كل من سبقوه، بدأ من فكرة أن الأشياء هي بقدر ما يزيد أو ينقص نفس ما تبدو عليه، ومن الممكن أخذ انطباعنا الجلي عن محيطنا كأساس نبدأ العمل منه. تدريجيًّا وجد أن بعض أكثر ملامح العالم وضوحًا يجب أن يتم رفضها وتنحيتها. لقد عرفنا أننا معلقون من أعقابنا بكوكب يحملنا عبر الفضاء بسرعة عالية – عدة أميال في الثانية، ولسنا ذلك الكائن الواقف على أرض صلبة متحركًا في فخر، مشرئبًا بعنقه صوب قبة سماوية. لكن لا يزال في الإمكان القبض على هذه المعارف الجديدة عن طريق إعادة تنظيم المفاهيم المألوفة. يمكنني أن أصور لنفسي بشكل واضح تمامًا ترتيبًا للأحداث والأشياء يصف ما كان بالضبط؛ لو أن هناك أي صعوبات أو مكابدة فالسبب راجع إلى مدى قابليتي للتصديق والإيمان وليس إلى مقدار قوة مفاهيمي من عدمه. يمكننا تكييف منجزات معرفية أخرى وجعلها تتوافق مع ما نريد بمساعدة مفيدة جدًّا من طرقنا التي نستخدمها للفهم – «مثلما كان هذا، سيكون المزيد على ذات الوتيرة فحسب». على سبيل المثال، إذا ما فكرت في شيء ما مثل ذرة غبار،

فعلى ذات النحو قد كنا نرى الذرة حتى تاريخ قريب جدًّا.

بالإضافة إلى الكميات المألوفة، قد كان على الفيزيائي أن يعمل على عوامل غامضة مثل قوى الجاذبية والقوى الكهرومغناطيسية؛ لكن هذا لم يشوش على تصوره العام. لا يمكننا أن نقول ما هي الكهرباء أو ما الذي تشبهه؛ لكنه في البداية لم يقبل تفردها الخاص كأمر نهائي. أظن أن واحدًا من الأهداف الرئيسة للبحث اكتشاف الكيفية التي يمكن بها اختزال هذه العوامل إلى شيء ما يمكن وصفه باصطلاحات من مفاهيم مألوفة – باختصار الكيفية التي يمكن تفسير هذه العوامل بها. على سبيل المثال، قد تكون الطبيعة الحقيقية للقوى الكهربية نوعًا ما من الإزاحة تحدث للأثير. (كان الأثير في ذلك الوقت مفهومًا مألوفًا – كان كنوع ما من المواد الفائقة، شيء ما على ذات وتيرة الفهم فحسب). على ذلك فقد طوروا قائمة انتظار طويلة لكميات، في يوم من الأيام ستكون قادرة بالتأكيد على تطوير علاقاتها الصحيحة مع مفاهيم العالم المألوف. في نفس الوقت على الفيزياء ألا تنتظر ذلك وأن تعالجها بأفضل ما تستطيع من دون أي معلومات عن طبيعتها.

ويالللمفاجأة، لقد قامت الفيزياء بذلك على نحو جيد. لم يكن الجهل بطبيعة هذه الكميات عائقًا أمام التنبؤ الناجح بمسلكها. تدريجيًّا انتبهنا إلى حقيقة أن مخطط تعاطينا مع الكميات في قائمة الانتظار يصبح أكثر دقة وأكثر إرضاء من معارفنا عن الأشياء المألوفة. لم تمتص المفاهيم المألوفة قائمة الانتظار لكن قائمة الانتظار هي التي بدأت في ابتلاع المفاهيم المألوفة. بعد أن كان الأثير صلبًا مرنًا وهلامًا ورغاوي ومزيجًا من حالات شديدة البرودة على نحو متتابع، أنكرت طبيعته المادية والجوهرية الثابتة وأعيد وضعه في قائمة الانتظار. لقد تكشف أن العلم بإمكانه أن ينجز الكثير جدًّا مع كميات تركت طبيعتها معلقة حتى لقد ثار تساؤل عما إذا كانت هناك أي فائدة من محاولات التخلص من تلك الطبيعة المشكوك في أمرها وغير القاطعة. لقد جاءت الطامة الكبرى حينما بدأنا في تشكيل الكميات المعتادة مثل المادة والضوء انطلاقًا من أشياء في قائمة الانتظار. ثم انتهى الأمر إلى إدراك أن الربط بالمفاهيم المألوفة يجب أن يكون من

خلال التراكيب الفيزيائية الحديثة وليس من عند بدايات حروف الهجاء. لقد عانينا وما زلنا نعاني من افتراضاتنا التي تذهب إلى أن الإلكترونات والكمات يجب أن تشبه في نواحيها الجوهرية المواد والقوى المألوفة في أعمالنا – وبذلك فكل ما علينا هو الالتزام بتصوير نفس أنواع الأشياء المعتادة لكن على مستوى أصغر لا متناهٍ. يجب أن يكون هدفنا تجنب مثل هذه الأحكام المسبقة، وهي بكل تأكيد غير منطقية؛ وبما أن علينا أن نتوقف عن توظيف المفاهيم المألوفة، فقد أصبحت الرموز هي البديل الوحيد الممكن.

لقد تم تبني ذلك النهج التخليقي على نحو عام تقريبًا في كافة النظريات العلمية، ذلك النهج الذي شيدنا –انطلاقًا من عناصره الرمزية الخالصة– عالم يحاكي السلوك الفعلي لعالم الخبرة المألوفة. تتبنى أي ورقة بحثية تنظيرية في المجلات العلمية على نحو ملموس هذه المقاربة. لقد ثبت أن هذه هي المقاربة الأنجح؛ وهي المقاربة التي تقف فعليًّا وراء كل المنجزات التي تمت الإشارة إليها في الجزء العلمي من هذا الكتاب. لكنني لن أدعي أن أي طريقة أخرى للعمل لا بد أن تكون طريقة غير مقبولة. نتفق على أنه في نهاية هذا التخليق يجب أن يكون هناك ارتباط بعالم الوعي المألوف، ولسنا بالضرورة ممنوعين من محاولة الوصول إلى العالم الفيزيائي بالابتداء من هذه النهاية. من المنظور الفلسفي سيكون من المحبذ استكشاف هذا المدخل، ومن الممكن تصور أنه قد يكون مثمرًا من الناحية العلمية كذلك. إذا كنت قد فهمت فلسفة د. وايتهيد[1] على نحو صائب، فإن هذا هو النهج الذي انتهجه. إنه يتضمن

(١) يقول وايتهيد: " كل رجل علم من أجل أن يُحافظ على سمعته ، كان من اللازم أن يقول : إنه لا يُحب الميتافيزيقا. ولكن ما الذي يعنيه ؟ إنه في الحقيقة لا يُحب نقد ميتافيزيقاه.» وهو ما يعني أن كل رجل علم في الحقيقة يعتقد في ميتافيزيقا لكنه يتنصل من ذلك خوفًا من انتقادها. لقد اعتقد وايتهيد في أن المادة وعناصرها المنفصلة لا تمثل أي أهمية لكن حقيقة الطبيعة تكمن فيما أسماه بالعمليات المتصلة وهي العمليات الحاكمة، عمليات لها منطق رياضي ومهمة الفيلسوف استنتاج هذا المنطق الرياضي والقواعد الحاكمة الثابتة. خالف وايتهيد كل من نيوتن وأينشتاين فقد رأى نيوتن المكان عبارة عن ذرات وجزيئات تشغل حيزًا بينما ذهب أينشتاين إلى أن المكان عبارة عن مجموعة من العلاقات المدركة بالحس فأرجع المكان إلى الادراك الحسي وليس إلى الوجود المادي. لقد بدأ وايتهيد رياضيًّا ثم اهتم بالطبيعة وانتهى إلى الميتافيزيقا محاولًا بناء صورة كلية للكون. لقد اعتقد أنه لا غناء عن الأسس الفلسفية وربما دواخل الشعراء من أجل استكمال الصورة التي يرسمها العلم. (المترجم).

كمية ما من العمل الرجعي (كما نصفه عادة)؛ لكن نهج «التجريد الشامل»[1] خاصته مقصود بغرض التغلب على بعض صعوبات مثل هذه المقاربة. لست مؤهلًا لإصدار حكم نقدي على عمله هذا، لكن من حيث المبدأ فإنه يبدو مثيرًا للغاية. بالرغم من أن هذا الكتاب قد يبدو في أغلب الأوجه معارضًا بشكل محوريًّا للفلسفة الطبيعة الخاصة بـ د. وايتهيد والمقروءة بشكل واسع، إلا أنني أعتقد أن الأصوب، اعتبار د. وايتهيد حليفًا يقوم بحفر النفق من الجانب المقابل من الجبل ليقابل زملاءه الأقل شغفًا بالفلسفة. الشيء المهم هو عدم الخلط بين المدخلين.

طبيعة العلم المنضبط:

تتمثل أحد خواص علم الفيزياء في كونه علمًا منضبطًا، ولقد قمت بشكل عام بربط نطاق عمل الفيزياء بنطاق عمل العلم المنضبط. لكننا إن تحدثنا بدقة صارمة فإنهما غير مترادفين. يمكننا تصور علم صاعد من دون أي صلة بالظواهر المعتادة وقوانين الفيزياء، علم لا يزال رغم ذلك يقبل بنفس نوع التعاطي المنضبط. يمكن تصور أن النظرية المندلية للوراثة قد تتطور إلى علم مستقل من هذا النوع، بهذا سوف تبدو وقد شغلت في البيولوجيا نفس الموقع الذي شغلته النظرية الذرية في الكيمياء منذ مائة عام. يكمن نسق النظرية في تحليل الأفراد معقدي التركيب إلى «وحدات للصفات». تشبه هذا الوحدات الذرات غير القابلة للتقسيم، لها انجذاباتها وتنافراتها؛ تزاوجها محكوم بذات قواعد الصدفة التي تلعب دورًا كبيرًا جدًّا في الديناميكا الحرارية الكيميائية؛ كما يمكن التنبؤ بالإحصاءات الرقمية لخواص السكان بنفس الطريقة التي يتم التنبؤ بها بنتائج التفاعلات الكيميائية.

الآن، فتأثير مثل هذه النظرية على وجهات نظرنا الفلسفية فيما يخص دلالة الحياة لا يعتمد على ما إذا كانت الذرة المندلية تقبل تفسيرًا فيزيائيًّا صارمًا أم لا. قد تكون

(١) هي طريقة ابتكرها وايتهيد لرسم العلاقات بين الأشياء فبواسطتها لا تعد النقط والخطوط تعبيرًا عن موجودات مادية أو عقلية بل شبكة من علاقات تحكم الطريقة التي تتداخل بها الأشياء. (المترجم).

وحدة الصفات محتواة في تركيب ما للجزيئات الفيزيائية لحامل الصفة، وربما تتوافق حرفيًّا حتى مع مركب كيميائي، أو قد تكون شيئًا ما مضافًا، شيئًا مميزًا خاصًّا بمادة الحياة ولم يتم بعد ضمه إلى مخطط الكميات الفيزيائية. إلا أن ذلك موضوع جانبي. إننا ندور بالقرب من السؤال العظيم، عما إذا كان هناك أي نطاق لنشاط – سواء كان للحياة أو للوعي أو للإله – لن يتم ابتلاعه بواسطة تقدم العلم المنضبط؛ وخشيتنا ليست موجهة ضد كميات فيزيائية معينة لكن ضد كل الكميات من تلك الفئة التي يمكن تطبيق العلم المنضبط عليها. بالنسبة للعلم المنضبط فهو يستشهد أو يبدو وكأنه يستشهد بنوع من القوانين الحتمية واللاروحانية، تلك القوانين التي تتمرد عليها نفوس البشر. لو أن العلم قد صرح في النهاية أن الإنسان ليس أكثر من مصادفة ساقها التقاء مسار الذرات، لن يقلل من أثر الصدمة تفسير ذلك بأن الذرات موضع التساؤل هي وحدة الصفات المندلية وليست الذرات المادية للكيميائي.

دعنا إذَنْ نفحص نوع المعلومات الذي يتعامل معه العلم المنضبط. إذا ما فتشنا في أوراق اختبارات مادة الفيزياء والفلسفة الطبيعية بحثًا عن أكثر الأسئلة وضوحًا، ربما نصادف سؤالًا يبدأ بشيء مثل: «ينزلق فيل هابطًا تلًّا تنبت عليه الحشائش..» يعرف الطالب ذو الباع أنه ليس في حاجة إلى أن يولي هذا الكثير من الانتباه؛ حيث تم وضعه في المسألة لإعطاء انطباع بالواقعية. يواصل القراءة: «كتلة الفيل طنان اثنان». الآن نحن ندخل إلى معمعة العمل؛ يتلاشى الفيل من المسألة وتأخذ كتلة من طنين مكانه. ما هما بالضبط هذان الطنان، الموضوع الفعلي الذي يهم في المسألة؟ إنها ترجع إلى خاصية ما أو ظرف، نصفه من دون دقة «كثقل» حادث في منطقة معينة من العالم الخارجي. لكننا لن نصل إلى شيء أبعد بهذه الطريقة؛ إن طبيعة العالم الخارجي غامضة، وسوف نغوص في مستنقع من الأشياء غير القابلة للوصف فقط. لا تهتم بما يشير إليه الطنان، ماذا يكونان؟ كيف دخلا بهذا الشكل المحدد جدًّا إلى خبرتنا؟ إن طنين هما قراءة مؤشر عندما وُضِع الفيل على آلة لقياس الوزن. دعنا نواصل إذن.

«ميل التل ٦٠°.» الآن يتلاشى التل من المسألة وتأخذ الـ٦٠° مكانه. ما هي الـ٦٠°؟ لا داعي لبذل الجهد مع مفاهيم ملغزة للاتجاه؛ إن ٦٠° هي قراءة عمود رأسي مقابل لتقسيمات المنقلة. سنجد أن كافة معطيات المسألة هي على ذات النسق. لقد تم استبدال معامل الاحتكاك بالعشب الذي انزلق عليه الفيل في نعومة، قد لا يمثل معامل الاحتكاك -ربما- قراءة مؤشر إلا أن له نفس الطبيعة. مما لا شك فيه أن هناك طرقًا أكثر التواءً قد تستخدم عند الممارسة لتحديد أوزان الأفيال وميل التلال، إلا أن هذه طريقة مستقرة لأنه من المعروف أنها تعطي نفس النتائج كقراءات مباشرة للمؤشر.

وعلى ذلك نرى أن المجاز يتلاشى من المسألة وعندما يحين الوقت الذي يبدأ عنده التطبيق الجاد للعلم المنضبط نجدنا وقد تُركنا مع قراءات مؤشرات فقط. من ثم إذا ما وضعت قراءات المؤشرات أو ما يعادلها في آلة للحسابات العلمية فكيف لنا أن نخفقها معًا لنستخلص شيئًا بخلاف قراءات المؤشرات؟ لكن هذا هو بالضبط ما نستخلصه عند الخفق. ربما قد كان موضوع السؤال عن استنتاج زمن نزول الفيل من فوق التل وقد كانت الإجابة مجرد قراءة أخرى للمؤشر على عقرب الثواني لساعتنا.

يتمثل نصر العلم المنضبط فيما يتعلق بمسألتنا الحالية في إقامة وتدعيم رابط رقمي بين قراءة المؤشر في آلة الوزن عند وزن الفيل في أحد التجارب وقراءة مؤشر الساعة في تجربة أخرى. وعندما نفحص مسائل الفيزياء الأخرى على نحو ناقد نجد أن هذا الأمر قياسي وثابت. يتكون كل موضوع العلم التجريبي برمته من مجرد قراءات مؤشرات وإشارات متماثلة. لا نستطيع أن نلج هنا إلى عمق توصيف ذلك الذي يصنف كإشارات متماثلة. إن رصد توافق المؤشر مع تقسيمات قرص القياس يمكن مده بشكل عام ليشمل رصد أي نوع من أنواع التوافق - أو (كما يتم التعبير عادة بلغة النسبية العامة) تقاطعات خطوط العالم. النقطة الجوهرية أنه بالرغم من كوننا نبدو وقد امتلكنا مفاهيما محددة جدًّا عن الأشياء في العالم الخارجي، فإن هذه المفاهيم لا تدخل في العلم المنضبط ولا يتم تأكيدها بأي حال من خلاله. قبل أن

يستطيع العلم أن يتعامل مع المسألة، يجب أن يتم استبدال كميات تمثل نتائج لقياس فيزيائي بها.

ربما ستعترض فبالرغم من أن قراءات المؤشرات فقط هي ما يدخل في الحسابات الفعلية إلا أن المسألة سوف تتحول برمتها إلى مجرد هراء لو تم هجر كافة المرجعيات. تتضمن المسألة بالضرورة نوعًا ما من الارتباط بالخبرة. لم تكن قراءة المؤشر هي التي انزلقت هابطة التل! لكن حتى الآن من وجهة نظر العلم المنضبط فإن الشيء الذي هبط التل بالفعل يمكن وصفه فقط كحزمة من قراءات المؤشرات. (يجب الانتباه إلى أنه قد تم استبدال قراءات المؤشرات بالتل، ولم يعد الانزلاق مغامرة حيوية بل علاقة وظيفية لقياسات الزمن والمكان.) تستدعي كلمة الفيل ارتباطًا معينًا لانطباعات ذهنية، لكن من الواضح أن انطباعات ذهنية كهذه لا يمكن أن تكون الموضوع الذي يتم التعامل عليه في المسائل الفيزيائية. على سبيل المثال لدينا انطباع عن الضخامة. من المحتمل أن لدينا نظيرًا مباشرًا ما لهذا الانطباع في العالم الخارجي، لكن ذلك النظير يجب أن يكون ذا طبيعة فيما وراء إدراكنا، ولا يمكن للعلم أن يقوم بشيء حيالها. تدخل الضخامة إلى حيز العلم المنضبط عن طريق بديل آخر؛ نستبدل سلسلة من قراءات زوج من مقاييس الثخانة بها. بالمثل تحل قراءات الفوتوميتر لمختلف الأطوال الموجية للضوء محل المظهر الأسود المائل للرمادي في انطباعاتنا الذهنية في العلم المنضبط. وهكذا حتى يتم استنفاد كل خصائص الفيل وقد أصبح مختزلًا في جدول من القياسات. دائمًا ما توجد هذه التمثلات الثلاثية:

أ – الصورة الذهنية، تلك التي توجد في أذهاننا، ولا توجد في العالم الخارجي.

ب –نوع ما من النظائر في العالم الخارجي، له طبيعة ملغزة.

ت –مجموعة من قراءات المؤشرات، يمكن للعلم المنضبط أن يدرسها، وأن يربطها ببقية قراءات المؤشرات الأخرى.

وبذلك فإن لدينا مخططنا من قراءات المؤشرات جاهزًا كي نقوم بعملية الهبوط.

وإذا لم تزل تظن أن هذا الاستبدال قد ذهب بكل الواقعية من المسألة، فلست آسفًا على ذلك، فمن اللازم أن يكون مستقرًّا في ذاكرتك إدراكًا للصعوبة لأجل أولئك الذين يستمسكون بأن العلم المنضبط كافٍ تمامًا لوصف الكون وأنه لا يوجد أي شيء في خبرتنا لا يمكن وضعه في منظوره.

غير أنني أفضل أن أجعل الأمور أكثر وضوحًا، إن محدودية منظور الفيزياء متمثلًا في قراءات المؤشرات وما يشبهها ليست خبلًا فلسفيًّا من عندي لكنه جوهر الاعتقاد العلمي الحالي. إنه نتيجة ميل للإدراك والفهم يعود للقرن الماضي لكن لم تتم صياغته على نحو شامل إلا مع حلول النظرية النسبية. تتشكل مفردات الفيزياء من عدد من الكلمات مثل الطول والزاوية والسرعة والقوة والجهد والتيار.. إلخ. ندعوها «بالكميات الفيزيائية». لقد أدركنا الآن أنه من الضروري أن يتم توصيفها بحسب الطريقة التي ندركها بها بالفعل عندما نقابلها، وليس بحسب الدلالة الميتافيزيقية التي قد نكون قد توقعناها لها. في الكتب المرجعية القديمة كانت تعرف الكتلة على أنها «كمية المادة»؛ لكن عندما نصل إلى التحديد الفعلي للكتلة، تم توصيف نهج تجريبي ليس له أي اعتماد على التعريف. كان الاعتقاد أن الكمية المحددة على نحو قابل للقياس تمثل كمية المادة في الشيء وهو ما كان بالكاد رأيًا خادعًا. في وقتنا الحاضر لا يوجد أي معنى للقول بأن كمية المادة في رطل من الرصاص تساوي كمية المادة في رطل سكر. لقد قامت نظرية أينشتاين بإزالة وتنقية كل هذه الآراء الزائفة، وركزت على أنه يجب تعريف الكمية الفيزيائية كنتيجة لعمليات قياس وحسابات معينة. إذا أحببت قد تعتقد في الكتلة كشيء ما ذي طبيعة ملغزة، وربما تكون لقراءة المؤشر صلة ما بها. لكن في الفيزياء على الأقل لا يمكن للشيء إحراز الكثير من خلال ذلك الإلغاز، لأن قراءة المؤشر نفسها هي ما يتم التعامل معها في العلم المنضبط؛ وإذا ما غمسنا فيها شيئًا طبيعته أكثر ترانسدانتالية (علوية ومفارقة)، فلن نحظى إلا بمشكلة أكبر لأجل الحفر في العمق واستخراجها من جديد.

عندما نقول أن الكتلة طنان فليس لدينا في عقولنا بالتأكيد قراءة آلة معينة، قمنا باستخدامها لإجراء القياس. هذا بسبب أننا لم نبدأ في التصدي لمسألة مغامرة الفيل باعتبارها قد كانت أول تساؤل قد قمنا به فيما يتعلق بظواهر العالم الخارجي. يتوجب على الفاحص أن يكون أكثر انفتاحًا بكثير، إذا لم يكن قد سلم بعد بمعرفة عامة بقوانين الفيزياء الأساسية، أي، القوانين التي تسمح لنا باستنتاج قراءات المؤشرات الأخرى من قراءة واحد منها. إنه ذلك الاتصال بين قراءات المؤشرات، معبر عنه بقوانين الفيزياء، التي تمد بالخلفية المتواصلة التي قد تتطلبها المسألة الواقعية.

من الواضح أن أحد شروط المسألة أن الفيل يجب أن يكون هو ذاته في تجربة الوزن وكذلك في تجربة الانزلاق. كيف يمكن التعبير عن هذه الهوية في صورة وصف للعالم من خلال قراءات المؤشر فقط؟ قد تتساوى قراءتان للمؤشر، لكنه أمر غير ذي معنى إن تساءلنا إن كانتا متماثلتين؛ لو أن الفيل هو مجرد حزمة من قراءات المؤشرات، كيف يمكننا التساؤل عما إذا كان هو ذات الحزمة نفسها على نحو متماثل، متواصل؟ لا يُسر لنا الفاحص بكيفية تأكده من هوية الفيل، كل ما لدينا هو ضمانه الشخصي أنه لم تكن هناك أي تبديلات. ربما قد أجاب المخلوق عندما نودي باسمه في كلتا المناسبتين؛ لو أن الحال على ذلك إذا فاختبار الهوية يقع خارج النطاق الحالي للفيزياء بشكل واضح. الاختبار الوحيد الواقع بشكل خالص داخل نطاق الفيزياء هو سؤال الاستمرارية والتواصل؛ يجب أن تتم مراقبة الفيل على طول الطريق كله من عند المقياس وحتى التل. علينا أن نتذكر أن الفيل هو أسطوانة في العالم رباعي الأبعاد تم تمييزه عن بقية الزمكان من خلال حدود قاطعة نوعًا ما. باستخدام شبكيته كمؤشر والقيام بقراءات متعددة لمحيط الصورة، فإن الراصد يطمئن نفسه بأنه كان يتتبع أسطوانة واحدة من العالم متواصلة معزولة من البداية وحتى النهاية ولو أن تحديقه ويقظته قد كانت متقطعة فإنه يأخذ على عاتقه المخاطرة بحدوث بدل وبالتالي

المخاطرة بأن زمن النزول المرصود قد يفشل في موافقة الزمن المحسوب[1]. لاحظ أننا لا نرجع ذلك إلى وجود أي هوية لمحتويات أسطوانة العالم المعزولة على طول امتدادها، سوف تكون مثل هذه الهوية بلا معنى في الفيزياء. نستخدم بدلًا منها قانون بقاء الكتلة (إما كقانون إمبريقي تجريبي أو كقانون تم استنتاجه من قانون الجاذبية) والذي يطمئننا أنه مع كون الأنبوبة معزولة، فإن قراءة المؤشر على اللائحة المشتقة من تجارب آلات الوزن له قيمة ثابتة على طول الأنبوبة. لأجل أغراض تتعلق بالعلم المنضبط نقوم باستبدال «أنبوبة العالم المعزولة» بـ «الشيء نفسه». لا نقوم بافتراض أن ثبات خواص معينة للفيل هو دليل ذاتي على كونه هو نفسه، لكنه استنتاج راجع للقوانين التجريبية والنظرية التي تشير إلى أنابيب العالم، تلك التي يتم القبول بها على أنها مؤكدة وراسخة.

حدود المعرفة الفيزيائية:

في أي وقت ننص فيه على خواص جسم باصطلاحات الكميات الفيزيائية فإننا نكشف عن كون المعرفة بوجوده هي مجرد استجابة لمؤشرات قياس متنوعة تتبع النظام المتري ولا شيء أكثر. المعلومات من هذا النوع هي معلومات شاملة إلى حد كبير. تحدد المعلومات التي تأتي من استجابة كل أنواع الأشياء – آلات قياس الوزن وكل المقاييس الأخرى– بشكل كامل علاقاته بالمحيط في مجمله، تاركة فقط طبيعته الداخلية التي لا يمكن الوصول إليها غير محددة. في النظرية النسبية نقبل بهذا كمعرفة كاملة، حيث تكون طبيعة الشيء على قدر ما يمكننا التحقق منها من خلال التساؤل العلمي هي فكرة تجريدية عن علاقاته بمجمل الأشياء المحيطة. لقد كان التقدم في النظرية النسبية راجعًا بصورة كبيرة إلى تطوير حساب رياضي قوي كي

(١) مثال جيد على مثل هذا البدل يمكن تقديمه من خلال عملية رصد نجم مزدوج معين له مكونان لهما نفس السطوع. بعد فترة بينية بين رصدين فإن المكونين يتبادلان موقعيهما بشكل حتمي، ولم يتم الكشف عن هذا البدل الذي حدث بين النجمين حتى بدأ التساؤل عن عدم التطابق المتزايد بين المدار الحقيقي الفعلي وذلك المتوقع. (المؤلف).

يتعامل اختزالًا مع مخطط غير متناه لقراءات المؤشرات، أما المصطلح التقني (مُوَتِر) المستخدم بشكل واسع في الدراسات المتعلقة بنظرية أينشتاين فقد يكونًا مخططًا مترجم لقراءات المؤشرات. أحد عناصر الفتنة الجمالية للنظرية الرياضية للنسبية أن الرياضيات قد تم تكييفها على نحو جيد جدًّا مع المفاهيم الفيزيائية. ليس الأمر على هذا الحال في كل المواضع. على سبيل المثال، قد نعجب بانتصار جلد الرياضي وصبره في التنبؤ بموقع القمر بشكل قريب للغاية، لكن جماليًّا نظريته القمرية[1] شنيعة للغاية؛ من الواضح أن القمر والرياضي يستخدمان مناهج مختلفة لإيجاد مدار القمر. لكن باستخدام الموترات يصف الفيزيائي الرياضي بكل دقة طبيعة موضوعه المدروس كمخطط لقراءات المؤشرات؛ وتلك الإضافات الزائدة في الصور والمفاهيم التي ليس لها مكان في العلم الفيزيائي يتم صرفها وتنحيتها تلقائيًّا.

إدراكنا أن معرفتنا بالأشياء المعالجة في الفيزياء تتكون من قراءات مؤشرات ومقاييس أخرى فقط، يغير من منظورنا نحو حال المعرفة الفيزيائية بشكل جوهري. حتى وقت قريب كان من المسلم به أن لنا معرفة وثيقة للغاية بكميات العالم الخارجي. دعني أقدم لك مثالًا توضيحيًّا، يأخذنا إلى جذور المشكلة العظيمة المتعلقة بالعلاقة بين المادة والروح. فلننظر إلى المخ البشري الحي المنعم عليه بالعقل والفكر. الفكر هو أحد حقائق العالم التي لا يمكن التنازع بشأنها. أنا أعرف أنني أفكر بيقين لا يمكنني أن أعزوه لأي من معارفي الفيزيائية عن العالم. وأوسع من الافتراض لكن مع برهان معقول مقبول، فأقول إنني مقتنع كذلك أن لكم عقولًا تفكر. هاهنا إذن حقيقة عامة تحتاج إلى التحري عنها. يجلب الفيزيائي أدواته ويبدأ استكشافًا نظاميًّا. كل ما يكتشفه مجرد مجموعة من الذرات والإلكترونات ومجالات طاقة مرتبة في المكان والزمان، مماثلة ظاهريًّا لتلك التي توجد في الأشياء غير العضوية. قد يتعقب

(١) نظرية تتنبأ بحركة القمر والتشوش الذي قد يصاحب تلك الحركة وهي تمتد بالزمن لآلاف السنين في الماضي وتتطور كل حين مع تطور وسائل الرصد والقياس. (المترجم).

خواص فيزيائية أخرى، الطاقة والحرارة والإنتروبيا. لا شيء منها مطابق للفكر. قد يسجل الفكر كسراب خادع – نوع ما من التفسير الشاذ لتفاعلات الكميات الفيزيائية التي وجدها. أو إن كان قد أدرك حماقة أن يدعو أكثر عناصر خبرتنا التي لا يتسرب إليها الشك سرابًا خادعًا، فسيتحتم عليه أن يواجه السؤال الضخم، كيف يتأتى لهذا الجمع من الذرات العادية أن تشكل آلة تفكير؟ لكن ما المعلومات التي نمتلكها عن طبيعة الذرات التي تحملها على أن تكون في توافق مطلق بحيث تشكل شيئًا مفكرًا؟ لقد شعر الفيزيائي الثيكتوري بأنه يعرف بالضبط ما كان يتحدث عنه عندما كان يستخدم مثل هذه المصطلحات كالمادة والذرات. كانت الذرات كرات بلياردو ضئيلة للغاية، ما هذه العبارة إلا عبارة هشة من المفترض أن تخبرك بكل شيء عن طبيعة الذرات بطريقة لا يمكن أبدًا إنجازها فيما يتعلق بالأشياء الترانسدانتالية المفارقة مثل الوعي والجمال وحس الدعابة. لكننا ندرك الآن أن العلم لا يملك ما يقوله فيما يخص الطبيعة الداخلية للذرة. إن الذرة الفيزيائية مثل كل شيء آخر في الفيزياء، مجرد مخطط لقراءات المؤشرات. نتفق على أن المخطط مرتبط على نحو ما بخلفية وبنية ما غير معروفة، لماذا لا نربطه إذن بشيء ذي طبيعة روحية، شيء يعتبر الفكر أحد أوضح خواصه. سيكون من السخافة تفضيل ربطه بشيء ما له طبيعة (يطلق عليها) ملموسة غير متوافقة مع الفكر ثم نتساءل من أين يأتي الفكر. لقد هجرنا كل المفاهيم المسبقة فيما يتعلق بخلفية قراءات المؤشرات خاصتنا وفي أغلب الأحيان لا يمكننا اكتشاف أي شيء يخص طبيعتها. لكن في حالة واحدة –على وجه التحديد في الحالة الخاصة بقراءات المؤشرات لمخي خاصتي لدي تبصر ليس مقصورًا على ما تثبته قراءات المؤشرات. يكشف التبصر عن ارتباطها بخلفية الوعي. على الرغم من أنني قد أتوقع أن خلفية قراءات المؤشرات الأخرى في الفيزياء لها طبيعة متواصلة مع تلك التي تكشفت لي في هذه الحالة الخاصة، إلا

أنني لا أفترض أن لها دائمًا إسهاماتها الأكثر تخصصًا في الوعي[1]. لكن فيما يتعلق بالتبصر الخاص بي في الخلفية فإنه لا يظهر أي شبهة عدم توافق؛ ليست لدي أي معرفة أخرى بالخلفية كي أقوم بتوفيقها معه.

في العلم ندرس الرابط بين قراءات المؤشرات وقراءات المؤشرات. ترتبط المصطلحات معًا في دائرة لا تنتهي بنفس الطبيعة المشوشة التي تجتاح الجميع. ما من شيء يمنع حشد الذرات المكون للمخ من أن يكون في نفسه جسمًا مفكرًا حائزًا على فضيلته من تلك الطبيعة التي تتركها الفيزياء غير محددة وغير قابلة للتحديد. إن كان يجب أن نغلف مخطط قراءات المؤشرات بخلفية من نوع ما، فعلى الأقل دعنا نقبل باللمحة الوحيدة التي حصلنا عليها فيما يتعلق بدلالة الخلفية – على وجه التحديد أن لها طبيعة قادرة على إظهار نفسها كنشاط عقلي ذهني.

منهج الفيزياء الدائري:

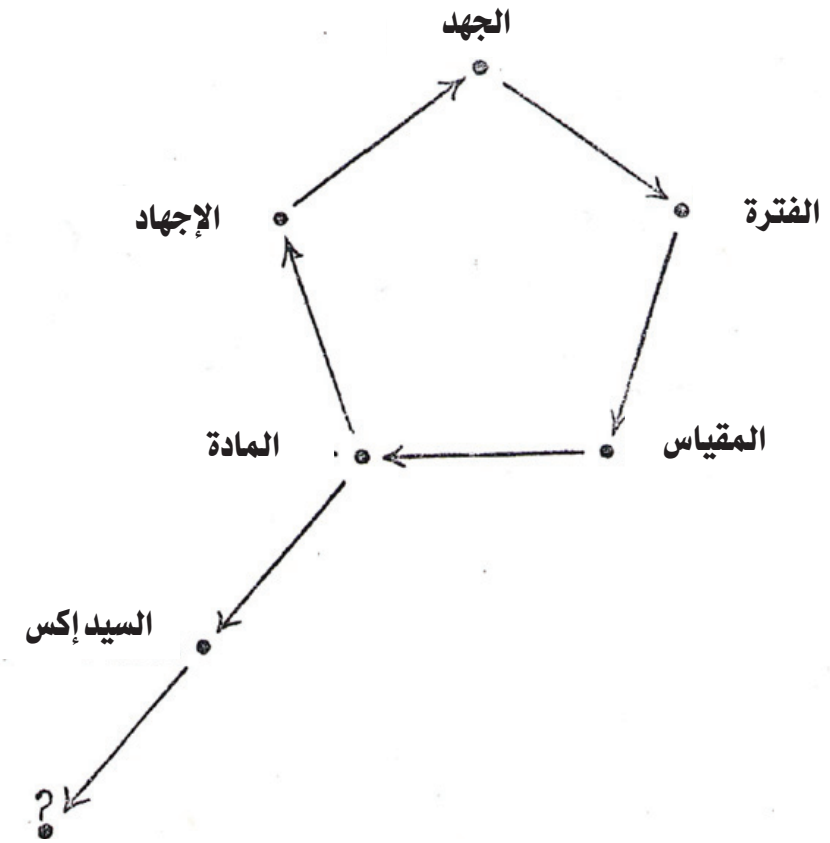
عليَّ أن أبين تلك الإشارة إلى دائرة المصطلحات الفيزيائية غير المنتهية. سوف أشير مجددًا إلى قانون أينشتاين للجاذبية. لقد قمت بالفعل بشرحه لك أكثر من مرة وأتمنى أن تكون قد حصلت فكرة ما عنه من خلال شرحي وتفسيري. هذه المرة أنا على وشك شرحه بطريقة كاملة جدًّا لذلك فليست هناك احتمالية كبيرة لأن يفهمه أحد. لا تهتم. إننا الآن لسنا بصدد البحث عن ضياء أكثر كي نسلطها على سبب

(١) على سبيل المثال، ينبغي على أغلبنا أن يفترض (نظريًّا) أن الخاصية الديناميكية للعالم المشار إليها في الفصل الخامس هي خاصية مميزة لكل الخلفية. من الواضح أنها غير موجودة في قراءات المؤشرات وتبصرنا الوحيد بها في شعورنا «بالصيرورة» في وعينا. «الصيرورة» مثل «الاستدلال العقلي» غير معروفة لنا إلا من خلال حدوثها في عقولنا خاصتنا؛ لكن بينما سيكون من الغريب وغير المعقول افتراض أن الأخير يمكن مده ليشمل التجمعات غير العضوية للذرات، فإن الأول من المحتمل (وعادة ما يتم) مده ليشمل العالم غير العضوي، وعلى ذلك فالأمر ليس متماثلًا إن كان تقدم العالم غير العضوي ينظر إليه من الماضي إلى المستقبل أم من المستقبل إلى الماضي. (المؤلف).

الجاذبية؛ إننا مهتمون الآن بفهم ما سيتضمنه تفسير كامل لأي شيء فيزيائي.

إن قانون أينشتاين في شكله التحليلي عبارة عن وضع تطيع فيه كميات معينة في الفضاء الخالي يطلق عليها (جهود)، معادلات تفاضلية طويلة معينة. نقوم بكتابة كلمة (جهد) في مفكرة كي تذكرنا بأن علينا لاحقًا أن نفسر ما الذي تعنيه. قد ندرك عالمًا فيه الجهود لها قيم اعتباطية تمامًا في كل لحظة وكل مكان. إن العالم الفعلي ليس محدودًا جدًّا؛ حتى تكون الجهود مقتصرة فقط على تلك القيم التي تتطابق مع معادلات أينشتاين. إن السؤال التالي: ما هي الجهود؟ يمكن تعريفها على أنها كميات يتم اشتقاقها عن طريق حسابات رياضية بسيطة تمامًا من كميات أساسية معينة تدعى (فترات). (نكتب كلمة الفترات في ذات المفكرة كي نتذكر أن علينا تفسيرها كذلك لاحقًا) إذا كنا نعرف قيم مختلف الفترات عبر العالم فيمكن صياغة قوانين محددة لاشتقاق قيم الجهود. ما هي الفترات؟ إنها علاقة بين زوج من الأحداث التي يمكن قياسها بواسطة مقياس أو ساعة أو بكليهما. (ندون في ذات المفكرة كلمتي المقياس والساعة) يمكن تحديد تعليمات الاستخدام الصحيح للمقياس وللساعة وبناء على ذلك يمكن تحديد الفترات عن طريق الدمج الموصوف بين قراءاتها. ما هي المقاييس والساعات؟ المقياس هو شريط مدرج من مادة تكون خواصها... (ندون في المفكرة كلمة المادة). بعد التفكير ثانية سأترك بقية الشرح والتفصيل كتدريب للقارئ حيث إنه سوف يستغرق وقتًا طويلًا إلى حد ما من أجل تعديد كل خواص ومحددات سلوك مادة معيارية، يقبل بها الفيزيائي كمقياس مثالي أو ساعة مثالية. نمضي إلى سؤالنا التالي: ما هي المادة؟ لقد تخلصنا من المفاهيم الميتافيزيقية عن المادة. من المحتمل ربما أن نصف بنية المادة الذرية والكهربية لكن ذلك يقودنا إلى ملامح العالم الميكروسكوبية، بينما نحن هنا نأخذ المنظور على مستوى الأجسام الكبيرة الماكروسكوبية. بإلزام أنفسنا بالاقتصار على الميكانيكا وهي فرع العلم

الذي تظهر فيه قوانين الجاذبية. من الممكن تعريف المادة بتضمين ثلاث كميات فيزيائية متعالقة ألا وهي الكتلة (أو الطاقة) والزخم والإجهاد. ما هي الكتلة والزخم والإجهاد؟ لقد كانت إجابة نظرية أينشتاين الدقيقة عن هذا السؤال واحدة من أكثر إنجازاتها بعيدة المدى. إنها تعبيرات تبدو صعبة إلى حد كبير تتضمن الجهود وأول وثاني اشتقاقاتها على علاقة بالنظائر. ما هي الجهود؟ ماذا، إن ذلك هو بالتحديد ما كنت أحاول تفسيره!



شكل رقم (٨)

تتقدم محاولات تفسير التعريفات الفيزيائية بشكل مماثل وموافق لنهج اللاانتهاء واللاوصول القائم في «البيت الذي بناه جاك»[1]. هذا هو الجهد الذي اشتق من الفترة التي قيست بواسطة المقياس، الذي كان مصنوعًا من المادة، تلك التي تتضمن الإجهاد الذي... لكن بدلًا من أن ننتهي بالرجوع إلى جاك الذي يعرفه كل صغير -بالتأكيد- دون حاجة إلى تقديم، فإننا نقوم بصنع دائرة عائدين إلى بداية الأنشودة: ..... الذي ضايق القطة، التي قتلت الفأر، الذي أكل الشعير، الموجود في البيت الذي بناه القاضي حليق الشعر واللحية تمامًا، الذي زوج الرجل.... الآن يمكننا أن ندور وندور إلى الأبد.

لكنك فعليًّا، ربما تقوم بمقاطعة تفسيري للجاذبية. عندما بلغنا المادة كنت بالفعل قد اكتفيت من الأمر. «من فضلك لا تشرح وتفسر أكثر من ذلك، صادف أنني أعرف

---

(١) هذا هو البيت الذي بناه جاك. هذا هو الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذا هو الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذه هي القطة التي قتلت الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذا هو الكلب الذي يضايق القط الذي قتل الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذه هي البقرة ذات القرن التي نطحت الكلب الذي يضايق القط الذي قتل الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذه هي البكر البائسة تمامًا التي تحلب البقرة ذات القرن التي نطحت الكلب الذي يضايق القط الذي قتل الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذا هو الرجل ذو الأسمال البالية تمامًا الذي قبل البكر البائسة تمامًا التي حلبت البقرة ذات القرن التي نطحت الكلب الذي يضايق القط الذي قتل الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذا هو القاضي حليق الرأس واللحية تمامًا الذي زوج الرجل ذا الأسمال البالية تمامًا الذي قبل البكر البائسة تمامًا التي حلبت البقرة ذات القرن التي نطحت الكلب الذي يضايق القط الذي قتل الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذا هو الديك الذي صاح في الفجر أيقظ القاضي حليق الرأس واللحية تمامًا الذي زوج الرجل ذا الأسمال البالية تمامًا الذي قبل البكر البائسة تمامًا التي حلبت البقرة ذات القرن التي نطحت الكلب الذي يضايق القط الذي قتل الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذا هو الفلاح باذر القمح الذي يحتفظ بالديك الذي صاح في الفجر، أيقظ القاضي حليق الرأس واللحية تمامًا الذي زوج الرجل ذا الثياب البالية تمامًا الذي قبل البكر البائسة تمامًا التي حلبت البقرة ذات القرن التي نطحت الكلب الذي يضايق القط الذي قتل الفأر الذي أكل الشعير الموجود في البيت الذي بناه جاك. هذا هو الحصان والكلب والبوق الذين ملك الفلاح باذر القمح الذي يحتفظ بالديك الذي صاح في الفجر، أيقظ القاضي حليق الرأس واللحية تمامًا الذي زوج الرجل ذا الثياب البالية تمامًا الذي قبل البكر البائسة تمامًا التي حلبت البقرة ذات القرن التي نطحت الكلب الذي يضايق القط الذي قتل الفأر الذي أكل الشعير الموجودة في البيت الذي بناه جاك. أنشودة إنجليزية لأطفال الروضة بعنوان (هذا هو البيت الذي بناه جاك) (المترجم).

ماهية المادة» حسن للغاية؛ المادة هي شيء يعرفه السيد إكس. دعنا نرى كيف تجري الأمور: إنه الجهد الذي تم اشتقاقه من المدة التي كانت قد قيست بالمقياس الذي صنع من المادة التي يعرفها السيد إكس. السؤال التالي: وما هو السيد إكس؟.

حسنًا، صادف أن الفيزياء ليست مهمومة تمامًا بالسعي وراء السؤال. ما هو السيد إكس؟ ليس هناك ميل إلى التسليم بأن البنية الدقيقة للكون الفيزيائي هي «البيت الذي بناه السيد إكس». إنها تنظر إلى السيد إكس متفحصة إياه –وبشكل أكثر تحديدًا إلى الجزء الذي تعرفه من السيد إكس – تراه مستأجرًا مثيرًا للمتاعب إلى حد ما، قد سكن في مرحلة متأخرة من تاريخ العالم، بنية تدبرت الطبيعة غير العضوية بناءها عن طريق التقدم التطوري البطيء. وبذلك فقد حادت عن السبيل وأدت إلى السيد إكس وما بعده ثم أغلقت دائرتها دونه، تاركة إياه في البرد.

من منظورها الخاص فإن الفيزياء مبررة تمامًا. وقوع تلك المادة بطريقة ما غير مباشرة ضمن هالة عقل السيد إكس هي حقيقة غير ذات فائدة بالنسبة للمخطط النظري للفيزياء. لا يمكننا تجسيدها في صورة معادلة تفاضلية. يتم تجاهلها ويتم التعبير عن خواص المادة والكميات الأخرى من خلال علاقاتها في الدائرة. ويمكنك أن ترى كيف تؤمن لنفسها بواسطة طريقة ماهرة للفيزياء الدائرية نطاق محتوى ذاتي للدراسة من دون نهايات سائبة ناتئة في المجهول. لكل تعريفات الفيزياء الأخرى نفس النوع من التراكب. تعرف القوة الكهربية على أنها شيء يسبب حركة الشحنة الكهربية؛ الشحنة الكهربية هي شيء يبذل قوة كهربية. على ذلك فالشحنة الكهربية هي شيء يبذل شيء وهو ما ينتج حركة شيء يبذل شيء ينتج... إلى ما لانهاية.

لكنني لا أكتب الآن فيزياء خالصة، ومن مرتكز أعرض لا أفهم كيف يمكننا أن نترك السيد إكس في الخارج. حقيقة أن المادة «يمكن للسيد إكس معرفتها» يجب أن تسجل كواحدة من الخواص الأساسية المعزوة إلى المادة. لا أقول إنها مميزة جدًّا، حيث إن بقية كميات الفيزياء معروفة له أيضًا؛ لكن قدرة العالم الفيزيائي بمجمله

على تنبيه مفاهيم في الوعي هي خاصية لا يمكن تجاهلها عندما نقارن العالم الفعلي الحقيقي بالعوالم التي نتخيلها وربما نكون قد اختلقناها. يبدو أن هناك ميلًا سائدًا للتقليل من أهمية هذا. يقضي المسلك العام باعتبار «المعرفة التي للسيد إكس» خاصية مهملة، لأن السيد إكس ماهر جدًّا حد استطاعته معرفة أي شيء هناك – موجود ليعرف – على نحو جيد جدًّا. لقد قمت بالفعل بمناقشة وجهة النظر المعاكسة، تلك التي تذهب إلى أن هناك بالتأكيد فعلًا اختياريًّا للعقل؛ وبما أن الفيزياء تعالج ما يمكن للعقل معرفته[1] فإن موضوع الدراسة خاصتها قد تم المضي فيه قدمًا وبالتأكيد تحتفظ بأدلة على عملية الاختيار هذه.

الفعلية:

إن «المعرفة التي للعقل» هي أكثر من مجرد خاصية تميز العالم الفعلي لخبرتنا عن العوالم المتخيلة التي من المفترض أن تحافظ فيها نفس القوانين العامة للطبيعة على صحتها. افترض عالمًا -فلنقل يوتوبيا- محكوم بكل قوانين الطبيعة المعروفة وغير المعروفة التي تحكم عالمنا خاصتنا، لكنه يحتوي على نجوم أفضل وكواكب أفضل ومدن أفضل وحيوانات أفضل. عالم من المحتمل أن يوجد لكن قد صادف فقط أن هذا لم يحدث. كيف يمكن للفيزيائي أن يتأكد من أن يوتوبيا ليست هي العالم الفعلي؟ فلنجعل مرجعيتنا قطعة من المادة فيه؛ إنها ليست مادة واقعية لكنها تجذب أي قطعة أخرى من المادة (غير الواقعية) في يوتوبيا بحسب قوانين الجاذبية. سوف تقيس المقاييس والساعات المصنعة من هذه المادة غير الواقعية فترات خاطئة، لكن الفيزيائي لا يمكنه رصد كونها خاطئة ما لم يكن قد تبين له عدم واقعية المادة في البداية. بمجرد أن يتبين أن أي عنصر غير واقعي تنهار يوتوبيا؛ لكن ما دمنا ملتزمين بدوائر الفيزياء فلن يكون في استطاعتنا أبدًا العثور على نقطة الضعف. يرتبط كل عنصر على

(١) هذا صحيح بشكل واضح في كل الفيزياء التجريبية، ويجب أن يكون صحيحا في الفيزياء النظرية إذا كانت (تحاول أن تتقن العمل لتكون) مبنية على التجريب. (المؤلف).

نحو صحيح ببقية الدائرة، كل قوانين الطبيعة المعبر عنها من خلال دائرة الفيزياء المفرغة مطاعة في يوتوبيا افتراضًا. تشع النجوم غير الواقعية ضوءًا غير واقعي، يسقط على شبكيات غير واقعية، وفي النهاية يصل إلى أمخاخ غير واقعية. الخطوة التالية هي أخذه خارج الدائرة واغتنام فرصة تعرية الخداع كله. هل اضطراب المخ يُترجم إلى وعي؟ ذلك سوف يختبر إن كان المخ واقعيًّا أم غير واقعي. ليس هناك من تساؤل عما إذا كان الوعي واقعيًّا أم لا؛ الوعي هو معرفة ذاتية ونعته بالواقعي لا يضيف أي شيء إلى ذلك. هناك عالم واحد من بين عدد لا نهائي من العوالم -تعتبر جميعها كأمثلة لتلك التي يحتمل أن تكون ممكنة تحت تأثير قوانين الفيزياء- يقوم بما هو أكثر من مجرد استيفاء قوانين الفيزياء تلك. هذه الخاصية التي من الواضح أنها غير قابلة للتعريف بالنسبة لأي من قوانين الطبيعة، نصفها «بالفعلية» - بوجه عام تستخدم الكلمة كهالة من نوع ما لمدخل غير محدد. لقد رأينا أن التوجه العام للفيزياء الحديثة يرفض مثل هذه الخواص غير المحددة، كما يتلافى تعريف مصطلحاتها تبعًا للطريقة التي ندرك بها خواصها عندما نقابلها. ندرك فعلية عالم معين لأنه العالم الوحيد الذي يتفاعل معه الوعي. ومع ذلك فبقدر كره الفيزيائيين النظريين الكبير لاتخاذ الوعي كمرجعية، يقوم الفيزيائي التجريبي باستخدام هذا الاحتكاك مع الفعلية كثيرًا. ربما سيفضل أن يعتقد في أن أدواته وأرصاده مصدقة ومشهود لها بالفعلية بواسطة أعضاء حسه المادية، لكن الضامن النهائي هو العقل الذي يعرف إشارات الأعضاء المادية. كل منا مسلح بهذا الاحتكاك مع الواقعية؛ من خلال الاحتكام إليه نقرر أن عالمنا المأسوف عليه هو الفعلي ويوتوبيا مجرد حلم. ولأن وعينا الفردي مختلف، فعلى ذلك تكون احتكاكاتنا مختلفة؛ لكن لحسن الحظ كلها تتفق في إشارتها للفعلية - أو على أي حال أولئك الذي يتفقون هم أغلبية كافية لتغليق أبواب مستشفى المجانين على الآخرين.

من الطبيعي أن يقوم الفيزيائي النظري بإسقاط الفعلية وضامنها من حساباته وهو

يقوم بتشكيل مخطط قوانين عام. هذا التجاوز هو ما يصنع الفارق بين قانون الطبيعة ومجرد ترتيب معين للأحداث. إن ذلك الممكن (أو ذلك الذي ليس ببعيد الاحتمال للغاية) هو نطاق العلم الطبيعي؛ أما ذلك الكائن فعليًّا فهو نطاق التاريخ الطبيعي.

من وجهة نظر أكثر اتساعًا من تلك التي تعنى بصياغة مخطط فيزيائي للقوانين فقط، سيكون من غير الممكن معالجة الاتصال بالعقل كمجرد حادث عارض في خضم عالم غير عضوي ذاتي الوجود. من خلال القول بأن تمييز الفعلي من غير الفعلي يمكن التعبير عنه بالرجوع إلى العقل فقط، لا أقصد أن أفرض أن كونًا بلا عقل واع لن يكون في وضع أفضل من مجرد يوتوبيا، لكن خاصية الفعلية التي يحظى بها لن يكون في الإمكان تعريفها لأن الطريق الوحيد نحو تعريفها قد تم قطعه. إن فعلية الطبيعة مثلها كمثل جمال الطبيعة. يمكننا بالكاد وصف جمال منظر بأنه غير موجود عندما لا يكون هناك وعي حي كي يشهده؛ لكن من خلال الوعي يمكن عزو معنى له. وكذلك الحال مع فعلية العالم. إذا كانت الفعلية تعني «معروفًا بالعقل» إذا فهي خاصية ذاتية خالصة للعالم؛ كي نجعلها موضوعية يجب علينا أن نستبدل عبارة «يمكن معرفته بالعقل» بعبارة «معروف بالعقل». كلما قل تأكيدنا على الحدث المتعلق بكون أجزاء من العالم معروفة في الزمن الحاضر لعقول معينة، كان لزاما زيادة التأكيد على إمكانية كونها معروفة للعقل كخاصية موضوعية أساسية للمادة، مانحة إياها حالة من الفعلية سواء قام وعي فردي بملاحظتها أم لا.

في الرسم التوضيحي كان السيد إكس مرتبطًا بالدائرة في نقطة معينة تراعي ادعاءه المفترض بأنه يعرف المادة؛ لكن تدبر بسيط سوف يبين أن نقطة اتصال العقل مع الكون الفيزيائي ليست محددة جدًّا. يعرف السيد إكس الطاولة؛ لكن نقطة الاتصال مع عقله ليست في مادة الطاولة. تنتشر موجات الضوء من الطاولة إلى العين؛ تحدث التغيرات الكيميائية في الشبكية؛ انتشار من نوع ما يحدث في العصب البصري، يتبع ذلك تغيرات ذرية في المخ. أين تحدث بالضبط القفزة الختامية في الوعي ليس ذلك

واضحًا. إننا لا نعرف المرحلة الأخيرة للرسالة في العالم الفيزيائي قبل أن تصبح إحساسًا في الوعي. هذا لا يصنع أي فارق. للكميات الفيزيائية اتصال دائري وأيًّا ما كانت الطبيعة الداخلية التي قد نعزوها لإحداها ستمضي كخلفية عبر كل الدائرة. إنه ليس تساؤلًا عما إذا كانت المادة أو الكهرباء أو الجهود هي المثير المباشر للعقل؛ كل هذه الكميات في ملمحها الفيزيائي ممثلة بشكل متكافئ كقراءات مؤشرات أو كمخططات لقراءات المؤشرات. بحسب نقاشنا فيما يتعلق ببناء العالم، فهي مقاييس البنية النابعة من مقارنة ملامح معينة للعلاقات الأساسية – مقاييس تستهلك بالقطع دلالة تلك العلاقات. لا أعتقد في أن نشاط المادة في نقطة معينة من المخ يحفز نشاطًا عقليًّا ذهنيا؛ وجهة نظري أن نشاط المادة هناك هو وصف بمقاييس مترية لملامح معينة لنشاط العقل. نشاط المادة هو وسيلتنا لإدراك دمجا لقياسات البنية؛ نشاط العقل هو تبصرنا في مركب العلاقة، تعطي المقارنة فيما بينهما أساس تلك القياسات.

ما هو السيد إكس؟

في ضوء هذه الاعتبارات دعنا الآن نرى ما الذي في مقدورنا أن نفعل حيال التساؤل، ما هو السيد إكس؟ علي أن أتصدى للسؤال منفردًا، لا يمكنني أن أفيد نفسي بمؤازرتكم لي دون أن أجيب أولًا أو أن أفترض إجابة للسؤال الصعب، ماذا تكون أنت؟ وفقًا لذلك يجب أن يكون التساؤل بمجمله في نطاق وعيي. أجد هناك معلومات معينة تزعم الإشارة إلى هذا المجهول إكس؛ ويمكنني (باستخدام قوى تستجيب لمشيئتي) أن أوسع من تلك المعلومات؛ أي يمكنني أن أجري التجارب على إكس. على سبيل المثال، يمكنني القيام بتحليل كيميائي. النتيجة اللحظية لتلك التجارب حدوث أحاسيس بصرية أو شمية معينة في وعيي. من الواضح أن ما بين هذه الأحاسيس حتى أي استدلال عقلي منطقي عن السيد إكس مارثون طويل. على سبيل المثال، عرفت أن لدى السيد إكس كربونا في مخه، لكن المعرفة اللحظية قد كانت بشيء ما (ليس بكربون) في عقلي. يرجع السبب في كوني أصبح منتبهًا

لشيء ما في عقلي، يمكن أن يتقدم ليؤكد معرفة بشيء ما في مكان آخر إلى أن هناك مخططًا نظاميًّا للاستدلال، يمكن تتبعه من أحد عناصر المعرفة إلى الآخر. بتنحية الاستدلال الغريزي أو استدلال الحس المشترك جانبًا – ذلك الذي يمثل القواعد الأولية للاستدلال العلمي– يتبع الاستدلال علاقة يمكن وصفها رمزيًّا فقط، تمتد من نقطة في العالم الرمزي حيث أحدد موضعي إلى نقطة حيث أحدد فيها موضع السيد إكس.

أحد ملامح هذا الاستدلال أنني لا أكتشف أبدًا ما هو الكربون في الواقع. يبقى رمزًا. هناك كربون في مخ عقلي؛ لكن معرفة عقلي بذاته لم تكشف ذلك لي. يمكنني أن أعرف فقط أن الرمز الذي هو للكربون يجب أن يكون قد تحدد مكانه هناك من خلال تتبع طريقًا للاستدلال عبر العالم الخارجي مماثلًا لذلك المستخدم في اكتشافه في السيد إكس؛ ومهما يكن هذا الكربون مرتبطًا بشكل وثيق مع قواي المفكرة، إلا أنه كرمز منفصل عن أي مساحة فكرية عرفتها عن وجوده. ما الكربون إلا رمز يمكن تعريفه في اصطلاحات من رموز أخرى خاصة بمخطط الفيزياء الدائري فقط. ما اكتشفته يتمثل في أنه، من أجل أن تتماشى الرموز التي تصف العالم الفيزيائي ربما مع المعادلات الرياضية التي تم تصميمها لتندرج الرموز فيها وتطيعها، فمن اللازم أن يوضع رمز الكربون (بين الرموز الأخرى) في حيز السيد إكس. بوسائل شبيهة يمكنني أن أقوم بفحص فيزيائي شامل ودقيق للسيد إكس وأكتشف نسق الرموز بأكمله المعزو إلى حيزه.

هل سيقدم لي هذا النسق من الرموز كل السيد إكس؟ لا يوجد أدنى سبب كي تعتقد في ذلك. الصوت الذي يأتينا عبر سلك التليفون ليس كل ما هو هناك عند نهاية السلك. الرابط العلمي مثله كمثل سلك التليفون؛ يمكنه فقط أن ينقل ما صمم عليه لينقله ولا شيء أكثر.

سوف نرى أن لخط الاتصال ملمحين. فهو من ناحية سلسلة استدلال تمتد من

الرموز المرتبطة لحظيًّا بالأحاسيس في عقلي إلى الرموز الواصفة للسيد إكس؛ ومن ناحية سلسلة من المؤثرات المحفزة في العالم الخارجي تبدأ من السيد إكس وتصل إلى مخي. على نحو مثالي تكون خطوات الاستدلال معاكسة بالضبط تمامًا لخطوات النقل الفيزيائي التي تجلب المعلومات. (نقوم طبيعيًّا بعمل الكثير من الاختصارات في الاستدلال عن طريق تطبيق الخبرات والمعارف المتراكمة) عادة ما نفكر في الخط من حيث ملمحه الثاني فقط الخاص بالنقل الفيزيائي؛ لكن بسبب كونه خطًّا للاستدلال كذلك فهو معرض لقصور، لا ينبغي أن نتوقع من النقل الفيزيائي أن يتقيد به بالضرورة.

يتم اختزال نظام الاستدلال الموظف في البحث الفيزيائي إلى معادلات رياضية تحكم الرموز، وما كنا ملتزمين بهذه العملية فإننا محدودون برموز ذات طبيعة حسابية مناسبة لمثل هذه المعادلات الرياضية[1]. هكذا لا توجد فرصة للحصول على معلومات عن السيد إكس من خلال أي بحث فيزيائي بخلاف تلك التي يمكن التعبير عنها في شكل رقمي حتى يتم تمريرها عبر صف من المعادلات الرياضية.

إن الرياضيات هي نموذج الاستدلال المنضبط؛ وفي الفيزياء قد سعينا لاستبدال كل الاستدلالات غير المحددة بهذا النوع الدقيق. حيثما لا نستطيع إكمال السلسلة الرياضية نعترف بأننا كنا نتجول في الظلام وغير قادرين على تأكيد معرفة واقعية. تتساءل قلة إذن ألا يجب أن يكون هذا العلم الفيزيائي قد طور مفهومًا عن العالم مكون من كميات مرتبطة بدقة بأحدها الآخر بواسطة معادلات رياضية مكونة مخططًا محددًا حتميًّا. هذه المعرفة مستدل عليها وهي لذلك مجبرة على التقيد بنظام الاستدلال الذي كان قد استخدم. تعكس حتمية القوانين الفيزيائية ببساطة حتمية منهج الاستدلال. لا تستدعي هذه الطبيعة معدومة الروح للعالم العلمي قلق أولئك

(١) الاستثناء الوحيد -فيما أعتقد- هو تعميم ديراك الذي أدخل أرقام q، (راجع الفصل العاشر). لا يوجد حتى اللحظة مقاربة لنظام عام للاستدلال على أساس غير رقمي. (المؤلف).

المقتنعين بأن الدلالات الرئيسة في محيطنا ذات طبيعة روحية أكثر. في استطاعة أي أحد قد درس منهج الاستدلال الموظف بواسطة الفيزيائي أن يتنبأ بالخواص العامة للعالم الذي يجب أن يجده بالضرورة. ما لم يستطع التنبؤ به هو النجاح العظيم للمنهج – خضوع هذه النسبة الضخمة جدًّا من الظواهر الطبيعية لأن تندرج في مخطط مقضي بما فيه على نحو مسبق. لكن أن يؤخذ في الحسبان سير أحداث المستقبل في إعداد المخطط، يبدو الأمر وكأننا نطير ضد حقائق واضحة كي نتظاهر بأن كل شيء مفهوم. السيد إكس هو أحد المتمردين. عندما تضرب موجات الصوت أذنه فإنه يتحرك، ليس بالموافقة لمعادلات رياضية متضمنة الأرقام المقاسة الفيزيائية للموجات، لكن بالموافقة «للمعنى» الذي استخدمت هذه الموجات لحمله. كي نعرف ماذا هناك بشأن السيد إكس جعله يتصرف بهذه الطريقة الغريبة، لا يجب أن ننظر إلى نظام فيزيائي للاستدلال، لكن إلى ذلك التبصر فيما وراء الرموز الموجودة في عقولنا التي نمتلكها. بهذا التبصر يمكننا الوصول إلى إجابة عن سؤالنا في النهاية، ماذا يكون السيد إكس؟

* * *

الفصل الثالث عشر

الواقع

الواقعي والملموس:

بينما كان أحد أسلافنا يقوم بالتريض بين الأشجار، فشل في الوصول إلى الغصن الذي كان ينوي القفز إليه وقبضت يده على اللاشيء. قد يمثل الحادث مناسبة جيدة للحديث عن الانعكاسات الفلسفية للتمييز بين المادة والخواء – مستبعدين أي حديث عن الجاذبية. مع ذلك قد يكون نسل ذلك السلف، منذ ذلك الوقت وحتى اليوم، قد وصلوا إلى تقدير شديد نحو المادة حد الامتلاء والتشبع، تلك المادة التي لا نعرف من أين جاءت أو لماذا جاءت. تشغل المادة مركز الحلبة ما دمنا معنيين بالخبرة المعتادة، وقد اكتست بخواص نعزوها لها من شكل ولون وصلابة... إلخ، تلك الخواص التي تفتن حواسنا المختلفة. فيما وراءها هناك خلفية مناظرة للمكان والزمن، تتخللهما قوى وعوامل غير ملموسة تلعب أدوار البطولة.

ما دمنا لم نقم بالتصدي لمفاهيمنا عن المادة، بقيت تلك المفاهيم واضحة وجلية. لكنها تبدأ في التلاشي عندما نعمد إلى تحليلها. قد نتخلص من كثير من الخواص المفترضة المعزوة لها حيث إنها ليست سوى إسقاطات جلية من انطباعاتنا الحسية على العالم الخارجي. على هذا فاللون الذي يبدو جليًّا للغاية لنا هو في أذهاننا ولا يمكن تضمينه في مفهوم يحمل وجاهة يخص مادة الشيء نفسه. لكن على أي حال

ليس اللون جزءًا من الطبيعة الجوهرية للمادة. إن طبيعته المفترضة هي ما نحاول أن ندعوها في أذهاننا بكلمة «ملموس»، والتي هي فيما يبدو إسقاط خارجي لحاسة اللمس خاصتنا. عندما أحاول أن أختصر من الغصن كل شيء ما عدا مادته أو صلابته وأركز مجهودي على الإلمام بذلك، فإن كل الأفكار تراوغني؛ لكن جهدي الذي بذلت يقودني في النهاية إلى قبض غريزي للأصابع – من ذلك ربما أستدل على أن مفهومي عن المادة ليس مختلفًا جدًّا عن ذلك الذي لسلفي قاطن الأشجار.

لقد احتفظت المادة بمكانها في رسوخ شديد كلاعب أساسي قائد على حلبة الخبرة بحيث يكون الاستخدام المعتاد لملموس وواقعي معبرين عن نفس الشيء تقريبًا. اسأل أي شخص ليس بفيلسوف أو غريب الأطوار كي يسمي شيئًا واقعيًّا تمامًا بالفعل؛ سوف يكون واثقًا تمامًا بينما يختار شيئًا ملموسًا. اطرح عليه سؤالا، إن كان الزمن واقعيًّا أم لا؛ من المحتمل أن يقرر مع بعض التردد أنه بالتأكيد يجب أن يصنف كشيء واقعي، لكن سيكون لديه شعورًا داخليًّا بأن السؤال بطريقة ما غير مناسب وأنه قد جرى استجوابه على نحو غير نزيه.

إن مفهوم المادة في العالم العلمي هو مفهوم منقوص بالكلية، وما يحل محله تقريبًا في الأغلب الأعم، أشياء مثل الشحنة الكهربية ومفهوم المادة ليس له أي حظوة فوق الكميات الفيزيائية الأخرى باعتباره بطل العرض. لهذا السبب غالبًا ما يصدمنا العالم العلمي بمظهره غير الواقعي. إنه لا يقدم أي شيء لإرضاء تساؤلنا عن الملموس. كيف يمكنه أن يكون واقعيًّا، بينما لا نستطيع إجابة تلك التساؤلات؟ لقد حاولت تكوين إجابة؛ لكنني لم أحصل على شيء سوى قبض الأصابع ذلك. لا يتغاضى العلم عما تزودنا به أحاسيس اللمس والأحاسيس العضلية. لكنه بتوجيهنا بعيدًا عن الملموس فإن العلم يذكرنا بأن تعاطينا مع الواقعي هو أكثر تنوعًا مما كان يبدو ظاهرًا لعقل القرد، بالنسبة له فإن الغصن الذي يدعمه يمثل بداية ومنتهى الواقعية.

لن يشغل العالم العلمي بمفرده انتباهنا الآن. مقارنة بالفصل السابق فإننا الآن

نوسع من منظورنا حيث يتضمن المخطط الدائري للفيزياء تفرعات كثيرة. لكن قبل أن نغامر باقتحام هذه الأرض التي تحمل الكثير من المخاطرة، عليَّ أن أؤكد على استنتاج واحد، وهو استنتاج علمي بكل تأكيد. لقد هجرت النظريات العلمية الحديثة المرتكز الشائع الذي يعرف الواقعي بالملموس. أعتقد أن في إمكاننا أن نذهب بعيدًا جدًّا حد أن نقول إن الزمن بالتأكيد هو واقع فيزيائي على نحو أكثر تحققًا من المادة، لأنه أكثر تحررًا من تلك الارتباطات الميتافيزيقية التي لا تسمح بها الفيزياء. ليس من العدل أن تعطي بوصة لتأخذ بها قياس ذراع، ومن ثم تقول لقد مضيت في التأمل بعيدًا وبالمثل لو مضيت بنفس الحال مع الفيزياء فقد تسلم في الحال بأن الواقع روحاني. يجب أن نمضي بصورة أكثر حرصًا. لكن بالاقتراب من مثل هذه الأسئلة، فإننا لم نعد مغرمين بتبني مسلك يرى أن كل شيء يفتقد إلى كونه ملموسًا هو مدان بذلك في حد ذاته.

إن الفصل بين نطاق ما هو علمي وما هو غير مألوف علميًّا فيما يخص الخبرة ليس فصلًا -فيما أعتقد- بين ما هو ملموس وما هو ترانسدانتالي مجاوز للخبرة لكن بين ما هو خاضع للمقاييس المترية وما هو غير خاضع للمقاييس المترية. أنا مع الماديين في شعورهم بالنفور نحو أي نوع من العلوم الكاذبة التي تقع ضمن سلطان ما هو غير مألوف علميا. لا يجب اتهام العلم بأنه ضيق الأفق بسبب رفضه التعامل مع عناصر الخبرة غير المعاصرة لمنهجيته الخاصة المرتبة بشكل كبير؛ ولا يجب لومه بسبب نظرته المتغطرسة إلى معارفنا ونهجنا في الاستدلال فيما يتعلق بالجانب غير الخاضع للقياسات المترية من الخبرة، تلك المعارف وذلك النهج المشوشان وغير النظاميين مقارنة بتلك العلمية. لكنني لا أعتقد في أننا قد أذنبنا ومارسنا علمًا كاذبًا في خضم محاولتنا في الفصلين السابقين لإيضاح كيف حدث وكان هناك ضمن النطاق الكلي للخبرة، جزء مختار قادر على ذلك التمثل المنضبط للقياسات المترية والذي هو أمر متطلب لأجل اكتساب المعارف من خلال المنهجية العلمية.

أشياء عقلية:

سوف أحاول أن أكون محددًا بقدر ما أستطيع حيال لمحات الواقعية التي يبدو أننا قد وصلنا إليها. إلا أنني على دراية تامة بأنني بإلزام نفسي بالتفاصيل فإنني من المحتمل أن أقع في أخطاء فادحة. حتى إذا كانت وجهة النظر هاهنا قد كشفت عن الاتجاه الفلسفي للعلم الحديث إلا أنه من السابق لأوانه اقتراح مخطط ناضج لطبيعة الأشياء. إذا ما أثيرت انتقادات عن أن الكثير من الملامح تلمس ما هو كائن بشكل أكبر ضمن نطاق عمل خبراء السيكولوجيا، فعليَّ أن أعترف بوثاقة صلتها تلك. تأخذنا اتجاهات العلم مؤخرًا -فيما أعتقد- نحو قمة، منها يمكننا أن ننظر نحو الأسفل إلى المياه العميقة للفلسفة؛ وإن غصت مندفعًا فيها، فإن سبب ذلك لا يكمن في ثقتي في قدراتي على السباحة، لكنه محاولة مني لإثبات أن المياه عميقة بالفعل.

إذا ما أطلقت الاستنتاج على عواهنه - فإن أشياء العالم هي أشياء عقلية. كما هو الحال دائمًا مع العبارات التي تطلق على عواهنها، فإنه يتحتم عليَّ أن أوضح أنني هنا بكلمة «عقل» لا أعني بها العقل بالضبط وأنني بكلمة «أشياء» لا أقصد الأشياء على الإطلاق. إلا أن ذلك، لا يزال هو أقرب ما نقدر به على الوصول إلى الفكرة بجملة بسيطة. إن أشياء العالم العقلية هي بكل تأكيد أكثر عمومية من عقولنا الفردية الواعية؛ لكننا قد نظن أن طبيعتها ليست غريبة بالكلية عن الأحاسيس في وعينا. إن المادة الواقعية ومجالات القوى الخاصة بنظرية الفيزياء السابقة غير ذات صلة بالأشياء العقلية بالكلية - إلا في حدود أن تكون الأشياء العقلية قد لفقت هذه التصورات. أما المادة الرمزية ومجالات القوى التي للنظرية الحالية فهي أكثر صلة بها، لكنها تحمل في طياتها نحوها علاقة مماثلة تمامًا لتلك التي تحملها حسابات أمين الصندوق نحو نشاط الكلية. مع التسليم بهذا، لا يحمل النشاط العقلي لذلك الجزء من العالم المكون لنا أي مفاجأة؛ إنه معروف لنا من خلال معرفتنا بالذات، ونحن لا نحاول تفسيره بشيء آخر غير ذلك الذي نعرف أنه عليه - أو بالأحرى يعرف

بنفسه أنه عليه. ينبغي علينا تفسير ملامح العالم الفيزيائية وذلك عن طريق -ربما- بعض تلك الطرق التي أوضحناها في خضم مناقشاتنا عن بناء العالم. إن أجسادنا أكثر غموضًا من عقولنا - على الأقل سوف يكون كل ما بمقدورنا فعله حيالها هو إزاحة الغموض جانبًا بواسطة جهاز المخطط الدائري للفيزياء، ذلك الذي يمكننا من دراسة سلوكها الظاهراتي، من دون الاقتراب أبدًا من القبض على الغموض القابع فيما وراء ذلك.

ليست الأشياء العقلية منتشرة منثورة في المكان والزمن؛ إنها جزء من المخطط الدائري والمشتق في النهاية منها. لكننا يجب أن نفترض أنه بطريقة ما أخرى أو بملمح ما آخر يمكن تمييزها إلى أجزاء. فقط تصعد إلى مستوى الوعي هنا وهناك، لكن من مثل هذه الجزر تتقدم كل المعارف. إلى جانب المعارف المباشرة المحتواة في كل وحدة معروفة ذاتيًّا، هناك معارف استدلالية. تتضمن الأخيرة معارفنا عن العالم الفيزيائي. من الضروري أن نواصل تذكير أنفسنا بأن كل معارفنا عن محيطنا التي ينبني منها عالم الفيزياء، قد دخلت في صورة رسائل منقولة على طول الأعصاب إلى مقعد الوعي. من الواضح أن الرسائل تسافر مشفرة. عندما تسافر الرسائل التي تشير إلى الطاولة في الأعصاب، فإن الاضطرابات العصبية التي تسببها الرسائل المنقولة لا تشبه في النهاية أيًّا من الطاولة في الخارج التي هي مصدر الانطباع العقلي أو مفهوم الطاولة الذي يبزغ في الوعي[1]. يتم تصنيف الرسائل الواردة وفك شفرتها في محطة التنقية المركزية، جزئيًّا بواسطة بناء الصورة الغريزي الموروث من خبرة أسلافنا وجزئيًّا عن طريق المقارنة العلمية والاستدلال. عن طريق هذا الاستدلال غير المباشر جدًّا والفرضي جدًّا قد بنيت كل معارفنا المفترضة عن كل نظرياتنا حول العالم خارجنا. إننا نعرف بالعالم الخارجي بسبب أليافه التي تجري في وعينا؛ إنها

(١) أقصد، تشبه في الطبيعة الداخلية. من الصحيح (كما أكد برتراند راسل) أن وصف البنية الرمزي سوف يكون متماثلًا بالنسبة للطاولة في العالم الخارجي وبالنسبة لمفهوم الطاولة في الوعي لو أن المفهوم صحيح علميًّا. لو أن الفيزيائي لم يحاول اقتحام ما وراء البنية فلن يبالي بما نتخيل أننا نقصده من بين الاثنين. (المؤلف).

فقط نهايات الألياف خاصتنا التي نعرفها؛ من تلك النهايات نعيد بناء البقية بنجاح، تختلف درجته، مثل عالم الحفريات الذي يعيد بناء وحش منقرض من آثار أقدامه.

الأشياء العقلية عبارة عن تجمع لعلاقات ومتعالقات، هي خام بناء العالم الفيزيائي. إن ما نذهب إليه فيما يخص عملية البناء -مع ذلك- أن أغلب ما يتم تضمينه في العلاقات، يتم إسقاطه باعتباره غير مفيد وغير قابل للاستخدام في البناء المطلوب. إن منظورنا هذا هو ما حاجج به إلى حد كبير و. ك. كليفورد[1] عام ١٨٧٥ :

«إن تتابع المشاعر الذي يُكوّن وعي أحد البشر هو الواقع الذي ينتج في عقولنا إدراكًا بحركات مخه».

يمكننا القول إن ما يعرفه البشري نفسه كتتابع للمشاعر هو واقع يؤثر في قراءات معدات الباحث الخارجي عندما تكون هناك محاولة لتقصيه، وهو يؤثر بذات الطريقة التي تجعله يبدو في هيئة مادة المخ. مرة أخرى كتب برتراند راسل:

«ما يراه عالم الفسيولوجيا عندما يفحص مخًّا، هو موجود في عالم الفسيولوجيا وليس في المخ الذي يقوم بفحصه. ما الذي يوجد في المخ إذا كان ميتًا في ذلك الوقت الذي يفحصه فيه عالم الفسيولوجيا، لست أدعي معرفة تامة بالأمر، لكن عندما كان صاحب المخ حيًّا، فإن جزءًا على الأقل من محتوى مخه يتكون من مداركه وأفكاره ومشاعره. وبما أن مخه يتكون كذلك من إلكترونات فإننا مدفوعون إلى استنتاج أن الإلكترون هو تجمع لأحداث وأن الإلكترون إذا كان في مخ بشري، فإن بعض الأحداث التي تكونه من المحتمل أن تُكوِّن بعض «الحالات العقلية» للرجل الذي يخصه المخ. أو على أي حال من المحتمل أن تكون أجزاء من تلك «الحالات العقلية» - من ذلك لا يجب أن نفترض أن جزءًا من الحالة العقلية يجب أن يكون

(١) ويليام كينجدون كليفورد عالم رياضيات وفيلسوف إنجليزي، أرسى قواعد الجبر الهندسي. كان أول من أشار إلى احتمال أن تكون الجاذبية ظاهرة هندسية وهي الفكرة التي تقوم عليها نسبية أينشتاين العامة إلى حد كبير، كذلك كان أول من صك اصطلاح (الأشياء العقلية). (المترجم).

حالة عقلية. لا أتطلع إلى مناقشة ما المقصود «بالحالة العقلية». النقطة الرئيسة التي تعنينا أن المصطلح يجب أن يتضمن مدركات. هكذا يكون المدرك حدثًا أو مجموعة أحداث، كل منها تنتمي إلى واحدة أو أكثر من المجموعات التي تكون إلكترونات المخ. هذه -فيما أعتقد- أكثر الجمل الملموسة التي يمكن صياغتها عن الإلكترونات؛ أي شيء آخر يمكن أن يقال سوف يكون تجريديًّا نوعًا ما ورياضيًّا».

لقد اقتبست هذا جزئيًّا لأجل تلك الملاحظة، أنه لا يجب افتراض أن جزءًا من الحالة العقلية يجب أن يكون حالة عقلية. يمكننا -بلا شك- تحليل محتوى الوعي خلال فترة زمنية قصيرة إلى مكونات أولية من مشاعر إلى حد ما؛ لكن ليس من المفترض أن هذا التحليل السيكولوجي سوف يكشف عن العناصر التي تنبني منها أرقام قياس الذرات والإلكترونات. مادة المخ هي ملمح جزئي للحالة العقلية كلها؛ لكن تحليل مادة المخ عن طريق التحري الفيزيائي لا يجري مطلقًا بشكل مواز مع تحليل الحالة العقلية عن طريق التحري السيكولوجي. أظن أن راسل قد كان يقصد تحذيرنا من أنه بالحديث عن جزء من الحالة العقلية، لم يكن يقصر نفسه على الأجزاء التي سيتم التعرف عليها وإدراكها سيكولوجيًّا، وكان يسلم بنوع أكثر تجريدًا من التشريح.

قد يؤدي ذلك إلى بعض الصعوبة إذا ما كنا نفترض هوية كاملة للأشياء العقلية التي في الوعي. لكننا نعرف أن هناك ذكريات في العقل، لا توجد في الوعي في اللحظة الحالية لكنها تملك أن تستدعى إلى الوعي. إننا مدركون على نحو غير محدد أن الأشياء التي لا نستطيع استدعاءها تقع في مكان ما بالجوار ويمكن لها أن تأتي إلى العقل في أي حين. ليس الوعي محددًا تمامًا، على نحو حاد ودقيق، لكنه يبهت في العقل الباطن (اللاوعي)؛ وما عدا ذلك نعتبره شيئًا غير محدد لكنه لا يزال متواصلًا مع الطبيعة العقلية. هذا ما أحمله على أن يكون أشياء العالم. إننا نقارنها بشعور وعينا لأننا الآن بعد إدراكنا للخواص الصورية والرمزية لكميات الفيزياء، لا يوجد شيء آخر كي نقارنها به.

أحيانا ما يتصاعد حجاج يذهب إلى أنا أشياء العالم القاعدية ينبغي أن يطلق عليها «أشياء محايدة» بدلًا من «أشياء عقلية» حيث إنها هي تلك الأشياء القاعدية التي ينشأ عنها كل من العقل والمادة. لو أن هذا مقصودًا للتأكيد على أن جزرًا محدودة منها فقط تكون العقول الفعلية، وعلى أنه حتى في هذه الجزر ما هو معروف عقليًّا ليس مكافئًا لقائمة بكل ما يحتمل أن يكون هناك، أجدني أتفق مع هذا الطرح. في الحقيقة ينبغي علي افتراض أن المعرفة الذاتية للوعي هي بالأساس أو بالكلية معرفة تراوغ المنهج الذي تتخذه قائمة القوانين عند توصيفها لشيء. قد يكون من الأفضل تعديل مصطلح «الأشياء العقلية»؛ لكن يبدو أن استخدام اصطلاح الأشياء المحايدة هو تعديل من نوع خاطئ. حيث يفترض طريقتين للمقاربة من أجل فهم طبيعتها. ما لدينا مقاربة واحدة فقط، على وجه التحديد هي مقاربة تتم من خلال معرفة العقل المباشرة خاصتنا. تؤدي المقاربة الأخرى المفترضة التي تتم من خلال العالم الفيزيائي إلى دائرة قوانين الفيزياء، حيث ندور في دوائر ودوائر مثل قطة تطارد ذيلها ولا تصل أبدًا إلى أشياء العالم على الإطلاق.

أفترض أننا قد غادرنا توهم المادة وتركناه بعيدًا جدًّا من ورائنا حتى إن كلمة «أشياء» لن تؤدي إلى أي فهم أو معنى. بالتأكيد لا أنتوي تحويل العقل إلى مادة أو بنية. إن العقل هو – لكنك تعرف ما هو العقل، لذلك فلماذا ينبغي علي أن أقول المزيد عن طبيعته؟ إن كلمة «أشياء» تشير إلى الوظيفة التي يجب القيام بها كأساس لبناء العالم ولا تفرض أي منظور معدل لطبيعته.

من الصعب على الفيزيائي الذي ديدنه الحقائق القبول بمنظور يذهب إلى أن قوام كل شيء ذو طبيعة عقلية. لكن لا يمكن لأحد إنكار أن العقل هو أول وأكثر الأشياء مباشرة في خبرتنا، وكل ما عداه استدلال بعيد – الاستدلال إما حدسي أو قائم على البحث والمثابرة. ربما ما كان ليجول في خاطرنا أبدًا (كفرضية جادة) أن العالم قد يكون قائمًا على أي شيء آخر، ما لم نقع تحت تأثير أشياء منافسة مصحوبة بواقع

ملموس من نوع أكثر إرضاء – أشياء خامدة وغبية للغاية وبالتالي هي غير قادرة على تلفيق أي توهم خادع. لقد كشفت الأشياء المنافسة عن كونها مخطط من قراءات المؤشرات؛ وبالرغم من أنه من الممكن تشييد عالم بشكل جيد من الخصائص الرمزية، إلا أن هذا مجرد تأجيل للتساؤل في طبيعة عالم الخبرة. ربما يخفف هذا المنظور للعلاقة القائمة بين العالم المادي والعالم الروحي من التوتر القائم بين العلم والدين إلى حد ما. يبدو العلم الفيزيائي وقد شغل نطاق الواقع، الذي يكتفي بذاته، يسعى بدأب في مساره في استقلالية وبلا انشغال بذلك الصوت في داخلنا الذي يؤكد على وجود واقع أعلى. نشعر بالغيرة تجاه مثل هذا الاستقلال. لا نرتاح إلى وجود عالم قادر بوضوح على احتواء نفسه ذاتيا، فيه يصبح الإله فرضية غير ذات ضرورة. نعترف بأن طرق الرب ملغزة؛ لكن ألا يزال يوجد في العقل المتدين شيء من شعور الأنبياء القدماء، الذين يدعون الله مسبحين بواسع سلطانه وعن طريق العلامات أو المعجزات يقيمون دعواهم بخضوع قوى الطبيعة لأمره؟ وحتى إن كان على العالم أن يعلن توبته واعترافه بأنه كان من اللازم تضمين روح كلية الوجود إلى جانب العوامل التي تتحكم في النجوم والإلكترونات، قمنا بتعقب أشياء الوعي المقدسة إليها، ألا يوجد هناك فهم أكثر خطورة من ذلك؟ ينبغي علينا أن نتوجس خيفة من نية تسعى إلى اختزال الرب في نظام من معادلات تفاضلية، مثله كمثل العوامل الأخرى التي تم إدخالها في أزمنة مختلفة من أجل استعادة النظام في المخطط الفيزيائي. على أي حال قد تم تجنب هذه الخطيئة التي لن تعدو كونها فشلًا ذريعًا. على صعيد معادلات الفيزياء التفاضلية، تم استخلاص مخطط القياسات المترية الدائري من قلب الواقع الأعرض. أيًّا ما كان المقدار الذي قد تمتد به تفرعات هذه الدوائر عن طريق المزيد من الاكتشاف العلمي، لا يمكن لها أن تطغى على الخلفية التي فيها وجودها (واقعها الفعلي) بسبب طبيعتها الكامنة فيها. في هذه الخلفية يقع وعينا العقلي خاصتنا، قد نجد هناك –إن كان لنا أن نجد في أي مكان– قوة أعظم من الوعي لكنها على علاقة به. من غير الممكن لقوانين البنية الروحية الحاكمة –غير الخاضعة للمقاييس المترية

بالضرورة بقدر ما هو معروف لنا في الوعي) أن تكون مناظرة للمعادلات التفاضلية وبقية المعادلات الرياضية للفيزياء، تلك التي تبقى غير ذات معنى، ما لم تغذَّ بالكميات الخاضعة للقياس المتري. لذلك فإن أكثر التصورات البشرية التجسيمية بساطة وسذاجة لإله روحي يمكن لحقيقتها أن تكون بالكاد أكثر رحابة وثراء بكثير، مقارنة بتلك التي ندركها في هيئة معادلات خاضعة للنظام المتري.

تعريف الواقع:

حان الوقت لنقبض على الاصطلاحين الفضفاضين، الواقع والوجود. هذان الاصطلاحان اللذان كنا نستخدمهما دون أي تساؤل عما هو مقصود منهما إيصاله. إنني أخشى هذه الكلمة، كلمة واقع، إنها لا تنقل معنى مميزًا، قابل للتعريف على نحو مألوف يتعلق بالأشياء التي يتم وصفها بها لكنها تستخدم كما لو كانت نوعًا من الهالات السماوية. ينتابني شك كبير إن كان لدى أي منا أدنى فكرة عما هو مقصود بواقع أي شيء عدا ذواتنا خاصتنا. تلك جملة جريئة، يتحتم عليَّ حمايتها من سوء الفهم. من الممكن بالتأكيد الحصول على معنى كلمة «واقع» من خلال توظيف تعريف دارج لها. أما عن ممارستي الشخصية للكلمة فيغطيها ربما تعريف يذهب إلى أن الشيء قد يقال عنه واقعيًّا إذا كان غاية نوع ما من الاستقصاء أعلق عليه بشكل شخصي جدوى. في الفيزياء يمكننا إعطاء تعريف علمي بارد للواقع، تعريف خال من كل غموض عاطفي سنتمنتالي[1]. لكن هذا ليس لعبًا عادلًا تمامًا، لأن كلمة واقع تستخدم بشكل عام مع نية لإثارة العاطفة. إنها كلمة عظيمة جدًّا إذا ما استخدمت كخاتمة خطاب. «يمضي المتحدث المبجل ليصرح أن التآلف والمؤاخاة التي كان قد سعى نحوهما حثيثًا بلا توقف قد أصبحا الآن واقعًا (هتافات استحسان عالية). إن المفهوم الملتبس جدًّا على الفهم ليس «الواقع» لكنه «الواقع (هتافات استحسان عالية)»

(١) بمعنى عاطفي أو وجداني (المترجم).

دعنا نفحص أولًا التعريف وفقًا للاستخدام العلمي الخالص للكلمة، بالرغم من أنه لن يمضي بنا قدمًا بما يكفي. الموضوع الوحيد المتاح لي من أجل دراسته هو محتوى وعيي. أنت قادر على الاتصال بي، يصبح جزء من محتوى وعيك بذلك متاحًا الوصول إليه في ذلك الذي هو لي. أضمن لوعيك حالة من المساواة مع ذلك الذي لي وذلك لأسباب مقبولة على نحو عام بالرغم من أنني لا أود أن يكون لزامًا علي البرهنة على كونها قاطعة، بالإضافة إلى أنني أستخدم ذلك الجزء من وعيي كي «أضع نفسي في مكانك». بذلك فإن موضوع دراستي يصبح متمايزًا ضمن محتويات أكثر من وعي، كل محتوى منها يُكوّن منظورًا. هاهنا تبزغ مشكلة الجمع بين هذه المناظير ومن خلال الجمع بين هذه المناظير يظهر عالم الفيزياء الخارجي. يعد أغلب ما في وعي أي شخص فرديًّا، أغلبه قابل للتغير بشكل واضح بواسطة إرادته ومشيئته؛ لكن هناك عنصرًا ثابتًا مشتركًا مع الوعي (جمع وعي) الأخرى. نرغب في دراسة ذلك العنصر المشترك، في وصفه على الوجه الأكمل والأدق قدر الإمكان، واكتشاف القوانين التي يجتمع بها الآن منظور ما مع منظور آخر. لا يمكن لهذا العنصر المشترك أن يكون موضعه في وعي أحد الأشخاص عوضًا عن أن يكون في وعي شخص آخر؛ بل يجب أن يكون في أرض محايدة – في عالم خارجي.

صحيح أن لديَّ انطباع قوي عن العالم الخارجي بغض النظر عن إن كنت على اتصال مع أي مخلوقات أخرى واعية أم لا، لكن من دون مثل هذا الاتصال لن يكون لديَّ أي سبب للوثوق في الانطباع الذي لدي. لقد كشفت أغلب انطباعاتنا المعتادة عن المادة والتزامن اللحظي عبر العالم وما إلى غير ذلك عن كونها توهمات خادعة، وقد لا تكون خارجية العالم موضع موثوقية كذلك. يكون الانطباع عن خارجية العالم في العوالم التي تأتيني في الأحلام قويًّا وعلى قدم المساواة؛ صحيح أن عالم الحلم أقل منطقية، لكن ذلك قد يستخدم كحجاج في صالح خارجيته حيث يظهر انفصاله عن الملكة الداخلية للمنطق. ما دام علينا أن نتعامل مع وعي واحد بمفرده، تصبح الفرضية

الذاهبة إلى أن هناك عالمًا خارجيًّا مسؤولًا عن جزء مما يظهر فيه هي فرضية فارغة. كل ما يمكن تأكيده بشأن هذا العالم الخارجي مجرد تناسخ للمعرفة الذي يمكن تأكيده بثقة أكبر من خلال عالم يظهر في الوعي (جمع وعي). تصبح الفرضية مفيدة فقط عندما تكون وسيلتها جلب عوالم الوعي (جمع وعي) التي تشغل مناظير مختلفة معًا. على ذلك فالعالم الخارجي هو منتدى للعوالم المعروضة للمناظير المختلفة. هناك اتفاق عام فيما يتعلق بالمبادئ التي ينبغي أن يتشكل المنتدى على أساسها. البيانات التي يتم إصدارها في شأن هذا العالم الخارجي -إذا لم تكن مبهمة- يجب أن تكون إما صحيحة أو خاطئة. غالبًا ما كان الفلاسفة ينكرون ذلك. من المعتاد تمامًا أن يقال إن النظريات العلمية عن العالم ليست بالصحيحة أو بالخاطئة لكنها بالكاد مناسبة أو غير مناسبة. الجملة المفضلة أن مقياس قيمة النظرية العلمية في كونها تقتصد في التفكير. بالتأكيد الجملة البسيطة مفضلة على تلك المليئة بالإطناب، وفيما يتعلق بأي نظرية علمية حالية، فمن الأسهل كثيرًا توضيح كونها مناسبة أو كونها تقتصد في التفكير من كونها صحيحة. لكن أيًّا ما كانت المعايير المنخفضة التي قد نقوم بتطبيقها عند الممارسة فإننا في حاجة إلى ألا نتخلى عن مثالياتنا؛ وما دام هناك تمييز بين النظريات الصحيحة والخاطئة فإن هدفنا يجب أن يكون التخلص من تلك الخاطئة. من ناحيتي فأنا أتمسك بأن التقدم المتواصل للعلم ليس مجرد تقدم نفعي أداتي، بل تقدم نحو حقيقة أنقى دائمًا أبدًا. ليكن مفهوما فقط أن الحقيقة التي نبحث عنها في العلم هي حقيقة عن عالم خارجي معروض كموضوع للدراسة وغير مرتبط بأي رأي فيما يتعلق بحال ذلك العالم – ما إذا كان يرتدي هالة الواقع أم لا، ما إذا كان يستحق «صيحات استحسان عالية» أم لا.

بافتراض أن المنتدى قد تم على نحو سليم، فإن العالم الخارجي وكل ما يظهر فيه يدعى واقعيًّا دون أي ضجيج أبعد. عندما نؤكد نحن العلماء على كون أي شيء في العالم الخارجي واقعيًّا وعلى ذلك فهو موجود، فإننا نعبر عن اعتقادنا في كون قواعد

المنتدى قد تم تطبيقها على نحو صحيح – أي لم يكن ذلك مفهومًا خاطئًا قد أدخل عن طريق الخطأ في عملية التكوين، أو هلوسات تنتمي إلى وعي مفرد فقط، أو تمثل غير كامل يحابي مناظير معينة لكن يتعارض مع أخرى. نرفض التفكر في الاحتمال المخيف، احتمال أن يكون العالم الخارجي –بعد كل عنايتنا في الوصول إليه– غير مؤهل ويفشل في الوجود؛ حيث إنه لا فكرة لدينا عما هي المؤهلات المفترضة، أو بأي طريقة يمكن تعزيز مكانة العالم إذا ما نجح في الامتحان المفروض. إن العالم الخارجي هو العالم الذي يقابل الخبرة التي نحظى بها بشكل مشترك، وبالنسبة لنا لا يوجد أي عالم آخر في مقدوره أن يشغل ذات الدور، لا تهم مراتب الشرف التي قد ينالها في الامتحان المؤهل.

لأغراض علمية، يتبع التعريف المكرس للوجود المبدأ الذي تم إقراره لكل التعريفات الأخرى في العلم، على وجه التحديد، أن الشيء يجب أن يتم تعريفه بحسب الطريقة التي يتم إدراكه بها عند الممارسة وليس بحسب دلالة ما في أفق بعيد، نتخيل أنه يحظى بها. بالضبط كما على المادة أن تنزع عنها مفهومها القديم للمحتوى المادي، بالمثل على الوجود أن ينزع عنه هالته، قبل أن نقبل به في علم الفيزياء. لكن فليكن واضحًا أنه إذا كان علينا أن نؤكد أو أن نسائل وجود أي شيء ليس مضمنًا في عالم الفيزياء الخارجي، يجب أن ننظر فيما وراء التعريف الفيزيائي له. تفرض المساءلة المحضة لواقع العالم الفيزيائي درجة أعلى من الرقابة من تلك التي يزود بها المنهج العلمي نفسه.

لقد تمت صياغة عالم الفيزياء الخارجي كإجابات عن مشكلات معينة تم التعرض لها في الخبرة البشرية. على نحو عام، يعتبرها العالم مشكلات مرت تحت ناظريه وتناولها، بالضبط كما قد يضطلع بلغز للكلمات المتقاطعة صادفه في جريدة. يتلخص عمله الوحيد في أن يرى المشكلات قد حلت على الوجه الصحيح. لكن قد تتصاعد أسئلة عن معضلة لا تلعب أي دور ولا تحتاج إلى أن تعتبر على علاقة بحل

المشكلات. السؤال العرضي الذي يتصاعد طبيعيًّا عن معضلة العالم الخارجي، عما إذا كان هناك مبرر ما أقوى للانكباب على التنافس بصدد حل مغاليق العالم هذه بدلًا من البدء في تناول مشكلات أخرى قد تقترحها خبرتنا علينا. يبقى المبرر الذي قد يدفع به العالم للإجابة عن هذا التساؤل غير واضح تمامًا، لأن تكوين مثل هذا الدفع ليس ضمن مجال العلم. لكنه بالتأكيد يقدم دفوعًا لا تقوم على إحكام الحل جماليًّا أو الفوائد المادية المستقاة من البحث العلمي. هو لن يسمح بتنحية موضوعه جانبًا في منتدى عن الحقيقة. يمكننا بالكاد أن نقول أي شيء أكثر جزمًا من ادعاء العلم «هالة» لعالمه.

إن كان لنا أن نعثر على «واقع (هتافات استحسان عالية)» لذرات وإلكترونات العالم الخارجي وليس مجرد واقع نمطي، يجب ألا ننظر إلى النهاية لكن إلى بداية التحري والتساؤل. سوف نجد في البداية الواعز الذي يرفع هذه الكيانات فوق النواتج المحضة للجهد الذهني الاعتباطي. يتضمن هذا نوعًا من تقييم الحافز الذي يدفعنا قدمًا في رحلة الاكتشاف. كيف يمكن لنا أن نقوم بمثل هذا التقييم؟ ليس بأي طريق منطقي أعرفه للاستدلال العقلي. كل ما سوف يخبرنا به الاستدلال العقلي المنطقي أن الحكم على الحافز يجب أن يكون من خلال نجاح المغامرة- سواء كانت تقود في النهاية إلى أشياء توجد واقعيًّا وترتدي الهالة بفضل أسباب كامنة فيها هي نفسها؛ أو تأخذنا كمكوك ذهابًا وإيابًا على طول سلسلة استدلال في بحث بلا جدوى عن الهالة المحيرة المراوغة. لكن سواء كان ذلك منطقيًّا، مشروعًا أم لا، فإن العقل متأكد من أنه يستطيع تمييز أبحاث وتساؤلات معينة وقد استحسنتها سلطة لا تنازع. يمكن أن نصيغ ذلك بعدة طرق؛ منها أن الحافز نحو هذا التساؤل هو جزء من طبيعتنا الخاصة؛ إنه تعبير عن غاية تتملك منا. هل هذا هو ما نعنيه على وجه الدقة عندما نبحث عن تأكيد لواقع العالم الخارجي؟ إن ذلك يمضي على نحو ما صوب منحه معنى لكنه بالكاد معادل كامل. أشك فيما إذا كنا بالفعل نوفي المفاهيم وراء تلك الحاجة ما لم

نقدم الفرضية الأجرأ التي تذهب إلى أن التساؤل والبحث وكل ما يمكن الوصول إليه من خلالهما له قيمة في عيني مثمن مطلق.

أيًّا ما كان تبرير الحجة التي نأخذ بها للدفاع عن واقعية العالم الخارجي، فمن الممكن بالكاد أن تفشل في الاعتراف بذات الدرجة بكثير مما يقع خارج العلم الفيزيائي. ندرك أن هناك خيوط أخرى لوجودنا تمتد في اتجاهات بعيدة عن الانطباعات الحسية بالرغم من أنه لا يشكلها ارتكان إلى سلاسل طويلة من الاستدلال المنظم. لست مهتما كثيرًا باستعارة كلمات مثل «وجود» و«واقع» لتتوج هذه الأقسام الأخرى لاهتمامات النفس. أفضل أن أصيغها على هذا النحو، إن أي طرح لسؤال الواقع بمعناه الترانسدانتالي العلوي المفارق (سواء كان السؤال صادرًا من عالم الفيزياء أو لا) يقودنا إلى منظور، نرى الإنسان من خلاله واعيًا بالغاية والمسؤوليات حيث يكون العالم الخارجي بالنسبة لتلك الغاية والمسؤوليات في درجة أدنى ولا نتصوره كحزمة من تعبيرات حسية.

ندرك من خلال هذا المنظور عالمًا روحيًّا إلى جانب العالم الفيزيائي. أما الخبرة -يمكن القول، النفس في صحبة المحيط- فتكون أكثر مما يمكن أن يحتويه العالم الفيزيائي المحدود بتراكيب من رموز مترية (من قياسات مترية). إن العالم الفيزيائي -كما رأينا- هو إجابة لمشكلة جازمة وعاجلة تبزغ في دراسة الخبرة؛ ولم يتم تعقب أي مشكلة أخرى بنفس الدقة والدأب البحثي. من غير المحتمل أن تتبع محاولات التقدم في فهم المكونات غير الحسية لطبيعتنا ذات الخطوط، وحقيقة هي ليست مدفوعة بنفس الأهداف. إذا ما كان هناك شعور بأن الاختلاف شاسع جدًّا إلى حد أن تعبير العالم الروحي يعد مناظرًا مضلِّلًا، فلن أصر على هذا الاصطلاح، كل ما سأدفع به أن أولئك الباحثين عن الحقيقة البادئين من الوعي كمقر للمعرفة بالذات باهتمامات ومسؤوليات غير محدودة بحدود النطاق المادي، يواجهون بالضبط نفس حقائق الخبرة الصعبة مثل أولئك البادئين من الوعي كجهاز لقراءة إشارات مناظير

مقياس الطيف وأجهزة الميكروميتر[1].

أمثلة توضيحية فيزيائية:

إذا كان القارئ غير مقتنع بأنه من الممكن أن يكون هناك ما هو غير محدد في التساؤل عما إذا شيئًا موجودًا أم لا، دعه يدقق في المسألة التالية. تفكر في توزيع للمادة في مجال فضاء أينشتاين «متناهٍ لكن غير محدود». افترض أن المادة منظمة للغاية إلى حد أن لكل جسيم جسيمًا مماثلًا بالضبط، عند أقطابه. (هناك سبب ما له منطقه للاعتقاد بأن للمادة بالضرورة هذا التنظيم كنتيجة لقانون الجاذبية، لكن هذا غير يقيني). لذلك سوف تكون كل مجموعة من الجسيمات مشابهة بالضبط للمجموعة القطبية المقابلة، ليس فقط من حيث بنيتها وتركيبها لكن من حيث كامل محيطها كذلك؛ في الحقيقة لن يمكن تمييز المجموعتين بواسطة أي اختبار تجريبي ممكن. بالبدء في رحلة حول العالم الكروي نصادف ونحن مارين مجموعة A ، وبعد ذلك بعد المضي لنصف الطريق حول الكرة، نصل إلى المجموعة `A الشبيهة تمامًا بتلك الأولى ولا يمكن تمييزهما بأي اختبار كان؛ نصف دورة أخرى تمضي بنا إلى مجموعة مشابهة تمامًا، التي نقرر رغم ذلك أنها المجموعة A الأصلية.

الآن دعنا نمعن التفكير قليلًا. ندرك أنه على أي حال بالمضي بعيدًا على نحو كاف نعود إلى نفس المجموعة. لماذا لا نقبل بالاستنتاج الواضح، أن هذا قد حدث عندما بلغنا `A ؛ كل شيء قد كان بالضبط وكأننا قد بلغنا نقطة البداية مرة أخرى؟ لقد صادفنا تراتبًا لظاهرة مماثلة بالضبط لكن لأجل سبب اعتباطي ما قررنا أن تلك الأخرى في المقابل هي نفس المجموعة التي بدأنا منها بالفعل. لا توجد صعوبة في التعرف على كل منهما؛ حيث كان الفضاء في هذه الحالة «بيضاويًّا» بدلا من كرويًّا.

(١) مقياس الطيف، جهاز يستخدم في تحليل طيف الضوء. ميكروميتر، جهاز يستخدم في قياس الأجسام الصغير للغاية. (المترجم).

لكن ما هي الحقيقة الواقعية الفعلية؟ فلتتجاهل حقيقة أنني قد أشرت إليهما بـ A و`A وعرفتك بهما على هذا النحو باعتبار أنهما ليسا نفس الجسيمات، لأن ذلك يستدعي التساؤل؛ تخيل أنك قد قمت بالفعل بهذه المغامرة في عالم لم يخبروك عنه أي شيء. لا يمكنك أن تعثر على إجابة. هل بإمكانك أن تدرك ما الذي يعنيه السؤال؟ أنا لا أستطيع. كل ما يستدعيه السؤال يتلخص فيما إذا كنا سنزود بهالتين منفصلتين لأجل A و`A أم أن هالة واحدة تكفي.

لظاهرة الفيزياء الذرية توصيف شديد الوضوح على نحو فائق. نرى الذرات مع أحزمة من إلكترونات دوارة تندفع هنا وهناك، تتصادم وترتد. تسرع الإلكترونات الحرة التي انتزعت من الأحزمة مبتعدة أسرع مائة مرة، منحنية بحدة حول الذرات مع انزلاقات جانبية وهروب بسمك شعرة. يقبض على المتمردين وتهز طاقة الهروب الأثير مولدة ذبذبات فيه. تضرب أشعة إكس الذرات وتطيح بالإلكترونات إلى مدارات أعلى. نرى هذه الإلكترونات وقد هوت من جديد إلى مواضعها، أحيانًا على مراحل وأحيانًا في اندفاع، مقبوض عليها في أزقة من استقرار واهٍ، مترددة أمام «طرق محرمة». يقف وراء كل ذلك الكم h منظما كل تغير في دقة رياضية. هذا هو نوع التصور المقبول لفهمنا – لا وجود لأبهة خادعة تتلاشى مثل حلم.

المشهد رائع جدًّا حتى إننا ربما قد نسينا أن هناك وقتًا، كنا عنده نريد أن نعرف ماهية الإلكترون. هذا السؤال لم يجب عنه أبدًا. لا يمكن نسج أي مفهوم مألوف حول الإلكترون؛ إنه ينتمي إلى قائمة الانتظار. بالمثل وصف العملية لا يمكن ابتلاعه إلا بعصر الليمون ورش الملح. الإطاحة بالإلكترون هو وصف بطريقة تقليدية لتصوير تغيرًا معينًا في حالة الذرة، لا يمكن أبدًا ربطها واقعيًّا بحركات في الفضاء كما يتم إدراكها على مستوى الأجسام الكبيرة. شيء ما لا نعرفه يجري، لا نعرف ما يجري – هذه هي حمولة النظرية. لا يبدو أنها نظرية تنويرية على نحو خاص. لقد قرأت شيئًا ما شبيها في مكان ما.

«حيوانات غريرة ملساء نشطة

تستكلب خامشة حافرة فجوات في سفح تل مشبع بالماء»[1].

يوجد ذات الإشارة للفعل. هناك نفس اللاتحدد فيما يتعلق بطبيعة الفعل، وذلك الذي يقوم بالفعل. وإلى الحين لا نعرف إن كنا سنمضي بالفعل إلى أي مكان من هذه البداية غير المبشرة. لقد جلبنا إلى المنظومة مضيفًا يبدو غير ذي صلة بالظاهرة على نحو واضح؛ قمنا بتكهنات، وتوقعاتنا تحققت. السبب الوحيد لهذا الإنجاز يكمن في أن وصفنا غير مقصور على عوامل غير معروفة تنفذ أفعالًا غير معروفة، لكن الأرقام منثورة في حرية في هذا الوصف. لن يحملنا التأمل في الإلكترونات الدوارة على المضي قدمًا، لكن بتأمل ثماني إلكترونات دوارة في ذرة ما وسبع دوارة في ذرة أخرى، نبدأ في إدراك الفارق بين الأكسجين والنيتروجين. ثمانية حيوانات غريرة ملساء نشطة تستكلب خامشة حافرة فجوات في سفح أكسجين مشبع بالماء؛ سبع في النيتروجين. بإدخال بعض الأرقام حتى «جابروووكي» قد يصبح علميًّا. يمكننا الآن أن نشرع بالمغامرة في التكهن؛ لو أن واحدًا من حيوانات الغرير خاصتها هرب، فإن الأكسجين سيغشى حفلة تنكرية في رداء يخص النيتروجين. في المجرات والسدم نجد مثل هذه الذئاب في ملابس الشياه، تلك التي كانت لتثير دهشتنا على نحو آخر. إن تفسير اللامعرفة الجوهرية المتعلقة بكيانات الفيزياء الأساسية بجابروووكي، ليست

---

(١) جزء من مقطوعة شعرية بعنوان جابروووكي كتبها لويس كارول عن قتل مخلوق يدعى جابروووكي وقد ضمنها روايته «ما وجدته أليس هناك، عبر النظر في المرآة» وهي رواية عن مغامرة لأليس في عالم مقلوب تمامًا، كتبها كي تكون ملحقًا لروايته «أليس في بلاد العجائب».

النص الإنجليزي للمقطع الشعري:

the slithy toves

Did gyre and gimble in the wabe;

Slithy مكونة من **slimy** و**lithe** بمعنى ملساء ونشيطة.

gyre من **gyaour** وهو الكلب والمقصود أنه يخمش الأرض كالكلب.

wabe من الفعل **swab** أو **soak** وهو الابتلال بالماء حد التشبع وهو ما ينطبق على سفح التلال. (المترجم).

بالفكرة السيئة لأجل حثنا على التذكر؛ بشرط عدم تغيير كل الأرقام، فساعتها لن تتغير كل الخواص الخاضعة لأنظمة القياس المترية، وبذلك لن تكون هناك أدنى أزمة. من تلك الأرقام يتواصل ذلك التناغم للقانون الطبيعي، وغاية العلم الكشف عنه. يمكننا القبض على النغمة لكن ليس على العازف. ربما كان ترنكولو يشير إلى الفيزياء الحديثة عبر كلماته: « هذا نغم أغنيتنا، يعزفه شبح كائن غير منظور»[1].

* * *

(١) ستيفانو: سأستجيب لطلبك أيها الغول ولن أرفضه، تعالى يا ترنكولو ودعنا نغني.
(ينشدون)
اهزأوا وعنِّفوا، ثم عنفوا واهزأوا،
فليس أحلى من حرية الأفكار فاهنأوا.
كليبان: هذا ليس النغم ذاته.
(يقرع أريال) الطبل وينفخ المزمار)
ستيفانو: ماذا أسمع هنا؟
ترنكولو: هذا نغم أغنيتنا، يعزفه شبح كائن غير منظور.
ستيفانو: إنك كنت رجلًا، فلتظهر على حقيقتك، حتى إن كنت شيطانًا فلتفصح عن نفسك، لا اعتراض لي على ذلك.
مسرحية (العاصفة) لشكسبير، ترجمة: أ. ر. مشاطي (مع بعض التصرف البسيط).
الفصل الثالث، المشهد الثاني. (المترجم).

الفصل الرابع عشر

التسبيب

في المسألة التي تتعلق بالصراع القديم بين الإرادة الحرة والقدر الجبري، بدا أن الفيزياء تميل حتى اللحظة نحو ترجيح جانب القدر الجبري. من دون أن نتزيد في تأويل منظور قوانين الطبيعة، فإن تعاطف قوانين الطبيعة والتزامها قد كان مع وجهة النظر التي ترى أنه مهما كان ما يحتمل أن يجلبه المستقبل في قادم الأيام، فقد تم الإنباء به بالفعل في تراكيب الماضي.

نعم، لقد كتب الصباح الأول للخلق

ما سوف يقرأه الفجر الأخير للدينونة[1].

---

(١) واحدة من رباعيات عمر الخيام بترجمة الأديب الإنجليزي فيتزجيرالد لها إلى الإنجليزية:

With Earth›s first Clay They did the Last Man knead,
And there of the Last Harvest sow›d the Seed:
And the first Morning of Creation wrote
What the Last Dawn of Reckoning shall read.

وقد ترجمها أحمد رامي:

خلقتني يا رب ماء وطين
وصغتني ما شئت عزًّا وهون
فما احتيالي والذي قد جرى
كتبته يا رب فوق الجبين

إلا أنني قد آثرت ترجمة نص فيتزجيرالد لوجود بعض الاختلافات في المعنى؛ حيث ترجمته:
لحظة كشفت الأرض عن أول صلصالها، كان قد تشكل آخر البشر.
ومن أول بذور انتثرت، تقرر شكل آخر حصاد.
أما الصباح الأول للخلق فقد كتب،
ما سوف يقرأه الفجر الأخير للدينونة. (المترجم).

لست متسرعًا للغاية كي أغزو إسكتلندا بحل للمعضلة التي ترسخت هنا في كل مكان، من المجالس الكنسية العظيمة وحتى أبسط الأكواخ[1]. أعتقد -مثل أغلب الناس- أنه من غير المعقول أن يكون ذلك المخطط العريض للطبيعة الذي يتضمن الحياة والوعي قد تم تحديده مسبقًا بشكل كامل؛ لكنني حتى الآن لم أستطع تكوين مفهوم مرض لأي نوع من القوانين أو الترتيبات السببية ليست محددة مسبقًا. يبدو أن افتراض أن العقل لا يقوم بالكاد إلا بتسجيل ترتيب مملى عليه للأفكار والمشاعر هو أمر يخالف شعورنا بكرامة وسمو الوعي؛ لكن يبدو أن وضع العقل تحت رحمة النزوات والمحفزات العشوائية بلا أي أحداث سببية مسبقة هو على ذات الدرجة من المخالفة لكرامة العقل. لن أقوم بالتصدي لهذا المعضلة. لقد بينت هنا موقف العلم الفيزيائي تجاه هذا الأمر بحسب ما يتأتى لسلطانه عليه؛ بسبب ذلك فإن ما ندعوها بالإرادة الإنسانية لا يمكن فصلها تمامًا عن الحركات المتراتبة للعضلات ولصخب العالم المادي. إلا أنه قد ظهر ما بدل الحال على الجانب العلمي. كان ذلك نتيجة لبزوغ نجم نظرية الكم، حيث لم تعد الفيزياء أسيرة مخطط قوانين حتمية. لقد تم التخلي عن الحتمية بالكلية في التأصيل الأخير للفيزياء النظرية وعلى الأقل قد أصبحت مسارات الشك مفتوحة على مصرعيها فيما يخص استرجاع الحتمية مرة أخرى أم لا.

إن الفقرة السابقة قد كانت مضمنة في نص المحاضرة الأصلية التي ألقيت في إدنبرة. لقد اتخذت الفيزياء في ذلك الوقت موقفًا لا ماليًا نحو الحتمية. لو أن هناك مخططًا لقوانين سببية صارمة موجود في عمق الظاهرة، فإن البحث عنه ليس بالسياسة العملية في الوقت الحالي، في نفس الوقت سادت بين البعض قناعة بموقف آخر. لقد بات من المعروف إلى حد كبير حقيقة أن قواعد السبب قد تم التخلي عنها كتبصر في

(١) تعرضت إسكتلندا للغزو الإنجليزي مرات عديدة، وقد كافحت لأجل استقلالها، فلم تكن أبدًا بالمسألة السهلة أو الرقم الهين. (المترجم).

النظريات الجديدة؛ لقد أسف كثيرون لذلك، وآمنوا بأن استعادتها هو أمر ملح ولازم.

عند إعادتي لكتابة هذا الفصل بعد سنة، قد كان لزامًا عليَّ أن أمزج هذا الموقف اللامبالي مع موقف آخر معاد أكثر بالتأكيد للحتمية، ذلك الموقف الذي ظهر مع القبول بمبدأ عدم التحدد (اللايقين) (راجع الفصل العاشر). حينها لم يتوفر الوقت الذي يسمح بأكثر من فحص سريع للتداعيات البعيدة لهذا المبدأ؛ وكان لزامًا علَّي أن أتباطأ في ضم تلك «المانشيتات الأخيرة» والتي لم تبد حينها وقد قبضت تمامًا في قوة على المفاهيم التي كانت التطورات الأبكر تقود إليها. إن المستقبل هو مزيج من التأثيرات السببية للماضي مع عوامل غير متوقعة – هي غير متوقعة، ليس بسبب أنه لا توجد وسيلة عملية للحصول على المعلومات التي بإمكانها الإنباء بها، لكن بسبب أنه ليست هناك معلومات تخصها موجودة بالأساس مرتبطة سببيًّا مع خبرتنا. سوف يكون من الضروري أن ندافع على نحو ما عن تغير في الرأي جدير جدًّا بالملاحظة. في نفس الوقت قد نرى أن العلم بذلك قد سحب معارضته الثابتة للإرادة الحرة. إن على أولئك الذين يحتفظون بنظرية حتمية للنشاط العقلي أن يفعلوا ذلك من واقع دراستهم للعقل نفسه وليس بناء على فكرة أنهم بذلك يجعلون الأمور متوافقة أكثر مع معارفنا التجريبية من خلال قوانين الطبيعة غير العضوية.

السببية وسهم الزمن:

إن السبب وتأثيره مرتبطان على نحو وثيق بسهم الزمن؛ يجب أن يسبق السبب التأثير. لم تمح نسبية الزمن هذا الترتيب. يمكن فقط لحدث وقع في (هنا والآن) أن يسبب أحداثًا في مخروط المستقبل المطلق؛ من الممكن أن يكون السبب في حدوث ذلك الحدث الذي وقع في (هنا والآن) قد كان في الماضي المطلق؛ لا يمكن لذلك الحدث الذي وقع في (هنا والآن) أن يسبب أو أن يكون نتيجة أحداث في المخروط المحايد، حيث إنه في هذه الحالة على التأثير اللازم أن ينتقل بسرعة أسرع من سرعة الضوء. لكن ما يدعو للاستغراب فعليًّا أن المفهوم الأساسي للسبب

والتأثير غير متماشٍ تمامًا مع مخطط السببية الصارم. كيف يتسنى لي أن أسبب حدثًا في المستقبل المطلق، إن كان المستقبل قد تم تعيينه بشكل مسبق قبل أن أولد؟ يفترض ذلك المفهوم على نحو واضح أن شيئًا ما قد يكون ولد في العالم في ذات لحظة (هنا والآن)، له تأثير ممتد عبر مخروط المستقبل، لكن بلا رابط مكافئ مع مخروط الماضي المطلق. لا توفر قوانين الفيزياء الأولية أي مثيل لهذه العلاقة ذات الاتجاه الواحد؛ فأي تغيير في الحالة المقررة للعالم تفترض تغييرًا في حالته الماضية مماثلًا للتغيير في حالته المستقبلية. على ذلك ففي الفيزياء الأولية -تلك التي لا تدرك شيئًا عن سهم الزمن- لا يوجد أي تمييز بين السبب والتأثير؛ لكن الأحداث مترابطة بعلاقة سببية متماثلة، ترى على نفس النحو من كلا النهايتين.

تفترض الفيزياء الأولية مخططًا سببيًّا صارمًا، لكن السببية فيه علاقة متماثلة وليست تلك العلاقة ذات الاتجاه الواحد للسبب والتأثير. يمكن للفيزياء الثانوية أن تميز بين السبب والتأثير لكن أسسها لا تستقر على مخطط سببي وهي لا تبالي إن كان للسببية الصارمة أن تسود أم لا.

لقد تم تحريك الرافعة في صندوق الإشارة وتهاوت الإشارة. يمكن لنا أن نوضح العلاقة الحاكمة التي تقيد وتربط موضع الرافعة بالإشارة؛ يمكننا كذلك أن نجد أن الحركتين غير متزامنتين، وكذلك يمكننا حساب الفارق الزمني بين الحركتين. لكن قوانين الميكانيكا لا توفر علامة (موجب أو سالب) مطلقة محددة لهذا الفارق الزمني؛ ما دمنا نأخذ بهذه القوانين فيمكن لنا أن نفترض على نحو جيد تمامًا أن تهاوي الإشارة قد سبب حركة الرافعة. كي نقرر أي منهما قد كان السبب، لدينا خياران. يمكننا أن نلجأ إلى عامل الإشارة الواثق في كونه قد قام باتخاذ القرار العقلي بجذب الرافعة؛ لكن هذه الخاصية سوف تكون صالحة فقط في حالة اتفاقنا على أن هناك قرارًا حقيقيًّا قد اتخذ فيما يخص مسارين محتملين لسير الأحداث وليس مجرد إدراك عقلي لما كان قد تم تعيينه وتحديده من قبل. أو يمكننا أن نلجأ إلى قانون ثانوي يمكنه ملاحظة

حقيقة أنه قد كان هناك المزيد من عامل العشوائية في العالم عندما تهاوت الإشارة مما كان عليه الحال عندما تحركت الرافعة. لكن مسلك القانون الثانوي هو تجاهل السببية الصارمة؛ إنه لا يشغل نفسه بما يتحتم أن يحدث لكن بما هو مرجح الحدوث. لذلك فالتمييز بين السبب والتأثير ليس له معنى في النظام المغلق للقوانين الأولية للفيزياء، كي نصل إليها علينا أن نقتحم المخطط طارحين رؤى عن الإرادة والمشيئة أو الصدفة والاحتمال وهي أشياء غريبة عنه. إن هذا مماثل إلى حد ما لمعاملات الانحناء العشرة المتلاشية التي يمكن التعرف عليها فقط إذا تم اقتحام النظام المغلق للعالم بمعايير غريبة عنه.

للتسهيل سوف أدعو علاقة التأثير بالسبب بحيث يكون التأثير تاليًا للسبب (بالتسبيب)، والعلاقة المكافئة التي لا تميز بين السبب والتأثير الناتج عنه أي أن العلاقة سارية في الاتجاهين بشكل متماثل (بالسببية). في الفيزياء الأولية قد حلت السببية محل التسبيب تمامًا. على نحو مثالي يترابط ماضي العالم ومستقبله كله في مخطط محدد بعلاقات السببية. حتى وقت قريب جدًّا كان هناك اعتقاد عام أن هذا المخطط المحدد يجب أن يكون موجودًا (من المرجح أن يكون ذلك الوجود يتعلق بعوامل فوق طبيعية خارج منظور الفيزياء)؛ لذلك قد نطلق على ذلك وجهة النظر التقليدية. بالتأكيد قد كان هناك إدراك بأننا قد اطلعنا على جزء من بنية هذا المخطط السببي فقط، لكن الهدف المستقر للفيزياء النظرية قد كان الكشف عنه كله.

إن هذا الاستبدال للتسبيب بالسببية في العلم التقليدي هو أمر هام من ناحية ما. حيث إنه لا يجب أن ندع السببية تستعير إقرارًا بديهيًّا بها، يخص فعليًّا التسبيب فقط. قد نعتقد أننا نحظى ببداهة ترى أن نفس السبب لا يمكن أن يكون له تأثيرين متبادلين؛ لكننا لا ندعي أي بداهة ترى أنه ليس من المحتمل لنفس التأثير أن ينبع من سببين متبادلين. لهذا السبب لا يمكننا القول بأن البداهة تصر على فرضية الحتمية (التحددية) الصلبة التي يتم ترسيخها بعلاقات السببية.

ما الأساس الذي يقف خلف الإيمان الحماسي للغاية بالفرضية التقليدية التي تذهب إلى أن الظاهرة الفيزيائية تستقر في النهاية على مخطط من قوانين حتمية محددة بشكل كامل؟ أظن أن هناك سببين:

١ - إن القوانين الرئيسة للطبيعة التي تم اكتشافها هي بشكل واضح من هذا النوع الحتمي، وقد قامت هذه القوانين بتمهيد طرق الانتصارات الكبرى للتنبؤ الفيزيائي. من الطبيعي أن نولي ثقتنا لطريق قد خدمنا على نحو حسن للغاية في الماضي وصاحب استخدامنا له تقدم وإنجاز. حقيقة، هو سلوك صحي أن نفترض أن لا شيء يقع فيما وراء منظور التنبؤ العلمي حتى تفصح أوجه قصور القيود الحاكمة لهذا التنبؤ عن نفسها بشكل فعلي.

٢ - تفترض نظرية المعرفة الحالية للعلم (الإبستمولوجيا العلمية) بشكل مسبق مخططًا حتميًّا من هذا النوع. كي نعدل منها يحتاج ذلك إلى تغيير أعمق في سلوكنا تجاه المعرفة الطبيعية أكثر من مجرد هجر فرضيات لا يمكن الدفاع عنها.

لتفسير النقطة الثانية يجب أن نتذكر أن تلك المعرفة بالعالم الفيزيائي يجب أن تكون قد تم الاستدلال عليها من خلال الرسائل العصبية التي تصل إلى أمخاخنا، وتفترض نظرية المعرفة الحالية أن هناك مخططًا محددًا للاستدلال (يقع أمامنا في هيئة مثالية وتتم حل ألغازه والكشف عنه رويدًا رويدًا). لكن، كما بينا بالفعل، إن سلسلة الاستدلال هي ببساطة مقلوب سلسلة السببية الفيزيائية التي بها تتصل الأحداث البعيدة برسائل الأعصاب. لو أن مخطط نقل هذه الرسائل عبر العالم الخارجي ليس حتميًّا، إذا فلا يمكن أن يكون مخطط الاستدلال عن المصدر حتميًّا، وبذلك فقد تأسست نظرية المعرفة خاصتنا على صورة ذهنية مستحيلة. في هذه الحالة من الواجب تعديل مخطط المعرفة الطبيعية كله على نحو عظيم.

هذه الأسباب سوف يتم الاهتمام بها بتفصيل تام، لكن من الملائم أن ننص هنا على ردودنا عليها على نحو مختصر:

١ - في الآونة الأخيرة قد تم تمهيد الطريق لبعض أعظم انتصارات التنبؤ الفيزيائي من خلال الاعتراف بالقوانين الاحصائية التي لا تستقر على قواعد السببية. علاوة على ذلك فالقوانين العظيمة التي تم القبول بها حتى الآن كأسباب قد تبين من خلال فحص أدق أن لها خواصها الإحصائية.

٢ - سواء كان هناك أو لم يكن هناك مخطط سببي في أساس النظرية الذرية، فإن النظرية الذرية الحديثة لا تحاول الآن العثور عليه؛ وهي تتقدم بشكل سريع بسبب أنها لم تعد تضع هذا نصب عينيها كهدف عملي. إننا الآن في موقف نتمسك فيه بنظرية إبستمولوجية للمعرفة بالطبيعة لا تتوافق مع الهدف الفعلي للبحث العلمي في الوقت الراهن.

التنبؤية بالأحداث:

دعنا نفحص حالة معيارية للتنبؤ العلمي الناجح. لقد تم التنبؤ بكسوف كلي للشمس مرئي في كرونويل في ١١ أغسطس ١٩٩٩ [١]. من المفترض بشكل عام أن هذا الكسوف قد تم تحديده على نحو مسبق (حتمي) من خلال التراص الحالي للشمس والأرض والقمر. لا أتطلع إلى إثارة أي شك غير ضروري فيما يخص إذا ما كان الكسوف سيقع أم لا[٢]. أعتقد في أنه سيقع؛ لكن دعنا نفحص أسس التنبؤ. لقد تم التنبؤ بالحدث كنتيجة لقانون الجاذبية - قانون وجدنا في الفصل السابع أنه مجرد حقيقة بديهية. إن ذلك لا يقلل من قيمة التنبؤ؛ لكنه قد يشير إلى أننا قد لا نستطيع أن نطرح مثل هذه التنبؤات الرائعة عندما نصبح قبالة قوانين ليست بمجرد حقائق بديهية.

---

(١) حدث الكسوف بعد كتابة الكتاب ونشره بما يزيد عن الخمسين عامًا. (المترجم).

(٢) لقد هبط الظلام على نحو مفاجئ جدًّا، بدا أن الأمر يحدث بينما كنت أنظر عبر عدسة الكاميرا، لأن ما أتذكره كأمر تال هو أنني كنت أنظر إلى الجنوب وأرى منارة تومض في مكان ما على الشاطئ. بعض الناس تهللوا من حولي وبعضهم صفق مع حلول الظلام، لكنهم كانوا بعيدين تمامًا ولم يزعجوني على أي نحو. كنت ما أزال أتعافى من صدمة فشلي في تسجيل الحدث على شريط فيديو. وباسترجاع ما كان فإنني أتساءل إن كان من المحتمل أن ذلك قد أفسد انتباهي لاكتمال الكسوف. (مارتين. ج. باول، كرونويل، ١١ أغسطس ١٩٩٩).

قد أغامر بالتنبؤ بأن ٢ + ٢ سوف تساوي أربعة حتى في عام ١٩٩٩؛ لكن لو ثبتت صحة هذا فهو لن يساعد في إقناع أحد بأن الكون (أو، لو أحببت، العقل البشري) محكوم بقوانين من نوع حتمي. أفترض أنه في أكثر العوالم المحكومة بالغريب الشاذ يمكن التنبؤ بأشياء ما لو لم يتم استبعاد الحقائق البديهية.

لكن ينبغي علينا أن ننظر أعمق من هذا. إن قانون الجاذبية هو حقيقة بديهية عند النظر إليه من وجهة نظر تعنى برصد الأشياء الكبيرة المنظورة فقط. إنه يفترض بشكل مسبق الفضاء/ المكان واستخدام معدات مادية وضوئية كبيرة للقياس. لا يمكن تحسين دقته فيما يزيد عن حدود هذه المعدات الكبيرة؛ لذلك فهو حقيقة بديهية مع خطأ محتمل -صغير- لكنه ليس خطأ صغيرًا على نحو لا متناهٍ. إن القوانين الكلاسيكية تعمل بشكل جيد ضمن حدود أعداد كم كبيرة للغاية. إن نظامًا مكونًا من الشمس والأرض والقمر له عدد حالة كمية مرتفع للغاية (راجع الفصل التاسع)؛ وإمكانية التنبؤ بتراصه وتركيبه ليست بخاصية تنتمي لظاهرة طبيعية عامة لكن لظاهرة تتضمن أعدادًا كبيرة لذرات متداخلة في الفعل - لذلك فنحن لسنا معنيين بالسلوك الفردي لكن بسلوك المتوسط العام.

حياة البشر على سبيل المثال غير يقينية؛ هناك أشياء قليلة أكثر يقينية من تعويضات شركات التأمين على الحياة. إلا أنه يمكن الوثوق بقانون المتوسط العام حتى إنه من الممكن اعتبار أن نصف عدد الأطفال المولودين الآن وسوف يعيشون إلى أن يبلغوا سن س هو أمر قدري وسابق التحديد. لكن ذلك لا يخبرنا إذا ما كانت الفترة التي سيعيشها أ. م. مدونة بالفعل في كتاب القدر أم أنه لا يزال هناك وقت لتغيير ذلك بتعليمه ألا يجري أمام سيارات الأوتوبيس. إن كسوف العام ١٩٩٩ هو أمر مؤكد وآمن تمامًا كرصيد شركات التأمين على الحياة؛ بينما القفزة الكمية التالية لذرة هي أمر غير مؤكد مثلما هو الحال مع حياتك وحياتي.

هكذا ففي إمكاننا الإجابة على الحجاج الأساسي الخاص بالقدر سابق التحدد

للمستقبل، بمعنى أوضح. يبين الرصد أن قوانين الطبيعة هي من النوع الذي يقود إلى تنبؤات مؤكدة في المستقبل، ومن المنطقي توقع أن أي قوانين لم تزل غير مكتشفة سوف تندرج تحت نفس النوع. عندما نسأل عن ما هي خواص الظاهرة التي تم التنبؤ بها بنجاح، تأتي الإجابة بأنها التأثيرات المعتمدة على التراكبات في المتوسط لأعداد ضخمة للغاية لكيانات مفردة. لكن من الممكن التنبؤ بالمتوسطات لأنها متوسطات، بغض النظر عن النوع الحاكم للظاهرة التي تقف وراءها.

فلنتفكر في ذرة بمفردها في العالم في الحالة ٤، سوف تتساءل وتطمح إلى أن تجيب عن السؤال، ما الذي سوف تفعله تاليًا؟ سوف تستبدل نظرية الكم السؤال لتسأل، أي الفعلين سوف تقوم به تاليًا؟ لأنها تسمح بحالتين أدنى فقط للذرة كي تمضي إليهما. هي لا تبذل أي محاولة أكثر من ذلك للوصول إلى إجابة محددة، لكنها ترضي نفسها بحساب الاحتمالات المكافئة للقفز إلى الحالة ١ والحالة ٢. لا يملأ فيزيائي الكم الذرة بآلات غاية في الصغر لرصد سلوكها المستقبلي كما سوف يفعل الفيزيائي الكلاسيكي؛ إنه عوضا عن ذلك يملأها بآلات غاية في الصغر لحساب احتمالات سلوكها المستقبلي. إنه يدرس فنًّا أقرب لفن وكيل المراهنات، لا فن المدرب.

على هذا ففي بنية العالم كما شكلتها نظرية الكم الجديدة من المقدر والمحدد مسبقًا أن الـ٥٠٠ ذرة الموجودة حاليًا في حالة ٣، سوف يمضي منها ٤٠٠ تقريبًا إلى الحالة ١ و١٠٠ إلى الحالة ٢ – كما هو الحال مع أي شيء معرض لتقلبات الصدفة والاحتمال يمكن القول أنه مقدر مسبقًا. يجد الاحتمال ٤ إلى ١ تمثيله المناسب في صورة الذرة، ما يعني، أن هناك شيئًا ما رمزيًّا بنسبة ٤ : ١ موجود في كل واحدة من ال ٥٠٠ ذرة. لكن لا توجد علامات تميز الذرات المنتمية إلى مجموعة الـ ١٠٠ من تلك المنتمية إلى مجموعة الـ٤٠٠. من المحتمل أن يأخذ معظم الفيزيائيين بوجهة النظر التي تذهب إلى أنه على الرغم من أن العلامات لم تظهر بعد في الصورة، إلا أنه ما من شك في وجودها في الطبيعة؛ إنها تنتمي إلى تطور للنظرية سوف يأتي في الوقت

المناسب[1]. تحتاج العلامات إلى أن توجد في الذرة نفسها، بكل تأكيد؛ قد توجد في البيئة التي سوف تتفاعل معها. على سبيل المثال، يمكننا أن نغير في نتيجة رمي النرد بحيث نجعل الاحتمالات ٤ : ١ عند رميه للحصول على ٦. إن كلًّا من مجموعتي الزهر، تلك التي أظهر وجهها العلوي رقم ٦ وتلك التي لم تظهر لا تحظيان بهذه الاحتمالات مدونة في تركيبهما – يمكن تغيير النتيجة عن طريق إزاحة موضع مركز الجاذبية. إن نتيجة رمية معينة للنرد ليست مسجلة كعلامة فيه؛ مع ذلك فهي سببية على نحو صارم (ربما مع تجاهل دور العامل البشري المضمن في عملية رمي النرد) كونها محددة بواسطة التأثيرات الخارجية المعنية. إن موقفنا في هذه المرحلة يتلخص في الذهاب إلى أن مستقبل تطور الفيزياء قد يكشف عن مثل هذه العلامات السببية (سواء في الذرة أو في التأثيرات من حولها) أو قد لا يفعل. حتى الآن كلما ظننا أننا قد رصدنا علامات السببية في الظاهرة الطبيعية، يتكشف الأمر دائمًا عن كونها زائفة، بالتأكيد قد جاءت الحتمية الواضحة من طريق آخر. لذلك فنحن ميالون إلى تفضيل الأخذ باحتمالية أنه قد لا يكون هناك علامات للسببية في أي مكان.

لكن، سوف يقال إنه من غير المتصور أن ذرة قد تتوازن على هذا النحو الدقيق بين مسارين متبادلين ولا يوجد حتى الآن في العالم أي أثر لعامل جوهري مقرر. إن هذا لجوءًا إلى البداهة ومن الممكن على نحو مماثل معارضته بلجوء آخر إلى البداهة. إن لديَّ بديهية أكثر مباشرة من أي بديهية أخرى تشير إلى أشياء في العالم الفيزيائي؛ تخبرني هذه البديهية أنه لا يوجد أي أثر لعامل مقرر يتعلق بما إذا كنت سأرفع يدي اليمنى أو اليسرى. إن ذلك يعتمد على حركة حرة غير مقيدة نابعة عن إرادة لم يتم إقرارها بعد أو الإذن بها[2]. إن ما أعتقد فيه كبداهة تخصني، تتلخص في اعتقادي في

(١) لم يحدث ذلك حتى الآن وربما لن يحدث أبدًا (المترجم).

(٢) من العادل افتراض موثوقية هذه البداهة عند الرد على الحجاج الذي يلجأ للبداهة؛ سوف يستدعي هذا الافتراض تساؤلًا عما إذا كنا نحاج الحجاج على نحو فيه حرية واستقلالية، بحيث لا يكون مملى علينا من قبل عامل خفي للسببية. (المؤلف).

أن المستقبل قادر على خلق عوامل مقررة، لم تكن مخفية على نحو سري في الماضي.

إن الوضع يتمثل في أن القوانين الحاكمة للعوامل الميكروسكوبية للعالم الفيزيائي -الذرات المفردة والإلكترونات والكمات- لا تقوم بتنبؤات محددة ومؤكدة لما سيقوم به الفرد تاليًا. إنني هاهنا أتحدث عن القوانين التي قد تم اكتشافها بالفعل وصياغتها في نظرية الكم القديمة والحديثة. تشير هذه القوانين إلى ممكنات عدة في المستقبل وتحدد احتمال كل منها. في العموم تكون الاحتمالات متوازنة في اعتدال ولا تحاول القيام بتنبؤات طموحة. لكن الاحتمالات القاصرة لسلوك الأفراد تندمج في احتمالات بعيدة المدى ومؤكدة لإحصائيات مختارة على نحو مناسب لمجموعة من الأفراد ويمكن للعراف الحريص أن يعثر على تنبؤات من ذلك النوع الذي يراهن عليه بسمعته – دون مخاطرة. كل التنبؤات الناجحة حتى الآن المعزوة إلى السببية يمكن تعقبها وصولا إلى هذا. من الصحيح تمامًا أن قوانين الكم للأفراد المفردة، ليست في غير توافق مع السببية؛ إنها بالكاد تتجاهلها. لكن إن استغللنا لا مبالاتها هذه لإعادة إحلال الحتمية في أساسات بنية العالم فإن هذا سيكون بسبب أن فلسفتنا قد قامت بتهيئتنا بهذه الطريقة، وليس بسبب معرفتنا بأي برهان تجريبي في صالح ذلك. للتوضيح من الممكن أن نقوم بعقد مقارنة مع الإيمان بالقضاء والقدر. مهما قيل ضد العقيدة الدينية للقضاء والقدر، تبدو حتى اللحظة وقد امتزجت في تناغم مع حتمية الكون المادي. لكن إن كنا سنلجأ إلى المفهوم الجديد للقانون الفيزيائي كي نضع سؤالًا يستفسر عن التناظر، فستكون الإجابة: ليس محتمًا على الفرد جبريًّا بشكل مسبق أن يصل إلى أي من الحالتين الاثنتين، اللتين يمكن التمييز بينهما على نحو كافٍ هنا كحالة ١ وحالة ٢؛ إن أقصى ما يمكن أن يكون قد تم إقراره بالفعل مسبقًا هو احتمالات الوصول إلى أي من هاتين الحالتين.

المنظور الجديد لنظرية المعرفة (المنظور الإبستمولوجي الجديد):

لا يقود التحري العلمي إلى معرفة بالطبيعة الداخلية الجوهرية للأشياء. «متى صغنا خواص الجسم باصطلاحات الكميات الفيزيائية فإننا ننقل معرفة تخص استجابة مختلف مؤشرات المقاييس لوجوده ولا شيء أكثر من ذلك» (راجع الفصل الثاني عشر). لكن لو كان الجسم لا يعمل وفق سببية صارمة، ولو كان هناك عامل للايقين فيما يخص استجابة المؤشرات، فيبدو وكأننا قد قطعنا الطريق على أي أساس وارتكاز لهذا النوع من المعارف. ليس مقدرًا بشكل مسبق في حتمية ما سوف تكون عليه قراءة آلة الوزن إذا ما وضع الجسم عليها، وبالتالي فليس للجسم أي كتلة محددة؛ وليس مقدرًا كذلك في حتمية أين سيكون الجسم في لحظة ما تالية، لذلك فليس للجسم أي سرعة محددة؛ وليس مقدرًا أيضًا في حتمية أين سوف تتجمع الأشعة المنعكسة الآن عن الجسم في الميكروسكوب، لذلك فليس له موضع محدد؛ وهكذا. لن يكون مفيدًا أن نرد بأن للجسم بالفعل كتلة محددة وسرعة محددة وموضع محدد إلخ.، لكننا لسنا على دراية بها؛ لو أن لهذه الجملة أي معنى، فهي تشير إلى طبيعة داخلية في الأشياء خارج منظور المعرفة العلمية. لا يمكننا أن نستدل على هذه الخواص بشكل دقيق من أي شيء من المحتمل أن نكون على دراية به، لأن الشق الذي ضرب السببية قد كسر تسلسل الاستدلال. على هذا فمعارفنا عن استجابة المؤشرات لوجود الجسم غير موجودة؛ لذلك لا يمكننا تأكيد أي معلومات عنه على الإطلاق. لذلك فما الفائدة من الحديث عنه؟ الجسم الذي كان ليصبح موجز كل قراءات المؤشرات هذه، قد أصبح غير ذي معنى في العالم الفيزيائي. تلك هي المعضلة التي تقودنا إليها نظرية المعرفة (الإبستمولوجيا) بمجرد أن نشرع في الشك في السببية الصارمة.

يمكننا الالتفاف على هذه الصعوبة في حالة الظواهر التي تخص الأجسام ذات المقاييس الكبيرة. قد لا يكون للجسم أي مكان محدد لكن لا يزال له ضمن حدود معينة موضعًا في غاية الاحتمال. عندما تكون الاحتمالات كبيرة فإن إحلال

الاحتمالات محل اليقين يصنع فارقًا ضئيلًا؛ يضيف تشوشًا مهملًا فقط إلى العالم. لكن على الرغم من أن التغيير غير مهم عمليًّا إلا أن له تبعات نظرية جوهرية. كل الاحتمالات تستقر على أساسات من احتمالات قبلية، وليس باستطاعتنا أن نقول إن كانت الاحتمالات كبيرة أو صغيرة من دون أن نقدر مثل هذه الأساسات للاحتمالات القبلية. حال الاتفاق على قبول تلك الأساسات المبنية على احتمالات محسوبة، تلك التي تأخذ قيما عالية جدًّا بحيث تكون مكافئة لليقينيات فرضًا في المخطط القديم، فنحن بذلك نجعل من أساساتنا المتبناة للاحتمالات القبلية بديلًا عن بنية العالم – إننا بذلك نضيف للعالم نوعًا من البنية الرمزية التي لا يمكن التعبير عنها في المخطط القديم.

على النطاق الذري للظاهرة فإن الاحتمالات تكون بوجه عام متوازنة على نحو جيد. ولا توجد كروت محددة يمكن للمقامر العلمي أن يضع عليها رهاناته في ثقة. إذا ما ظل الجسم يعرف كحزمة من قراءات المؤشرات (أو قراءات مؤشرات عالية الاحتمال) فإنه لا توجد أجسامًا على النطاق الذري. إن كل ما نستطيع استخلاصه هو حزمة من الاحتمالات. في الحقيقة تلك هي الطريقة التي حاول بها شرودنجر تصوير الذرة بالضبط – كمركز موجي لكمية الاحتمال خاصته ψ .

في العادة يتوجب علينا أن نتعامل مع الاحتمالات وكأنها تنبع من جهلنا. وبالتالي مع صقل معارفنا ينبغي أن نستبعد الاحتمالات كمرجعية ونستبدلها بحقائق منضبطة. لكن يبدو أن النقطة الجوهرية في نظرية شرودنجر أن احتمالاته لا تستبدل بتلك الطريقة. عندما تصبح ψ مركزة في مكان ما، فهذا يشير إلى النقطة حيث يوجد الإلكترون؛ عندما تكون منتشرة ومشتتة فإنها تعطي إشارة مبهمة وغير محددة عن الموضع. لكن هذه الإشارة المبهمة غير المحددة ليست شيئًا يمكن إحلال المعلومات المنضبطة محله على نحو مثالي منضبط؛ إنها ψ نفسها التي تعمل كمصدر للضوء المنبعث من الذرة؛ الزمن الدوري للضوء هو خفقات ψ . أعتقد أن ذلك يعني أن

انتشار ψ ليس رمزًا للايقين نابعًا من نقص المعلومات؛ لكنه رمزًا لفشل السببية – رمز لعدم تحدد السلوك وحتميته كجزء من خواص الذرة.

إن لدينا طريقتين لدراسة داخل الذرة. يمكننا رصد الإلكترونات داخلة أو مغادرة، أو يمكننا رصد الضوء داخلًا أو مغادرًا. افترض بور وجود بنية مرتبطة بالظاهرة الأولى بواسطة قانون سببي صارم، هايزنبرج وتابعوه فعلوا ذلك من خلال الظاهرة الثانية. لو أن كلتا البنيتين كانتا محددتين ومعرّفتين، إذَنْ فإن الذرة ستتضمن ارتباطًا سببيًّا كاملًا بكلتا الظاهرتين، لكن من الواضح أن مثل هذه الرابطة السببية غير موجودة. لذلك يتوجب علينا أن نكتفي بعلاقة تكون فيها كميات أحد النماذج ممثلة لاحتمالات في النموذج الثاني. ربما تكون هناك تفاصيل في النظريتين لا تنسجم تمامًا مع هذا لكن يبدو أنها تعبر عن أفضل ما يمكن استهدافه لوصف قوانين عالم غير سببي، ما يعني أن مصدر السببية لإحدى الظاهرتين سوف يمثل احتمالًا للمصدر السببي للظاهرة الأخرى. لقد منحتنا نظرية شرودنجر على الأقل لمحة قوية على أن العالم الحقيقي مبني على هذا المخطط.

مبدأ عدم التحدد (اللايقين):

هكذا إلى هذا الحد قد بيَّنا أن الفيزياء الحديثة تحيد مبتعدة عن افتراض حتمية وتحدد المستقبل بشكل مسبق، متجاهلة ذلك أكثر من كونها رافضة له تمامًا. مع اكتشاف مبدأ اللايقين (راجع الفصل العاشر) فقد أصبح مسلكها تجاه هذه القضية أكثر تزمتًا وعنتًا بشكل مؤكد.

دعنا نأخذ أبسط حالة، نفترض أن بإمكاننا فيها التنبؤ بالمستقبل. فلتفترض أن لدينا جسيمًا له موضع محدد وسرعة محددة في اللحظة الآنية. بفرض أن لا شيء سوف يتداخل معه فباستطاعتنا إذَنْ أن نتنبأ بموضعه في لحظة تالية. (على نحو صارم فإن عدم التداخل هذا، هو موضوع تنبؤ آخر، لكن لتبسيط الأمور فسنتنازل عن ذلك). إنه

مجرد نوع بسيط من التنبؤات التي يحرمها مبدأ اللايقين بشكل واضح. إنه ينص على أنه ليس في مقدورنا التنبؤ بسرعة وموضع جسيم بشكل دقيق في اللحظة الحالية.

للوهلة الأولى يبدو أن هناك تناقضًا. لا توجد حدود للدقة التي قد نعرف بها الموضع، ما دمنا لا نريد أن نعرف السرعة أيضا. حسن للغاية؛ دعنا نقوم الآن بتحديد دقيق للغاية للموضع فقط، وبعد الانتظار للحظة دعنا نقوم بتحديد دقيق آخر للغاية للموضع. بمقارنة الموضعين الدقيقين نحسب السرعة الدقيقة – ونلوح بأصابعنا متهكمين في وجه مبدأ اللايقين. مع ذلك فليس هناك فائدة من التنبؤ بالسرعة، لأننا بقيامنا بالتحديد الثاني الدقيق للموضع قد تعاملنا مع الجسيم بخشونة ونزق وعلى ذلك فلم تعد له السرعة التي قمنا بحسابها على أي حال. إنها سرعة مستعادة من الماضي على نحو خالص. إن هذه السرعة لا توجد في الزمن الحاضر لكنها موجودة في مستقبل تلك اللحظة الماضية التي تبدلت، إنه الزمن الذي لم يوجد أبدًا، لكنه قد كان ليوجد. لا مكان له في شكل رقم ٤ الذي يحتوي على مستقبل مطلق وماض مطلق لكنه لا يحتوي على مستقبل قد كان ليقع.

السرعة التي نعزوها الآن لجسيم يمكن اعتبارها كتوقع لموضعه المستقبلي. أن نقول إنه من غير الممكن معرفتها (إلا مع درجة محددة من اللايقين) كأن نقول أن المستقبل لا يمكن توقعه. بمجرد تحقق المستقبل، فإنه لم يعد توقعًا، تصبح السرعة من الممكن معرفتها.

إن وجهة النظر الكلاسيكية التي ترى أن للجسيم الآن بالضرورة سرعة محددة (لكن ليس من الممكن بالضرورة معرفتها) مساو للتمويه على جزء من المستقبل غير المعروف في هيئة عنصر لا يمكن معرفته في الحاضر. تدخل علينا الفيزياء الكلاسيكية مخططًا محددًا حتميًّا عن طريق بذل خدعها علينا؛ إنها تهرب المستقبل غير المعروف إلى الحاضر، واثقة من أننا لن نصر على التساؤل عما إذا كان قد أصبح من الممكن معرفته بصورة أكبر بهذه الطريقة.

يمتد نفس المبدأ ليشمل كل أنواع الظواهر التي نحاول التنبؤ بها، ما دام لم يتم إخفاء الحاجة إلى الدقة تحت وطأة المتوسطات. لكل نظير هناك زخم، وبسبب مبدأ اللايقين، كلما عرف النظير بصورة أكثر دقة، عرف الزخم بصورة أقل دقة. هكذا هي الطبيعة متى مدتنا بالمعلومات عن أحد نصفي العالم، تأكدت من جهلنا بالنصف الآخر – إن هذا الجهل الذي رأيناه من الممكن علاجه لاحقًا عندما يتم تأمل نفس ذلك الجزء من العالم على نحو نستعيد فيه الأحداث التي كانت في الماضي. يمكننا بالكاد أن نرضي في قناعة بتصور عن العالم يتضمن الكثير جدًّا مما لا يمكن معرفته. لقد كنا نحاول التخلص من الأشياء التي لا يمكن معرفتها أي التخلص من كل المفاهيم التي ليس لها اتصال سببي بخبرتنا. لهذا السبب قد قمنا بمحو السرعة عبر الأثير والأطر الصحيحة للمكان.. إلخ. إن هذا العنصر الجديد الذي لا تمكن معرفته مطلقًا يجب أن تتم إزاحته مثلها خارج الحاضر. إن مكانه السليم في المستقبل لأنه بذلك لم يعد من غير الممكن معرفته. لقد وضع في حالة يصبح بها سابقًا لأوانه كتوقع لذلك الذي لا يمكن توقعه.

لأجل ان نقيم ما إذا كانت الرموز التي قام الفيزيائي بنثرها عبر العالم الخارجي مناسبة لتحديد المستقبل بصورة مسبقة حتمية، فيجب علينا أن نتخذ دروعًا تحمينا من الرموز الاسترجاعية التي تستعيد ما كان. لأنه من السهل التكهن بعد وقوع الحدث.

الطبيعي وما فوق الطبيعي:

واحدة من النتائج الخطيرة إلى حد ما التي يتسبب فيها تخلصنا من السببية في العالم الخارجي تكمن في أن ذلك يتركنا بلا تمييز واضح بين ما هو طبيعي وما هو فوق طبيعي. في فصل سابق قارنت العامل غير المرئي المخترع ليكون مسؤولًا عن شد الجاذبية بشيطان من الجان. هل النظر إلى العالم بطريقة تعترف بمثل هذا العامل هي أكثر علمية على أي وجه من تلك الفظة التي تعزو كل ذلك الذي وجد غامضًا إلى عمل شياطين غير مرئية؟ يمتلك الفيزيائي المنتمي لنيوتن دفاعًا جيدًا صالحا.

يمكنه أن يبين من خلاله أن جاذبيته الشبحية من المفترض أن تعمل وفق قوانين سببية ثابتة وبالتالي لا يمكن مقارنتها برؤية تعترف بمسؤولية الأشباح والشياطين عن تلك الأحداث الغريبة الفظة. بمجرد قبول الحيد عن السببية الصارمة فإن ذلك التمييز يتبخر. أفترض أن صاحب الرأي الفظ سوف يقبل بأن شيطانه قد كان إلى حد ما مخلوقًا معتادًا ومن الممكن القيام بتخمين جيد عما سيقوم به في المستقبل؛ لكنه أحيانًا سوف يظهر إرادة حرة تخصه. إنه ذلك التوافق غير المثالي الذي لم يجعله مؤهلًا في السابق ليتم الاعتراف به ككيان فيزيائي يقف على قدم المساواة مع أخيه الجاذبية. ذلك هو السبب في وجود الكثير جدًّا مما يزعجني، لأنه قد تم أو يتم إقناعي بأنني أمتلك «إرادة تخصني من لدني». يجب على الفيزيائي إما أن يترك مخططه السببي لتكون الأحداث تحت رحمة التداخل فوق الطبيعي الذي أنا مصدره، وإما أن يفسر قدراتي فوق الطبيعية. كدفاع عن الذات يفضل الشخص المادي المسار الثاني؛ إنه يتخذ قرارًا بأنه ليس أمام ظاهرة فوق طبيعية – إنها ظاهرة معقدة فقط. نحن على الجانب الآخر قد استنتجنا عدم وجود مسلك سببي صارم على أي حال. نستطيع بالكاد أن ننكر التهمة كوننا بنفي خاصية السببية فإننا نفتح الباب على مصراعيه للشياطين الفظة. إنها خطوة خطرة، لكنني لا أظن أنها تعني نهاية كل علم حقيقي فعلي. في النهاية إذا ما حاولت الشياطين الدخول ففي إمكاننا طردها خارجًا من جديد، كما قام أينشتاين بطرد ذلك الشيطان الجدير بالاحترام، صاحب التأثير، ذلك الذي يسمي نفسه بالجاذبية. إنه حال يرثى لها ألا نكون قادرين على وصم وجهات نظر معينة بأنها خرافات غير علمية؛ لكنه لا يزال من المسموح لنا، إن بررت الظروف ذلك، رفضها كعلم سيئ.

المشيئة:

من وجهة النظر الفلسفية، هناك اهتمام عميق بالتفكر في الكيفية التي يؤثر بها ذلك على حرية عقل وروح الإنسان. لا يمكن فصل حتمية كاملة وتحدد كامل للكون

المادي عن حتمية وتحدد يحكمان العقل. خذ على سبيل المثال، التنبؤ بالطقس في هذا الوقت العام القادم. من غير المحتمل أبدًا أن يصبح التنبؤ ممكنًا عمليًّا، لكن لا يزال الفيزيائيون التقليديون حتى الآن غير مقتنعين بأن ذلك يستحيل نظريًّا؛ إنهم يؤمنون في أن طقس العام القادم محدد بالفعل مسبقًا على نحو حتمي. يتطلب الأمر معرفة مفصلة للغاية بالظروف الحالية لأن انحراف موضعي بسيط يمكنه أن يبذل تأثيرًا دائم التوسع. يجب علينا أن نفحص حال الشمس تفصيلًا كي نتنبأ بالتقلبات في الحرارة والإشعاع الجسيمي الذي ترسله لنا. يجب أن نغوص عميقًا في أحشاء الأرض كي نعرف عن الانفجارات البركانية التي قد تنشر سحابة من الغبار فوق الغلاف الجوي كما فعل جبل كاتماي[1] منذ عدة سنوات. لكن هناك ما هو أكثر من ذلك، علينا اقتحام تجاويف العقل البشري. قد يغير احتجاج لإيقاف عمل محاجر الفحم أو حرب عظمى بشكل مباشر حالة الغلاف الجوي؛ عود ثقاب مشتعل يلقى في رعونة بعيدًا يمكن أن يتسبب في زوال الغابات وهو ما سيغير من سقوط الأمطار والمناخ. ليس من الممكن أن يكون هناك تحكم حتمي كامل في الظاهرة غير العضوية ما لم تحكم الحتمية العقل نفسه. بالعكس كذلك لو رغبنا في تحرير العقل، يتوجب علينا بدرجة ما تحرير العالم المادي أيضًا. يبدو أنه لم يعد هناك ما يقف كعائق أمام هذا التحرير.

دعنا ننظر بتدقيق أكبر في المسألة التي تتعلق بالكيفية التي يقبض بها العقل على الذرات المادية، وبالتالي يمكن التحكم في حركة الجسم والأطراف بمشيئته. أعتقد أنه قد بات ينتابنا الآن شعور برضاء تام عن كون الإرادة الحرة والمشيئة الإنسانية حقيقية. كانت وجهة نظر الماديين تتمحور حول أن الحركات التي تبدو وقد كان السبب وراءها إرادتنا الحرة ومشيئتنا هي فعليًّا استجابة منعكسة تتحكم فيها العمليات المادية في العقل، حيث يكون فعل الإرادة ظاهرة جانبية غير جوهرية تحدث بالتزامن

(١) بركان في ألاسكا. (المترجم).

مع الظاهرة الفيزيائية. لكن هذا يفترض أن ما ينتج عن تطبيق قوانين الفيزياء على المخ هو حتمية كاملة. إنه أمر غير ذي معنى أن نقول بأن سلوك العقل الواعي هو بدقة تامة نفس سلوك العقل الميكانيكي إذا ما ترك سلوك العقل الميكانيكي غير حتمي وسابق التحدد. إذا ما كانت قوانين الفيزياء غير سببية في صرامة فإن أكثر ما يمكن أن يقال هو إن سلوك العقل الواعي هو أحد المسالك الممكنة للعقل الميكانيكي. سيكون هذا هو الحال تمامًا؛ وسيكون قرار الاختيار بين المسالك الممكنة هو ما ندعوه بالإرادة الحرة أو المشيئة.

ربما سوف تتساءل، عندما تتخذ الذرة قرارًا بالاختيار من بين قفزات الكم الممكنة، هل هذه أيضًا إرادة حرة (مشيئة)؟ بالكاد، يكون التشابه بعيدًا للغاية بالكلية. إن الوضع يتلخص في أن المخ والذرة كلاهما لا يوجد في العالم المادي (عالم قراءات المؤشرات) الذي يحتم ويحدد بشكل مسبق قراراتهما؛ إن قرار الاختيار هو حقيقة للعالم الفيزيائي بتبعات في المستقبل لكنها ليست موصولة سببيًّا بالماضي.

في حالة المخ فإن لدينا تبصرًا بعالم ذهني يقع خلف عالم قراءات المؤشرات وفي ذلك العالم نحصل على تصور جديد لحقيقة القرار الذي يجب أن يتخذ، ما يكشف عن طبيعته الفعلية – لو أن لكلمة الطبيعة الفعلية أي معنى. بالنسبة للذرات فليس لدينا مثل هذا التبصر عن شيء يقع فيما وراء قراءات المؤشرات. إننا نؤمن أن خلف كل قراءات المؤشرات هناك بنية متواصلة مع بنية المخ بلا انقطاع؛ لكن لا يوجد أساس أكثر وجاهة لإطلاق لفظة «مشيئة» على بنية السلوك التلقائي للذرة من ذلك الذي لإطلاق لفظة «منطق» على بنية السلوك السببي لها. يجب أن يكون مفهومًا أننا لا نحاول أن نعيد إدخال السببية الصارمة التي تم طرحها عن قراءات المؤشرات إلى بنية العالم. في تلك الحالة التي لدينا فيها نوع من التبصر – حالة بنية المخ وخلفياته – ليس لدينا أي نية للتخلي عن حرية العقل والإرادة. بالمثل لا نقترح أن علامات الحتمية والتحدد المسبق الحاكمين للذرة –اللذين لم نعثر عليهما

في قراءة المؤشرات- موجودان في صورة لا يمكن رصدها في البنية غير المعلومة. بالنسبة لمسألة إن كنت سأقبل بأن هناك سببًا للاعتراف بوجود شيء ما مشترك بين قرار الذرة وقرار المخ، فسأجيب ببساطة بأنه لا سبب هناك للقبول بذلك. في حالة المخ فإن لديَّ تبصرًا أعمق في القرار؛ هذا التبصر ينظر للقرار كإرادة ومشيئة أي، شيء ما خارج السببية.

يبدأ القرار الذهني للتوجه يمينًا أو يسارًا أحد مجموعتي نبضات محفزة بطول الأعصاب إلى القدمين. يتحدد بشكل مباشر في مركز ما بالمخ مسار سلوك ذرات معينة أو عناصر العالم الفيزيائي بواسطة القرار الذهني - أو يمكن لأحدهم القول، إن الوصف العلمي لذلك السلوك هو ملمح القياسات المترية للقرار. من الممكن افتراض - بالرغم من صعوبة الفرضية - أن عددًا صغيرًا للغاية من الذرات (أو من المحتمل أن تكون ذرة واحدة فقط) لها هذا الاتصال المباشر بالقرار الواعي، وهذه الذرات القليلة تعمل كتحويلة تنقل العالم المادي من مسار إلى الآخر. لكن فيزيائيًّا من غير المحتمل أن يكون لكل ذرة واجبها المحدد في المخ وقد وزع عليها دورها في دقة كبيرة حتى إن السيطرة على سلوكها سوف يسود متغلبًا على كل الفوضى الممكنة للذرات الأخرى. إن كنت قد فهمت على الإطلاق بشكل صائب عمليات ذهني، فإنه لا وجود لصراع مع الذرات المفردة.

لا أعتقد أن قراراتنا ترتكز في دقة على مسلك ذرات معينة مفتاحية. هل يمكننا أن نلتقط ذرة واحدة في عقل أينشتاين ونقول إنها لو قامت بقفزة كم خاطئة فسوف يكون هناك عيب مقابل لتلك القفزة الخاطئة في نظرية النسبية؟ لو أخذنا في الاعتبار التأثيرات الفيزيائية لدرجات الحرارة والتصادمات العشوائية فمن المستحيل الاحتفاظ بمسلك معين لأي ذرات. يبدو أنه من اللازم أن نعزو قوةً للذهن، لا ليقرر سلوك الذرات بشكل منفرد فقط لكن ليؤثر بشكل عام على المجموعات الكبيرة - في الحقيقة كي يؤثر في شذوذ سلوك الذرات. لطالما كان هذا موضع أكثر النقاط

إثارة للريبة في نظرية تفاعل العقل والمادة.

التداخل مع القوانين الإحصائية:

هل يمتلك العقل القوة كي ينحي جانبًا القوانين الإحصائية التي تحكم المادة غير العضوية؟ ما لم يتم التسليم بذلك فإن فرص تدخل العقل كي يحرز النتائج التي يتم رصدها تالية للقرارات الذهنية تبدو محدودة للغاية. لكن التسليم بذلك يتطلب وجود اختلافات فيزيائية حقيقية بين ما هو غير عضوي وما هو عضوي (أو أقصد على أي حال الوعي). وإن كنت أفضل تجنب هذه الفرضية، إلا أنه من الضروري مواجهة هذا الموضوع بحسم. إن اللايقين الذي بتنا ندركه في القلب من نظرية الكم الحديثة ما هو إلا خطوة جزئية فقط نحو تحرير أفعالنا من أن تكون محكومة وحتمية. لمقاربة الأمر يمكننا القول – لقد قبلنا بلا يقين فيما يخص قبض حياة البشر أو حفظها؛ لكن لا يزال علينا العثور على لا يقين قد يزعج توقعات شركات التأمين على الحياة ويقوضها. نظريًّا فإن لا يقين واحدًا قد يؤدي إلى الآخر، كأن يتأثر قدر الملايين بحوادث القتل في سراييفو. لكن فرضية أن العقل يعمل من خلال ذرتين مفتاحيتين أو ثلاثة في المخ هي طريقة بائسة للهروب، وأرفضها للأسباب التي سبق وذكرتها.

إن السماح للعقل بتوجيه الذرة للاختيار بين أحد مسارين، لن يكون أي منهما بعيد الاحتمال بالنسبة لذرة غير عضوية هو أمر؛ بينما السماح للعقل بتوجيه جمع من الذرات في تركيب وتراص تراه القوانين الثانوية مستبعدًا باعتباره بعيد الاحتمال هو أمر آخر، الاحتمالية البعيدة في الحالة الثانية تكمن في أن عدد كبير من الكميات، كل منها يعمل مستقلا، يجب أن تتآلف لإحراز النتيجة؛ إن الأمر بالضبط مماثل للاحتمال المستبعد لأن تجد الذرات جميعها نفسها بالصدفة في أحد نصفي الوعاء. علينا أن نفترض أنه في الجزء الفيزيائي من المخ المتأثر بصورة لحظية بالقرارات الذهنية، هناك نوع ما من الترابط (التآثر) فيما بين سلوك الذرات، ذلك الترابط الذي لا يوجد في المادة غير العضوية.

لا أتطلع إلى التقليل من شأن التسليم بوجود مثل هذه الاختلافات بين المادة الحية والميتة. لكنني أظن أن صعوبة عدم التسليم بذلك قد تم تقليلها إن لم تكن قد أزيلت بالكلية. إننا بترك الذرة وتركيبها كيفما كان وتعاملنا عوضًا عن ذلك مع احتمالات سلوكها غير اليقيني وغير المحدد في حتمية، فإن الأمور لا تبدو مختلفة تمامًا بشكل عظيم في تعاملنا مع قوانين الطبيعة عن الطرق الأخرى للتعامل مع الذهن التي تمت الإشارة إليها. (ربما قد كان ذلك فقط بسبب عدم فهمنا بشكل كاف لهذه الاحتمالات، فلا يمكننا إدراك شناعة مقترحاتنا.) يمكن تعديل الاحتمالات -ما لم تكن تصر على التصديق في اسمها- بطرق لن تعترف بها الكميات الفيزيائية المعتادة). لن تكون هناك احتمالات فريدة مرتبطة بأي حدث أو سلوك؛ يمكننا فقط الحديث عن احتمالات في ضوء معلومات معينة كمعطيات، وتتعدل الاحتمالات بناء على كمية المعلومات. إنها فيما أظن واحدة من أكثر الملامح غير المرضية لنظرية الكم الجديدة في مرحلتها الحالية، بالكاد تبدو مدركة لهذه الحقيقة، وتتركنا لنتكهن بما يفترض أن تشير إليه نظرياتها للاحتمال في أسس المعلومات.

بالنظر إلى الأمر من جهة أخرى - لو أن وحدة الوعي البشري ليست مجرد خدعة، فبالتأكيد هناك وحدة تقابلها في علاقات أشياء العقل تقع فيما وراء قراءات المؤشرات. بتطبيق مقاييسنا على بنية العلاقات كما في الفصل الحادي عشر، فسوف نبني مادة ومجالات قوى تطيع بالضبط نفس قوانين المجال الرئيسة؛ إن الذرات لن تكون مختلفة بأي حال عن تلك التي تفتقد لهذه الوحدة في خلفيتها. لكن يبدو من المعقول أننا عندما نأتي على ذكر سلوكها الجمعي، فإننا بالطبع معنيون بأنماط التوحيد الأعرض الخاصة بالأمور العقلية، ولا نتوقع من النتائج الإحصائية أن تتوافق مع تلك الخاصة بالبنى ذات الأصل العشوائي.

أظن أن حتى الماديين أنفسهم بالتأكيد سيصلون إلى استنتاج غير مخالف لخاصتنا إذا ما واجهوا المسألة بنزاهة. سوف يكونون في حاجة إلى شيء ما في العالم الفيزيائي

كي يلعب دور وحدة رمزية للذرات المرتبطة بوعي مفرد، ذلك الوعي الذي لن يوجد حال كون الذرات غير مرتبطة به – وحدة لا تستقيم بشكل طبيعي مع التنبؤات الفيزيائية المبنية على فرضيات الانفصال والعشوائية. لأجل ذلك لا يتوجب عليهم فقط أن يترجموا أفكار وهواجس المخ المتعددة المتنوعة وصوره إلى تراكيب مادية، لكن عليهم كذلك بالتأكيد ألا يهملوا إيجاد بديل فيزيائي من نوع ما للأنا.

* * *

الفصل الخامس عشر

العلم والاستبطان الروحاني

في أحد الأيام صادف وكنت مشغولاً بموضوع «تولد الموجات بواسطة الرياح». تتبعت الدراسات المعيارية في الهيدروديناميكا، وتحت ذلك العنوان قرأت:

قد مكنتنا المعادلتان (١٢) و(١٣) في المقال السابق من تقصي أمر مسألة متعلقة، لها بعض الأهمية، أقصد، تولد الموجات والإبقاء عليها في مقابل اللزوجة، من خلال القوى المناسبة المبذولة على السطح.

لو أن القوى الخارجية p`yy, p`xy المعطاة مضاعفات eikx+αt ، حيث k و α قد تم توصيفهما، فإن المعادلات موضع التساؤل تحدد A وC ومن ثم عن طريق (٩) قيمة η . من ذلك نجد:

$$\frac{p'_{yy}}{g\rho\eta} = \frac{\left(\alpha^2 + 2\nu k^2\alpha + \alpha^2\right)A - i\left(\sigma^2 + 2\nu km\alpha\right)C}{gk\left(A - iC\right)},$$

$$\frac{p'_{xy}}{g\rho\eta} = \frac{\alpha}{g^4}\cdot\frac{2i\nu k^2 + \left(\alpha + 2\nu k^2\right)C}{\left(A - iC\right)}$$

حيث σ^2 قد كتبت لتعبر عن $gk+T`k^3$ كما في السابق.

واستمر ذلك على نفس المنوال طوال صفحتين. في النهاية بدا واضحًا أن رياحًا بسرعة أقل من نصف ميل في الساعة سوف تترك السطح أملس. رياح بسرعة ميل في الساعة سوف تجعل السطح مغطى بتجاعيد ضئيلة نتيجة الموجات الشعرية التي تضمحل في التو بمجرد توقف مصدر الاضطراب. رياح بسرعة ميلين في الساعة سوف تؤدي لظهور موجات الجاذبية. بذلك يصل المؤلف في تواضع إلى استنتاج أن «تقصينا النظري قد منحنا تبصرًا معقولًا بالمراحل الأولية لتكون الموجات».

في مناسبة أخرى قد كنت مشغولًا بنفس موضوع «تولد الموجات بواسطة الرياح»؛ لكن هذه المرة قد كان هناك كتاب آخر أكثر مناسبة للموقف، قرأت فيه:

في الأفق مياه يجريها تغير الرياح حد دغدغة الوجوه بالبسمات،
تضاء بسماء بهية، طيلة النهار. في قادم الأيام،
يوقف الصقيع بإيماءة منه الموجات الراقصة
والطلاوة السارحة. يترك كساء من زهو أبيض،
لا ينكسر، احتشادًا ساطعًا،
اتساعًا، سلامًا وهَّاجًا، تحت جنح الليل[1].

تستعيد الكلمات السحرية المشهد. مجددًا نشعر بالطبيعة وثيقة الصلة بنا، متحدة معنا، حتى نمتلئ ببهجة الأمواج الراقصة تحت الشمس الساطعة، حتى نمتلئ برهبة ضوء القمر على البحيرة المتجمدة. لم تكن تلك لحظات ضعف وهوان وسقوط. لا نسترجعها ونقول: «كان من العار بالنسبة لرجل مسلح بست حواس رصينة وبفهم علمي أن يترك نفسه ليدس عليه ويخدع بهذه الصورة. لا بد أن آخذ بهيدروديناميكا

(١) من قصيدة (الموتى) للشاعر الغنائي الإنجليزي روبيرت بروك. (المترجم).

لامب[1] في المرة القادمة» إنه لمن الجيد لنا أن نعيش مثل هذه اللحظات. إن لم نشعر بأي دلالة للعالم من حولنا فيما وراء ما نقوم بوزنه وقياسه باستخدام أدوات الفيزيائي أو وصفه برموز الأنظمة المترية للرياضي فإن الحياة سوف تكون قاصرة وضيقة.

لقد كان ذلك سرابًا خادعا بالتأكيد. يمكننا بسهولة أن نكشف الخدعة الباهتة غير المتقنة إلى حد كبير، تلك التي مورست علينا. إن الذبذبات الأثيرية لمختلف الأطوال الموجية المنعكسة بزوايا مختلفة عن موضع تلاقي الهواء والماء المضطرب تصل إلى عيوننا وبواسطة تأثير كهروضوئي، تسافر المؤثرات المناسبة على طول العصب البصري إلى مركز المخ. هنا يبدأ العقل في العمل ليحيك انطباعًا من تلك المؤثرات. إن المادة الداخلة كانت إلى حد ما فقيرة؛ لكن العقل مخزن عظيم كما يملك عقد الترابطات، يمكن استخدام مهاراته لكساء الهيكل. بحياكته للانطباع فإن الذهن قد قام برصد كل ما قام باختلاقه وقرر أنه قد كان جيدًا جدًّا فحسب. تمت تهدئة النزعة النقدية. لقد توقفنا عن التحليل وكنا واعين فقط بالانطباع في مجمله. دفء الهواء، رائحة العشب، الملمس الناعم للنسيم، كل ذلك ممزوج مع المشهد البصري في انطباع واحد ترانسدنتالي روحاني، من حولنا وفي داخلنا. تصبح الارتباطات المنبعثة من مخزنها أكثر جرأة. ربما نستدعي العبارة «الاهتزازات البسامة». موجات – اهتزازات – ضاحكة – بهجة – تحتشد الأفكار واحدة من الأخرى. بصورة غير منطقية تمامًا كنا مبتهجين؛ على الرغم من أنه لا يمكن لشخص عاقل أن يفسر ما الذي من المحتمل وجوده في مجموعة من الذبذبات الأثيرية ليكون باعثًا على البهجة. إن البهجة فينا قد كانت في الطبيعة وفي الموجات وفي كل مكان. هكذا كان الأمر.

لقد كان سرابًا خادعًا. إذا لماذا نلهو به لفترات أطول؟ لا يجب أن تكون هذه الخيالات الهوائية التي يبثها الذهن في العالم الخارجي، عندما لا نبقيها مرتبة

(١) سير هوراس لامب، رياضي وفيزيائي إنجليزي له مؤلف بعنوان الهيدروديناميكا (المترجم).

بشكل جيد للغاية، ذات بال بالنسبة للاهث خلف الحقيقة محاولًا الفوز بها. فلنعد إلى الجوهر الصلب للأشياء، إلى مادة الماء المتحركة تحت تأثير ضغط الرياح وقوة الجاذبية في طاعة لقوانين الهيدروديناميكا. لكن جوهر قلب الأشياء هو أيضًا سراب خادع آخر. هو أيضًا خيال يبثه العقل في العالم الخارجي. لقد طاردنا الجوهر الصلب من السائل المتواصل وصولا إلى الذرة، من الذرة وصولا إلى الإلكترون، وهناك قد فقدناه. لكن على الأقل سوف يقال، لقد بلغنا شيئًا ما واقعيًّا في نهاية المطاردة – البروتونات والإلكترونات. أو لو كانت نظرية الكم الجديدة تدين هذه الصور باعتبارها ملموسة للغاية وتتركنا مع صور غير متماسكة على الإطلاق؛ فعلى الأقل لدينا نظائر رمزية وزخم ومعاملات هاملتون، تهلك جميعا أنفسها لأجل غاية واحدة مستهدفة ألا وهي التأكيد على أن $qp - pq$ سوف تساوي $ih/2\pi$.

لقد حاولت في فصل سابق أن أبين أنه بتتبع هذا المسار فإننا نصل إلى مخطط دائري، يمكن لطبيعته أن تكون تعبيرًا جزئيًّا عن المحيط. إنه ليس الواقع لكنه هيكل الواقع. لقد فقدت «الفعلية» في خضم ضرورات المطاردة. مع رفض العقل في البداية باعتباره مهندس السراب والخداع، فإن علينا في النهاية أن نعود إليه ونقول: «هاهي العوالم هنا مبنية على نحو جيد وحقيقي على أسس أكثر أمانًا من سراباتك المتخيلة. لكن لا يوجد أي شيء يجعل أي منها عالمًا واقعيًّا فعليًّا حقيقيًّا.» لقد مزقنا الخيالات والسرابات الذهنية كي نصل إلى الواقع فيما وراءها، كان كل ما وجدناه أن واقع ذلك الذي فيما وراء مربوط بقدرات الذهن على إيقاظ هذه الخيالات. إن هذا بسبب أن الذهن، حائك السراب والخدع، هو أيضًا الضامن الوحيد للواقعية، تلك الواقعية التي نظن دائمًا في وجودها في أساسات السراب. إن السراب بالنسبة للواقع، كالدخان بالنسبة للنار. لن أجادل بتلك الأكذوبة العتيقة «لا دخان بلا نار». لكنه من المنطقي أن نتساءل عما إذا كان السراب الاستبطاني الروحاني للشخص ليس انعكاسًا لواقع خلفه.

فلنسأل بشكل صريح: لماذا يكون من الجيد لنا أن نختبر حالة من خداع الذات مثل تلك التي قمت بوصفها؟ أعتقد أن الجميع يسلم بأنه من الجيد أن نحظى بروح حساسة لتأثيرات الطبيعة، ومن الجيد أن نمارس خيالًا مداحًا ومن الجيد ألا نكون دائمًا بصدد تشريح الطبيعة في غير شفقة متبعين خلق الفيزيائي الرياضي. وليس ذلك من الجيد بالكاد بسبب منظوره النفعي، لكن من منظور غائي نوعًا ما، ضروري لأجل استيفاء الحياة الممنوحة لنا. إن ذلك ليس بجرعة مخدر من النافع تعاطيها من الآن للآخر وبذلك قد نعود مع طاقة أكبر من أجل توظيف الذهن في مشروع أكبر للتقصي العلمي. كما يمكننا الدفاع عن ذلك تحت ذريعة أنه يمد العقل غير الرياضي بإحساس بسيط نوعًا ما أن البهجة التي يجدها في العالم الخارجي، من الممكن الحصول عليها كاملة بالاقتراب من معادلاتها المختلفة المميزة. (سأسارع وأقول في هذا الصدد -خشية أن يظن أنني أنوي الحط من قيمة الهيدروديناميكا: إنني لن أصنف الاحتفاء العقلي (العلمي) في مكانة أدنى من الاحتفاء الاستبطاني؛ وإنني أعرف أشياء مدونة برموز رياضية تنافس في سموها ربما سوناتة روبرت بروك). لكنني أظن أنك ستوافقني في أنه من المستحيل السماح لنوع واحد من الاحتفاء والتقدير أن يملك القدرة على ملء مكان الآخر بكفاءة. والآن كيف لنا أن نعتبر ذلك جيدًا ما لم يكن يحوي شيئًا سوى خداع النفس؟ سيؤدي ذلك إلى جيشان كل أفكارنا الأخلاقية. يبدو الأمر بالنسبة لي أن البديلين الوحيدين المطروحين هما إما اعتبار كل ما يماثل هذا التسليم بالاتصال الباطني بالطبيعة كتصرف سيء وخاطئ أخلاقيًا، وإما القبول بأننا ومن خلال هذه التصرفات نقبض على شيء ما، هو الصلة الحقيقية بين العالم وبيننا - علاقة لا يتم التلميح لها بالتحليل العلمي الخالص لمحتواها. أعتقد أن أكثر الماديين حماسة لا يدافع عن البديل الأول ولا يمارسه بأي حال، لذلك فإنني أفترض أن البديل الثاني هو محط الاختيار، حيث توجد حقيقة من نوع ما في أساس السراب والخداع.

لكن علينا التمهل للتفكر في أبعاد ذلك السراب. إنه تساؤل عن إن كان هناك حجر نفيس للحقيقة مدفون تحت جبل من السرابات؟ لو أن الأمر على هذه الصورة فسيكون واجبنا أن نخلص أذهاننا من بعض هذه السرابات على الأقل، ونحاول أن نعرف الحقيقة في صورة أنقى. لكنني لا أعتقد في وجود الكثير من الخطأ فيما يخص تقديرنا وحفاوتنا بالمشهد الطبيعي الذي يعجبنا وينطبع فينا بهذا الشكل العظيم. لا أظن أن هناك مخلوقًا أكثر منا تنعمًا ولا أظن ذلك المخلوق بأي حال -إن وجد- سوف يحاول تشذيب الكثير مما نشعر به. ليس الأمر على صورة أن الشعور نفسه خاطئ بحيث إن تفحصه داخليًّا يداريه في صورة تخيلية محلقة. إن كان علي أن أحاول صياغة الحقيقة الجوهرية المتكشفة في خضم الخبرة الباطنية في كلمات، فإنها سوف تكون أن عقولنا ليست مفصولة عن العالم؛ وأن المشاعر التي نحظى بها من سعادة وسوداوية وحتى مشاعرنا الأعمق ليست من داخلنا وعندنا بمفردنا، لكنها ومضات لواقع مجاوز للحدود الضيقة لوعينا الخاص – على ذلك فتناغم وجمال وجه الطبيعة والسعادة التي تعمر وجه الشخص هي من نفس المقام. إننا نحاول أن نعبر عن نفس الحقيقة إلى حد كبير عندما نقول أن الكميات الفيزيائية هي مجرد مستخلصات من قراءات المؤشرات فقط وتحتها هناك طبيعة متواصلة مع خاصتنا. لقد رأينا كيف يتغير المعنى بشكل عظيم في العالم الفيزيائي عندما نتأمله وقد تم مسحه ورصده من خارجه، بدلًا من أن يتم مسحه ورصده من داخله كما هو لازم بشكل أساسي. بمحاولة تدارس تلك الهواجس والأفكار فإننا نسحب الحقيقة للمسح والتقصي الخارجي لكن مع شعور باطني بأن الحقيقة مدركة من الداخل وهي -كما ينبغي أن تكون- منفصلة عنا.

المعرفة الرمزية والمعرفة الحميمة:

هل يمكنني أن أُفصّل هذا الاعتراض على الفحص الباطني؟ إن لدينا نوعين من المعارف، أطلق عليهما المعرفة الرمزية والمعرفة الحميمة. لا أعرف إن كان من

الصواب أن أذهب إلى أن الاستدلال يمكن تطبيقه فقط على المعرفة الرمزية، لكن على الأقل فأغلب أشكال الاستدلال المعتادة قد تم تطويرها من أجل المعرفة الرمزية فقط. لن تخضع المعرفة الحميمة للتقنين والتحليل؛ أو بالأحرى عندما نحاول أن نحللها فإن الحميمية تفقد وتستبدل بالرمزية.

كمثال توضيحي دعنا نتفكر في المرح. أفترض أنه من الممكن تحليل الدعابة بدرجة ما ويمكن تصنيف المكونات الأساسية لأنواع الدعابة المختلفة. فلنفترض أنه قد عرضت علينا نكتة مدعاة. قمنا بتعريضها إلى التحليل العلمي كما نفعل مع الملح الكيميائي المشكوك في طبيعته، وربما بعد تفكير متأن في كل ملامحها يمكننا أن نؤكد على أنها بالفعل نكتة حقيقية. منطقيًّا، أفترض أن رد فعلنا التالي سوف يكون الضحك. لكن يمكننا التنبؤ على نحو مؤكد أننا سوف نفقد أي ميل قد نكون قد حظينا به أبدًا نحو الضحك كنتيجة لهذا التشريح الدقيق. إن ذلك التشريح الدقيق لم يقم ببساطة بكشف عمل النكتة الباطن. لقد اهتم التصنيف بالمعرفة الرمزية للمرح وهو ما يحتفظ بكل خواص النكتة عدا قدرتها على الإضحاك. إن التقدير الفعلي لها يجب أن ينبع تلقائيًّا، وليس من خلال فحص باطنها. أعتقد أن هذه ليست بالمقاربة الظالمة لمشاعرنا الاستبطانية بالطبيعة، وسوف أغامر حتى بتطبيقها على خبرتنا الاستبطانية الصوفية بالله. هناك البعض ممن يظنون أن إحساسنا بالوجود السماوي الذي يعتمر الروح هو واحد من ضمن أكثر الأشياء وضوحا لخبرتنا. وجهة نظرهم أن رجلًا من دون هذا الإحساس، يجب النظر إليه تمامًا كما ننظر لرجل بلا إحساس بالمرح. غياب هذه الأحاسيس هو نوع من الإعاقة الذهنية. ربما نحاول تحليل تلك الخبرة الصوفية كما نحلل المرح ومن ذلك نؤسس علما للأديان، أو ربما تكون فلسفة إلحادية، تضع في صيغ علمية ما يجب أن يستدل عليه منها. لكن دعنا لا ننسى أن علم الأديان هو معرفة رمزية بينما الخبرة الصوفية هي معرفة حميمة. وكما أن الضحك لا يمكن أن يستثار بواسطة الكشف العلمي عن تركيب النكتة، فكذلك المناقشة الفلسفية لصفات

الرب (أو بدائله المجردة) من المحتمل أن تفقد استجابة الروح الحميمة وهي مركز الخبرة الدينية.

دفاع عن الاستبطان:

قد يجري الدفاع عن الاستبطان على مثل هذا النحو. لقد سلمنا بأن كميات الفيزياء يمكنها من خلال طبيعتها أن تشكل ملمحًا جزئيًّا فقط عن الواقع. كيف يمكن لنا أن نتعامل مع الجزء الآخر؟ لا يمكننا القول بأن الجزء الآخر يعنينا بقدر أقل مما تعنينا الكميات الفيزيائية. المشاعر والأهداف والقيم تشكل وعينا بذات قدر انطباعاتنا الحسية. نقوم بتتبع الانطباعات الحسية ونجد أنها تقود إلى عالم خارجي يتدارسه العلم؛ نقوم بتتبع العناصر الأخرى لكينونتنا ونجد أنها لا تقود إلى عالم من زمن ومكان، لكنها بالتأكيد تقود إلى مكان ما. لو أخذت بوجهة النظر التي تذهب إلى أن الوعي بمجمله معكوس في رقص الإلكترونات في المخ، إذا فكل عاطفة هي شكل منفصل للرقص، ومن ثم فكل ملامح الوعي تقود إلى العالم الخارجي للفيزياء. لكنني أفترض أنك قد تبعتني في رفض وجهة النظر هذه، وأنك تتفق مع كون الوعي ككل أعظم من ملامح القياسات المترية له والتي يتم تجريدها لتشكل المخ الفيزيائي. بعد ذلك علينا أن نتعامل مع تلك الأجزاء من كينونتنا غير الخاضعة لتوصيفات المقاييس المترية، تلك التي ليست على اتصال مع -نتوء في- المكان والزمن. عند التعاطي معها فإنني لا أقصد القيام بتساؤل علمي حيالها. الخطوة الأولى الدخول في حالة من التسليم بتلك المفاهيم غير المحددة التي يغلفها العقل بها، حالة مشابهة لتلك الخاصة بالمفاهيم غير المحددة التي تكون العالم المادي المألوف.

لقد كان مفهومنا عن الطاولة المألوفة سرابًا وخداعًا. لو لم يحذرنا صوت ما متنبئ بأنه سراب خادع، ما كنا قد اندفعنا في توتر للبحث أعمق وما كان لنا أبدًا أن نعثر على الطاولة العلمية. كي نصل إلى واقع الطاولة الفعلي، احتجنا إلى أن نكون منعمين بأعضاء حسية كي تحيك لنا الصور والسرابات عنها. وعلى ذلك يبدو لي

أن الخطوة الأولى في السبر الأوسع لأغوار الإنسان يجب أن تتمثل في بعث إبداعه للتصورات، ذلك الإبداع المتصل بالإمكانات الأعلى لطبيعته، على ذلك فالمسارات لم تعد عمياء بل مفتوحة على عالم روحاني – عالم من سراب جزئي بلا شك، لكنه يعيش في عالم من سراب أيضًا، سراب شكلته الحواس.

لو قدر للشخص الاستبطاني الصوفي أن يساق أمام محكمة من العلماء، فربما يختم دفاعه بهذه النقطة. سوف يقول: «على الرغم من افتقاد المفاهيم اليومية للعالم المادي المألوف للحقيقة العلمية نوعًا ما، إلا أنه جيد إلى حد كاف للعيش فيه؛ في الحقيقة سوف يكون العالم العلمي لقراءات المؤشرات مكانًا من المستحيل سكناه. إنه عالم رمزي والشيء الوحيد الذي بإمكانه العيش فيه مرتاحًا هو الرمز. لكنني لست رمزًا؛ إنني مركب من ذلك النشاط العقلي الذي هو من وجهة نظرك مجرد شبكة سرابات، لذلك كي أتماهى مع طبيعتي الخاصة، عليَّ أن أقوم بتحويل حتى ذلك العالم المتكشف لي، أنجز ذلك التحويل باستخدام حواسي. لكنني لست مصنوعًا من حواس فقط؛ ينبغي أن تجد باقي طبيعتي سبيلها للحياة والنمو. عليَّ أن أسلم بتأثير ذلك المحيط الروحاني الذي لديه في داخله مخرجاته. إن مفاهيم ذلك المحيط لا يمكن أن تقارن بعالمك العلمي لقراءات المؤشرات، إنه عالم معتاد حميمي يمكن أن يقارن بالعالم المادي للخبرة المألوفة. لا أملك ادعاء كونه عالمًا أكثر واقعية أو أقل واقعية منه. من الأساس هو ليس عالمًا يتم تحليله لكنه عالم للعيش فيه»

واثق من أن ذلك يأخذنا خارج نطاق المعرفة المنضبطة، ومن العسير تخيل أي شيء على وفاق مع العلم المنضبط من الممكن تطبيقه على هذا الجزء من محيطنا، لن يكون المستبطن الصوفي آسفًا على ذلك. لا يستتبع عدم قدرتنا على التسليم بمسلك منضبط لمحيطنا الذهاب إلى تفضيل التظاهر بالعيش في خواء.

إذا كان من الممكن اعتبار أن الدفاع قد صمد على نحو جيد في مواجهة الانقضاض الأول عليه، فربما تكون المرحلة التالية من الهجوم هينة ويمكن تحملها.

«حسن للغاية. فلتمض في طريقك كيف شئت. إنه من ذلك النوع من المعتقدات غير الضارة – ليس كمثل تلك المعتقدات الدينية الأكثر دوجمائية. لعلك تنشد نوعًا ما من الأفنية الخلفية الروحية من أجل احتواء تلك الميول الغريبة في طبيعة الإنسان، تلك التي تمسك بتلابيبه وتتملك منه أحيانًا. فلتهرب إلى أفنيتك ولتعبث ما شئت؛ لكن لا تزعج الأشخاص الجادين الذين يدفعون العالم للدوران» لا يأتي التحدي هذه المرة من المادية العلمية التي احترفت البحث عن تفسير طبيعي للقوة الروحانية، لكن من المادية العقائدية المهلكة التي تحتقرها. القليلون يتمسكون كليًّا بفلسفة تذهب إلى أن قوى التقدم والإنجاز تنتمي فقط إلى الجانب المادي لمحيطنا، لكن أقل القليل في مقدورهم أن يدعوا أنهم متحررون بدرجة ما من سطوتها. لا يجب أن نقاطع «الرجال العمليين»، هؤلاء الذين ينشغلون بإفساد التاريخ ونخره، يحملوننا بوقع يتزايد أبدًا نحو قدرنا ككومة نمل بشرية تستعمر الأرض. لكن هل من الصحيح تاريخيًّا بالفعل أن القوى المادية قد كانت أبدًا العوامل الأكثر تأثيرًا ووقعًا وفعالية؟ فلتطلق عليها أنها من الله، من الشيطان، من الفانتازيا والخيال، من اللامنطق؛ لكن لا تقلل أبدًا من قوة الاستبطان الروحاني. قد تتم محاربة الاستبطان الروحي كخطأ أو الإيمان به كوحي لكن لا علاقة لذلك بسهولة القبول به.

نحن صناع الموسيقى
ونحن حالمو الأحلام
نتجول بجوار أمواج البحر المتلاطمة الوحيدة
ونجلس إلى جوار التدفقات البائسة؛
نحن خاسرو العالم وهاجروه،
علينا يومض القمر الشاحب:

نحن محركو العالم ومؤرجحوه

إلى الآن، ويبدو أن ذلك سيكون للأبد[1].

الواقعية والاستبطان:

لكن الدفاع الذي واجهنا به العلماء، من المحتمل ألا يكون دفاعًا مناسبًا لإجابة تساؤلاتنا الخاصة. إننا مسكونون بكلمة الواقعية. لقد حاولت بالفعل أن أتعاطى مع الأسئلة التي تبرز فيما يخص معنى الواقعية؛ لكنها تضغط علينا في إصرار لذلك ومع المخاطرة بالتكرار، عليَّ أن أتأملها مجددًا انطلاقًا من الدين كنقطة ارتكاز. من المحتمل الوصول إلى تسوية بين السرابات الخادعة والواقعية على نحو جيد من كافة الأوجه فيما يخص مسلكنا تجاه المحيط الفيزيائي؛ لكن يبدو أن القبول بمثل هذه التسوية والمصالحة فيما يختص بشؤون الدين يحمل تهوينًا وسخريةً وانتقاصًا من أشياء مقدسة. يبدو أن الواقعية معنية بالمعتقدات الدينية بشكل أكبر من أي شيء آخر. لا أحد ينزعج من التساؤل عما إذا كان هناك واقعية تقبع خلف الهزل والمرح. لا يهتم الفنان الذي يحاول استظهار الروح في لوحته فعليًّا عما إذا كان من الممكن الحديث عن الروح والقول بأنها موجودة وماهية الطريقة التي يمكن أن يقال بها ذلك. حتى الفيزيائي لا يعنى بما إذا كانت الذرات والإلكترونات موجودة بالفعل؛ عادة ما يؤكد على وجودها ذلك، لكن كما قد رأينا، فإن الوجود في هذه الحالة يستخدم كمعنى مكرس ولم يقم أحد بالتساؤل عما إذا ما كان أكثر من مجرد اصطلاح مناسب ومتاح. في غالبية الدراسات والمواضيع (وربما من دون أن نستثني الفلسفة) يبدو أنه من الكافي أن نتفق على الأشياء التي سوف ندعوها بالواقعية، وبعد ذلك نحاول

(١) مقطوعة شعرية شهيرة جدًّا من الشعر الغنائي، بعض تعبيراتها تستخدم حاليًا في اللغة الإنجليزية كتعبيرات دارجة مثل **world movers and shakers** والتي تستخدم حاليًا لوصف السياسيين الأقوياء. كتبها أرثر أوشجناسي. (المترجم).

أن نكتشف ما الذي نعنيه بالكلمة. ويكون الأمر على هذه الصورة حتى نصل إلى ما يخص الدين حيث يبدو أنه المجال الوحيد موضع البحث والتساؤل الذي تتم فيه معالجة سؤال الواقعية والوجود بشكل جاد وله أهمية حيوية.

لكن يبدو من العسير فهم الكيفية التي يمكن أن يكون بها هذا التساؤل مفيدًا. عندما شعر د. جونسون وقد أصبح ملزمًا بالحجاج حول «سفسطة الأسقف بيركلي المبتكرة لإثبات عدم وجود المادة وهو ما يعني أن كل الأشياء في الكون هي مجرد أشياء مثالية» فقد أجاب بأن «ضرب قدمه بقوة جبارة بحجر ضخم، حتى ارتد عنه، – ‹لقد فندتها بهذه الطريقة›» ما الذي أكده هذا الفعل بالضبط غير واضح جدًّا؛ لكن من الواضح أنه قد وجده مريحًا. وحتى اليوم الحقيقة المؤكدة أن العالم يشعر بنفس الرغبة في الهبوط من التحليق الفكري عائدًا إلى شيء ما يمكن ركله، غير أنه من الواجب عليه أن يكون واعيًا إلى أنه بحلول هذا الزمن فإن ما تبقى من هذا الحجر الكبير بفعل رذرفورد بالكاد يستحق الركل.

لا يزال الميل لاستخدام «الواقعية» ككلمة عزاء سحرية موجودًا، مثلها كمثل الكلمة المباركة «بلاد ما بين النهرين». إن كان عليَّ أن أؤكد على واقعية الروح أو الرب، فإنه ينبغي عليَّ بالتأكيد ألا أعقد العزم على مقارنتهما بحجر جونسون الكبير – هو سراب خادع جلي – أو مقارنتهما حتى بـ**p** وبـ**d** الخاصين بنظرية الكم – هما مجرد رمزية تجريدية. لذلك ليس من حقي استخدام الكلمة في الدين من أجل استعارة شعور بالراحة والعزاء على شرفها، ذلك الشعور الذي أصبح (على نحو خاطئ ربما) مرتبطًا بالأحجار وبالنظائر الكمية.

تحذرني الغريزة العلمية من أن أي محاولة لإجابة السؤال «ما الواقعي؟» على نحو أوسع من ذلك المتبنى لأغراض مكرسة في العلم، من المحتمل أن يؤدي إلى التخبط بين كلمات بلا جدوى وكنايات عالية النبرة. نعرف جميعًا أن هناك مناطق من روح الإنسان لا يحكمها عالم الفيزياء. إن الروح تحلق عاليًا وتعثر على اكتمال شيء ما

مغروس في طبيعتها في الإحساس الصوفي بالخلق من حولنا وفي تعبيرات الفن وفي التبتل والاتجاه لله. إن الإيمان في هذا الذي ينمو بداخلنا هو دافع يولد مع وعينا أو ضوء داخلي يواصل القدوم من قوة أعلى من تلك التي لنا. بالكاد يستطيع العلم أن يسائل هذا الإيمان، يدفع العقل صوب تتبع ذلك التساؤل في سعي علمي ينبع من رغبة محمومة، ، سعي لن يتم تثبيطه أبدًا. إن الضوء أمامنا يدعونا والهدف النابض في طبيعتنا يستجيب، سواء كان ذلك عبر السعي العقلي للعلم أو عبر السعي الاستبطاني الصوفي للروح. هل في مقدورنا ألا نترك الأمر عند هذا الحد؟ هل من الضروري فعليًّا أن نجرجر كلمة «الواقع» غير المريحة إلينا حتى يصبح في الإمكان معاملتها في حميمية؟

إن مشكلة العالم العلمي جزء من مشكلة أعرض – مشكلة مجمل الخبرة. يمكن اعتبار الخبرة كمزيج بين النفس والمحيط، فك الارتباط بين هذين المكونين المتفاعلين معًا هو جزء من المشكلة. الحياة والدين والمعرفة والحقيقة، جميعها مضمنة في هذه المشكلة، البعض يشير إليها كبحث عن ذواتنا في الخبرة التي نحظى بها والبعض يشير إليها كبحث عن محيطنا في تلك الخبرة. بالتأكيد نتعاطى بطريقة ما مع هذه المشكلة في حيواتنا؛ وأحد أهم معطيات هذه المشكلة أننا نحن أنفسنا المنوط بنا حل هذه المشكلة جزء منها. بالنظر إلى البداية الأولى تمامًا، فإن الحقيقة الابتدائية هي في شعورنا بالغاية والهدف في أنفسنا والذي يدفعنا نحو اقتحام المشكلة. إننا معنيون بإتمام شيء ما من خلال حيواتنا. هناك إمكانيات قد وهبناها أو ينبغي علينا الحصول عليها، تلك الإمكانات التي يجب أن تجد في درس الحال والعثور على مخرج وحل. قد تبدو غطرسة منا، فنحن بهذه الطريقة يجب أن نصر على تشكيل الحقيقة على قالب طبيعتنا الخاصة؛ لكن الأحرى اعتبار أن مشكلة الحقيقة من الممكن أن تنبع فقط من رغبة تنشد الحقيقة، تلك الرغبة الموجودة في طبيعتنا.

إن قوس قزح الموصوف بحسب رمزية الفيزياء هو شريط من ذبذبات أثيرية مرتبة

في تنظيم جامع للأطوال الموجية من ٠,٠٠٠٠٤٠ سم حتى ٠,٠٠٠٠٠٧٢ سم. ترى إحدى وجهات النظر أننا نراوغ الحقيقة متى أعجبنا بالقوس الفاتن من الألوان، وأن علينا أن نجاهد كي نختزل عقولنا إلى حالة يكون عندها استقبالنا للانطباع الآتي من قوس قزح مكافئًا تمامًا لاستقبالنا للانطباع الآتي من جدول للأطوال الموجية. لكن على الرغم من أن تلك هي الكيفية التي يترك بها قوس قزح أثره على مقياس طيفي غير مشخصن، فإننا لا نقدم الحقيقة كاملة ولا نقدم المغزى الكامل للخبرة – النقطة التي بدأت من عندها المشكلة – إذا قمنا بتثبيط وقمع العوامل والمؤثرات ففيم سنختلف نحن أنفسنا عن مقياس الطيف. ليس في استطاعتنا الذهاب إلى أن قوس قزح –كجزء من العالم– كان المقصود به أن يحمل التأثيرات البينة للون؛ لكن ربما في استطاعتنا الذهاب إلى أن العقل البشري كجزء من العالم كان المقصود به أن يدركه بتلك الطريقة.

المغزى والقيم:

عندما نظن أن الموجات المتلألئة تتحرك بسامة فإننا بشكل واضح نعزو إلى المشهد مغزى، ذلك المغزى غير الموجود فيه بالأساس. إن عناصر الماء الفيزيائية –الشحنات الكهربية التي تهرع سارية– بريئة من أي نية لإيصال انطباع بأنها قد كانت سعيدة. لكنها قد كانت كذلك بريئة من أي نية لإيصال انطباع بأنها مادة أو أن لها لون أو أن لها الشكل الهندسي للموجات. إن كان من الممكن القبض عليها وقد حازت أي نية على الإطلاق، فهي النية لتلبية مطالب معادلات معينة مختلفة ومميزة – وذلك بسبب أنها مخلوقات الرياضي صاحب الولع بالمعادلات المختلفة المميزة. إن الدلالة الفيزيائية للمشهد لا تقل عن دلالته الباطنية وهي كذلك غير موجودة فيه بالأساس؛ إنها موجودة هنا في عزف الدماغ.

ما نخلقه من العالم يجب أن يكون بشكل كبير معتمدًا على أعضاء الحس التي حدث وامتلكناها. لقد تغير العالم –بالتأكيد– منذ بدأ الإنسان في الاعتماد على

عينيه بدلًا من أنفه! أنت بمفردك في الجبل؛ لكنك قد جهزت نفسك بأعضاء حس إلكترونية صناعية و يا للعجب! تجد الأثير في غاية القبح وقد صاحبته أبواق فرقة ساڤوي[1]. أو:

إن الجزيرة ملأى بالتمتمات والأصداء والأناشيد الساحرة التي تفعم النفس طربًا ونشوةً وربما سمعت ألف آلة تعزف دفعة واحدة أحيانًا، فتصم أذني وأحيانًا أصوات[2].

ما دمنا كنا معنيين بالخواص الأعرض، فإننا نرى في الطبيعة ما نبحث عنه أو ما جهزنا للبحث عنه. بالتأكيد، لا أقصد أننا نستطيع تنظيم تفاصيل المشهد؛ لكن من خلال الضوء والظلال التي لقيمنا يمكننا استحضار أشياء سوف يكون لها الخواص العريضة التي نقدرها ونجلها. من هذا المنطلق فإن قيمة الديمومة والبقاء تخلق عالم المواد الظاهرة، بهذا الفهم فإن الرب الباطني في الداخل يخلق الرب في الطبيعة. لكن لا يمكن لصورة كاملة أن تتشكل ما دمنا كنا نفصل وعينا عن العالم الذي هو جزء منه. يمكننا فقط الحديث نظريًّا عن ذلك الذي أطلقت عليه «خلفية وبنية

(١) ساڤوي أورفيانز، فرقة رقص إنجليزية في العشرينيات. (المترجم).

(٢) كليبان: هل أنت خائف؟

استيفانو: لا، أيها الغول. لست أنا بمن يخاف.

كليبان: لا تفزع. إن الجزيرة ملأى بالتمتمات والأصداء والأناشيد الساحرة التي تفعم النفس طربًا ونشوة وربما سمعت ألف آلة تعزف دفعة واحدة أحيانًا، فتصم أذني وأحيانًا أصواتًا. تلك الأصوات والدبكات إن استيقظت بعد رقاد طويل، تجعلني أنام ثانية لأرى في الحلم غمامًا ينفتح ويفسح لي مجال التمتع بمشاهد كلها روعة وجمال، وكم خيل لي أن السماوات توشك أن تسقط من علاها على رأسي، فأبكي حالمًا أفيق بكاءً مرًّا وأتمنى متابعة حلمي السحري.

مسرحية (العاصفة) لشكسبير، الفصل الثالث، المشهد الثاني. ترجمة، أ. ر. مشاطي مع بعض التصرف البسيط. (المترجم)

قراءات المؤشرات»؛ لكن على الأقل سيبدو من المعقول أن القيم التي تزود بضوء وظلال العالم إن كانت مطلقة، فهي بالتأكيد تنتمي لخلفية وبنية لا يمكن إدراكها في الفيزياء لأنها ليست في قراءات المؤشرات، لكن يمكن إدراكها بالوعي الذي له جذوره المتشعبة في الخلفية والبنية. ليس لديَّ أي طموح في أن أقدم ذلك كنظرية؛ إنه فقط للتأكيد على محدودية معرفتنا بالعالم الفيزيائي ونقاط اتصاله بالخلفية والبنية في حالة عزل الوعي، لا نحظى أبدًا بفكرة وحدة الكل تلك الفكرة الجوهرية لنظرية كاملة. من المحتمل أن الطبيعة البشرية قد تم تمييزها بدرجة ملحوظة من خلال عمليات الانتخاب الطبيعي؛ وقد يثار جدل محتدم عما إذا كانت القيم الباقية مثل تلك المتعلقة بالديمومة وبقية الخصال التي تبدو الآن جوهرية بشكل واضح هي بالأساس خواص للوعي أم نتاج لعملية التطور من خلال التفاعل المتبادل مع العالم الخارجي. في تلك الحالة فإن القيم التي يزود بها العقل العالم الخارجي قد جاءته بالأصل من أشياء العالم الخارجي. مثل هذا اللعب بعملة القيم (ملك وكتابة) -فيما أعتقد- ليس بغريب عن وجهة نظرنا التي تذهب إلى أن أشياء العالم فيما وراء قراءات المؤشرات ذات طبيعة متواصلة مع تلك التي لعقولنا.

بالنظر إلى العالم بطريقة عملية، فمن الممكن الأخذ بقيم الوعي الطبيعي للإنسان كمعيار. لكن الاعتباطية المحتملة الواضحة في هذا التقييم تدفعنا نحو السعي في طلب معيار من الممكن اعتباره نهائيًّا ومطلقًا. إن لدينا بديلين. إما أنه ما من قيم مطلقة هناك، وعلى ذلك فالإيمان بالرقيب الداخلي في وعينا هو القاضي النهائي الذي نقبل به وننشده وأي تساؤل فيما وراء ذلك هو مضيعة للوقت. أو أن هناك قيمًا مطلقة؛ ومن ثم يمكننا الوثوق فقط في تفاؤل في أن قيمنا هي نوع ما من الانعكاس الباهت لتلك التي للمقيم المطلق (صاحب القيم المطلقة)، أو أن لدينا تبصرًا في عقولنا بالمطلق، من حيث جاء ذلك السعي والشغف المحموم والإيمان، تلك الأشياء التي نصرف أنفسنا غالبًا عن مساءلة سلطانها.

لقد حاولت بشكل طبيعي أن أجعل المنظور الذي نصل إليه في هذه المحاضرات متماسكًا بقدر الإمكان، لكن يجب ألا يعنيني بشكل كبير إن أصبح المنظور تحت سهام النقد مهلهلًا جدًّا. إن التماسك يصاحب الوصول للاكتمال؛ والسؤال الملح الآن ليس إن كان حجاجنا قد بدأ بشكل صحيح، إنما هو إن كان يحظى بالحظ الجيد لينتهي على نحو جيد. يمكن تلخيص النقاط الأساسية التي تبدو لي مستحقة لعناية فلسفية كالتالي:

١- لقد أصبحت الطبيعة الرمزية لكميات الفيزياء مدركة ومعروفة بشكل عام؛ وقد صيغ مخطط الفيزياء الآن بتلك الطريقة التي تجعله تقريبًا قادرًا على البرهنة على نفسه، لذلك فهو ملمح جزئي لشيء ما أعرض.

٢- لقد تم تفتيت حجر السببية الصارمة في العالم المادي. إن أفكارنا فيما يخص القوانين الحاكمة في خضم عملية من إعادة التشكيل ومن غير الممكن التنبؤ بالشكل الذي ستسفر عنه هذه العملية في النهاية؛ لكن كل المؤشرات تشير إلى أن السببية الصارمة قد سقطت من المعادلة إلى الأبد. إن ذلك يخفف من جوهر الفرضية السابقة بأن العقل محكوم بقوانين حتمية أو بدلا من ذلك أن العقل يمكنه تثبيت القوانين الحتمية في العالم المادي.

٣- إدراك أن العالم الفيزيائي بكامله عبارة عن تجريد، بلا «واقعية حقيقية» إلا فيما يخص علاقته بالوعي، يجعلنا نعود بالعقل إلى مكانته الجوهرية بدلًا من تمثيله كعرض غير أساسي تم العثور عليه بالصدفة في وسط الطبيعة غير العضوية في مرحلة متأخرة من التاريخ التطوري.

٤- التصديق في وجود ارتباط بين العالم الفيزيائي «الواقعي» وبين مشاعر معينة، نحن على وعي بها لا يبدو مختلفًا في أي ملمح جوهري عن التصديق في وجود ارتباط بين المجال الروحاني وبين جوانب أخرى للشخصية.

لست أدفع بأن هناك ما هو جديد في هذه الفلسفة. على وجه الخصوص فإن جوهر

النقطة الأولى قد تمت إثارته في حجاج كثير بواسطة الكثير من الكتاب، ومما لا شك فيه أنه قد حاز على تأييد شخصي من كثير من العلماء قبل ثورات النظرية الفيزيائية الأخيرة. لكن هناك تعقيد مختلف نوعًا ما يضاف إلى الموضوع عندما لا يكون هذا مجرد مذهب فلسفي، يمكن منحه تأييدًا عقليًّا، لكنه قد أصبح جزء من السلوك العلمي الحالي، موضحًا بشكل مفصل في المخطط الحالي للفيزياء.

الإيمان:

لقد تتبعت معي عبر أربعة عشر فصلًا المقاربة العلمية للمعرفة. لقد أوضحت الانعكاسات الفلسفية كما بزغت بشكل طبيعي من الاستنتاجات العلمية الحالية، أتمنى أن يكون ذلك قد تم من دون تشويه قد حدث لها لغايات دينية. في الفصل الحالي لم تعد نقطة الارتكاز العلمية هي الغالبة، لقد بدأت من عند ذلك الجزء من خبرتنا الذي لا يقع ضمن منظور مسحنا العلمي للأرصاد، أو على الأقل ذلك الجزء الذي سيغيب عن مناهج العلم الفيزيائي رصد مغزاه، ذلك المغزى الذي يعد وجوده جوهريًّا. إن أول درجات الاعتقاد في عقيدة صوفية باطنية هي الإيمان بالمغزى، أو كما أطلقت عليها مسبقًا، التصديق في سعي لأجل غاية مجبولة في الوعي. يجب التأكيد على هذا لأن الافتتان بإيمان حدسي من هذا النوع قد كان أساس التدين عبر كل العصور ولا أصبو إلى أن أعطي انطباعًا بأننا قد وجدنا الآن شيئًا جديدًا وأكثر علمية كي يكون بديلًا. إنني أنكر الفكرة التي تقضي بإمكان البرهنة على المعتقدات الغريزية للدين سواء كان ذلك بواسطة معلومات العلم الفيزيائي أو بواسطة مناهج العلم الفيزيائي. إن الافتراض المسبق الذاهب إلى أن الاعتقاد الصوفي الباطني غير مؤسس على العلم لكنه مؤسس (سواء كان ذلك صائبًا أو خاطئًا) على خبرة لدنية هو أمر جوهري مقبول، يمكننا أن نواصل مناقشين الانتقادات المختلفة التي قد يستحضرها العلم ضد ذلك أو التضارب المحتمل مع وجهات النظر العلمية في خصوص طبيعة الخبرة النابعة بذات القدر من معلومات لدنية.

من الضروري اختبار الإيمان الذي تنبع منه العقيدة بصورة أعمق؛ وإلا قد نبدو داعمين لرفض أعمى للمنطق كمرشد للحقيقة. هناك فجوة في الاستدلال المنطقي، يجب أن نعترف بذلك؛ لكن لا يمكن بأي حال اعتبار ذلك كرفض للاستدلال المنطقي. هناك نفس الفجوة بالضبط في الاستدلال المنطقي فيما يخص العالم الفيزيائي إذا ما استعدنا ما بيناه بالقدر الكافي. يمكننا فقط أن نمنطق الأشياء بناء على معلومات والمعلومات النهائية يجب أن نزود بها بواسطة عملية لا تخضع للاستدلال المنطقي – إنما هي معرفة بالذات (لدنية) موجودة في وعينا. كي نبدأ يجب أن نكون منتبهين لشيء ما. لكن ذلك ليس كافيًا ؛ يجب أن نكون مقتنعين بمغزى ذلك الانتباه. إننا ملزمون بادعاء أن الطبيعة البشرية –سواء كانت هي نفسها أو من خلال وحي يوحى لها من قوة خفية– قادرة على القيام بالحكم منطقيًّا على المغزى. وإلا فإننا لن نستطيع حتى الوصول إلى عالم فيزيائي[1].

بحسب ذلك فإن الإيمان الذي نفترضه هو تلك الحالات المعينة من الانتباه في الوعي، ولذلك الإيمان دلالة ومغزى مكافئة على الأقل لتلك التي نطلق عليها أحاسيسا. ربما تكون ملاحظتنا لأن الزمن من خلال مدخله المزدوج إلى عقولنا (راجع الفصل الثالث) يسد الفجوة بدرجة ما بين الانطباعات الحسية وحالات الوعي والانتباه الأخرى على علاقة بذلك. في وسط الوعي والانتباه يجب أن نعثر على أصول الخبرة التي ينبع منها المعتقد الروحاني. إن الإيمان هو بالكاد موضوع يمكن الحجاج في شأنه، إنه يعتمد على دافعية الإحساس بالوعي والانتباه للغاية.

لكن قد نذهب إلى أنه بالرغم من أننا قد نمتلك مثل هذا القسم من الوعي، فهل من الممكن أن نكون قد أخطأنا فهم طبيعة ذلك الذي نؤمن في كوننا نختبره تمامًا؟ يبدو ذلك لي غير ذي صلة بالموضوع إلى حد ما، فيما يخص خبرتنا بالعالم الفيزيائي فقد

(١) يمكننا بكل تأكيد حل المسألة النابعة من معلومات معينة دون أن نكون مقتنعين بمغزى ودلالة هذه المعلومات – المسلك العلمي «الرسمي» كما أطلقت عليه في السابق– لكننا لا نعني هنا عالمًا فيزيائيًّا يرهق نفسه في محاولات إيجاد حلول لمسائل يختارها في اعتباطية كي يمرر ساعة فارغة من الزمن. (المؤلف).

أسأنا فهم معنى أحاسيسنا بصورة كبيرة جدًّا. لقد كانت مهمة العلم أن يكتشف أن تلك الأشياء مختلفة جدًّا عما تبدو عليه. لكننا لا نقتلع عيوننا لأنها تواصل التدليس علينا بألوان خيالية بدلًا من أن تزودنا بالحقيقة العارية عن الأطوال الموجية. إن ذلك في القلب من التمثلات الخاطئة (إن كان لزامًا أن تدعوها هكذا) للمحيط، تلك التمثلات التي يجب أن نحياها. مع ذلك فتلك رؤية أحادية جدًّا للحقيقة، تلك التي لا تجد في التلوين الباذخ للمحيط أي شيء سوى تمثلات خاطئة – حيث تذهب إلى أن الأهمية كلها تعزى إلى المحيط وأن الروح الواعية غير ضرورية أو جوهرية. في فصولنا العلمية قد رأينا الكيفية التي يجب بها اعتبار أن العقل هو من يقوم بإملاء مسار بناء العالم؛ من دونه ما من شيء هناك سوى فوضى غير متشكلة. إن هدف العلم الفيزيائي –ضمن حدوده التي يمتد فيها– أن يكشف عن البنية الأساسية في جوف العالم؛ لكن على العلم أيضًا أن يفسر حقيقة أنه من هذا العالم قد ظهرت عقول قادرة على تحويل البنية العارية إلى ثراء خبرتنا. ليس الموضوع موضوع تمثل سيئ أو خاطئ لكنه إنجاز– نتيجة ربما عصور طويلة من التطور البيولوجي– حيث قد قمنا بتفصيل عالم مألوف من أصول غير محددة. في ذلك اكتمال لهدف طبيعة الإنسان. لو أن العالم الروحاني بالمثل قد تم تحويله والدس عليه بواسطة لون عقائدي ديني فيما وراء أي شيء متضمن في خواصه الخارجية العارية، فإنه من الممكن التأكيد بإيمان مساوٍ أن هذا ليس تمثلًا سيئًا أو خاطئًا لكنه إنجاز عنصر سماوي في طبيعة الإنسان.

هل من الممكن أن أعود مجددًا إلى التناظر بين علم الأديان (الثيولوجيا) وبين علم حس المرح والفكاهة المفترض والذي أغامر (بعد استشارة سلطة علمية كلاسيكية) أن أصك مصطلح (جيليولوجيا) للتعبير عنه. إن استخدام التناظر في الحجاج ليس بالأمر المقنع، لكنه سيؤدي دوره هنا بالتأكيد. فلتفكر في الإسكتلندي مضرب الأمثال صاحب الميول القوية نحو الفلسفة وغير القادر على فهم النكت والمزاح. لا يوجد سبب يفسر لماذا قد لا يحصل على أسمى درجات التقدير والشرف في علم

الجيليولوجيا، ويكتب -كمثال- تحليلًا ثاقبًا للفارق بين المرح والتندر الإنجليزي وذلك الأمريكي. إن مقارنته بين النكات خاصتنا سوف تكون على نحو خاص غير متحيزة وحصيفة، وسنكون مدركين تمامًا لأنه لن يكون قادرًا أبدًا على فهم فحوى أي منها. لكن سوف يكون من غير المجدي اعتبار أن وجهات نظره التي كان يتبعها هي التطور الصحيح؛ لأجل ذلك فسيحتاج فهمًا حساسًا عاطفيًّا - سوف يحتاج إلى (أقولها في عبارة تناسب أكثر الجانب الآخر من التناظر الذي أنا بصدده) أن يغير معتقده. يلعب عالم الجيليولوجيا وعالم الأديان المتفلسف -رغم ذلك- دورًا كبيرًا هامًّا مساعدًا وناقدًا كما يعد دورهما الضامن لوجود منهج في جنوننا. الأول قد يبين أن استقبالنا المرح للحديث هو نتيجة وجبة مشبعة وسيجار جيد أكثر من كونه نتيجة مباشرة لفكاهة باهتة؛ الثاني قد يبين أن الشطح الصوفي للمريد هو وهم جسد محموم وليس كشف سماوي. لكنني لا أظن أن علينا أن نفتن بأي منهما حتى نناقشه.

إنها حقيقة الشعور الذي ندعي أننا قد وهبناه وليس الاتجاه الذي تطور به. إنه ذلك الموضوع الذي يخص شعورنا الداخلي بالقيم التي نؤمن بها جميعًا بدرجة ما على الرغم من أنه قد نتنازع على المدى الذي يجب أن تصل إليه بالضبط. إن لم نملك مثل هذا الشعور فمن ثم لن يصيب الترنح الدين والعقيدة فقط غير آمنين بل العالم الفيزيائي كذلك وكل إيمان في استدلال منطقي.

لقد سُئلت في بعض الأحيان إن كان العلم لا يستطيع الآن تأسيس حجاج قادر على إقناع أي ملحد ينشد المنطق. لا أستطيع أن ألقي بالاقتناع الديني العقائدي في قلب ملحد بأكثر من استطاعتي إلقاء الطرافة في قلب ذلك الإسكتلندي. إن الأمل الوحيد في تحويل عقيدة ذلك الأخير هي عبر مخالطته لرفاق عقولهم تدرك المرح، قد يبدأ في إدراك أنه يفتقد شيئًا ما في الحياة يستحق السعي إليه والحصول عليه. ربما توجد هناك في تجاويف عقله الصارم بذور حس مرح مثبطة، تنتظر صحوة يبثها مثل هذا المحفز. تبدو نفس النصيحة قابلة للتطبيق على تطوير الحس الديني، أعتقد أن

ميزة هذه النصيحة أنها تقليدية تمامًا.

لا يمكننا التظاهر بتقديم براهين. ما البراهين إلا أصنام، يعذب أمامها الرياضي نفسه. في الفيزياء نرضى جميعًا بالتضحية أمام أصغر مقام للمعقولية. وحتى الرياضي الخالص -ذلك المنطقي الكالح- يسمح لنفسه في كراهة ببعض الأحكام المسبقة؛ إنه لا يقتنع أبدًا تمامًا بأن مخطط الرياضيات بلا أخطاء، حيث إن المنطق الرياضي قد مر بثورات عميقة جدًّا كثورات النظرية الفيزيائية. إننا جميعا متماثلون نسعى حثيثًا في تعثر خلف مثال يقع فيما وراء متناولنا. في العلم لدينا قناعات بحلول صواب لمسائل، نتعلق بها لكن لا نستطيع تبريرها والبرهنة عليها؛ نكون واقعين تحت تأثير شعور فطري ما بلياقة الأشياء على بعضها البعض. وبالمثل أيضًا قد تأتينا قناعات في النطاق الروحاني، تدعونا الطبيعة إلى الاستمساك بها. لقد ضربت مثالًا بواحدة من تلك القناعات التي من النادر أن تتم منازعتها بل ربما لا تنازع إطلاقًا – تلك التي تتضمن استسلامًا إلى التأثير الباطني لمشهد جمال طبيعي وهو الأمر الصحي والسليم المناسب لروح بشرية، بالرغم من أنها تعتبر تطرفًا لا يمكن غفرانه فيما يتعلق بتأملات «الراصد» في الفصول السابقة. غالبًا ما يتم وصف القناعة الدينية بمصطلحات شبيهة نوعًا ما بالتسليم والاستسلام؛ إن ذلك لا يمكن دفعه أو تعزيزه بالحجاج مع أولئك الذين لا يشعرون بوقعه في طبيعتهم خاصتهم.

أعتقد أنه من المحتوم أن تؤكد هذه القناعات على الملمح الشخصي لما نحاول القبض عليه. إن علينا أن نشيد عالمًا روحانيًّا من رموز مأخوذة من شخصياتنا خاصتنا، كما نشيد العالم العلمي من رموز مترية للرياضي. إن لم يكن ذلك، فلا مناص من تركه دون أن نقبض عليه -محيط نشعر به باهتًا غامضًا في لحظات الانسجام لكننا نفقده في خضم الحياة الروتينية البائسة. كي نحوله إلى قنوات أكثر تواصلية يجب أن نكون قادرين على مقاربة روح العالم في وسط اهتماماتنا وواجباتنا ومشاغلنا عبر تلك العلاقة الأبسط بين الروح والروح حيث يجد فيها الدين الحق كل فيوض التعبير والإبانة.

الدين الباطني الصوفي:

لقد رأينا أن مخطط الفيزياء الدوري يفترض بشكل مسبق بنية وخلفية خارج منظور تحرياته وبحثه. في هذه البنية والخلفية علينا أن نجد أولًا شخصيتنا خاصتنا، ومن ثم ربما نعثر على الشخصية الأكبر والروح الأعظم. سوف تكون فكرة العقل الكلي أو اللوجوس -فيما أعتقد- استدلالًا معقولًا منصفًا تمامًا قائمًا على الوضع الحالي للنظرية العلمية؛ على الأقل ستكون في تناغم معها. لكن لو أن الأمر على هذه الصورة، فإنا كل رحلات التساؤل تلك تدعم تأكيد وحدة خالصة صافية للوجود. لا يمكن للعلم أن يخبر إن كانت روح العالم خيرة أم شريرة، وحجاجه المتعثر حول وجود الله قد يتحول بشكل مكافئ تمامًا إلى حجاج حول وجود الشيطان.

أعتقد أن ذلك مثال على قصور مخططات الفيزياء، تلك التي أشكلت علينا من قبل، أعني أنه في كل هذه المخططات من هذا النوع يتم تمثيل المضاد المعاكس بعلامة + و-. يتم تمثيل الماضي والمستقبل، السبب والتأثير بنفس هذه الطريقة غير المناسبة. واحد من أكبر ألغاز العلم يكمن في التساؤل عن لماذا البروتونات والإلكترونات ليست ببساطة ضديد أحدها الآخر، على الرغم من أن مفهومنا بكامله عن الشحنة الكهربية يتطلب أن مثل هذه الكهربية الموجبة والسالبة يجب أن تندرج في علاقة تجمع بينهما ك+ و-.[1]

يمكن تحديد سهم الزمن بواسطة المزج المتضارب بين المعتقد الديني والإحصاء المعروف باسم القانون الثاني للديناميكا الحرارية فقط؛ أو كي نعبر عن الأمر بشكل أوضح، يتم تحديد اتجاه سهم الزمن بواسطة قوانين الإحصاء، لكن دلالته كحقيقة

(١) بات من المعروف الآن والثابت أن هناك مادة مضادة، مشابهة للمادة التي نعرفها لكنها تضادها في الشحنة فهناك البوزيترون وهو مضاد الإلكترون حيث يحمل كل خواصه عدا أن شحنته موجبة وهناك كذلك مضاد البروتون وهو جسيم يحمل كل خواص البروتون عدا أن شحنته سالبة ولو اجتمعت مضادات البروتونات مع البوزيترونات فإنها تصنع مادة مضادة ويعتقد أنه عند تكون الكون في البداية قد كان يحوي مادة ومادة مضادة قبل أن تفنى الأخيرة وهو اللغز العلمي المحير. (المترجم).

حاكمة «بإعطاء معنى للعالم» يمكن الاستدلال عليه فقط عن طريق افتراضات غائية (تيليولوجية)[1].

إذا كانت الفيزياء لا تستطيع تحديد الطريقة التي يمكن بها النظر إلى الكون كي يكون معدولًا غير مقلوب أو معكوس فإنه لا يمكن التعويل على أي أمل في أن ترشدنا فيما يتعلق بالتوجيه الأخلاقي. إننا نثق في شعور ما داخلي بالانضباط واللياقة عندما نوجه العالم الفيزيائي بحيث يكون المستقبل إلى الأعلى ويكون بهذا العالم الفيزيائي معدولًا غير مقلوب، وبالمثل يجب أن نثق في رقيب ما داخلي عندما نوجه العالم الروحاني بحيث يكون الصلاح نحو الأعلى ويكون بذلك معدولًا، غير مقلوب.

بتسليمنا أن العلم الفيزيائي قد قصر منظوره تاركًا الخلفية فإننا أحرار - أو على

(١) في اعتقادي أن السبب الأهم في معاداة المتدينين لنظرية دارون في التطور ليس بسبب أنها قد حطت من مكانة الإنسان فقد فعلت الفيزياء الفلكية من قبل حين أخرجت الأرض من مركز الكون وأخذت تلقي بها بعيدًا بعيدًا حتى أصبحت مجرد كوكب بلا شأن على أطراف مجرة بلا شأن ضمن مليارات المجرات الأخرى في الكون المنظور، إنما يكمن السبب في أن نظرية التطور قد ألغت كل غائية في العالم لأنها جعلت من الإنسان محض صدفة، تشكلت نتيجة تفاعل الحياة مع البيئة فانتهت إلا ذلك الإنسان وربما كانت لتنتهي إلا أي شيء آخر. في حين أن الفيزياء لم تستطع أن تفعل ذلك كما بين إدنجتون فسهم الزمن لا يزال يحمل سر هذه الغائية ربما التي لا يفسرها شيء ولا يحكمها إلا قانون الاضمحلال الثاني للديناميكا الحرارية (الإنتروبيا).

وإن كنت أفترض أن البيولوجيا ونظرية دارون لم تنجح ربما في إزالة كل غائية، فإن كانت معادلات الفيزياء الأولية لا تستطيع تفسير سهم الزمن أو اتجاه تدفق الماضي والمستقبل أو السبب والتأثير فكذلك لا تستطيع الداروينية تفسير لماذا على تطور الكائنات أن يكون دائمًا نحو التقدم والرفعة، لا نحو الانهيار والسقوط (مع إهمال ربما بعض الحوادث التي قد تناقض ذلك) إلا أن التطور بمجمله قد تقدم بالكائن الأولي وحيد الخلية إلى ذلك متعدد الخلايا ثم إلى قمة الهرم الإنسان. قد يدفع البعض بأن ذلك محض هراء، فما الذي يجعل الإنسان أكثر تقدمًا من الأميبا؟ وهو تساؤل يحمل ذات وجاهة التساؤل الذي نصه وما الذي أدرانا أن تدفق الزمن من الماضي نحو المستقبل ولا يجري في الاتجاهين أو أن كل الأزمنة موجودة بالفعل معًا. مرة أخرى نحن ملزمون بمفاهيم الوعي الإنساني الذي يرى أن الزمن يجري من الماضي للمستقبل في غائية ويرى أن التطور يجري نحو التقدم من الأميبا إلى الكائنات الأرقى ومنها الإنسان في غائية غير مبررة بغير استبطان صوفي غائي للوعي ناتج عن معرفة لدنية.

قد يدفع البعض بأن عمليات دارون التطورية هي السبب في ذلك الشعور، فالبقاء يحتاج إلى تطويره وغرسه في الكائن الحي إلا أنني سأحذو حذو إدنجتون حتى لا نبقى دائرين في دوائر مفرغة وسأشير مثله إلى إن السبب لا يهم سواء كان الغرس سماويًّا أو طبيعيًّا أرضيًّا تطوريًّا، ففي كل الأحوال الشعور يعتمل في صدر كل إنسان ويعطيه الدافعية. (المترجم).

الأقل مدعوون - كي نملأ الفراغ بواقعية فعلية من مصدر روحاني، إلا أنه لم يزل علينا أن نواجه النقد الأكثر صعوبة من قبل العلم. يقول العلم: «قد تركت مجالًا هنا، لن أتدخل فيه. أسلم بأن لديك نوعًا ما من المسارات التي تؤدي إليه عبر معرفة لدنية للوعي، على ذلك فهو ليس بالضرورة مجالًا تسكنه اللاأدرية الخالصة. لكن كيف ستتعامل مع هذا النطاق؟ هل لديك أي نظام للاستدلال من الخبرة الباطنية يقف على قدم المساواة مع النظام الذي يستخدمه العلم لتطوير المعرفة بالعالم الخارجي؟ لا أصر على توظيفك لمنهجيتي، التي أعترف بأنه لا يمكن تطبيقها؛ لكن هل أملك أي منطق يدفعني لعدم اعتبار التفسير الديني الحالي الذي يتم إصباغه عليه مجرد رومانسية تشوش على الرأس؟»

إن المسألة خارج نطاق منظوري على الأرجح. يمكنني فقط أن أعترف بكونها وثيقة الصلة. وعلى الرغم من أنني قد اخترت أخف مهمة بأخذ العقيدة الباطنية فقط في الاعتبار - وليس لديَّ دافع للدفاع عن أي شيء آخر - إنني لست كفؤًا كي أجيب بأي إجابة قد تقترب من الكمال. من الواضح أن تبصر الوعي -بالرغم من كونه المسار الوحيد إلى ما أسميته بالمعرفة الحميمة للواقع الكائن خلف رموز العلم- لا يمكن الوثوق به ونحن مغمضو العيون من دون أي تحكم منا. تاريخيًّا ارتبطت الباطنية الدينية غالبًا بغلو وتزيُّد لا يمكن القبول به. أفترض أنه بالمثل أيضًا قد تكون الحساسية المفرطة نحو التأثيرات الجمالية علامة سلوك عصابي غير صحي قد أصاب الفرد. يجب أن نسمح بشيء ما لتفسير أحوال المخ المرضية، حيث تنتابه لحظات من تخبط التبصر. لقد بدأ الفرد منا يخشى من أنه بعد تمام رصد أخطائنا كلها ومحوها، لن يظل أي «نحن» متبقيًا. لكن في النهاية عند دراسة العالم الفيزيائي علينا أن نعتمد على أعضاء الحس خاصتنا، على الرغم من كونها قادرة على خداعنا من خلال سرابات وخدع ظاهرة؛ بالمثل قد يكون طريق الوعي إلى العالم الروحاني محاطًا بالأخطاء لكن ذلك لا يفترض بالضرورة أنه لا يمكن إحراز أي تقدم.

هناك نقطة يتوجب التأكيد عليها وهي أن الدين أو الاتصال مع القوى الروحانية إذا كانت له أي أهمية عامة على الإطلاق فيجب أن يكون أمرًا مألوفًا من أمور الحياة المعتادة ويجب أن يتم التعامل معه على هذا النحو في خضم أي نقاش. أرجو ألا تكون قد فسرت مرجعيتي إلى الاستبطان كإشارة إلى الخبرات غير المعتادة والوحي. لست مؤهلًا لمناقشة أي قيمة مستقرة (إن وجدت) مرتبطة بالأشكال الغريبة للخبرة والتبصر. لكن افتراض أن العقيدة الباطنية تحت أي ظرف معنية بالأساس بذلك مشابه لافتراض أن نظرية أينشتاين معنية بالأساس بالحضيض الشمسي لكوكب عطارد[١] وأرصاد أخرى استثنائية قليلة. تبدو نغمة النقاش الحالي متحذلقة على الأغلب، كما تبدو متزيدة على نحو غير مناسب بالنسبة لأمر من الأمور اليومية العادية الروتينية.

إننا ندرك كعلماء أن اللون مجرد مسألة طول موجي للذبذبات الأثيرية؛ لكن لا يبدو أن ذلك قد أزال الشعور بأن العيون التي تعكس ضوءًا طوله الموجي مقارب لـ٤٨٠٠ معرضة لملحمة شعرية بينما تلك التي تعكس ضوء طوله الموجي ٥٣٠٠ قد تركت بلا أغنية. إننا لم نصل بعد لممارسات أهل لابوتا[٢] الذين «سوف يقومون -على سبيل المثال بإطراء جمال امرأة أو أي كائن آخر بوصفه من خلال معينات ودوائر ومتوازيات أضلاع وقطعان ناقصة واصطلاحات هندسية أخرى» من المؤكد أن المادي المقتنع بأن كل الظواهر نابعة من الإلكترونات والكوانتا وما يماثلها مما هو محكوم بمعادلات رياضية هو على الأرجح متمسك بمعتقد يذهب إلى أن زوجته عبارة عن معادلة تفاضلية مفصلة؛ لكنه ربما يكون لبقًا كفاية كي لا يفصح عن مكنونه ورأيه هذا في الحياة المنزلية. إذا كان هناك شعور بأن هذا النوع من التشريح العلمي

(١) الحضيض الشمسي هو أقرب نقطة في مدار الكوكب من الشمس وقد تم رصد تغير في الحضيض الشمسي لكوكب عطارد، لم تستطع نظرية نيوتن تفسيره حتى إنه قد افترض وجود كوكب يدعى ڤالكان هو السبب في ذلك الشذوذ وجرت محاولات كثيرة لرصده دون جدوى حتى جاءت النسبية واستطاعت تفسير ذلك الشذوذ من خلال معادلاتها في واحد من أوائل الاختبارات والنجاحات للنظرية النسبية. (المترجم).

(٢) جزيرة ورد ذكرها في رحلات جليفر. (المترجم).

غير مناسب وغير ذي صلة في العلاقات الشخصية المعتادة، فلا مكان له بالتأكيد في أكثر العلاقات شخصية من بينها جميعًا – تلك العلاقة التي تجمع الروح البشرية بالروح السماوية.

إننا مهمومون بالحقيقة المثلى، لكنه من الصعوبة بمكان القول بالشكل الذي نجد عليه الحقيقة المثلى. لا يمكنني الاعتقاد في أن لها الشكل المنصوص عليه في ثبت القوانين. بطريقة ما فإن جزءًا من مثاليتها يجب أن يكون مدمجًا فيها، إنه ذلك الجزء الذي نقدره «كشعور بالاتساق». إن الفيزيائي لا يختبر أي خيانة للحقيقة في المناسبات التي يخبره فيها شعوره بالاتساق أن اللوح الخشبي عبارة عن مادة متواصلة وهو يعلم جيدًا أنها فعليًّا في «الواقع» عبارة عن فراغ خال يحتوي على شحنات كهربية متناثرة في تفرق. وربما يزودنا البحث الفلسفي الأكثر عمقًا في طبيعة الإله بمفهوم لا يتسق بالمثل مع الحياة اليومية، لذلك علينا بالأحرى أن نوظف مفهومًا قد تم الكشف عنه منذ ما يقارب الألفي عام[1].

إنني أقف على العتبة، على وشك دخول غرفة. إنه عمل معقد. في المقام الأول عليَّ أن أدفع ضد غلاف جوي ضاغط بقوة أربعة عشر رطلًا لكل بوصة مربعة من جسمي. عليَّ أن أتيقن من الهبوط على لوح خشبي يسافر بسرعة عشرين ميلا في الثانية حول الشمس – التبكير أو التأخر بجزء من الثانية يجعل اللوح الخشبي على بعد أميال بعيدًا. يجب عليَّ أن أفعل ذلك بينما أنا معلق إلى كوكب مستدير ورأسي موجهة إلى الخارج نحو الفضاء وتهب علي رياح الأثير عبر كل فرجة في جسدي بسرعة لا يعلم أحد عدد الأميال في الثانية التي تبلغها. ليس للوح الخشبي أي صلابة في مادته. القفز عليه يشبه القفز على سرب من الذباب. ألا يجدر بي ألا أنزلق به؟ لا، إن قررت المغامرة، ستضربني ذبابة من الذباب وتزودني بدفعة للأعلى من جديد؛ أسقط من جديد وتلكمني ذبابة نحو الأعلى؛ وهكذا دواليك. قد آمل أن تكون النتيجة

(١) الراجح أنه يقصد الديانة المسيحية (المترجم).

النهائية أنني سوف أبقى في مكاني ثابتًا تقريبًا؛ لكن لو أنني لسوء الحظ قد انزلقت عبر الأرضية أو لو دفت للأعلى بعنف شديد للغاية نحو السقف، فإن الحدث لن يكون انتهاكًا لقوانين الطبيعة، لكن صدفة نادرة. هذه بعض الصعوبات الصغيرة. ما يتوجب عليَّ فعليًّا هو النظر على نحو رباعي الأبعاد إلى المسألة فيما يتعلق بتقاطع مسار العالم خاصتي بذلك الذي للوح الخشبي. ثم من الضروري مجددًا أن نحدد في أي اتجاه تزداد إنتروبيا العالم من أجل التيقن من أن مروري فوق العتبة هو دخول وليس خروجًا.

بلا ريب، إن مرور جمل عبر خرم إبرة لهو أمر أسهل من مرور رجل علم عبر باب. وسواء كان الباب باب حظيرة أو باب كنيسة فيبدو أن الحكمة ربما تقتضي أن عليه أن يوافق على أن يكون رجلًا عاديًّا وأن يمضي في سيره بدلًا من الانتظار حتى يتم حل وانقضاء كل الصعوبات المتضمنة في الدخول العلمي الفعلي.

* * *

الخلاصة

تعتمل في صدر العالم العملي الواقعي فورة غضب، وهي على وشك أن تنفجر في وجوهنا. دعنا نحاول وضع الخطوط العريضة لدفاعنا الذي نستطيع بناءه.

أعترف أن أكثر تهمنا إيغارًا للصدور أنني كنت أتكلم بما في دروب عقلي الخلفية وينبغي عليَّ أن أعرف أنه مجرد هراء من نوع حسن النية لا أكثر. في مقدوري أن أطمئنك أن هناك جزءًا علميًّا مني، كان يثور معترضًا في أغلب الأوقات، رافعًا رايات النقد خلال بعض أجزاء الفصول الأخيرة. لن أذهب إلى درجة أن أقول إنني كنت نصف مقتنع، لكن على الأقل قد شعرت بالحنين لمسارات العلم الفيزيائي حيث الدعامات التي يمكننا أن نستند إليها موجودة إلى حد ما لتحفظنا من السقوط في أسوأ مستنقعات الحماقة. لكن مهما شعرت بميل لتمزيق الأوراق التي تحمل هذا الجزء من النقاش وإلزام نفسي بمهنتي الطبيعية وما أعرف حيث العبث مع قراءات المؤشرات، أجد أنني قد كنت ملتزمًا بالمبادئ الرئيسة. لا يمكننا ابتداءً من الأثير والإلكترونات وآليات الفيزياء الأخرى الوصول إلى الإنسان الواعي والإمساك بتلابيب ما يجري في وعيه. الملحوظ أننا قد نصل إلى الآلة البشرية المتفاعلة مع محيطها عبر ردود الفعل المنعكسة؛ لكننا لا نستطيع الوصول إلى الإنسان المنطقي المسؤول أخلاقيًّا في سعيه المجد نحو الحقيقة فيما يتعلق بالأثير والإلكترونات أو الدين. ربما قد يبدو التوسل بآخر تطورات نظريتي النسبية والكم ليخبرانا بهذا أمرًا منذرًا بالخطر غريبًا في غير ضرورة؛ لكن لم يكن ذلك المقصود. لقد قمنا بتتبع هاتين النظريتين لأنهما تحويان مفاهيم العلم الحديث؛ والمسألة ليست مسألة تأكيد إيمان ما في أن العلم يجب أن يكون متماشيًا في نهاية المطاف مع رؤية مثالية لكنها مسألة فحص لطبيعة الموقف الذي يتخذه العلم فعليًّا حيال هذه الرؤية في اللحظة الآنية. قد أضحي

بالحجاج المفصل في الفصول الأربعة الأخيرة (ربما قد حدث تشويه نتيجة الاشتباك في الجدل) إن كان من الممكن توصيل دلالة التغيرات التي حدثت مؤخرًا وتجاوزت المثاليات العلمية باستخدام وسائل أخرى بديلة. يرى الفيزيائي الآن عالمه الخارجي بطريقة لا يمكنني أن أصفها إلا بأنها أكثر سحرًا وغرابة وباطنية مع أنها ليست بأقل انضباطًا أو عملية من تلك التي سادت منذ عدة أعوام، عندما كان من المسلم به أن لا شيء يمكن أن يكون حقيقيًّا ما لم يستطع المهندس أن يصنع نموذجًا له. في زمن ماضٍ بدا محتملًا أن الدمج بين النفس والمحيط بكامله الذي يشكل الخبرة يقع تحت سلطان الفيزياء كأمر أكيد أكثر مما هو عليه الحال الآن. لقد ولت مرحلة الغطرسة تلك عندما كان من اللازم على الأرجح طلب الإذن من الفيزياء كي نطلق على روح الشخص أنها خاصته. لقد أدى التغيير إلى بزوغ أفكار قادرة على النمو والتطور. حتى وإن كنا غير قادرين بعد على الوصول إلى الكثير من الوضوح فيما يتعلق بالفكرة المؤسسة إلا أنه يمكننا أن نفطن إلى أن افتراضات وتوقعات ومخاوف معينة لم تعد قابلة للتطبيق. أليس ذلك بالكاد نوعًا من الهراء حسن النية أن يؤكد فيزيائي مثل هذه الضرورة لمنظور ما يقع فيما وراء الفيزياء؟ بل إن الهراء الأكبر في تجاهل الأمر. أو كما بينت الملكة الحمراء[1] النسبوية المتحمسة: «قد تدعينه هراء، لكنني قد سمعت هراء، عند مقارنته به سوف يبدو هذا في معقولية معجم للغة»[2].

---

(١) شخصية من شخصيات رواية الرياضي لويس كارول الشهيرة (أليس في بلاد العجائب) (المترجم).

(٢) قالت أليس: «إنني أود فقط أن أرى كيف هي الحديقة يا مولاتي»

قالت الملكة وهي تملس على رأس أليس وهو الفعل الذي لم تحبه أليس وتستسغه: «ذلك حسن للغاية، غير أنك عندما تقولين حديقة، فقد رأيت حدائق عند مقارنتها بها ستبدو هذه كبرية موحشة»

لم تجرؤ أليس على مناقشة هذه النقطة لكنها واصلت: «وأظن أنني سوف أحاول أن أجد طريقي إلى قمة ذلك التل»

قاطعتها الملكة: «عندما تقولين تل، ففي مقدوري أن أريك تلالًا، عند مقارنتها به سوف تقولين: هذا واد»

قالت أليس وقد تفاجأت حد الاعتراض عليها في النهاية: «لا ينبغي أن أفعل ذلك. لا يمكن للتل أن يكون واديًا، أنت تعرفين. سوف يكون ذلك هراء»

هزت الملكة الحمراء رأسها وقالت: « قد تدعينه هراء، إذا أحببت. لكنني قد سمعت هراء، عند مقارنته به سوف يبدو هذا في معقولية معجم للغة»

من رواية (أليس في بلاد العجائب). رائعة (لويس كارول) (المترجم).

بالنسبة لأولئك الذين يتمسكون بأنه يجب أن يكون هناك أساس فيزيائي لكل شيء ومقتنعون بأن وجهات النظر الاستبطانية مجرد هراء، قد نسألهم: ما هي إذا الأسس الفيزيائية للهراء؟ إن «مشكلة الهراء» تلمس المشتغل بالعلم بشكل أكثر وثاقة من أي مشكلة أدبية أخرى. قد يعتبر التمييز بين الخير والشر أمرًا بعيدًا تمامًا عن أي من اهتماماته؛ لكن التمييز بين المعقول والهراء، بين الاستدلال العقلي الصالح المقبول وغير الصالح يجب أن يكون متفقًا عليه ومقبولًا قبل كل تساؤل علمي. لذلك قد يمثل الهراء خيارًا جيدًا لفحصه كحالة اختبارية.

إذا كان المخ يحتوي على أساس فيزيائي للهراء الذي يظنه كهراء، فبالتأكيد سيكون هذا الأساس نوعًا ما من تراكيب الكميات الفيزيائية – ليست إفرازًا كيميائيًّا بالضبط، لكنه لن يختلف جوهريًّا عن ذلك النوع من المنتوجات. إن الأمر يجري على هذه الصورة، عندما يقول مخي إن ٧ ضرب ٨ سيكون ٥٦ فإن آليته تصنع السكر، لكن عندما يقول إن ٧ ضرب ٨ ستكون ٦٥ فإن آليته قد أخطأت وأنتجت طباشيرًا. لكن من قال إن الآلية قد أخطأت؟ كآلة فيزيائية قد عمل المخ وفق قوانين الفيزياء غير القابلة للكسر؛ لذلك لماذا يوصم فعله؟ لا يوجد في الكيمياء ما يوازي تمييز النواتج الكيميائية هذا إلى خير وشر. لا يمكننا تشبيه قوانين الأفكار بالقوانين الطبيعية؛ إنها قوانين تنبغي طاعتها، وليست قوانين تجب طاعتها؛ ويجب على الفيزيائي أن يقبل قوانين الأفكار قبل قبوله قوانين الطبيعة. كلمة «ينبغي» تأخذنا خارج الكيمياء والفيزياء. إنها معنية بشيء يريد أو يقدر السكر ولا يريد أو يقدر الطباشير، شيء يريد أو يقدر المعقول ولا يريد أو يقدر الهراء. لا يمكن لآلية الفيزياء أن تقدر أو أن تريد أي شيء؛ مهما يكن ما يتم تغذيتها به سوف تقوم بمضغه وفقًا لقوانين آليتها الفيزيائية. إن ذلك هو ما يتسبب في أن العقل لا يوفر أي مرتكز لإدانة الهراء في ظل قوانين العالم الفيزيائي. في عالم الأثير والإلكترونات قد نقابل ربما الهراء، لكننا لا نستطيع أن نقابل الهراء اللعين.

إن أكثر نظريات الفيزياء معقولية للاستدلال العقلي الصحيح، من المحتمل أن تجري بطريقة ما على هذا النحو. عن طريق الاستدلال العقلي يكون في مقدورنا أحيانًا التنبؤ بأحداث، تتأكد فيما بعد بالرصد؛ تتبع العمليات الذهنية ترتيبًا ينتهي بمفهوم يتوقع إدراكًا تاليًا. من الممكن أن نطلق على مثل هذه السلسلة من الحالات الذهنية «الاستدلال الناجح» – المقصود به تصنيفًا تقنيًّا بلا أي تداعيات معنوية تتضمن كلمة «ينبغي» صعبة المراس. يمكننا تفحص الخواص المشتركة لنماذج مختلفة للاستدلال العقلي الناجح. إذا طبقنا هذا على تحليل الملامح العقلية للاستدلال نحصل على قوانين المنطق؛ لكن من المحتمل أن يكون في الإمكان تطبيق التحليل على المكونات الفيزيائية للمخ. من غير المستبعد أن نعثر على الخواص المميزة التي تصاحب الاستدلال الناجح في العمليات الفيزيائية التي تجري في خلايا المخ وسوف تمثل «الأساسات الفيزيائية للنجاح»

لكننا لا نستخدم قوة الاستدلال بمفردها للتنبؤ بالأحداث المرصودة وسؤال النجاح (كما تم تعريفه فيما سبق) لا يظهر دائما. مع ذلك لو أن مثل هذا الاستدلال قد كان مصحوبًا بمنتج أطلقت عليه «الأساسات الفيزيائية للنجاح» فإن علينا بشكل طبيعي تشبيهه بالاستدلال العقلي الناجح.

وعلى ذلك لو أقنعت خصمي المادي أن يسحب النعت «هراء لعين» باعتباره غير متماش مع مبادئه الخاصة، فإنه لا يزال منوطًا به أن يدعي أن مخي لم يحتو الأساسات الفيزيائية للنجاح وهو يطور هذه الأفكار. يجب عليَّ أن أوضح مقاصدي حيث إن هناك بعض الخطورة في أن تختلط وجهات النظر التي تعود لكل منا:

أ. إن كنت أذهب إلى ما يذهب إليه خصمي فلا يجب أن أقلق حيال الغياب المدعى للأساسات الفيزيائية للنجاح في استدلالي حيث إنه من غير الواضح لماذا يجب أن يكون هذا لعينًا عندما لا نتعامل مع تنبؤات رصدية.

ب. ولأنني لا أذهب إلى ما يذهب إليه، فإنني قلق للغاية حيال الادعاء؛ لأنني

يجب أن أعتبره إشارة خارجية على أن النعت القوي (الذي يتماشى مع مبادئي) يمكن تطبيقه.

أعتقد أن نظرية «نجاح» الاستدلال العقلي لن تثير إعجاب الرياضي الخالص كثيرا. بالنسبة له فإن الاستدلال العقلي مقدرة مرسلة من السماء كي يتم الاستمتاع بها بعيدًا عن صخب العالم الخارجي. افتراض أن حال مبرهناته يعتمد على حقيقة أن الفيزيائي الآن وفيما بعد ينجح في التنبؤ بنتائج تتماشى مع الأرصاد هو هرطقة. دع العالم الخارجي يتصرف بلا منطق كما سيفعل، سيبقى هناك ركن للمعرفة غير متشوش حيث قد يبحث فيه في سعادة عن جذور دالة ريمان زيتا[1]. نظرية النجاح تبرر نفسها للفيزيائي بشكل طبيعي. إنه يوظف هذا النوع من نشاط المخ لأنه يقوده إلى ما يريد – تنبؤات يمكن التيقن من صحتها فيما يخص العالم الخارجي– وهو يقدرها لذلك السبب. لماذا لا يجب على اللاهوتي أن يوظف ويقدر واحدة من العمليات الذهنية للاعقل والتي سوف تقوده إلى ما يريد – طمأنة بفردوس مستقبلي أو جحيم لتخويفنا فنلتزم بسلوك أفضل؟ عليك أن تفهم ذلك، أنا لا أشجع رجال اللاهوت على احتقار الاستدلال العقلي؛ مقصدي أنهم قد يفعلون ذلك إن لم يكن هناك تبرير أفضل من نظرية «النجاح».

وذلك هو قلقي الخاص خشيتي من أنه كان ينبغي علي أن أتحدث هراء، ينتهي إلى إقناعي بأن علي أن أتفكر في شيء ما لا يمكن أن يوجد في العالم الفيزيائي.

قد يكون أحد الاتهامات الأخرى التي وجهت ضد هذه المحاضرات تسليمها بدرجة ما بمذهب ما فوق الطبيعة الذي يبدو في أعين الكثيرين مماثلًا تمامًا للدجل. فيما يتعلق بإنكار السببية الصارمة (راجع الفصل الرابع عشر) المرتبط بمذهب فوق الطبيعة، يمكنني أن أجيب على هذا التساؤل بمجرد الإشارة إلى أن ذلك هو ما قامت

(١) دالة حدسية رياضية اكتشفها ريمان زيتا في القرن التاسع عشر ولم تتم البرهنة عليها حتى الآن، وإن كانت حتى اللحظة ناجحة عند كل تجريب، عصية على كل نفي. (المترجم).

التطورات العلمية الحديثة لنظرية الكم بإيصالنا إليه. لكن ربما كانت أكثر أجزاء مخططنا استفزازًا تتمثل في الدور المسموح به للذهن والوعي فيه. إلى الآن أفترض أن خصمنا يعترف بالوعي كحقيقة وهو منتبه إلى أنه من دون المعرفة بواسطة الوعي لا يمكن البدء في أي تقصٍّ علمي. هل يعتبر خصمنا الوعي فوق طبيعي؟ إذا فهو الذي يسلم بما فوق الطبيعة. أم هل يعتبره خصمنا كجزء من الطبيعة؟ كذلك نفعل نحن. إننا نعامله وفقًا لما تبدو كمكانته الواضحة، تلك المكانة التي تبدو كسبيل لمقاربة كل المعرفة العلمية بالعالم. أم هل يعتبر خصمنا الوعي كشيء ما -لسوء الحظ- يجب الاعتراف به لكن في ذكره لطفًا لا يطاق؟ مع ذلك سنسايره. لقد قمنا بربط الوعي بخلفية لا يلمسها المسح الفيزيائي للعالم، وقمنا بمنح الفيزيائي نطاقًا، يمكنه أن يمضي فيه دائرًا في دوائر دون أن يصادف أبدًا ما يجلب حمرة الخجل إلى وجنتيه. هاهنا مملكة من قوانين الطبيعة قد تم تأمينها له كي تغطي كل ما كان مشغولًا به بشدة، أبدًا. وحقيقة لقد كان هذا إلى حد كبير الغرض من مناقشتنا؛ تأمين مثل هذه المملكة حيث قد تعمل المنهجية العلمية دون تعويق، فيما يتعلق بطبيعة ذلك الجزء من خبرتنا الذي يقع فيما وراءها. قد لا يكون دفاع المنهج العلمي هذا مفرطًا في تزيد. غالبًا ما يصاغ الاتهام على هذه الصورة، بتجاهل العلم الفيزيائي لملامح للخبرة الإنسانية الواضحة لثقافة أعرض، فقد تم تجاوزه بواسطة نوع من الجنون قاد للأسف صوب الضلال. إن جزءًا من نضالنا إثبات وجود مجال أعرض للبحث، تكفي فيه منهجية الفيزياء، بحيث يكون إدخال هذه الملامح الأخرى غير مفيد تمامًا وضارًّا.

إن غواية رجل العلم المدافع عن الدين التي تملك عليه كيانه، تتمثل في أخذ بعض تعبيراته الحالية، والقيام بتنقيتها من الأفكار غير المحددة (التي من المؤكد ارتباطها بالضرورة مع أي شيء قد تم تكييفه مع الاحتياجات اليومية للبشرية)؛ كي يخفف المعنى حتى لا يبقى إلا القليل مما يحتمل أن يكون في تعارض مع العلم أو مع أي شيء آخر. لو أن التفسير الذي قد تمت مراجعته وتنقيحه قد عرض في

البداية فلن يلقى أو يثير انتقادات شديدة؛ على الجانب الآخر لن يتسبب في اختلاج مشاعر أحدهم نحو أي فورة روحية عظيمة. ليس من السهل تجنب هذا الإغواء لأنها بالضرورة مسألة اهتمامات. من الواضح أننا إذا ما حاولنا استخلاص أي وجهة نظر مترابطة كي يتم الدفاع عنها من عقائد مئات الطوائف الدينية المختلفة فإن البعض منها على الأقل ستميل إلى تخفيف أفكارها التي تعتقد فيها. لا أدري إن كان القارئ سيحلني من ذنب الاستسلام إلى هذا الإغواء في المناطق التي قد لامست فيها الدين والعقيدة؛ لكنني قد حاولت محاربة تلك الرغبة ما استطعت. أي فشل ظاهر ربما يكون قد نشأ بالطريقة التالية. لقد كان اهتمامنا منصبًّا على نقاط تماس العالمين المادي والروحي عن طريق مقاربة تبدأ من جانب العالم المادي. من هذا الجانب فإن كل ما يمكننا تأكيده عن العالم الروحي لن يكون كافيًا لتبرير حتى أشحب صنوف الأديان، تلك الهزيلة للغاية ليكون لها أي تأثير عملي على منظور الإنسان. لكن العالم الروحي كما هو مفهوم في أي ديانة جادة هو بأي حال عالم نطاقه شفيف. لذلك بإطلاق اسم العالم الروحي على هذه المنطقة النائية علميًّا فيبدو أنني قد توسلت سؤالًا حيويًّا، بينما قد انتويت فقط تعريفًا أوليًّا. كي نقدم إجابة أكثر من أولية، فيجب أن نقوم بمقاربة من الجانب الآخر. لست راغبًا في لعب دور رجل الدين المبتدئ لأقوم باختبار هذه المقاربة تفصيلا. رغم ذلك فقد أوضحت أن إسهامات الصبغة الدينية في ذلك النطاق يجب أن تستقر على قناعة داخلية؛ وأعتقد أنه ينبغي علينا ألا ننكر صلاحية قناعات داخلية معينة، ذلك الأمر الذي يبدو موازيًا للثقة غير المنطقية (غير العقلانية) في المنطق والعقل -أساس الرياضيات- مصحوبة بشعور غريزي بتوافق الأشياء الذي هو في الأساس من علم العالم الفيزيائي، ومصحوبة بشعور لا يقاوم بالتناقض والذي هو في الأساس من مبررات روح الدعابة. أو ربما لا يحمل هذا التساؤل كل هذا القدر من محاولات تأكيد صلاحية هذه القناعات بقدر ما يحاول إدراك وظيفتها كجزء جوهري من طبيعتنا. إننا لا نحاول الدفاع عن صلاحية رؤيتنا للجمال في المناظر الطبيعية؛ نقبل في عرفان حقيقة كوننا منعمًا علينا جدًّا كي نراه

بتلك الطريقة. قد يقال ربما أن الاستنتاج الذي قد نصل إليه من حجاج العلم الحديث هذا، يكمن في أن الدين قد أصبح للمرة الأولى ممكنًا بالنسبة لرجل العلم العقلاني المنطقي في الفترة التي تقع حول العام ١٩٢٧. إذا ما كان لزامًا علينا أن نفكر في ذلك الشخص المزعج، الرجل العقلاني في اتساق، فيمكننا أن نوضح أنه ليس الدين فقط بل أغلب ملامح الحياة المعتادة قد أصبحت ممكنة بالنسبة له للمرة الأولى في ذلك العام. لا تزال بعض نشاطات معينة معتادة -فيما أتخيل- عصية عليه (مثل الوقوع في الغرام). إذا ما كانت البراهين تشير إلى أن تنبؤاتنا ما كان ليعثر عليها قبل عام ١٩٢٧ حين تم توجيه آخر ضربة أطاحت نهائيًّا بالسببية الصارمة بواسطة هايزنبرج وبور وبورن وآخرين، سوف يصنف ذلك العام بكل تأكيد كواحد من أعظم حقب تطور الفلسفة العلمية. لكن يمكننا إدراك أنه قبل حقبة التنوير هذه فقد نجح البشر في إقناع أنفسهم بأن عليهم أن يصيغوا مادة مستقبلهم خاصتهم بما لا يستقيم مع نير السببية الصارمة، ربما كان عليهم أن يستخدموا ذات سبل الدين وطرائقه.

ذلك يمضي بنا إلى التفكر في وجهة النظر الكهنوتية غالبًا والتي تؤكد على أنه من غير الممكن أن يوجد أي تعارض بين العلم والدين بسبب أنهما ينتميان إلى ممالك أفكار مختلفة بالكلية. تداعيات هذا أن مثل تلك النقاشات التي كنا نقتفي آثارها هي تزيُّد بلا طائل. لكن يبدو لي الأمر في حقيقته على صورة مغايرة، إن تلك التأكيدات تستثير هذا النوع من الحجاج - حتى ندرك كيف يمكن لعالمي الأفكار أن يكونا مترابطين مع وجودنا على نحو مستقل. من خلال العثور على طرف الطريقة التي بها قد كونت مملكة الأفكار العلمية نفسها من خلال المخطط الدائري المغلق ذاتيًّا فإن في مقدورنا أن نزود بإجماع آمن. لن يتم تجنب الخلاف ما لم يقصر كلا الطرفين نفسيهما على نطاقيهما الصحيحين؛ والنقاش الذي يمكننا من الوصول إلى فهم أفضل فيما يخص الحدود سوف يكون إسهامًا نحو تحقيق حالة من السلام فيما بينهما. وإن ما زالت الاحتمالات قائمة بشدة فيما يتعلق بحدوث مصاعب حدودية

فيما بينهما، سوف يوضح الأمر مثالنا التوضيحي هذا.

هناك إيمان غير قائم على أي دليل ضمن الحدود الأكثر دوجمائية للدين يذهب إلى أن هناك مستقبلًا لوجود غير مادي معد لنا. لا موضع للفردوس في المكان، لكن لها موضعها في الزمن. (كل مقاصد الإيمان مرتبطة بكلمة مستقبل؛ لن تكون هناك أي سلوى في تأكيد أي نعيم قد كان في حال ما سابقة من الوجود) على الجانب الآخر يؤكد العالم على أن الزمن والمكان كمية متصلة مفردة، والفكرة الحديثة عن الفردوس الموجود في الزمن لكن ليس في المكان، هي في هذا الخصوص أكثر تناقضًا مع العلم من الفكرة التي سادت قبل كوبرنيكوس[١] الذاهبة إلى أن الفردوس يقع فوق رؤوسنا. إن السؤال الذي أحمله معي الآن ليس عما إذا كان رجل الدين أو العالم على صواب، لكن أي منهما قد انتهك نطاق الآخر؟ ألا يمكن للدين أن ينظم أقدار الروح البشرية بطريقة غير مادية دون التعدي بانتهاك حدود مملكة العلم؟ ألا يستطيع العلم تأكيد استنتاجاته فيما يتعلق بهندسة الكمية المتصلة للزمكان دون التعدي بانتهاك حدود الدين؟ بحسب التأكيد سابق الذكر، إنه يمكن للعلم وللدين ألا يعكر أحدهما صفو الآخر بشرط التزامهما بمناطق نفوذهما لا أكثر، لا يمكن إن فعلا ذلك أن يندلع بينهما شجار ما دام كل منهما قد بقي في داخل حدود مملكته. لكن ذلك سيستلزم رسمًا ماهرًا لخط الحدود بينهما؛ من أجل إحباط تطور أي صراع هنا[٢]. لقد اختلف التوجه الفلسفي لأفكار العلم الحديث بشكل ملحوظ عن وجهات النظر التي كانت سائدة منذ ثلاثين عامًا. هل نستطيع ضمان أن الثلاثين عامًا القادمة لن تشهد ثورة أخرى، ربما حتى ردة كاملة؟ يمكننا بالتأكيد توقع تغيرات عظيمة، وربما بحلول ذلك الزمن سوف تظهر أشياء عديدة في مظهر جديد. إن ذلك هو أحد

(١) صاحب نظرية مركزية الشمس، حيث كان يظن قبله أن الأرض هي مركز الكون وأن الجحيم يقع تحت الأرض بينما الفردوس فيما وراء السماء. (المترجم).

(٢) إن هذه الصعوبة متصلة بشكل واضح بالمدخل المزدوج للزمن في خبرتنا الذي قد قمت بالإشارة إليه مرارًا وتكرارًا. (المؤلف).

الصعوبات في علاقات العلم والفلسفة؛ ذلك هو السبب في أن العالم كقاعدة عامة يسبغ اهتمامًا ضئيلًا للغاية على التداعيات الفلسفية لاكتشافاته الخاصة. بسعي حثيث عنيد يتقدم ببطء عبر طريق تملأه الالتواءات نحو حقيقة أنقى فأنقى؛ لكن أفكاره تبدو للناظر متعرجة بطريقة غير متناغمة كثيرًا. يشبه الاكتشاف العلمي محاولة التوفيق بين قطع البازل معًا في بازل كبير عظيم للغاية؛ لا تعني الثورة العلمية أن القطع المرتبة والمتداخلة بالفعل يجب أن يتم نثرها؛ بل تعني أنه مع إضافة قطع جديدة مناسبة ومتوافقة يجب علينا أن نراجع انطباعنا عما سوف تصبح عليه صورة البازل. يومًا ما سوف تسأل العالم كيف يواصل في عمله؛ سوف يرد: «حسنا. لقد انتهيت في وقت قريب للغاية من هذه القطعة من السماء الزرقاء». يومًا آخر تسأله عن أمر السماء وكيف يتقدم الحال بها، فيخبرك: «لقد أضفت الكثير إليها، لكنها قد كانت بحرًا وليست سماء؛ هناك قارب يطفو على قمتها». ربما في المرة القادمة سوف يتضح أنها قد كانت مظلة مقلوبة رأسًا على عقب؛ لكن صديقنا لا يزال مبتهجًا في حماس بالتقدم الذي يحرزه. لدى العالم تكهناته فيما يتعلق بما ستسفر عنه الصورة المنتهية؛ إنه يعتمد بشكل كبير على تكهناته تلك في بحثه عن القطع الجديدة التي قد تتلاءم؛ لكن تكهناته تتعدل من وقت لآخر بسبب تطورات لم تكن متوقعة مع تقدم عملية التوفيق. لا تتسبب ثورات الأفكار هذه في فقدان العالم لإيمانه في عمل يديه، حيث إنه على وعي أن الجزء المكتمل ينمو باطراد. أما أولئك الذين ينظرون من فوق كتفيه ويستخدمون الصورة الحالية غير الكاملة من أجل أغراض خارج حدود العلم، فإنهم يقومون بذلك على مسؤوليتهم الشخصية ويتحملون كلفة المخاطرة كاملة.

إذا ما ارتكزنا بشكل كبير على ديمومة النظريات العلمية، فسوف يؤدي افتقادنا لتمامها إلى تعويق حجاجنا بشكل خطير للغاية. قد يكون القارئ المتدين راضيًا حيث إنني لم أقدم له إلهًا قد كشفت عنه نظرية الكم، وهو بذلك معرض لأن يتم تنحيته جانبًا واستبعاده في خضم تداعيات الثورة العلمية القادمة. لا يشبه الشكل الخاص

الذي اتخذته النظريات العلمية –الاستنتاجات التي نعتقد في أننا قد برهنا عليها– الآن على نحو كبير، حركة الأفكار من وراءها التي يهتم بها الفيلسوف. بمجرد أن فتحت أعيننا مرة، فقد نواصل العبور نحو منظور لا يزال جديدًا عن العالم، لكن لا يمكننا أبدًا أن نعود أدراجنا إلى المنظور القديم.

إذا ما كان قدر مخطط الفلسفة الذي أقمناه على المنجزات العلمية لأينشتاين وبور ورذرفورد وآخرين الانهيار خلال السنوات الثلاثين القادمة، فلن يلقى على عاتقهم تبعة أننا قد كنا ماضين في ضلال. تمامًا كما خدمت أنظمة إقليدس وبطليموس ونيوتن أزمانها، فبالمثل قد يفسح نظام أينشتاين وهايزنبرج المجال لإدراك ما أكمل للعالم. لكن في كل ثورة للفكر العلمي، توضع عوالم جديدة على موسيقى قديمة، وذلك هو ما جرى، فالسابق لم يدمر لكن أعيد تعيين بؤرته. في خضم كل محاولاتنا الخاطئة للتعبير عن لب الحقيقة العلمية، نجدها تنمو بثبات، ويمكننا أن نقول عن هذه الحقيقة – كلما ازدادت تغيرًا، بقيت الشيء نفسه.

* * *

الفهرس

مقدمة المترجم ٥

توطئة ١٥

مقدمة ١٩

الفصل الأول

انهيار الفيزياء الكلاسيكية ٢٩

الفصل الثاني

النسبية ٤٩

الفصل الثالث

الزمن ٦٥

الفصل الرابع

اضمحلال الكون ٩١

الفصل الخامس

الصيرورة ١١٧

الفصل السادس

الجاذبية – القانون ١٣٩

الفصل السابع

الجاذبية – التفسير ١٦٧

الفصل الثامن

موقع الإنسان من الكون ١٩١

الفصل التاسع

نظرية الكم ٢٠٩

الفصل العاشر

نظرية الكم الجديدة ٢٢٩

الفصل الحادي عشر

بناء العالم ٢٥٧

الفصل الثاني عشر

قراءات المؤشر ٢٧٣

الفصل الثالث عشر

الواقع ٢٩٧

الفصل الرابع عشر

التسبيب ٣١٧

الفصل الخامس عشر

العلم والاستبطان الروحاني ٣٤١

الخلاصة ٣٦٩