مثال دماك

نظرية النسبية

ارجو من يريد الاطلاع على هذا الكتاب ان يقرأ هذه المقدمة اولاً ففيها مفتاح بوابة الموضوع

انصح للقارىء ان لا يتقي من الكتاب بعض فصول مشتتة لمطالعتها لئلاّ يضيّع من الوقت ما هو اثمن من المعرفة التي يحصلها منها. بل انصح له ان يطالعهُ بالترتيب الذي رتبتهُ فيه لان كل فصل درجة يُرتقى عليها الى الفصل الذي بعده. وبهذا الترتيب يسهل جدًّا تفهم الموضوع

النسبية ليست مجموعة حقائق تسرد تباعاً بروابط ضعيفة فيما بينها كالتاريخ والجغرافيا وبعض العلوم بل هي نظرية واحدة تفهم جملة . ومتى فهمت لا تنسى . لذلك لا بد من دراستها بالترتيب

النسبية لا تطالع مطالعة بل تدرس درساً . فمن ليس له صبر على الدرس فلا انصح له ان يطالع هذا الكتاب لئلاّ يزداد حيرة فيما هو محير للعامي من قضايا النسبية . لا انصح بدرس هذا الكتاب الاّ لمن يشوقهُ الموضوع ويتوق الى استكناه كنه الطبيعة

النسبية سنة طبيعية . ليست خارقة للطبيعة او مناقضة لظاهراتها كما يتراءى للعامي الذي سمع عن بعض قضاياها كالابعاد الاربعة وتقلص الجسم المتحرك في اتجاه حركته وتمدد الوقت في الجسم المتحرك وتحدب الفضاء الخ . هي السنة الاساسية لجميع سنن الطبيعة

النواميس التي تفسر بها الظاهرات الطبيعية في المدارس والكليات لا تصلح الاّ في دوائر ضيقة لا تتجاوز كرتنا الارضية . وبعضها لا يصلح حتى في هذه الدائرة الضيقة . والروابط التي بين هذه النواميس واهنة وغير كافية لتقديم صورة العالم المادي للعقل البشري كوحدة تامة . فالنسبية بصفة كونها اساساً لجميع نواميس الطبيعة تعد الرابطة المتينة لهذه النواميس . وبها نرى الكون المادي وحدة تامة شاملة . وبها تصحّح النواميس الناقصة والمشوبة بعيب

لذلك متى فهمتها وجدتها امراً طبيعيًّا لا هجنة فيه كما تتراءى لمن يسمع عن قضاياها وهو لم يتفهّم اسرارها

مفتاح بوابة النسبية كشف سر الاتصال الخفي بين اجرام الكون واجسام المادة واجزائها. فاذا فهمت ان ما يتراءى لك من الفراغ او الخلاء بين الاجرام والاجسام المتباعدة ليس فراغاً بل هو مملوء بما يكفل الصلة بينها قبضت على المفتاح

نحن في البر نتصل بالسفينة في البحر على بعد اميال بواسطة امواج النور التي تنعكس عنها وتصدم شبكيات عيوننا . ونرصد ما يبدو فيها من علامات بواسطة المنظار كرايتها وتحريك ربانها للراية نستطيع ان نتفاهم مع الربان على الرغم من ذلك البعد . فامواج النور المنتشرة في الفضاء هي الصلة بين الاجسام وبين الاجرام السموية السحيقة ، وبواسطتها استطعنا ان نعلم حقائق عديدة عظيمة الشأن عن تلك الاجرام القصية

واذا علمت ان النور ليس الاّ طاقاً من ستين طاقاً كهرطيسيا (كهربائي مغطيسي) وكل طاقم منها يشتمل على سبع درجات كدرجات السلم الموسيقية ، وبينها درجات فرعية عديدة فهمت ان وسائل الاتصال بين الاجرام والاجسام لا تحصى ، ولكنها كلها ذات طبيعة واحدة — الكهرطيسية

ان فهمك سر هذا الاتصال بين اجزاء المادة المتباعدة — اي النور ، وكل كهرطيسية كالراديو واللاسلكي الخ — هو مفتاح بوابة النسبية . فلك ان تسأل الآن : ذلك هو المفتاح فأين البوابة ؟

اذا علمت ان الكون او الوجود كما يسميه الفلاسفة ليس مجرد هيولى (مادة) مودعة في فضاء بل هو مادة متحركة في الفضاء تشغل اجزاؤها حيزات ، فهمت ان نواميس الطبيعة التي ناموس النسبية اسمها ليست نواميس تلك الهيولى بل هي نواميس حركتها . فالكون الحقيقي هو حركة للمادة لا المادة نفسها ، لان المادة بلا حركة هي والعدم سيان

فبوابة النسبية هي الحركة — اي التموج الكهرطيسي الذي يصل بين الاجسام والاجرام ، ومنهُ امواج النور

وهنا تسأل : قبضنا على المفتاح ووقفنا امام البوابة ، فاذا فتحناها فاذا نرى

نرى النسبية —

وتسأل متعجلاً ما هي النسبية ؟

— تراها في هذا الكتاب . فادرسه

وتسأل مصرًّا ما هو موضوع النسبية ؟ او ما الذي يصدم ذهننا حالما نفتح البوابة ؟

الجواب : الحركة او الجسم المتحرك يشغل مسافة في تحركه او انتقاله ويستغرق زمناً . وما الزمن الاّ مقياس مكاني للحركة . فموضوع النسبية ليس المادة بل حركة المادة التي تشغل مسافة في مدّة

اذا كنت تعلم جيدا ان خبر الحادث في مكان بعيد لا تعلم به الاّ بعد أن تنقله الأمواج النورانية (او الكهرطيسية كاللاسلكي) اليك وان هذا النقل يستغرق مسافة ومدّة معاً فهمت أيضاً ان ذلك الحادث قد تغير أو تلاه حادث آخر قبل ان يصل اليك علمه . فلا تعلم باشراق الشمس الاّ بعد ثماني دقائق منذ اشراقها . ولا تعلم بغروبها الاّ بعد انقضاء ٨ دقائق على غروبها

فموضوع النسبية هو مراعاة سرعات الأجسام المختلفة مع مراعاة سرعة الشخص المراقب بالنسبة اليها ، ومراعاة الزمن الذي يستغرقهُ « بريد » النور في نقله خبر حركة الجسم

فاذا كنت تضع نصب عينيك هذه الحقيقة فقط وهي ان النور ينقل اليك خبر كل حادث بعيداً كان او قريباً ، وانهُ يستغرق زمناً فيما هو يقطع المسافة بين الحادث وبينك سهل عليك تفهُّم قضايا النسبية في هذا الكتاب

(حاشية — ظنّ بعض من سمع بخبر النسبية انها النسبة الحسابية كقولك : نسبة هذا الى ذاك كنسبة هذاك الى ذلك ٢ : ٣ : : ٤ : ٦ . فما أبعد هذا الظن الناتج عن النسبية . النسبية انتساب Relativity لا نسبة Proportion)

يلاحظ القارىء مما تقدّم ان قضايا النسبية عويصة ليست سهلة التناول بل تستلزم حدة في التفكير وتعمقاً في التصور وامعاناً للذهن . ولذلك عانى المؤلفون فيها جهداً كبيراً في بسطها للقراء بأوضح ما يستطاع بحيث لا يعاني القارىء كثيراً في تفهمها . وشرح قضاياها يستلزم أحد أمرين او كليهما معاً : الأول تصوير نموذج للقضية — كقضية الابعاد الأربعة مثلاً — أما بالكلام فقط أو به وبالرسم على الورق معاً . فحيث يمكن ذلك يسهل ايضاح القضية وطبعها في ذهن القارىء . ولكن في بعض الاحوال يتعذر تصوير النموذج كلاماً ورسماً وتبقى القضية محتاجة الى البرهان . وحينئذٍ يلجأ الشارح الى الأمر الثاني وهو المعادلات الرياضية . ولما كانت مواضيع النسبية قوانين طبيعية ولكل قانون طبيعي معادلات رياضية ، فالرياضيات هي منطق النسبية في جميع قضاياها البسيطة والعويصة

ولما كانت العلوم الرياضية غير حاضرة في أذهان جميع القراء على السواء ، إما لان بعضهم لم يلمّ بها وإما لأن بعضاً آخر قد نسيها ، وبعضاً آخر لا صبر لهُ على استذكارها ، فقد بذلت الجهد ، كما فعل كثير من المؤلفين ، في ان أقدمها للقراء بشرح واضح خالٍ من الرياضيات الاّ ما ندر مما لا بدّ منهُ . واعتقد ان الاسلوب الذي جريت عليهِ في شرحها كافٍ لتفهيم القارىء أهم القضايا او كلها تقريباً واقناعه بصحتها من غير برهان رياضي . ومن يَرُم التوسع والتعمق والاعتماد على البرهان الدامغ فعليهِ ان يدرس المؤلفات الخاصة برياضيات النسبية وهي تستلزم الاضطلاع بالرياضيات العليا جميعاً

والنسبية نوعان : خاصة وعامة . فالخاصة تختص بالحركة في الخط المستقيم . والعامة تطلق على خط الحركة المنحني الذي هو نتيجة الجاذبية

اما النسبية الخاصة فلا يستلزم شرحها الرياضي أكثر من الرياضيات البسيطة — الجبر والهندسة والمثلثات . ولذلك وضعت ملحقاً لهذا الكتاب شرحت فيهِ رياضيات النسبية الخاصة لمن

يروم ان يلمّ بها . واما رياضيات النسبية العامة فتستلزم أحدث الرياضيات العليا وهي فوق مقدور هذا الضعيف فوجهت عنها . ولكني توقفت على ما أظن الى بسط النسبية العامة في المتن بلا رياضيات . فاذا تفهم القارىء جيداً قضايا النسبية الخاصة استطاع ان يفهم النسبية العامة بما شرحتهُ بصددها

في هذا الكتاب نقط مكررة في فصول مختلفة بعبارات مختلفة في الاسلوب والايجاز والاسهاب حسبما يقتضيه المقام . وهذا عيب في التأليف . ولكنهُ في تأليف هذا الموضوع العويص خدمة لا عيب ، لأنهُ يغني القارىء عن الرجوع الى تفصيل النقطة التي يرد أمامهُ ذكرها ويقتضي الأمر استحضارها في ذهنه لكي يستعين بها على فهم الفصل الذي يدرسهُ . وسبب تعقد كتاب اينشطين The theory of Relativity هو نقص هـذه الخدمة . فلا تقرأ فصلاً الاّ تجد فيه اشارة الى فصل سابق (وأحياناً لاحق) أو اشارات الى فصول سابقة . حتى اذا رجعت الى الفصل السابق وجدت مثل هذه الاشارة ايضاً لفصل آخر . فلا تنتهي من قراءة فصلك حتى تكون قد اضطررت ان تراجع في أثنائه فصولاً أخرى . ولذلك يتعذر عليك ان تخرج من الفصل بصورة جلية لموضوعه لان النقاط المختلفة يطمس بعضها بعضاً في ذهنك . ذلك ما تجنبتهُ في هذا الكتاب بالتكرار التنوع الذي أشرت اليه

وذلك هو عيب كتاب اينشطين الذي قدم النسبية للقراء معقدة . ولعلّ أينشطين كاتب أقل جداً مما هو عالم . فلا يستطيع ان يصوغ علمهُ العظيم بالشكل الواضح . ولذلك عليك ان تفهم النسبية من قلم غيره ممن عالجوها اكثر من تفهمها من قلمه . ولست أعني بهذا رياضيات النسبية فهو السابق فيها

مقالات

— ١ —

سياحة في الفضاء

— ما يرى وما يسمع

قبل ان تنبسط في شرح هندسة الكون العظيم يجب ان نصف لك صورة هذا الكون كما رسمتها يد المهندس الاعظم . هذا اذا كنت لم تدرس علم الفلك . وان كنت قد درسته فأنت في غنى عن معظم هذا الوصف

لا بد أن تكون قد اجلت نظرك مراراً في الفضاء في الليالي الصافية الجو . ولا ريب انك كنت كل مرة تتعجب من عظمة الكون واتساعه وما كرّ عليه من الاحقاب وتتحير في اسراره . ولا بد أن يكون قد قام في مخيلتك تقدير لهذه العظمة . فمهما قدرتها فهي اعظم جداً مما تصورت وأعجب مما تعجبت

ترى انك في وسط قبة من الفضاء تنتشر فيها النجوم كأنها بلا انتظام . فيخيل لك ان الكرة الارضية التي تقيم فيها هي المركز الذي تقيم هذه الكواكب حوله عن بعد سحيق . ولسوف تعلم انها ليست في المركز وأنها ليست الا ذرة زهيدة ضائعة بين الاجرام . وقد تحصي من النجوم التي تراها بعينك المجردة بضعة آلاف . ولكن اذا مسحت الفضاء بواسطة منظار المرصد الكبير ترى أن هذه الاجرام تعد بالملايين . ولا يمكن عدها وانما يحسب عددها التقريبي بحساب الجملة

ترى هذه الاجرام متفاوتة المسافات فيما بينها ، وكأنّ بعضها جماعات وبعضها شراذم متفرقة وقد يلوح لك انها اقرب جداً بعضها الى بعض منها الينا . والحقيقة انها متباعدة جداً — أبعد ملايين ملايين الاميال بعضها عن بعض من أبعد السيارات عنا

وقد يتراءى لك انها كلها في شكل كرة تشغل سقف هذه القبة فقط وأرضنا في وسطها . أي أنها كلها على أبعاد متساوية عن أرضنا . والحقيقة أنها متباعدة في غور الفضاء تباعداً لا يتصوره العقل . بعضها أبعد عنا من بعض ملايين المرات

وترى بعضها أكبر من بعض وأسطع نوراً من بعض . ولكن الحقيقة لا تطابق ما ترى . نعم ان بعضها أعظم جداً في الحجم وبعضها أشد ضياء . ولكن تفاوتها في البعد السحيق يخفي

عنا الحقيقة . فقد يكون النجم الذي تراه صغيراً وضئيل النور اعظم حجماً وأشد ضياء من الذي تراه كبيراً وساطعاً . وحاصل القول ان ما يتراءى لك من احجام الاجرام وابعادها وضيائها ومواضعها هو غير الواقع

ولكي نجلو لك الحقيقة ولو بعض الجلاء نشرح لك شكل هذا الكون مبتدئين بوصف أقرب الاجرام إلينا

لابد ان تكون قد علمت أو سمعت أن بعض النجوم سيارات وبعضها ثوابت . والحقيقة ليس في الكون جرم ثابت بل جميعها متحركة . وانما اصطلحوا على تسمية الاجرام التي تدور حول الشمس بالسيارات وغيرها بالثوابت لان حركة هذه لا تظهر بالمراقبة البسيطة الوقتية

سموا الشمس والسيارات التي تدور حولها « النظام الشمسي » . والسيارات اجرام مختلفة الحجم ولا نور يصدر منها لانها كلها قد بردت وانما هي تعكس نور الشمس . وكلها تدور حول الشمس في اتجاه واحد في دوائر اهليلجية بعضها حول بعض في ابعاد سحيقة . وهذه الدوائر تكاد تكون في سطح واحد . نقول « تكاد » لان بعضها مائل على بعض قليلاً أو كثيراً .

وإليك جدولاً باسمائها وأبعادها عن الشمس واحجامها الخ

الاسم	عدد الاقمار	الحجم بالنسبة لحجم الارض باعتبار انه واحد	البعد عن الشمس بالنسبة لبعد الارض باعتبار ان بعدها واحد	مدة دورانها بالنسبة لدورة الارض باعتبار انها واحدة	سرعتها بالاميال في الثانية
عطارد	٠	٠٫٠٦	٠٫٣٨٧	٠٫٢٤	٢٩٫٧
الزهرة	٠	٠٫٩٢	٠٫٧٢٣	٠٫٦٢	٢١٫٧
الارض	١	١	١	١	١٨٫٥
المريخ	٢	—	١٫٥٢٣	١٫٨٨	١٥٫٠
شرذمة سيارات	—	٠٫١٥	١٫٤٦ـ٥٫٧١	١٣٫٧ـ١٠٧٦	—
المشتري	١٢	٣١٢	٥٫٢٠٣	١١٫٨٦	٨٫١
زحل	٩	٧٣٤	٩٫٥٤	٢٩٫٤٦	٦
اورانوس	٤	٦٤	١٩٫١٩	٨٤٫٠١	٤٫٢
نبتون	١	٦٠	٣٠٫٠٧	١٦٤٫٧٨	٣٫٤
بلوتو	١	مجهول	٣٩٫٨	٢٤٨	٢٫٩

بين بعد اي سيار عن مركز الشمس وسرعته نسبة ثابتة يعبر عنها بهذه المعادلة

$$\frac{\text{ض}}{\text{ج}} = \frac{\text{سس}^{٢}}{\text{س}^{٢}}$$

ض = بعد الارض عن الشمس (وهو في الجدول المقابل وحدة اي ١)

ج = اي سيار

س = سرعة الارض ١٨٦٥ ميلا بالثانية

سس = سرعة السيار

فاذا شئت ان تعرف سرعة المريخ وأنت عالم ببعده عن الشمس استعملت هذا القانون هكذا :

$$\frac{\text{بعد الارض ١}}{\text{بعد المريخ ١٫٥٢}} = \frac{\text{سرعة المريخ (ك)}^{٢}}{\text{سرعة الارض (٥ر١٨)}^{٢}} = \text{بالجبر}$$

ك = ١٥ ميلا بالثانية

ينتج مما تقدم ان الحاصل من ضرب مربع سرعة السيار ببعده هو واحد في جميع السيارات نحو ٣٤٢ تقريبا (لان ارقام الجدول تقريبية)

وقانون س٢ × ش = عدداً ثابتاً constant باعتبار ان ش مسافة البعد

ترى في هذا الجدول ان بلوتو أبعد السيارات عنا يبعد عن الشمس ٣٩٫٨ مرة كبعد الارض عن الشمس . والارض تبعد عنها نحو ٩٣ مليون ميل . فيكون بعد بلوتو عن الشمس نحو ٣٧٠١ مليون ميل . واذا كان نور الشمس يصل الينا في مدة ٨ دقائق فالنور المنعكس عنه يصل الينا في نحو ٣٢٠ دقيقة أي بعد ٥ ساعات تقريباً من حين انعكاسه عنهُ

فتأمل ما أبعد هذا السيار عنا . ولكن بعدهُ ليس شيئاً بالقياس الى بعد أقرب النجوم المعروفة بالثوابت الينا . اقربها الينا النجم الفاقنطوروس ونوره يقضي نحو ٤ سنين وثلث سنة حتى يصل الينا ولو كنت في قنطوروس ونظرت منه الى نظامنا الشمسي لرأيت الشمس وسياراتها كأنها جميعاً جرم واحد صغير . ولعلك تود أن تعلم كم يبعداً بعد نجم عنا فاعلم أن أبعد كوكبة من النجوم في المجرة يقضي نورها ١٨٥٠٠٠ سنة لكي يصل الينا

ولكي تستطيع تصور هذه الابعاد السحيقة عنا نمثلها لك تمثيلا قد يقربها الى ذهنك :

تصور ان الارض رتقالة في القاهرة فيكون بلوتو جوزة في اسكندرية والفا قنطوروس بطيخة في نيويورك وأبعد الاجرام عنا يكون في القمر . هذا تمثيل تقريبي

فما قولك باتساع هذا الكون وعظمته ! ولكن مهلاً لا تقف عند هذا الحد فلسوف تعلم ان هذا الكون الذي لم تزل تريك جسامته ليس الاّ بقعة صغيرة جدًّا في الكون الاعظم . وقبل ان ننتقل الى وصف الكون الاعظم نعود الى استيفاء الشرح لكوننا هذا الصغير الذي يبعد احد حدوده عنا نحو ١٨٥٠٠٠٠٠ سنة نورية

ب — المجرة عالمنا

لاريب ان ما يستوقف نظرك في الفضاء في الليل الصافي الاديم هو ما يسميه العامة « درب التبان » تراه كقنطرة غيم في الفضاء . والنجوم من حولها منثورة حتى الافق المستدير . وسكان الكرة الارضية في الجانب الآخر الجنوبي يرون قنطرة مثلها . ولو طفت حول الكرة الارضية فانك ترى في الليل هذه القنطرة الغيمية أينما كنت . فهي اذن كنطاق يمنطق قبة السماء . ولا بد ان تكون قد تحيرت في سر هذا النطاق الذي يسمى بالاصطلاح الفلكي « المجرة »

ترى هذه المجرة بعينك المجرّدة كأنها سحابة غير منتظمة الشكل . فبعضها أكثف من بعض وبعضها أعرض من بعض . وهي في بعض نواحيها متعرّجة او فيها بعض تنوآت ، وحول بعضها تزدحم النجوم اكثر منها حول البعض الآخر . فلو نظرت اليها بواسطة مرصد فلكي عظيم لما رأيتها سحابة بل كنت تراها نجوماً كسائر النجوم ، ولكنها اكثر ازدحاماً من سائر النجوم . وحينئذٍ يزداد عجبك وتشتد حيرتك في سرها . وقد تسأل نفسك . لماذا معظم غيوم السماء متجمعة في شكل نطاق

ترى نطاق « درب التبان » بواسطة المرصد ملايين لا تحصى من النجوم مزدحمة ، وكلما ابتعدت بنظرك عنها الى الجانبين رأيت النجوم اقل ازدحاماً الى ان تبعد عنها نحو ربع الدائرة (٩٠ درجة) — نحو الافق — ترى النجوم اكثر تفرقاً وترى وراءها فضاء فارغاً بل من خلال « درب التبان » ترى بالمرصد المعظّم الفضاء الفارغ . فكان هذا الكون الذي نحن فيه محدود بهذا النطاق

ولكن ما سرّ هذا النطاق ؟ نمثله لك بالتمثيل التالي :

تصوّر غابة واسعة جدًّا من النخيل الباسق . وكل نخلة تبعد عن الاخرى نحو خمسة امتار او عشرة من غير انتظام في خطوطها . ثم تصور انك صعدت الى منتصف نخلة من النخلات المتوسطة في هذه الغابة وأجلت بصرك في الجهات الاربع . ففي اي هذه الجهات ترى النخلات القربى اليك متفرقة والنخلات البعيدة قليلاً اقرب بعضها الى بعض من التي حولك . وكلما رميت ببصرك الى الامام رأيت النخلات اقرب فاقرب بعضها الى بعض الى ان تصير ترى القصية منها

متجاورة جداً ثم متلاصقة . وترى ما يخيل لك ان المتلاصق منها دائرة بعيدة حولك تضم النخلات المتراثية لك اقل تفارقاً واقل تباعداً . فهذه الدائرة تمثل لك « درب التبان » وعُقَد كل نخلة تمثل لك عدة من النجوم . ولكن هل يجوز لك ان تقول ان تلك الدائرة المؤلفة من النخلات المتراثية لك انها متلاصقة هي محيط غابة النخيل ؟ وهل لك ان تعتقد انك في وسط الغابة تماماً ؟ اذا كان في يدك منظار (تلسكوب) ونظرت فيه الى اطراف الغابة ترى تلك الدائرة التي رأيتها بالعين المجردة ليست الاّ نخلات متفرقة ، وترى دائرة اخرى أبعد منها متقاربة النخلات . واذا كان منظارك عظيماً فقد ترى ان الدائرة النخلية القصية هي محيط الغابة . وقد ترى من خلالها فضاء فارغاً فتعلم انك رصدت اطراف الغابة وأن بصرك أدرك نهايتها . حينئذ تعلم ان كنت في وسط الغابة او بعيداً عن وسطها قليلاً او كثيراً . تعلم انك بعيد عن مركزها الاوسط اذا كنت ترى النخلات اقل كثافة من النخلات التي عن يمينك مثلاً او عن شمالك . فتعلم انك لست في وسط الغابة بل انك في جنوبي وسطها او في شماليه . واذا نظرت الى فوقك رأيت الفضاء اقرب اليك من الفضاء الذي وراء الدائرة . وكذلك اذا نظرت الى تحتك رأيت الارض اقرب اليك من الصحراء التي وراء الدائرة . اي انك تعلم ان لهذه الغابة سماكة اقل مسافة من قطر الغابة

الغابة تمثل عالم المجرة تمثيلاً تقريبيًّا . فالمجرة هي العالم الذي نظامنا الشمسي جزء زهيد جداً فيه . والنجوم التي تراها هي اجزاء من هذه المجرة . ونطاق « درب التبان » هو اقصى ما تراه العين المجردة من هذا العالم . واذا استخدمت التلسكوب لاستكشاف الاقصى رأيت ان دائرة عالم المجرة أبعد من دائرته التي تراها بالعين المجردة وانما تظل ترى دائرة مجرمها أكثر تقارباً من الجهات الاخرى ، وترى النجوم المتراصية عنها نحو الأفق أكثر تفرقاً . ومن ذلك تحكم ان عالم المجرة ليس عالماً كرويًّا كما يتراءى لك بل هو كالقرص قطر محيطه أطول من قطر سماكته . وقد حسبوا ان قطر السماكة نحو ثلث قطر الدائرة أو نحو خمسيه

فدرب التبان الذي نراه هو في دائرة القرص . وانما نراه كغيمة مقفطرة لاننا نرى العدد الأوفر من الاجرام مزدحمة يلاصق بعضها بعضاً والحقيقة انها منتشرة بعضها وراء بعض . والنجوم المتفرقة في الجهات الاخرى هي في سطحي القرص ونراها متفرقة لان عددها أقل بالنسبة الى اجرام الغيمة المقفطرة

وكان السير وليم هرشل يظن ان عالم المجرة هذا كعجلة (دولاب) العربة . وان الاجرام مجتمعة في أطار العجلة وعلى مقربة منها . وهي اي العجلة تمثل « درب التبان » الغيمي . وان النجوم الاخرى في عوارض العجلة . وبهذا التمثيل لا يكون عالم المجرة كالقرص او كالرغيف

المنتفخ . ولكن علماء اليوم الذين لهم وسائل للرصد أكثر وأدق من وسائل عهد هرشل قرروا للمجرة الشكل القرصي المنتفخ

وكان هرشل يعتقد ان النظام الشمسي هو في محور المجلة اي في أوسط الدائرة . ولكن العلم الحديث تحقق أن النظام الشمسي يبعد عن المركز نحو ثلث المسافة بين المركز والمحيط

وقبل أن ننتقل من عالمنا هذا — عالم المجرة الى الكون الاعظم نذكر لك شيئاً من اوصاف عالمنا . قلنا أن نظامنا الشمسي لا يعدين هذه الاجرام الا وحدة صغيرة من ملايين الوحدات. وقد حسبوا ان عدد اجرام عالمنا يتراوح بين الخمسة آلاف مليون والثلاثين الف مليون وبعضهم كالسير جيمس جينز يحسبهُ مائة الف مليون نجم. وهي متفاوتة الحجم أعظمها بقدر حجم الشمس نحو ١٠٠ مرة وبعضها بقدر عشر حجم الشمس. وانما حجم الشمس هو المعدل الاوسط لاحجام الجميع . بعض النجوم مفردة . وبعضها مزدوجة — نحو ثلثها مزدوج . ومعنى الازدواج ان نجمين متلازمين في حركتهما يدوران حول نقطة وهمية واحدة . والغالب في المزدوجة ان احدهما أصغر من الآخر كثيراً أو قليلاً وفي هذه الحالة يكون الصغير دائراً حول الكبير

ثم ان من هذه الاجرام مجموعات تسمى عناقيد Globular Cluster مستديرة أو شبه كروية تدور أجرامها بعضها على بعض كانها نظام كنظامنا الشمسي . ولكنها ليست سيارات حول شمس بل معظمها شموس غازية كشمسنا متلازمة كانها عائلة واحدة. وقد لا تخلو بعضها من سيارات تدور حولها دورات مستقلة عن دورات المجموعة . وقد أحصوا عدد هذه العناقيد في عالم المجرّة فبلغ نحو مائة عنقود . وهي مختلفة من حيث عدد النجوم . فبعضها يشتمل على بعض نجوم وبعضها يشتمل على الوف منها . ومنها العنقود هركيلوس (هرقل) يشتمل على ٣٠٠٠٠٠ نجم على الاقل. وهو يبعد عنا نحو ٣٣ الف سنة نورية . واقرب هذه العناقيد يبعد عنا ١٨٤٠٠ سنة نورية وأبعدها يبعد نحو ١٨٥٠٠٠ سنة نورية

وفي هذا العالم المجرّي (نسبة الى المجرّة) وحدات اخرى ليست نجمية بحتة بل هي سُدُم (أو سدام جمع سديم) . والسديم هو سحابة غازية عظيمة تشتمل على نجوم كثيرة او قليلة . واعظمها السديم المجلاني. وهو عظيم بحيث يقضي النور لكي يعبره من جنب الى جنب سنة آلاف سنة. وبعده عنا نحو ٩٥ الف سنة نورية ويشتمل على ٥٠٠ الف مليون نجمة غائصة في ذلك الغيم السديمي

جميع هذه الوحدات المجرّية من نجوم مزدوجة ومن عناقيد وسُدُم تدور على نفسها ، كما تدور الشمس وسياراتها حولها . وكلها سائرة ضمن دائرتها المجرّية كأنّ المجرة وحدة قائمة بنفسها تدور على نفسها حول مركزها كما تدور السيارات حول الشمس . ولكن ليس المراد ان في مركز المجرة شمساً عظمى تدور ملايين الاجرام حولها . بل هناك مركز (قد يكون وهميًّا)

لهذه الدائرة ودورانها هو علة تسطحها كأنها قرص. فهي متجاذبة ولكن دورانها يجعل دائرتها مبتعدة عن المركز — قوة الشرود عن المركز : Centrifugal Force

ولكي تعلم سعة عالم المجرة هذا تصور ان النور يقضي ثلث مليون سنة حتى يعبره من جنب الى آخر

يكفي هذا الوصف المختصر لتصوير عظمة عالمنا هذا الذي نرى دائرته ممثلة بدرب التبان. ولكن مع عظمته هذه لا يعد شيئاً مذكوراً بالنسبة الى الكون الاعظم الذي سنخبرك عنهُ فيما يلي:

ج — الكون الاعظم

من حسن الحظ أننا في عصر قد ارتقت فيه فنون الرصد حتى صرنا نرى بالتلسكوب أو نحس بواسطة الفوتوغراف أو نعلم بواسطة المطياف (سبكتروسكوب) بوجود ما وراء عالم المجرة

توغل بمرصدك في عالم المجرة الى ان تبلغ الى أقصاه . فاذا ترى بعد ذلك ؟ لا ترى الاّ ظلاماً دامساً كأن الفضاء غير المتناهي خالٍ . ثم توغل أيضاً فأيضاً فتعثر على عالم آخر كعالمنا هذا يبعد عنهُ أضعاف مساحته . واذا توغلت ايضاً اكتشفت عدة عوالم مثله متباعدة بعضها عن بعض وبينها خلاء فارغ لا دار فيه ولا ديّار . وقد اكتشفوا الى الآن بواسطة الارصاد المختلفة الأساليب نحو مليوني عالم كعالمنا هذا أي مجرات كمجرتنا . وقد شبهوها بجزر في أوقيانوس الفضاء غير المتناهي . والى الآن يظنون ان عالمنا (مجرتنا) هو أعظم تلك العوالم . فاذا كانت تلك جزراً متفاوتة الحجم فمجرتنا تعد قارة . والسير جيمس جينز يسميها مدناً نجمية . ومجرتنا أعظم مدينة بينها كما يظنون . وما أدرانا ان يكون بينها ما هو أعظم من المجرة

ترى هذه العوالم الاخرى سدماً تتراءى كأنها سحب بعضها مستديرة وبعضها بيضية الشكل وبعضها حلزونية . اي ان الواحدة منها يلتف بعضها على بعض . وليست كلها مجرد سحابة بل ان القديمة منها تحتوي على نجوم كثيرة او قليلة بحسب عمرها . وهي مختلفة الحجم . وكل واحدة منها تدور على نفسها سابحة في الفضاء

وأقرب هذه السدم الى مجرتنا هو السديم م ٣٣ يبعد عنا ٨٥٠٠٠٠ سنة نورية. ثم م ٣١ الواقع في خط العقود المرأة المسلسلة (اندروميدا) يبعد عنا ٩٠٠٠٠٠ سنة نورية وقطره ٥٠ الف سنة نورية . ثم السديم م ٨١ في خط « أورسا مايجر » يبعد عنا ١ر٦٠٠ر٠٠٠ سنة نورية . وهو أول سديم رأوه يدور على نفسه

ترى مما تقدّم ان عالمنا — المجرة — الذي تكاد تحار في عظمته من حيث ابعاده السحيقة

وعدد نجومه التي لا تكاد تحصى ليس الا جزءا حقيراً من ملايين العوالم مثله . وعنا لا بد ان يلوح لك هذا السؤال : — ترى هل لهذه العوالم قدر محدود ؟ أي هل قدرها متناه ؟ أم هي عوالم لا نهاية لها منتشرة في الفضاء غير المتناهي ؟

والجواب الراجح ان تلك العوالم العظيمة العدد محدودة القدر متناهية العدد تشغل حيزاً متناهياً من الفضاء اللامتناهي

ثم قد يخطر لك سؤال آخر وهو : ما هو شكل هذا الحيز الملوء عوالم مادية ؟ هل هو كروي أم مكعب ؟ أم هو شبه سطح مستطيل ؟ والجواب انهُ سطحٌ ولكنهُ غير مستطيل بل هو منحنٍ تتصل حواشيه بعضها ببعض بحيث يصير بشكل قشرة البطيخة البيضية الشكل . تصوره بشكل هذه البطيخة فالسُدُم تشغل قشرتها، وأما داخلها ففارغ وما حولها خلاء لا نهاية لهُ ، أما سطح هذه البطيخة الكونية فعظيم جداً بحيث يقضي النور ألوف الملايين من السنين لكي يسير فيه ويعود الى حيث صدر . وفي آخر هذا الكتاب تجد أسباب انتظام الكون على هذا الشكل العجيب الغريب

ليس موضوع هذا الفصل من « النسبية » بشيء وليس لهُ دخل فيها . وانما مهدنا به لكي تقوم في ذهنك صورة للكون المؤسس على قاعدة « النسبية » اذا لم يكن لك علم بها

— ٢ —

أين مكانك في الفضاء

١ — هل في الكرة مكان ثابت ؟

في هذا الفصل نطبع في ذهنك صورة لمعنى النسبية لكي يسهل عليك الدخول الى دار الموضوع بلا عناء كبير

هل يمكنك ان تعين مكانك في هذا الفضاء غير المتناهي في لحظة واحدة من الزمن ؟

انا الآن في القاهرة حيث يتقاطع خطا الطول والعرض عند الدرجة ٣٠ والدقيقة ٣ شمالاً من خط العرض وعند الدرجة ٣٠ والدقيقة ١٢ جنوباً من خط الطول . فانا بالنسبة الى الكرة الارضية في نقطة معينة محدودة بتقاطع خطي الطول والعرض المشار اليهما آنفاً . يمكنني ان اقول اني في هذه النقطة ، اذا كنت ثابتاً فيها . ولكن اذا كنت في قطار السكة الحديدية وهو يسير بسرعة ٦٠ كيلو متراً في الساعة فبحساب دقيق استطيع ان أعين متى اكون في نقطة

معينة على خط السكة الحديدية يتقاطع عندها خطا الطول والعرض للمكان . أي أني اعين الثانية من الدقيقة التي اكون فيها في تلك النقطة لاحظ انهُ متى كنت متحركاً (كما لو كنت في قطار سائر) فلا بد من اعتبار الزمان ايضاً فضلاً عن اعتبار المكان . لاني في لحظة اخرى اكون في نقطة اخرى بالنسبة الى الطول والعرض على سطح الكرة الارضية

قد يمكنني أن اعين موقفي على الارض في زمان ما بالنسبة الى الارض فقط . واما بالنسبة الى الفضاء المطلق فهل يمكنني ذلك ؟ فلنرَ

أنا الآن في قطار السكة الحديدية . وقد استطعت ان احسب اني في تمام الساعة الرابعة بعد الظهر كنت في نقطة كذا من خطي الطول والعرض . فأين أنا في الفضاء المطلق ؟ لو كانت الارض ثابتة لكنت اقول انهُ في امكاني أن أحسب اني في مكان من الفضاء يبعد عن جهة من احدى جهات الشمس الست نحو ٩٢٧٩٠٠٠٠٠٠ ميل (هي المسافة التقريبية بيننا وبين الشمس). ولكن الارض تدور على محورها بسرعة نحو ١/٣ ميل في الثانية. ففي ثانية واحدة في الصباح اقرب الى الشمس ١/٣ ميل وفي ثانية واحدة في المساء ابتعد عنها نحو ١/٣ ميل . وفي بحر النهار وبحر الليل تختلف هذه المسافة كل لحظة . ومع ذلك قد يمكني ان اقول اني كنت في اللحظة الفلانية في النقطة الفلانية على بعد كذا من الشمس . ولكن هل يمكني ان أقول اني كنت في النقطة الفلانية من الفضاء المطلق ؟

لو كانت الشمس ثابتة في موقعها في الفضاء ، والارض ملازمة في دورانها على محورها مكاناً معيناً بالنسبة الى الشمس، لاستطعت ان اقول أني كنت في نقطة معينة في الفضاء وفي وقت معين اذا ضبطت حساب حركة الارض وحركة القطار السائر بي . ولكن الارض تدور حول الشمس ايضاً بسرعة نحو ٣٠ كيلو متراً في الثانية، وهي لا تدور في دائرة صحيحة بل في شكل اهليليجي (اي بيضي) . وفي كل لحظة تكون اقرب الى الشمس او ابعد عنها بحسب موقعها في تلك الدائرة الاهليليجية . ولنفرض اني استطعت ان اتقن الحساب الفلكي المعقد وأن أحسب الحركات الثلاث : سرعة القطار وسرعة الارض في دورتها على محورها وسرعتها في دورتها حول الشمس في لحظة معينة ، وأمكنني أن أعين موقفي على الارض بالنسبة الى الشمس في تلك اللحظة ، فهل أستطيع أن أقول إني عرفت موقفي في الفضاء المطلق ؟

لو كانت الشمس ثابتة في مركزها لربما أمكنني ان ادعي ذلك . ولكن الشمس نفسها بما حولها من سيارات (ومن جملتها أرضنا) تسير بسرعة نحو ١٢ ميلاً في الثانية الى جهة النجم « النسر الواقع » Vega من كوكبة النجوم المسماة « اللورة » أو « السلياق » فلا بد أيضاً من حساب سرعة النظام الشمسي فضلاً عن سرعتي الارض المشار اليهما لمعرفة موقفي . ولكن اي

موقف ؟ أموقفي في الفضاء المطلق ؟ كلاّ، بل موقفي بالنسبة الى « النسر الواقع » . ولو فرضنا ان هذا « النسر الواقع » ثابت في مكانه لامكنني ان أعين موقفي في الفضاء المطلق

ولكن « النسر الواقع » نفسه (مع كوكبة النجوم التي هو منها) يتحرك في الفضاء مع سائر الاجرام التي تتألف منها المجرّة (درب التبان) التي تشمل شمسنا وسياراتها أيضاً . جميع هذه الاجرام المقدرة بالملايين العديدة تدور في دائرة عظيمة حول مركز واحد كما تدور السيارات حول الشمس — تدور بسرعات مختلفة بحسب قربها أو بعدها عن ذلك المركز. اذاً ليس في عالم المجرة هذا جرم ثابت يمكن ان يحسب بُعد اي جرم عنه او قربه اليه ليتسنى لنا ان نعين موقع ارضنا في الفضاء

زد على ذلك ان هذه المجرة التي نحن بصددها ليست ثابتة في المركز الذي تدور حوله بل هي ومركزها مندفعان في الفضاء وراء السدم العديدة التي بعد المجرة. ولو كان احد هذه السدم ثابتاً في مكانه لنسبنا مواقع الاجرام اليه وامكننا ان نعين لنا موقفاً في الفضاء. ولكن السدم نفسها سائرة كسير المجرة بسرعات مختلفة والارجح انها كلها تدور حول مركز واحد . فكيف يمكننا ان نعين موقعاً لارضنا في الفضاء ؟

حاصل القول انه ليس في الفضاء جرم او حيز محدود ثابت نقيس بُعداي جرم عنه او قربه اليه . بل ان جميع اجرام الكون وسدمه متحركة بسرعات مختلفة في اتجاه واحد فلا يمكن تعيين موقع جرم الاّ بنسبته الى موقع جرم آخر . فمواقع الاجرام اذن نسبية . وللنسبة بينها ناموس يشملها جميعاً هو « ناموس النسبية »

ب — كم تبلغ سرعتك في الفضاء

وكما انهُ ليس في الوجود مكان معين تنسب اليه مواقع الاجرام وتتعين بواسطته مواقعها في الفضاء كذلك ليس لجرمٍ سرعة مقررة بالنسبة الى الفضاء بل سرعة كل جرم تحسب بالنسبة الى سرعة غيره

ذكرنا آنفاً ان الشمس تسير (بسياراتها من حولها) نحو النجم « النسر الواقع » بسرعة ١٢ ميلاً في الثانية . ولكن هل هذا النجم ثابت في مكانه حتى يصح هذا القول ؟ كل ما نعرفهُ هو ان المسافة التي بين الشمس والنسر الواقع تقصر ١٢ ميلاً كل ثانية . وهذه الحقيقة تشمل اربعة فروض . الاول ان « النسر الواقع » ثابت في مكانه والشمس سائرة نحوه ، اذاً الشمس تسير نحوه بسرعة ١٢ ميلاً في الثانية . الثاني أن الشمس ثابتة وهو مقترب اليها اذن هو يسير نحوها بسرعة ١٢ ميلاً في الثانية . الثالث أنهما كلاهما يسيران متقاربين الواحد نحو الآخر ومجموع

سرعتهما ١٢ ميلاً بالثانية . اذن لا ندري أيهما يسرع نحو الآخر ، هل هما مقتربان بسرعة واحدة ٦ اميال لكل منهما او ٩ لاحدهما و٣ لآخر او الخ . والرابع انهما كلاهما يسيران متساوقين الى جهة واحدة ، والمقدم منهما في جهة المسير ابطأ من المؤخر . والاثنا عشر ميلاً هي الفرق بين سرعتيهما . ولكن أيهما المقدم في اتجاه المسير وأيهما المؤخر ؟ وما هي سرعة هذا وسرعة ذاك ؟ اذا فرضنا ان النسر الواقع هو في مقدم خط المسير فمهما كانت سرعته عظيمة او قليلة وجب ان تكون سرعة الشمس اعظم لكي تستطيع ان تقرب اليه في كل ثانية ١٢ ميلاً . وبالعكس لو كان خط الاتجاه نحو الشمس والشمس في المقدم وجب ان تكون الشمس ابطأ منه جداً كي يتسنى له ان يقرب اليها ١٢ ميلاً في كل ثانية . اذاً لا نستطيع ان نعلم سرعة شمسنا في الفضاء الاّ بالنسبة الى اي نجم آخر فيه لا بالنسبة الى الفضاء المطلق . واذا علمنا ان النسر الواقع مثلاً يقترب نحو نجم آخر او يبتعد عنهُ بسرعة كذا وجب ان ندخل حساب هذه السرعة الاخرى في حساب سرعة شمسنا ايضاً وان نتقح قولنا انها تسير بسرعة ١٢ ميلاً

مثال آخر ان النجم « العيوق » Capella يبتعد عن شمسنا نحو ١٩ ميلاً في الثانية و« رجل الجبار » في كوكبة « الجبار » Orion وهي أسطع نجم فيها يبتعد عنا بسرعة ١٤ ميلاً في الثانية . فهل يبتعد هذان النجمان عنا حقيقةً ام ان شمسنا تبتعد عنهما ؟ ليس في الامكان ان يقال قول جازم بهذا الصدد لان جميع الاجرام متحركة بسرعات مختلفة في اتجاهات مختلفة قليلاً . فلا يمكن تعيين سرعة لشمسنا او لاي الاجرام في الفضاء الاّ بنسبة بعضها الى بعض . وأما بالنسبة الى الفضاء المطلق فيستحيل تعيين سرعة وتعيين اتجاه سرعة البتة . وبناءً على هذا الاعتبار قامت نظرية النسبية التي أشغلت علماء هذا العصر

ليس في الكون سرعة مقررة ثابتة الاّ سرعة النور، وهي اقصى سرعة مستطاعة في الطبيعة (٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية) ولذلك تدخل في نظرية النسبية كسنة طبيعية وتلعب في النسبية اعظم الادوار واهمها . ومع ذلك تعد سرعة مقررة بالنسبة الى النظام الشمسي فقط . واخبار جميع حركات الافلاك التي تنقل الينا بواسطة النور مبنية على معرفتنا لسرعة النور بنسبتها الى نظامنا الشمسي . وأما نسبتها الى سائر أنظمة الكون الفلكية فلا ندريها . قد تكون كتلك أو قد تكون مختلفة عنها والله أعلم — ذلك لان الاجواء الجاذبية تؤثر في سرعة النور كما ستعلم

لذلك لا بدَّ من استخدام ناموس النسبية لتقرير حركات الافلاك . على ان نظرية النسبية لا تلعب أدوارها في الحركات الفلكية فقط بل في القوات الطبيعية أيضاً كالجو الجاذبي والجو الكهربائي المغنطيسي وسرعة الأجسام الارضية. فهي مرشد جديد للتدقيق في العلوم الطبيعية

— ٣ —

معنى النسبية

١ — الحركة والسكون نسبيان

اذا كنت جالساً في مركبة السكة الحديدية او في مركبة ترام كهربائي ، وهي في محطة حيث توجد مركبات او قطرات اخرى ، وحيث توجد خطوط مختلفة ، فقد يتفق كثيراً ان تكون بعض القطرات او المركبات واقفة تنتظر موعد رحيلها . قد تكون المركبة التي انت فيها واقفة والى جنبها مركبة اخرى واقفة ايضاً . ثم بعد هنيهة ترى ان هذه المركبة الاخرى تحركت ببطء الى الامام او الى الوراء . فلا تدري حينئذٍ ان كانت مركبتك او المركبة الاخرى هي التي تحركت بل تغالط نفسك كثيراً . فتارة تظن ان مركبتك تحركت وتارة اخرى تظن ان الاخرى هي التي تحركت . وفي غضون هذه المغالطة او الحيرة تطل من الشباك الى الارض او الى جدار او عمود قائم هناك لكي تتحقق ان كانت مركبتك تبعد عن العمود او تقرب اليه او ان كانت هي التي تدرج على الارض . وحينئذ تتأكد ان مركبتك هي التي شرعت تسير وان الاخرى لا تزال واقفة . او اذا رأيت ان الارض تحت مركبتك لا تزال غير متغيرة او ان العمود لا يزال في موضعه فهمت ان مركبتك لا تزال واقفة وان المركبة الاخرى هي التي شرعت ترحل . ولكن ما دمت في المركبة لا تطل الى خارجها بل ترى المركبة الاخرى تتحرك فلا تدري اي المركبتين هي التي شرعت تتحرك

ولكن ماذا يجوز لك ان تزعم حينئذ ؟

انت جالس في المركبة . فأنت بالنسبة اليها ثابت لان كل ما حولك فيها لا يتغير موضعهُ . وهي كذلك بالنسبة اليك ثابتة للسبب نفسهُ . ولكن المركبة الاخرى التي يتغير موضعها بالنسبة اليك تعتبر متحركة . وسيان ان كانت هذه او تلك هي التي تدرج على الارض لانك لا تنظر الى الارض بل الى المركبة الاخرى فتراها تبتعد شيئاً فشيئاً . وقد تقول انها ابتعدت عني عشرة امتار فعشرين متراً فثلاثين الخ . وهب انك نظرت الى الارض فرأيت الارض كأنها تتراجع من تحت مركبتك ، فتكتشف حينئذ ان مركبتك هي التي تبتعد عن تلك وان تلك لا تزال واقفة مكانها . فهل تخطىء في قولك ان المركبة الاخرى تبتعد عنك ١٠ و٢٠ و٣٠ متراً الخ . أليست بالحقيقة مبتعدة عنك هذه المسافة ؟ ان بينك وبينها مسافة تطول كل هنيهة . فسواء كانت مركبتك هي التي تسير وتلك ثابتة او بالعكس ، فالمسافة تطول كذا امتار كل هنيهة . فاذا قلت ان تلك تبتعد عنك فما انت غلطان ولا مخطىء حتى ولو كانت مركبتك هي المبتعدة لانك ترى

نفسك ثابتاً في مركبتك فتلك بالنسبة اليك مبتعدة . وانما اذا ادخلت الارض او المحيط الذي تسير المركبة عليه في حساب المناسبة كفريق ثالث فحينئذٍ لك ان تقول ان مركبتك تبتعد عن موقف تلك المركبة على الارض كذا امتار لان تلك واقفة على الارض ومركبتك تدرج على الارض

وحاصل ما تقدم انك اذا كنت في مأوى قابل للتحرك كمركبة السكة الحديدية او السفينة لا تستطيع ان تعلم ان كان مأواك متحركاً (سائراً) او ثابتاً بالاستدلال من جسم آخر تراهُ متحركاً (مبتعداً عنك او مقترباً) ما لم تنظر الى المكان الذي تحدث فيه الحركة

ب — هل يمكن اكتشاف السكون او الحركة

ولكن اما من وسيلة تكتشف بها هل المأوى الذي تقيم فيه متنقلٌ او ثابتٌ من غير ان تنظر الى المكان الذي يحدث الانتقال فيه ؟

للجواب عن هذا السؤال نضرب مثلاً آخر اوضح من مثل المركبة . تصوَّر انك جالس على ظهر سفينة عظيمة طويلة عريضة في وسط بحر هادىء ليست امواجه الخفيفة ذات تأثير فيها بتاتاً لضخامتها . تجيل نظرك في الفضاء فلا ترى فوقك الاَّ القبة الزرقاء كنصف كرة فارغة ولا ترى حولك الاَّ أفقاً تام الاستدارة والسفينة في مركز دائرته . ولا يخفى عليك ان هذا المنظر البسيط — قبة سماء على سطح مستوٍ من الماء لا يتغير في ساعات اذا كانت السفينة بعيدة عن البر بعداً شاسعاً . ولنفرض ان آلات السفينة متقنة بحيث لا تحدث رجّة فيها ولا يسمع لها صوت فهل تستطيع في هذه الحالة ان تعلم ان كانت السفينة ماخرة او راسية مادمت جالساً في وسطها؟

بالطبع تقول : لا اعلم ، لاني لا ارى المنظر البسيط الذي وصفتهُ يتغير . واذا مرَّت ساعات والمنظر لا يزال اياه فأرجح ان السفينة راسية . لا ادرك ان السفينة ماخرة الاَّ متى رأيت جبال البر تبدو لي في الافق

لنفرض انهُ بعد برهة لم يبدُ لك من وراء الافق جبل بل بدت سفينة اخرى . فهل تستطيع ان تحكم اي السفينتين ماخرة او راسية ؟

هذا الامر يحتمل اربع حالات : ١ً — إما ان تكون سفينتك راسية وتلك ماخرة مقبلة عليك . او — ٢ً — تكون تلك راسية وسفينتك ماخرة مقبلة عليها . او — ٣ً — تكون كلتا السفينتين ماخرة مقبلة كلٌّ منهما نحو الاخرى . او — ٤ً — تكون كلتاهما ماخرة في اتجاه واحد وسفينتك اسرع وهي تقترب الى تلك ، والمسافة بينهما تقصر رويداً رويداً

اذن ، لا تستطيع ان تحقق احدى هذه الحالات الاربع . فهل من واسطة اخرى تكتشف بها هل باخرتك ماخرة او راسية ؟

قد تخطر لك وسيلة طبيعية وهي ان تنهض من مجلسك في وسط السفينة وتدنو الى جانبها وتنظر الى الماء . فان تراءى لك جارياً كتيار نهر الى جنب السفينة ادركت في الحال انها تمخر بعكس ذلك التيار والاّ فهي راسية

حسن . اذن لا تستطيع ان تعلم ان كانت راسية او ماخرة ما لم تختبر شيئاً آخر غير السفينة وهو الماء المحتك بها . اي تختبر نسبتها الى الماء . فهل من وسيلة اخرى تستطيع بها الاكتشاف الذي نغنيه من غير ان تنظر الى شيء آخر غير السفينة

قد تفكر كثيراً او قليلاً فتطرأ في بالك فكرة بديعة . وتقول ، نعم عندي وسيلة اكيدة وهي : اقيم في مقدم السفينة شخصاً وفي مؤخرها شخصاً آخر وفي يد كلّ منهما ساعة من الساعات الدقيقة الصنع التي فيها جهاز لايقافها في الحال بضغط الاصبع على زرّ فيها . ولتكن الساعتان موقتين توقيتاً واحداً لا فرق بينهما حتى ولا عشر الثانية . ثم أقف في وسط السفينة وأطلق مسدساً . وحالما يسمع الشخصان الطلق يضغط كلٌّ منهما على زر ساعته . فتقف الساعتان . فاذا وجدتهما واقفتين على وقت واحد علمت ان السفينة راسية . وان وجدت عقرب ثواني الساعة التي في مقدم السفينة متأخراً عن عقرب الساعة التي في مؤخرها علمت ان السفينة ماخرة . وبهذه الطريقة يمكنني أيضاً ان أستخرج مقدار سرعتها بالثانية . بهذه الوسيلة أكتشف مخر السفينة او رسوها من غير ان أنظر الى شيء آخر كالماء المحتك بها او كظهور البر او سفينة أخرى من وراء الافق . أعني اني أستطيع هذا الاكتشاف وأنا مستقل في السفينة عن كل شيء غيرها

فكرتك بديعة . ولكنها بالاسف لا تغنيك عن اعتبار شيء آخر غير السفينة كما تظن . لقد نسيت ان فوق السفينة هواء كما ان تحتها ماء . فاذا كنت قد أغضيت نظرك عن الماء فلم تغضه عن الهواء . هل نسيت ان الهواء ينقل صوت طلق مسدسك الى جميع الجهات ، وان للهواء مهما كان ساكناً تياراً فوق السفينة الماخرة كتيار الماء الذي تراه الى جنبها ؟ والحقيقة انهُ لا تيار في الماء ولا في الهواء . وانما السفينة ماخرة ، ومخرها يوهمك التيار المضاد لاتجاه حركتها اذن لا تستطيع ان تكتشف مخر السفينة من غير اعتبار نسبتها الى شيء آخر غيرها كالهواء الذي يغطيها او الماء المحتك بها او الأفق الذي تبدو من ورائه الاشياء

يخيل اليّ انك تقول : اذا كان المراد بالنسبية اننا لا نستطيع اكتشاف حركة الجسم المتحرك بنا (اي الذي نحن فيه كالسفينة) الاّ بنسبته الى شيء آخر فالنسبية نظرية بسيطة ساذجة لا تستلزم تفكيراً عميقاً . هي نظرية يفهمها كل واحد بالبداهة

ج — السكون في الكون

أقول : نعم انها نظرية طبيعية ولكنها ليست ساذجة بل هي معقدة ، هي نسبية ، لا نسبة فقط . لان النسبة فيها تختلف باختلاف نظر المراقب الى الشيئين المنسوب أحدهما الى الآخر . فالسفينة الماخرة التي انت جالس في وسطها ساكنة بالنسبة اليك لأنهُ لا شيء من أجزائها يقترب اليك او يبتعد عنك . ولكنها بالنسبة الى الشاطىء هي متحركة تبتعد عنهُ او تقترب اليهِ. واما الشاطىء بالنسبة اليك فهو متحرك لانهُ يقترب اليك او يبتعد عنك وانت جالس ساكن في مكانك (بالنسبة الى السفينة) . لذلك لاتخطىء اذا قلت ان الشاطىء يدنو من سفينتك كما يقول اخوك الواقف على الشاطىء ان السفينة دانية اليهِ . كلاكما صادق في القول . واما الرقيب الثالث الذي في القمر يرصد الارض (لو كان هذا ممكناً) فيقول ان السفينة تقترب من الشاطىء

وحاصل القول ان الحكم على الحركة او السكون يتوقف على نظر المراقب . لكل مراقب حكمه الخاص . ولزيادة الايضاح نضرب المثل التالي

ولنفرض المستبعد : وهو انك في طيارة سريعة جداً بحيث تستطيع ان تطير حول الارض في ٢٤ ساعة . ثم وجهت الطيارة عند الظهر الى الغرب وأطلقت لها العنان وجعلت ترى الاشياء على الارض كأنها تمر من تحتك نحو الشرق ، فهل تستطيع ان تقول انك متحرك بسرعة عظيمة تخترق الهواء نحو الغرب ؟ لماذا لا تقول انك ثابت في الفضاء وان الارض تسير من تحتك وهواؤها يعبر من حولك ؟ لك ان تقول ذلك لانك ترى الشمس دائماً فوق رأسك كانك مسمر في الفضاء تحتها والارض تدور من تحتك . فأنت في نظر المراقب على الارض متحرك وهي ساكنة وفي نظرك انت ساكن وهي متحركة . وبالنسبة الى الشمس انت ساكن والارض متحركة ايضاً

وحاصل القول ان الحركة والسكون نسبيان . فاذا كان جسمان يتقاربان او يتباعدان فكل منهما بالنسبة الى الآخر متحرك والآخر ساكن . اذا كانت المسافة بين (ب) و(ج) تطول او تقصر فلك ان تقول ان (ب) متحركة نحو (ج) او مبتعدة عنها او ان تقول ان (ج) متحركة نحو (ب) او مبتعدة عنها . واذا قلت ان السفينة تسير بسرعة عشرين متراً بالثانية فهذا الكلام لغوٌ لا معنى لهُ . ولا يكون ذا معنى الاَّ اذا قلت انها تسير بالنسبة الى الشاطىء بسرعة عشرين متراً بالثانية . ولنفرض ان امامها سفينة اخرى تبتعد عن الشاطىء بسرعة ٤٠ متراً بالثانية . فسرعة هذه بالنسبة الى سفينتك ٢٠ متراً . ولك ان تقول ان سفينتك تتقهقر عنها ٢٠ متراً كل ثانية مع انها جارية وراءها . وحاصل ما تقدم ان لاسكون في الكون بل فيهِ حركات متفاوتة بنسبة بعضها الى بعض

٤ — السرعة المطلقة

اذا كنت تمشي على ظهر السفينة بسرعة مترين في الثانية فهل يصح قولك ان سرعتك مترانِ ؟ اذا كنت تسير بهذه السرعة من المؤخر الى المقدم والسفينة تسير بسرعة ٢٠ متراً مبتعدة عن الشاطىء فسرعتك بالنسبة الى الشاطىء ٢٢ متراً في الثانية لا مترانِ فقط . اذن ليست لك سرعة مطلقة بل سرعتك نسبية . فهي بالنسبة الى السفينة مترانِ وبالنسبة الى الشاطىء ٢٢ متراً. ليست سرعتك في الفضاء تقف عند هذا الحد . هل تستطيع ان تقول ان سرعتك بالنسبة الى الفضاء ٢٢ متراً ؟ فلا.

اذا كان الشاطىء الذي رحلت سفينتك عنهُ متجهاً الى الشرق لان الارض تدور على نفسها بسرعة (نفرض) الف متر في الثانية فسرعتك اذن في الفضاء ١٠٢٢ متراً بالثانية . فهل هذه هي سرعتك المطلقة وأنت تمشي على ظهر السفينة بسرعة مترين والسفينة تمخر بسرعة عشرين متراً والارض تدور بسرعة الف متر ؟ لا . لان الارض تسير ايضاً بسرعة ٣٠ كيلو متراً في الثانية حول الشمس . اذن سرعتك في الفضاء ٣١٠٢٢ متراً في الثانية . فهل حقيقي ان هذه هي سرعتك المطلقة في الفضاء ؟ فلا ايضاً

الشمس مع ما حولها من سيارات والارض من الجملة تسير بسرعة ١٢ الف متر في الثانية نحو النجم المسمى النسر الواقع . اذن سرعتك في الفضاء نحو النسر الواقع ٤٣٠٢٢ بالثانية . فهل يمكنك ان تقول ان هذه هي سرعتك المطلقة ؟ لو كان هذا النجم مسمراً في نقطة ثابتة في الفضاء لصح القول ان سرعتك هذه مطلقة مقررة . ولكن النسر الواقع كسائر نجوم المجرة كلها تدور في الفضاء بسرعات مختلفة . فاذن سرعة النظام الشمسي التي تنسب سرعتك اليها ليست سرعة مطلقة في الفضاء لانهُ ليس في الفضاء جرم ثابت تنسب اليه حركات الاجرام الاخرى بل جميعها متحركة بسرعات مختلفة . اذن ليس للسرعة المطلقة وجود بتاتاً . بل لكل جسم سرعة خاصة بالنسبة الى جسم آخر . فأنت بالنسبة الى السفينة تمشي بسرعة مترين . وبالنسبة الى الشاطىء تسير بسرعة ٢٢ متراً ، وبالنسبة الى الشمس بسرعة ٣١٠٢٢ متراً وهلمَّ جرًّا . وحاصل القول ان السرعة نسبية كما ان الحركة والسكون نسبيان

٥ — النسبية اكثر تعقيداً من هذا

ذلك هو معنى النسبية البسيط . ولكن لو اقتصرت النسبية على نحو ما تقدم تفصيله لما كانت ذات شأن كبير لان هذه التفاصيل معروفة من زمان وعلى مبدئها بنيت قواعد الميكانيكيات الطبيعية. ولكن النسبية الحديثة التي أقامت علماء العصر وأقعدتهم لا تقتصر على هذا المبدأ . بل اكتشفوا

لها اعتباراً آخر غير تلك القواعد استلزم تنقيحها . ولايضاحه نعود الى مثل السفينة . ولنفرض ان على الشاطئ شخصاً يراقبك وانت ماش على ظهر سفينتك وهو يعلم انك تمشي بسرعة مترين والسفينة تمخر بسرعة ٢٠ متراً في الثانية . ففي كل ثانية يحسب انك ابتعدت عنه ٢٢ متراً لانهُ يضيف سرعتك الى سرعة السفينة . وأنت مثله ترى انهُ يبتعد عنك بسرعة ٢٢ متراً في الثانية . هذا هو حساب علماء الطبيعة السابقين . ولا ريب انك تقول ان هذا الحساب لا غبار عليه فهو واضح وبسيط جداً . ولكن عالم النسبية الحديثة يقول لك ان هذا خطأ . لماذا ؟

ان حساب المسافة التي تبتعد بها عنهُ متوقف على النور الذي ينقل اليه خبر بعدك عنهُ . فهو يراك في آخر الثانية الاولى ليس في نهاية المتر الثاني والعشرين بل بعد ان تكون قد تقدمت قليلاً بعد ذلك ، لان النور الذي نقل الرؤية اليه استغرق وقتاً . مهما كان هذا الوقت زهيداً جداً فهو وقت . نعم لايعتبر شيئاً يذكر في مثل السفينة الذي نحن بصدده . ولكنهُ يعتبر شيئاً كبيراً في المسافات العظيمة كحركات الافلاك . وانما نحن نمثل بمثل السفينة تقريباً للافهام ونقيس المسافات العظيمة على المسافات القصيرة في الحساب . فهو من غير شك لم يرك حيث انت بل يراك حيث كنت قبل ان تقدمت . ولذلك لا تكون المسافة بينك وبينهُ ٢٢ متراً تماماً بل هي اقصر بقدر نسبي بين سرعته وسرعة النور كما سنشرحهُ فيما بعد