القسم الاول
ناموس النور

لاحظ القارىء في المقدمة الاولى ان النور يلعب دوراً عظيم الشأن في كونه واسطة الاتصال بين الاجرام والاجسام . وكذلك هو « البريد » بين الحوادث (الحركات المادية (Events) ومراقبيها (Observers)) فناموسهُ يمضي جنباً الى جنب مع ناموس النسبية في تفسير اختلاف الحوادث باختلاف مواقع المراقبين . وسيرى القارىء فيما يلي ان ناموسه الفذ بين نواميس الطبيعة هو الذي فتق حجاب الخفاء عن ناموس النسبية . لذلك جعلت المباحث الخاصة به في قسم قائم بذاته

الفصل الاول
سرعة الضوء في الاثير

خرجنا من الفصل السابق وقد ظهر لك انك وانت ساكن في السفينة لست ساكناً في الفضاء بل انت منتقل فيه بمجموع سرعة السفينة وسرعة الارض في دورانها على محورها وسرعتها في دورانها حول الشمس مع سرعة النظام الشمسي في مسيره في قرص المجرة مع سرعة المجرّة في مجموعة ملايين المجرات الاخرى التي لا يعلم مقدارها الاَّ الله — هذا على اعتبار ان هذه السرعات في اتجاه واحد . فسرعتك في الفضاء المطلق مجهولة لانهُ ليس فيه جسم ثابت تُنسب اليه السرعات . فهل من وسيلة لاكتشاف سرعتك المطلقة ؟

هذه مسألة عظيمة الشأن لاحت لكثيرين من العلماء فكانوا يرتدون عنها حيارى . ولم يبقَ مناص من القول انهُ ليس في الفضاء سرعة مطلقة مقرَّرة بل ان الاجسام تتحرك فيه بسرعات مختلفة بنسبة بعضها الى بعض . فاذا قلنا ان الارض تسير في فلكها بسرعة ٣٠ كيلو متراً في الثانية عنينا سرعتها بالنسبة الى الشمس . واما سرعتها بالنسبة الى المجرة فهي ٢٠٠ كيلو متر . ولكن سرعتها بالنسبة الى رحاب الفضاء لا وسيلة لاكتشافها

١ — خاطر عبقري في اكتشاف السرعة المطلقة

في اواخر القرن الماضي كان العلاّمة الاميركي ميكلصن النابغة يشتغل في مسائل النور وله فيها ابحاث وامتحانات عظيمة الشأن . وله كذلك في مسألة « التداخل النوري » Interference اكتشافات قيمة . وللقارىء القليل العلم بالبصريات Optics ان يسأل ما هو « التدخل النوري » هذا ؟ فاليك بيانه بكل اختصار ، لانهُ ليس من مباحث هذا الكتاب بل هو من اختصاص العلوم الطبيعية Physics

اذا أُرسلت شعاعتين من مصدر واحد كأنهما تخرجان من ثقبين متقاربين وتنطلقان متوازيتين ثم تأخرت احداهما في الطريق عن الأخرى بسبب عائق (كمرورها في وسط آخر كالزجاج او الماء) ثم انطلقت مع الاولى فلا تتطابق أمواجهما بل قد تقع قمة موجة الواحدة على قعر موجة اخرى (او منحرفة عن قمتها) فيتعاقب السطوع والظلام فيهما ويظهر هذا التعاقب على اي حجاب يعكس النور ، وتراه بشكل دوائر بعضها ضمن بعض منيرة فمظلمة . واذا أقحمت هذا الحجاب الى جهة الشعاع او رددتهُ عنهُ رأيت هذه الدوائر تتولد من المركز وتنتشر حولهُ بالتعاقب او بالعكس . هذا ما يسمونهُ التداخل النوري . وبواسطته تعلم أمور عن طبيعة النور ونواميسه — وللقارىء ان يتوسع في تفهم هذا الموضوع بمطالعة المطولات

وبينما كان ميكلصن يشتغل في هذا الفرع من العلم خطر لهُ خاطر بديع لاكتشاف السرعة المطلقة . فقال في نفسه : — اذا كان لا بدّ من الاستناد الى جسم ثابت غير متحرك ، في الفضاء لاكتشاف السرعة الحقيقية بالنسبة اليه ، فلماذا لا يكون بحر الأثير المالىء الفضاء هو هذا الجسم الثابت الذي نبحث عنهُ لهذا الغرض ؟ لان النور أمواج اثيرية تصدرها نبرات أو اهتزازات في الجسم المنير تصدم الاثير فيتموج كما تصدم دفة الزورق الماء فتحدث تموّجاً فيه او كما تصدم الريح سطح الماء فتموّجه ؟ وقد عرفنا سرعة أمواج النور في بحر الاثير الثابت (أي غير الجاري) ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر بالثانية ، وسرعة الارض في سيرها حول الشمس ٣٠ كيلومتراً ، وهي سابحة في بحر الاثير أيضاً . فاذا قابلنا بين السرعتين استطعنا ان نستخرج سرعة الارض في الاثير كما نستطيع ان نستخرج سرعة الزورق او السفينة في الاقيانوس بالمقايسة بين سرعتها وسرعة الامواج المائية أو بسرعة التيار الذي نشاهده عند جانب السفينة وهي ماخرة . وهي بالحقيقة سرعة السفينة نفسها لا سرعة التيار لانهُ ليس ثمت تيار

يمكننا ان نلقي من السفينة عوامة متصلة بحبل طوله الف متر مثلاً ملفوف على بكرة مرتبطة بالسفينة . فاذا انتهى كرّ الحبل في دقيقة قلنا ان سرعة السفينة الف متر بالدقيقة

ولكن هذه العملية غير مستطاعة في بحر الاثير لاننا لا نستطيع ان نلقي من الأرض اليه شيئاً يثبت فيه كالعوامة ويبقى لهذا الشيء صلة بنا كحبل العوامة . كل ما نلقيه من الارض الى الفضاء الاثيري يعود اليها بحكم الجاذبية . فعلينا ان نفكر بعملية أخرى لاكتشاف سرعة السفينة في البحر بالقياس الى سرعة شيء آخر هو من خصائص البحر . فما هو هذا الشيء ؟

من خصائص سطح البحر التموج . فاذا استطعنا ان نقايس بين سرعة السفينة وسرعة موج البحر استطعنا ان نقايس بين سرعة الارض وسرعة موج الاثير — النور . لأن للموج في الوسط الواحد سرعة واحدة لا تتغير تتوقف على كثافة ذلك الوسط . فسرعة الموج المائي واحدة مهما كانت الموجة كبيرة أو صغيرة . وسرعة الصوت في الهواء واحدة مهما كان الصوت عالي النغم أو واطئه . وكذلك سرعة النور في الاثير مهما اختلفت ألوان طيفه . لكل وسط من هذه الأوساط تموج ذو سرعة واحدة خاصة به لا تتغير مهما اختلف طول الموجة . فكيف يمكننا اجراء هذه العملية ؟

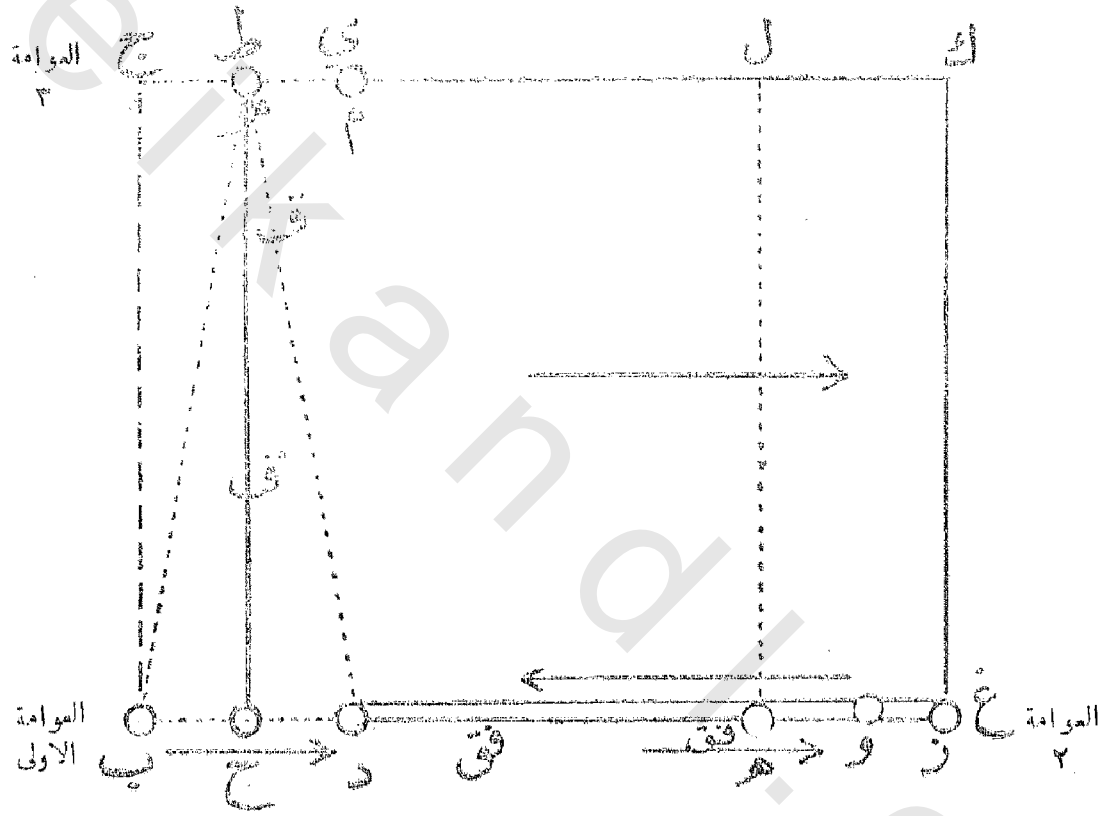
لنفرض أننا نقيم في زورق في بركة كبيرة او في بحيرة صغيرة هادئة او ذات أمواج صغيرة جداً بسبب النسيم . ثم القينا من الزورق وهو سائر بسرعة واحدة حجراً كبيراً يحدث موجة واحدة كبيرة . فهذه الموجة تنتشر الى جميع الجهات بسرعة واحدة . ولنفرض ان الزورق أبطأ من الموجة . ولذلك نراه جارياً وراء قوس الموجة من جهة مقدمه ومتباعداً عنها وهي متباعدة عنه من جهة مؤخره . وأما من جهة جنبيه فنرى الموجة وحدها تبتعد عنه . فكيف يمكننا ان نقيس سرعته بسرعتها وهي تفارقه ونحن لا نعود نتصل بها ؟ .

نحن نعلم ان الموجة متى صدمت شاطىء البحيرة ترتد وفي ارتدادها تعود الى زورقنا من جميع الجهات وتصدمه . ولأن الزورق سائر فالموجة المرتدة الى مقدمه تصل اليه قبل الموجة المرتدة الى جنبيه لأنه سائر يستقبل تلك معامداً لها وموازياً لهذه ، كما لا يخفى على تصور القارىء . فمن ضبط الفرق في المدة بين صدمتي الموجتين المرتدتين اليه نستطيع أن نعلم سرعته بالثانية والدقيقة

هذه فكرة بديعة لاكتشاف سرعة الزورق في الماء بالقياس الى سرعة الموجة . فهل يمكن تطبيق هذه العملية على سرعة الارض في بحر الاثير بالقياس الى سرعة الموجة الاثيرية النورانية ؟ — لا . لماذا ؟ لانه ليس للبحر الاثيري شاطىء ترتد عنه الموجة كما ترتد موجة البحيرة عن شاطئها . فما العمل لحل هذه المشكلة ؟

خطر لميكلصن فكرة بديعة جداً لحلها : وهي ان يجعل المرآة عاكسة للموجة النورانية كالشاطىء العاكس للموجة المائية . خطر له ان يرسل شعاعتين من مصدر واحد الى جهتين متعامدتين : قل الشعاعة الواحدة الى الشرق والاخرى الى الشمال . وجعل مقابل كل شعاعة

مرآة ترددها إلى ملتقى واحد تلتقي فيه الشعاعتان معاً ثم تتحدان في اتجاه واحد . فاذا كانت المرآتان على بعد واحد من ذلك الملتقى فلا يمكن ان تعودا في وقت واحد معاً لان الارض سائرة بسرعة ٣٠ كيلو متراً بالثانية الى الشرق وليست كذلك الى الشمال . وبالحساب نرى ان الشعاعة العائدة من المرآة الشرقية تصل متأخرة عن الشعاعة العائدة من المرآة الشمالية . ومن معرفة الفرق في المدة بين عود الشعاعتين يستطيع ميكلصن ان يعلم بواسطة قانون « التداخل النوري » الذي عرفناه آنفاً كم هي سرعة الارض (ليس في مدارها حول الشمس) بل في بحر الاثير . فاذا نجحت هذه العملية حلّ اعظم لغز من ألغاز الطبيعة



(رسم ١)

وقبل أن نشرح عملية ميكلصن بالتفصيل لا بد ان يطلب القارىء البرهان على ان الشعاعة الشرقية تعود متأخرة عن الشعاعة الشمالية . فنبسطهُ فيما يلي

ب — البرهان المبني على صحة هذه الفكرة

على القارىء ان يتذكر ان الموجة الصادرة من صدم الجسم المحدثها مستقلة عن حركة ذلك الجسم : فالموجة التي صدرت من مجذاف الزورق، او من الحجر الملقى من الزورق ، لم تعد لها

علاقة بالزورق مطلقاً . هي موجة في الماء تسير بحسب قانون تموج الماء بسرعة واحدة لا تتغير . فسرعة الزورق لا تأثير لها فيها البتة . كذلك شأن الموجة النورانية الصادرة من أي مصدر على الارض تكون مستقلة عن حركة الارض . فلا تكسبها سرعة الارض شيئاً ولا تنقصها شيئاً

تصور نهراً عريضاً كالنيل جارياً بسرعة ١٠٠ متر بالدقيقة باتجاه السهم (في وسط الرسم ١) وقرب الشاطىء الجنوبي منه عوامة اولى عند (ب) . وعوامة (غ) وبينهما مسافة ٥٠٠ متر وقرب الشاطىء الشمالي عوامة ثالثة (م) مقابل العوامة الاولى (ع) على بعد ٥٠٠ متر منها ايضاً. العوامات غير مقيدة بالبر بل هي مطلقة يحملها النهر بسرعته (١٠٠ متر بالدقيقة)

كان عند العوامة الاولى عند (ب) زورقان ، فرحلا عنها بسرعة ٥٠٠ متر في الدقيقة : الزورق (ق) الى العوامة (م) والزورق (فق) الى العوامة (غ) . ثم عادا الى العوامة الاولى من حيث رحلا . فهل وصلا اليها في وقت واحد ؟

لا ريب في ذلك : اولاً لان المسافات بين العوامات ثابتة لا تتغير بالنسبة الى الماء الذي يحملها جميعاً ويسير بها جميعاً بسرعته . وثانياً لان سرعة الزورقين بالنسبة اليهما لم تتغير ايضاً . فكأن العوامات لم تتحرك بنسبة بعضها الى بعض وبنسبتها الى الزورقين ، وانما السطح المربع الذي تحدُّ العوامات ثلاثاً من زواياه (ب ج ل ه) قد انتقل كلهُ معاً بالنسبة الى الشاطىء فقط، اي الى (د ي ك ز). فاذا تصورت هذا المربع لوحة عظيمة عائمة على النهر، والزورقين يدرجان بعجلات عليه ذهاباً واياباً بسرعة واحدة، فلا بد ان يعودا الى العوامة الاولى في نفس الوقت سواء كان النهر جارياً او ساكناً لان حركة الزورقين منسوبة الى ماء النهر لا الى الشاطىء ، ولا الى اي شيء آخر مستقل عن النهر

ولكن اذا فرضنا شيئاً آخر غير الزورقين يتحرك في وسط Medium مستقل عن النهر كالهواء مثلاً تغيرت المسألة تغيراً كليًّا كما سترى فيما يلي : —

لنفرض بدل الزورقين طيارتين مستقلتين بسرعتهما عن سرعة النهر ترحلان في الهواء من عوامة الى أخرى ، ثم تعودان (والنهر يرحل على الارض بين الشاطئين)

كان الزورقان يسيران في النهر الجاري بالعوامات، أما الطيارتان فتسيران في الهواء الساكن فوق النهر . ولا ارتباط بين النهر والهواء سوى ان الماء الجاري يحتك باسفل الهواء الساكن من غير ان يحدث فيه حركة . فماذا يكون من شأن الطيارتين ؟

نفرض ان كل طيارة تسير على متن الهواء (كالزورق) بسرعة ٥٠٠ متر في الدقيقة . قامت الطيارة الاولى من العوامة الاولى حين كانت مقابل (ب) في الشاطىء قاصدة الى العوامة (غ) اذ كانت هذه عند (ه) في الشاطىء. كانت تسير بسرعة ٥٠٠ متر، والعوامة تسير امامها بسرعة ١٠٠ متر

فادركتها عند (و) بعد أن قضت دقيقة و ١٥ ثانية كما يتضح من الحساب اذا رمزنا عن ثواني الوقت بحرف (ث)

١٠٠ ث المسافة التي قطعتها العوامة مع ٥٠٠ المسافة التي كانت بينها وبين الطيارة من بدء الرحيل = ٥٠٠ ث المسافة التي قطعتها الطيارة اي ١٠٠ ث + ٥٠٠ = ٥٠٠ ث

اذن ث = $\frac{٥٠٠}{٤٠٠}$ = $\frac{٥}{٤}$ الدقيقة = دقيقة وربعاً = ٧٥ ثانية

ثم عادت من العوامة (غ) اذ كانت هذه عند (و) تقصد الى العوامة الاولى وهذه كانت تقترب اليها بسرعة ١٠٠ متر بالدقيقة . فالتقت بها عند (د) بعد ان قضت $\frac{٥}{٦}$ الدقيقة اي ٥٠ ثانية كما يتضح من الحساب التالي

لما كانت الطيارة عند (ه) كان بينها وبين العوامة الاولى ٥٠٠ متر . فلما تقدمت اليها (وهذه تقدمت ايضاً مستقبلة لها) الى ان التقت بها كانت هذه قد قطعت ١٠٠ من الـ ٥٠٠ متر . فاذاً

٥٠٠ — ١٠٠ ث = ٥٠٠ ث

ث = $\frac{٥}{٦}$ الدقيقة = ٥٠ ثانية

في الذهاب ٧٥ ثانية

في الاياب ٥٠ ثانية

المجموع ١٢٥ ثانية ، اي دقيقتان و٥ ثوان ، وهو الوقت الذي استغرقته رحلة الطيارة ذهاباً وايباباً من (ب) الى (غ) ثم الى (ب)

فلنرَ الآن كم قضت الطيارة الثانية من الوقت في رحيلها (المعارض لمجرى النهر) الى العوامة (م) وعودتها الى العوامة الاولى

لما قامت من العوامة الاولى كانت هذه عند (ب) واتجهت الى العوامة (م) اذ كانت هذه عند (ج) وفيما كانت سائرة كان النهر سائراً بالعوامات جميعاً . فلما ادركت العوامة (م) كانت هذه قد صارت عند (ط) . فكأن الطيارة سارت في خط مائل من (ب) الى (ط) كما ترى في الرسم . فاستغرقت من الوقت اكثر من دقيقة قليلاً لان مسافة هذا الخط اكثر من ٥٠٠ متر كما تعلم

ثم عادت الطيارة من العوامة (م) (اذ كانت هذه عند «ط») قاصدة الى العوامة الاولى وكانت هذه حينئذ عند (ح) . ولكن لما ادركتها الطيارة كانت قد صارت عند (د) . فكأن الطيارة سارت في الخط المائل (ط د) فاستغرقت ايضاً من الوقت اكثر من دقيقة قليلاً . فكم استغرقت بالضبط ؟

أنت تعلم ان الخط (ط ح) معامد للخط (ب د) وهو ٥٠٠ متر لانهُ المسافة التي لا تتغير بين العوامتين (ح م) . وتعلم أيضاً ان المسافة ب ح = ح د = ١٠٤ متر (تقريباً) مقدار ما سارتهُ العوامة في

دقيقة وثانيتين ونصف بالنسبة الى البر والهواء الساكنين . وكل من المثلثين (ب ح ط) . (د ح ط) قائم الزاوية عند (ح) . فبحسب قضية فيثاغوراس (مجموع مربعي الضلعين يساوي مربع الوتر) لنا :

$$(\text{ط ب})^2 = (١٠٤)^2 + (٥٠٠)^2 \text{ اذن}$$

$$\text{ط ب} = \sqrt{٢٦١٨١٦} = ٥١١ \text{ متراً}$$

$$\text{وكذلك ط د مثله} = ٥١١$$

$$\text{المجموع} \quad ١٠٢٢$$

والطيارة تسير بسرعة ٥٠٠ متر بالدقيقة . فاذاً تكون قد قضت في رحلتها ذهاباً وايابا

$$\frac{١٠٢٢}{٥٠٠} = ٢ - \frac{٢٢}{٥٠٠} \text{ دقيقة} = \text{دقيقتين وثانيتين تقريباً}$$

اي انها عادت قبل الطيارة الاولى بثلاث ثوان وهو البرهان الذي يطالبنا به القارىء . والآن نعود الى عملية ميكلصن

ج — عملية ميكلصن

ان عملية الطيارتين تشبه كل الشبه عملية ميكلصن . في تحقيق سرعة الارض في الاثير اذا اعتبرنا سرعة النور تقوم مقام سرعة الطيارة ، وسرعة الارض مقام سرعة النهر

سرعة النور معروفة ٣٠٠٫٠٠٠ كيلو متر بالثانية

وسرعة الارض معروفة ٣٠ كيلو متر بالثانية

ولكن سرعة الارض في بحر الأثير الهادىء مجهولة . وهي ما رام ميكلصن ان يعرفهُ بعمليته مستعيناً بناموس التداخل النوري الذي أشرنا اليه آنفاً

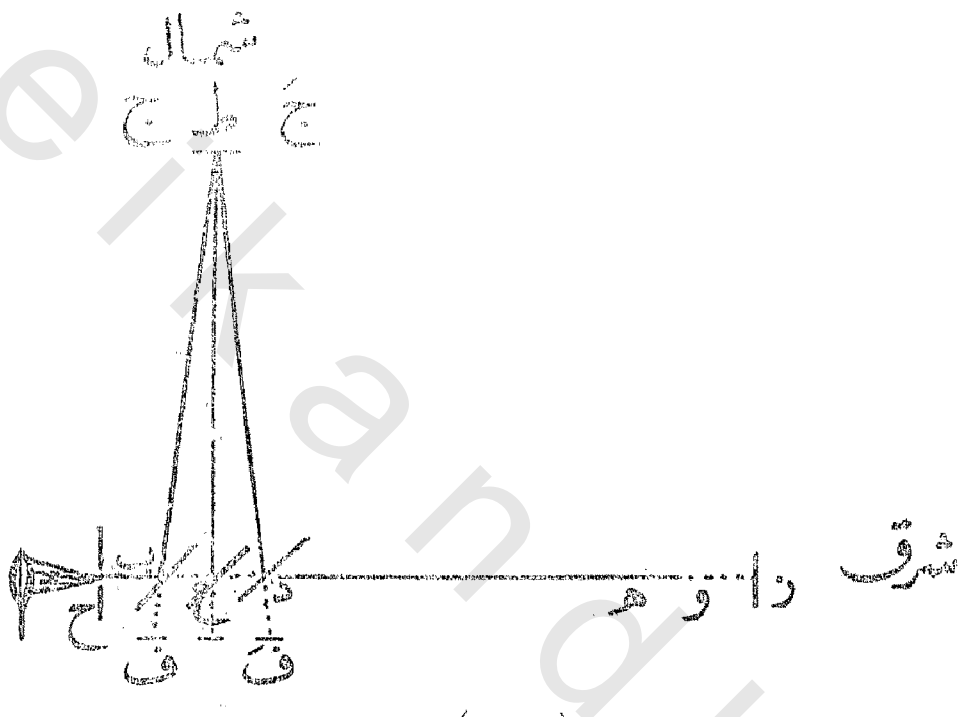
لعلّ القارىء يتسرع فيقول : اذا كانت سرعة الأرض في فلكها حول الشمس معروفة ٣٠ كيلو . فهي اذن سرعتها في الاثير

لا ! لا . الارض سائرة في فلكها بسرعة ٣٠ كيلو . وفلكها نفسه سائر مع الشمس بسرعة أخرى ٢٠٠ كيلو في قرص المجرة . والمجرة سائرة أيضاً بسرعة مجهولة . فاذن سرعة الارض في بحر الأثير مجهولة . وهي ما رام ميكلصن أن يعرفهُ

ولذلك نشرح عمليته بالتفصيل الممكن في الرسم ٢

(ن) مصباح نفذت شعاعة منهُ ثقباً في الحجاب (ح) وانطلقت الى صفيحة زجاجية عند (ب) مائلة ٤٥ درجة على خط الشعاعة . وهذه الزجاجة مموّهة بعض التمويه بحيث ان نصف الشعاعة ينعكس عنها الى مرآة عند (ج) . والنصف الآخر ينفذها منطلقاً الى مرآة أخرى عند (ه) وكلتا المرآتين على بعد واحد عن هذه الزجاجة . المسافتان متساويتان تماماً ولا تتغيران . ثم تنعكس كل من الشعاعتين الفرعيتين عن المرآتين وتعودان الى الزجاجة المموهة . نصف الشعاعة

الشمالية يخترقها الى (ف) ونصف الشعاعة الشرقية ينعكس عنها الى (ف) أيضاً حيث يوجد جهاز ينبئك عما اذا كانت الشعاعتان قد التقتا عند (ف) متطابقتي الموجات أو متخالفتيها حسب ناموس التداخل . فاذا عادتا متخالفتي الموجات ظهر « التداخل النوري » على حجاب عند (ف) فيعلم منهُ ان احداها الشرقية عادت متأخرة عن الاخرى كما برهناه في حكاية الطيارتين وعوامات النهر . ومن ذلك تعلم ان سرعة الارض في بحر الأثير غير سرعتها حول الشمس. ولزيادة الايضاح نشرح رحلتي الشعاعتين ذهاباً وايابا . نشرح أولاً رحلة الشعاعة الاولى الشرقية :—



(رسم ٢)

نفذت الشعاعة الزجاجة الموهة اذ كانت هذه عند (ب) وانطلقت الى المرآة الشرقية اذ كانت هذه عند (هـ) . ولكن لان المرآة كانت تسير (مع الارض بسرعتها) أمام الشعاعة ، فما أدركتها هذه الاّ حين صارت عند (و) . وحينئذٍ كانت الزجاجة قد صارت عند (ع) .

فتكون الشعاعة قد رحلت في ذهابها من (ب) الى (و) وهذه المسافة (م) تساوي (ن) سرعة النور مختلساً منها (س) سرعة الارض في وقت واحد . ولنرمز عن مدة الوقت بحرف (ت) اذن

$$م = ت (ن - س)$$

او

$$ت = \frac{م}{ن - س} \qquad (١)$$

ثم انعكست الشعاعة عن المرآة وعادت اذ كانت الزجاجة الموهة تستقبلها مقبلة اليها لانها

تسير مع الارض بسرعة الارض فالتقتا عند (د) . فتكون الشعاعة قد قطعت في ايابها المسافة من (و) الى (د) والزجاجة قد قطعت من (ع) الى (د) في وقت واحد . اذن : م = ت (ن + س)

$$\text{او} \qquad ت = \frac{م}{ن + س} \qquad (٢)$$

اجمع معادلتي الذهاب والاياب (١) و (٢) فلك

$$٢ ت = \frac{م}{ن + س} + \frac{م}{ن - س} \qquad \text{ومنها بالاختصار لنا}$$

$$ت = \frac{٢ م ن}{ن^٢ - س^٢} \qquad (٣)$$

هو الوقت الذي قضته الشعاعة الشرقية في ذهابها وايابها .

عود الى الشعاعة الثانية الشمالية

رحلت هذه الشعاعة من (ب) الى المرآة (ج) ولكن هذه كانت تسير مع الارض الى الشرق فما ادركتها الشعاعة الا حين صارت عند (ط) وحينئذٍ صارت الزجاجة عند (ع). ثم عادت الشعاعة الى الزجاجة فما ادركتها حتى صارت هذه عند (د) . فتكون الشعاعة قد سلكت في ذهابها خطًّا مائلاً بالنسبة الى خط سير الارض اي من (ب) الى (ط) وفي عودتها سلكت خطًّا آخر مثله من (ط) الى (د) . وكلا الخطين مع الخط العمودي (المعامد) على المسافة التي قطعتها الزجاجة من (ب) الى (د) يكوّنان مثلثين قائمي الزاوية متساويين كما تراهما في الرسم

فلنرَ اذاً كم هو الوقت الذي استغرقته الشعاعة الثانية ذهاباً وايابًا ... الوتر (ب ط) يساوي (ن) سرعة النور مضروباً بـ (تَ) الوقت الذي قضاه اي يساوي (تَ ن). والخط (ب ع) يساوي (س) سرعة الزجاجة (الارض) مضروبة بـ (تَ) المدة التي استغرقتها اي (تَ س). والمسافة بين (ط ع) نعبر عنها بحرف (م) اذن . بحسب قضية فيثاغوراس لنا: —

$$(تَ ن)^٢ = م^٢ + (تَ س)^٢ \text{ ومنها لنا}$$

$$م^٢ = (تَ ن)^٢ - (تَ س)^٢ = تَ^٢ (ن^٢ - س^٢)$$

كذلك الامر في الاياب : ط د = تَ ن

و ع د = تَ س

$$\text{اذن } ٢ م^٢ = ٢ ت (ن^٢ - س^٢) \qquad \text{ومنها لنا}$$

$$تَ = \frac{م}{\sqrt{ن^٢ - س^٢}} \qquad (٤)$$

والآن . اذا قابلت قيمة (ت) في المعادلة (٣) وهي مدة رحلة الشعاعة الشرقية ذهاباً وايابا بقيمة (ت') في هذه المعادلة (٤) وهي قيمة رحلة الشعاعة الثانية الشمالية وجدت ان تلك اكثر من هذه اي اطول مدة . تلك استغرقت وقتاً اكثر من هذه فعادت متأخرة عنها . وهذه النتيجة مطابقة تمام المطابقة لنتيجة عملية الطيارتين وعوامات النهر

وكان في امكان ميكلصن ان يضبط حساب هذا الفرق بالمدتين بواسطة قانون « التداخل النوري » الذي يظهر على الحجاب عند (ف) بكل دقة مهما كان زهيداً لان جهاز « التداخل » دقيق جداً

٥ — فشل العملية

عمل ميكلصن هذه العملية مبتهجاً لانهُ أمّل ان يكتشف بواسطتها سرعة الارض في الاثير فاذا كانت النتيجة ؟

كانت خيبةً وفشلاً . لم يظهر فرق بين مدتي رحلتي الشعاعتين بتاتاً . لم يظهر تداخل نوري البتة . يعني : عادت الشعاعتان في وقت واحد كأن الارض ثابتة في بحر الاثير لا تتحرك كثبوت الاثير الذي ينتقل النور به .. عادتا في وقت واحد كما لو عادت الطيارتان الى العوامة التي قامتا عنها فيما لو كان النهر ثابتاً لا يجري

النهر يجري ولذلك عادت إحدى الطيارتين قبل الاخرى . والارض تجري في الاثير فلماذا لم تعد احدى الشعاعتين قبل الأخرى ؟ أمر غريب عجيب !

دهش ميكلصن من هذا الفشل غير المنتظر . ودهش معهُ كل عالم علم بنتيجة عمليته هذه . وحار وحاروا في تعليل هذا الفشل

خطر له أن يكون السبب أن المرآتين غير بعيدتين بعداً واحداً عن الزجاجة المموهة التي انفلقت فيها الشعاعة الاصلية الى شعاعتين فكانت مسافة احدهما اطول من الاخرى . ولكي يتحقق من هذا الامر جعل جهازه كله عائماً في حوض من الزئبق لكي لا يترجرج اذا حركهُ بل يرسو متوازناً بلا اضطراب، ولكي تمكن ادارته بسهولة . ثم أدارهُ إدارة رحوية إلى أن صارت المرآة الشرقية في الشمال والشمالية في الغرب حتى إذا كانت مسافتا المرآتين غير متساويتين يظهر هذا الاختلال . بالرغم من هذه الحيلة لم يظهر فرق بين مدتي الشعاعتين . لم يظهر « تداخل نوري » لينم عن الفرق . أي وصلت الشعاعتان معاً في وقت واحد

ثم عملت العملية في فصول السنة المختلفة عسى ان يظهر اختلاف سرعة الارض باختلاف مواضعها في فلكها حول الشمس . فما ظهر اختلاف قط في وصول الشعاعتين

جرب هذه العملية ميكلصن ومورلي (وغيرهما) مراراً في ظروف وأحوال مختلفة وفي أزمنة مختلفة وفي أعالي مختلفة ومسافات مختلفة فما اختلفت النتيجة البتة. فكان العلماء جميعاً حيارى في تعليل خيبة هذه العملية، لانهُ لو ظهر أقل فرق في الوقت بين وصول الشعاعتين لاستطاع ميكلصن وأي واحد من العلماء ان يضبط سرعة الارض في الأثير في كل موقع من مواقعها في فلكها. وبالتالي يستطيع ان يكتشف سرعة الشمس في الاثير وسرعة كل جرم او جماعة اجرام وسرعة المجرة في الفضاء. وليس ذلك فقط بل كان سكون الاثير المطلق يعتبر وسيلة لاستخراج كل سرعة في بحر الوجود

٥ — تقلص الاجسام في اتجاه سرعتها

حاول بعضهم تفسير هذه الخيبة بتخرصات مختلفة. ولم يأمن أي واحد من التفاسير الاعتراضات الوجيهة. ولم يجد العلماء حلاً معقولاً لهذه المشكلة الاّ نظرية فتزجرلد: وهي ان الاجسام تتقلص في خط اتجاه سيرها تقلصاً نسبيًّا بين سرعتها وسرعة النور بحيث تستطيع الشعاعتان ان تعودا معاً في وقت واحد. أي انَ ذلك التقلص يعادل ذلك الفرق فيعدّلهُ. وقد استخرج لورنتز مقدار هذا التقلص هكذا: —

في الشعاعة الاولى معادلة (٣) $$ت = \frac{م ن}{ن^{٢} - س^{٢}}$$

في الشعاعة الثانية معادلة (٤) $$ت' = \frac{م'}{\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}}$$

في كلتا الحالتين الوقت واحد اي $$ت = ت'$$

اذن $$\frac{م ن}{ن^{٢} - س^{٢}} = \frac{م'}{\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}}$$

اضرب هذه المعادلة بـ $\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}$ فلك

$$م' = \frac{م ن}{\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}} = \text{بالجبر} = \frac{م}{\sqrt{١ - \frac{س^{٢}}{ن^{٢}}}}$$

اي ان نسبة المسافة المقاسة لخط اتجاه الحركة المتقلص الى المسافة الموازية لخط اتجاه الحركة كنسبة

$$1 : \sqrt{1 - \frac{س^2}{ن^2}}$$

هذه اقصر من تلك . ولذلك استطاعت الشعاعة الاولى ان تدرك اختها في الميعاد

و — نزعزع نظرية الاثير

مع أن فرض نظرية التقلص يحل لغز تلك العملية طبيعيًّا ورياضيًّا تسرع العلماء والمتعلمين في مقدمتهم بالقول أن نتيجة العملية قضت على الاثير ، اي انها اثبتت ان الاثير (المفروض انهُ ثابت في الفضاء) غير موجود البتة . والاّ لظهرت سرعة الارض فيه ما دمنا نشعر بصدمات موجات النور لحدقات عيوننا ، لو كانت الموجات اثيرية . وعادوا الى نظرية نيوتن القديمة (قبل اكتشاف موجية النور) وهي ان النور ذرات corpuscles تنطلق بسرعة ٣٠٠ الف كيلو متر بالثانية من الجسم المنير وتصدم عيوننا من غير احتياج الى وسيط ينقلها كالاثير

يا ترى ماهو الفرق لعملية ميكلسن بين ان يكون النور ذرات منطلقة بسرعة ٣٠٠ الف كيلومتر في الفضاء الخالي او ان يكون موجات بسرعة ٣٠٠ الف كيلو في بحر اثير ثابت غير جار ؟ ألا تكون النتيجة واحدة ؟

ترى هل اذا كان النور تموُّجاً اثيريًّا تعود الموجة المعارضة لخط سير الارض قبل الموجة الموازية لهُ ؟ واذا كان النور ذرات تعود الموجتان معاً ؟ ولماذا ؟

لماذا اذا كانت النتيجة متفقة مع الحساب المنتظر تثبت وجود الاثير، واذا كانت مخالفة لهُ تنفي وجوده؟

وماذا في هذه النتيجة المستغربة لهذه العملية ما يثبت ان الأثير غير موجود أو غير لازم لنقل النور ؟ بل ماذا في هذه النتيجة ما يثبت أن الغاء فرض الاثير يحل لغزها ؟

سواء كان النور موجات أثيرية او ذرات فهو حركة سريعة ذات نسبة ثابتة لسرعة الارض أو أي سرعة أخرى . فلا يمكن ان تختلف النتيجة في العملية التي نحن بصددها في أي الفرضين. وما ذنب الاثير هنا اذا جاءت العملية مخالفة للحساب ؟

ليست نتيجة العملية قاضية على فرض الاثير البتة . وانما الذي يقضي على الاثير هو ثبوت ان النور ذريّ . ونظرية الذرّية لا تفسر جميع ظاهرات موجية النور . يكفي ان تعلم ان النور تموج لكي يقضي على نظرية انهُ ذرّي . لذلك ما دمنا نتكلم عن النور (والكهرطيسية) بلغة التموج فلا غنى عن فرض الاثير حتى ولو استحال علينا اثبات وجوده مباشرةً

لو كان نفي الاثير يحل لغز عملية ميكلسن لما احتيج الى فرض تقلص الاجسام في خط اتجاه حركتها. واذا كان نفيهُ يحل اللغز فما وظيفة نظرية التقلص ؟ اذاً هل تنفع فرضاً بفرض آخر؟

٥ — هل فرض الاثير ينقض النسبية

بقي أن نتساءل أولاً : هل وجود الاثير ينافي النسبية اذا ثبت وجوده ؟ وثانياً : على ماذا بنيت نظرية النسبية ؟

نجاوب عن السؤال الثاني تمهيداً للجواب عن الاول

بني صرح النسبية على ما أكتشف من جراء عملية ميكلصن من تقلص الاجسام في خط اتجاه سرعتها . بنسبة تتوقف على نسبة سرعة الجسم الى سرعة النور . وقد استخرجت هذه النسبة في العملية الرياضية التي بسطناها آنفاً . وسميت عبارة لورنتز لانهُ هو أول من استخرجها. فهذه العبارة تدخل في كل حساب للنسبية كما سترى . ولان هذه العبارة نشأت من نتيجة عملية ميكلصن ، وهذه النتيجة لم تتوقف على وجود الاثير أو عدم وجوده فلا نزعزع وجوده نظرية النسبية

ولأن كل حركة في الكون تقاس بمقياس هذه النسبة بين سرعة الاجسام وسرعة النور أصبحت النسبية قانوناً طبيعيًّا

وهنا نسأل أيضاً ما شأن سرعة النور في سرعة حركة الاجسام حتى يكون بين السرعتين ارتباطٌ وتبنى النسبية عليه ؟

الجواب ليس الارتباط محصوراً في النور بل في كل تموج طيسي . والنور ضرب من ضروب الكهرطيسية . وحواسنا تتقبل حركات الوجود بواسطة الامواج الكهرطيسية كالنور لأعيننا والراديو لاسماعنا . فاذاً لا نستطيع ان نعرف السرعات والابعاد الاّ ما بين سرعات الاجسام وسرعة التموج الكهرطيسي الذي ينقل لنا أخبارها من النسبة

فسرعة التموج الكهرطيسي في الفراغ ثابتة ٣٠٠ الف كيلو متر . ولذلك تنسب اليها كل سرعة أخرى كما يتضح في فصل كيفية حدوث التقلص

لم نرَ بدًّا من استخدام الرياضيات في هذا الفصل لان عبارة لورنتز التي كانت نتيجة تفسير العملية ذات شأن عظيم في جميع قضايا النسبية . وعلى هذه النتيجة بنيت نظرية النسبية . فاذا كان القارىء ينفر من مطالعة هذه العمليات الرياضية فليتجاوزها . وانما عليه ان يسلم بأن النور يسير على سطح الارض (وعلى سطح كل جرم) بسرعة واحدة الى جميع الجهات (كما ظهر من عملية ميكلصن) سواء كانت الارض سائرة أو ثابتة . أي ان سيرها بسرعة ٣٠ كيلومتراً مثلاً لا يختلس من سرعة النور اذا كان المسير في اتجاه مسير النور ولا يزيدها اذا كان في اتجاه معاكس لسيره — هذا هو ناموس سرعة النور الذي يختلف عن نواميس سرعات الاجسام او يشذ عنها كما يتضح للقارىء فيما بعد

فاكتشاف ناموس النور هذا هو الذي شق الحجاب لاكتشاف ناموس النسبية كما سترى

الفصل الثاني

تقلص الاجسام في خط اتجاه سيرها

اصبح القارىء الآن امام قضية مستغربة وهي ان كل جسم يتقلص في خط اتجاه سيره بنسبة بين سرعته وسرعة النور كما تقرر رياضيًا في عبارة لورنز . ولا يتقلص البتة في الاتجاه العامد لخط سيره . يعني أن مسمارك اذا جعلتها متجهة الطول الى الشرق والغرب تتقلص . وإذا جعلتها متجهة شمالاً وجنوباً لا تتقلص . واذا بسطت ذراعيك ووجهك الى الشمال أو الجنوب فباعك متقلصة ، أي هي أقصر مما لو واجهت الشرق أو الغرب

لذلك لا بد ان يسألنا القارىء كيف يكون هذا التقلص ؟ والجواب عن هذا السؤال يستلزم البحث في أعماق المادة — أي في أدق ذراتها . لان التقلص يبتدىء من هناك . فاليك الجواب

١ — كيف يكون التقلص

اعتبر اينشتين هذا التقلص سنّة طبيعية وجعله قاعدة لمبدإ النسبية فبنى عليه كل مباحثه فيها . وقد قرأت عن عملية ميكلسن هذه في بضعة مؤلفات عن النسبية ، لانهُ ما من مؤلف خلا منها . ولكني لم اجد في واحد منها تفسيراً لسبب هذا التقلص . ولذلك كان يلوح في ضميري هذا السؤال : ما هي علاقة سرعة النور بسرعة الاجسام حتى توجد بين الفريقين هذه النسبة . ولما قرأت كتاب ادنجتن « طبيعة العالم المادي » The Nature of the Physical World عثرت في الصفحة الرابعة منهُ على تفسير سبب التقلص . واليك محصله : —

« إن بين الذرات Atoms مسافات بعيدة جدًّا (بالنسبة الى احجامها) ولكن الذرات المتماثلة متساوية البعد . والذرات تحافظ على هذا التباعد المحدود فيما بينها ، وعلى الحيز الذي تتحرك فيهِ تحافظ على ذلك بتفاعل كهربائي فيما بينها ، منهُ قوات جاذبة ، ومنهُ حركات « قوات » اخرى مختلفة تحاول أن تبعد الذرات بعضها عن بعض . وكلتا الطائفتين من القوات متوازنتان بحيث يبقى حيز الذرة في سعة محدودة ويبقى بُعْدُهُ عن غيره في مسافة محدودة ايضاً . ذلك على افتراض أن الذرة ساكنة . ولكن متى كانت متحركة (أو متى شرعت تتسارع بحركتها ، اي تعجل) تتغير

القوات الكهربائية التي كانت تقيدها بالمسافات المحدودة فيما بينها لان تسارعها ينشىء امواجاً كهربائية مغنطيسية Electro-magnetic waves وهي نوع من القوات يختلف عن النوع الاول ، فيختل توازنها السابق وينشأ لها توازن جديد » — انتهى قول ادنجتن

***

فترى من فحوى كلام أدنجتن ان سر المسألة في التيار الذي أنشأتهُ سرعة الذرة او تسارعها. وهو مطابق للرأي العلمي الذي جرى عليهِ اينشتين وزملاؤه وهو ان الذرة المسرعة تنشىء حولها جوًّا كهربائيًّا مغنطيسيًّا Electro-magnetic field

وفي هذا الجو تتخذ الكهارب (Electrons) افلاكاً (Orbits) تدور فيها حول نواة الذرة كما تدور السيارات حول الشمس في جوّ جاذبي Gravitational field — تدور بتأثير هذا الجو الذي يمنعها أن تشرد عن فلكها حول النواة . (انظر مطلع فصل الجاذبية في كتاب مبدأ النسبية لاينشتين) . ولكن ادنجتن لم يفسر لنا سبب محافظة الذرات على تباعد محدود فيما بينها ، وعلى الحيز الذي تتحرك فيهِ بحيث لا يقتحم بعضها على حيز البعض الآخر

وفي ظن هذا العاجز ان السبب هو ان الكهارب تتدافع لانها ذات كهربائية من جنس واحد (سلبية) . فكهارب الذرة الواحدة تصدّ كهارب الذرة الاخرى، فلا تدعها تتجاوز حدود حيزها . وهكذا تبقى الذرات Atoms على مسافات محدودة فيما بينها

اذاً ، التقلص الذي هو بيت القصيد في بحثنا هذا يحدث في نفس الجو الكهربائي المغنطيسي في كل ذرة . اي ان هذا الجو نفسه يتقلص في اتجاه سير النواة ولا يتقلص في الاتجاه المعامد لهُ . وقد تبحّر كاتب هذه السطور طويلاً في هذه المسألة الى ان حلّ لغزها حلاً طبيعيًّا وبرهنهُ رياضيًّا . فجاء البرهان مطابقاً تمام المطابقة لمعادلة لورنتز الآنف ذكرها . وبهذا الحل تفسّر السؤال الذي سبق نصهُ : وهو : ما علاقة سرعة النور بسرعة الاجسام ؟

ب — البرهان الوصفي للتقلص

وقبل بسط البرهان الرياضي لا بد من شرح الحل الطبيعي فنقول : —

للنور سرعة ثابتة لا تتغير في زمان ولا في مكان (فراغ) وهي ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية كما علمت . وكذلك لامواج الجو الكهربائي المغنطيسي سرعة ثابتة لا تتغير وهي $(١٠)^{١٠} \times ٣$ سنتيمتر في الثانية اي عشرة مضروبة بنفسها عشر مرات ثم بثلاثة . والحاصل يساوي ٣٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ سنتيمتر = ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر ، وهي نفس سرعة النور

ليس هذا التساوي بين سرعة النور وسرعة الموجات الكهربائية المغنطيسية امراً يحدث مصادفة بل هو امر طبيعي. لانهُ ثبت ان النور ليس الاَّ امواجاً كهربائية مغنطيسية كما اشرنا اليه غير مرة

ولما كانت سرعة امواج هذا الجو مساوية لسرعة النور فبالنتيجة تكون النسبة بين سرعة النور وسرعة النواة كنفس النسبة بين سرعة امواج الجو الكهربائي المغنطيسي وسرعة النواة. فلندع النور ونبحث عن النسبة بين سرعة النواة وسرعة امواج جوها المذكور ولننظر كيف يظهر هذا الجو متقلّصاً بسبب سير النواة فيه

لا يخفى عليك ان اي نوع من الامواج (نور او كهرباء مغنطيسية او صوت او موجة ماء الخ) متى صدر لا تبقى لمصدره سلطة عليه البتة ، فتصبح الموجة مستقلة تمام الاستقلال عن مصدرها. فشعاعة النور متى صدرت عن اي مصدر (الشمس او المصباح) تستقل عن الجسم المنير ولا تبقى له سلطة عليها . كذلك الموجة الكهربائية المغنطيسية الخ

يمكن القارئ ان يتحقق صحة هذا الامر بعملية بسيطة . قف عند حافة بركة صغيرة ساكنة ولا ريح تحرك سطحها . وخذ قصبة وضع في جوف طرفها ماء وسدها بقطنة سداً يؤذن للماء ان يقطر منها كل هنيهة قطرة على التوالي . ثم ابسط القصبة على يداها فوق البركة . فترى انهُ كلما سقطت قطرة منها الى الماء احدثت موجة مستديرة تتسع رويداً رويداً . وترى الامواج متوالية بعضها ضمن بعض . وترى ان السعة بين دوائرها متماثلة . . ولكن حرّك القصبة ببطء الى عينك فترى ان دوائر الامواج الى عينك اقرب بعضها الى بعض منها الى شمالك

ولا يخفى عليك ان الجو الكهربائي المغنطيسي الذي نحن بصدده انما هو هذه الامواج بعينها. وهو مشابه من كل قبيل للجو الجاذبي Gravitational field كما زعم فراداي وبعاراه اينشتين وسائر علماء هذا العصر . ولذلك تضعف قوة (جذب) هذا الجو بنسبة مربع البعد فيه عن النواة. والذرات Atoms في اي جسم تشغل حيزات متماثلة متساوية . ويمكننا ان تصورها منضدة في خطوط متوازية على ابعاد متساوية في جميع الجهات . فلنتخذ ذرة الهيدروجين مثلاً لأنها مؤلفة من بروتون واحد هو نواتها وكهرب واحد يدور حولها بسرعة فائقة في فلك كبير بالنسبة الى حجمي النواة والكهرب . وفلك الكهرب يحدد حجم الذرة برمتها

وحين نقول ان الجسم (كتلة ذرات) يتحرك بسرعة كذا عنينا ان جميع الذرات تتحرك معاً ، كجماعة واحدة في موكب واحد ، في الفضاء محافظة على المسافات المتساوية التي بينها بفعل القوتين الكهربائية والمغنطيسية اللتين تصدرهما الذرات في أثناء تحركها

حين تكون الذرة متحركة (سائرة) تحدث جواً كهرطيسياً موجياً يشبه الجو الجاذبي تماماً . وأمواج هذا الجو حالما تصدر من الذرة تنتشر الى جميع الجهات متتابعة حرة غير خاضعة

لأي تأثير من قبل الذرة التي أصدرتها كما تقدم بيانه . اي ان الذرة لا تجرُّ جوها معها . بل ان النواة تندفع في جوها ، وكهربها يحذو حذوها ، يعبر أمواج الجو الذي نحن بصدده

تنتج عن ذلك نتيجة طبيعية وهي : أن أقواس الامواج أمام خط سير الذرة تكون أقرب بعضها الى بعض من أقواسها الخلفية كما ترى ذلك في الرسم . ومعنى ذلك ان الجو الكهرطيسي الذي أحدثتهُ الذرة أشد حدَّةً أمام الذرة وأقل حدَّةً وراءها منهُ الى جانبيها ، اي في الاتجاه العامد لاتجاه سيرها . أما الكهرب فيجتهد ان يحافظ على بعدهِ المقرر عن النواة ما أمكنهُ . ولكن لان النواة سائرة يصبح كأنهُ يدور في فلك اهليلجي في حين يكون الفلك موازياً لخط السير.

كل ذرة أخرى من موكب الذرات تحذو حذو الذرة التي نحن نصف تحركها وجوها . وبحكم الطبع تندفع نحو القسم الاقل حدَّة من جو الذرة التي أمامها لان قوة التدافع بين فلكي الكهربين المتلاصقين أقل ولذلك تصبح المسافة بين الذرتين المتلاصقتين أقصر منها بين الذرتين المتجانبتين المتجاورتين

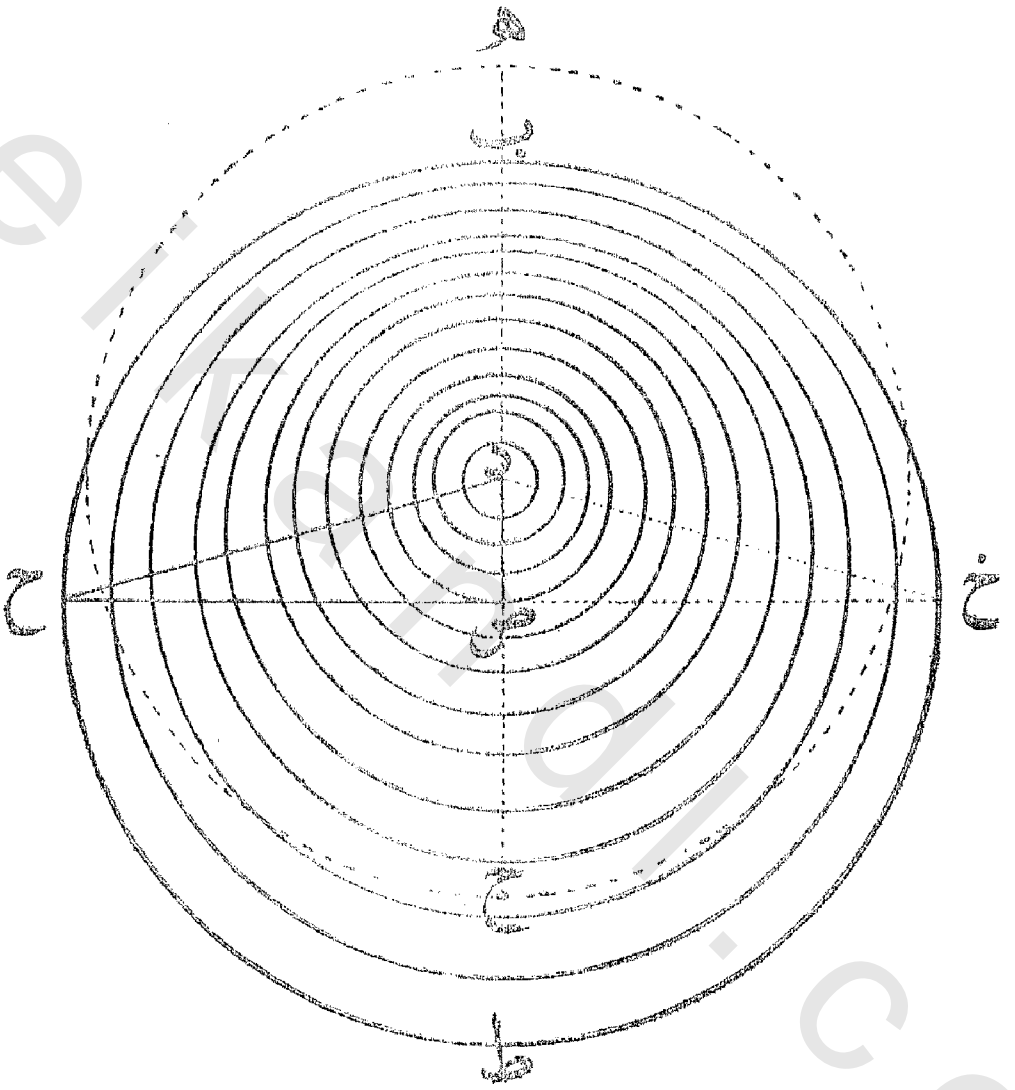
والآن نأتي الى تفهم حال الجو الكهرطيسي نفسه . فيجب ان لا ننسى او نتناسى ان هذا الجو كروي أو شبه كروي اذا راعينا شدة حدته من ناحية وضعفها من ناحية أخرى كما سبق الشرح . وحجم هذا الجو الكروي غير متناهي الحدود نظريًّا . وانما تقاطع أجواء الذرات المتجاورة يحدد كروية كل جو . ولكي نفهم تصرف الجو بسهولة ندرس قطعاً سطحيًّا منهُ Cross section موازياً لخط السير بحيث تكون النواة في مركز السطح المستدير او بالاحرى الاهليلجي كما تقدمت الاشارة وكما ترى في الرسم

تصوَّر الآن الرسم يمثل ذلك القطع السطحي من الذرة وجوها . وتصور النقطة (ص) موقع النواة في المركز . والدائرة القصوى تمثل الموجة الاولى التي انطلقت من النواة حين كانت النواة عند « ص » . والدائرة الاخرى التي ضمن تلك تمثل موجة انطلقت حين خطت النواة خطوة أخرى . وهكذا دواليك . فكأن محط كل خطوة من خطوات النواة كان مركزاً لدائرة موجة

بعبارة أخرى كلما خطت النواة خطوة في سيرها الى الامام صدرت منها موجة . فاذن مركز كل موجة يكون امام مركز الموجة التي سبقتها من حولها . ومن هذا نلاحظ سبب ما قلناه آنفاً وهو انهُ فيما تكون الذرة مندفعة في جوها الكهرطيسي بسرعة (س) (مثلاً) في حين ان الامواج منتشرة الى جميع الجهات بسرعة (ن) (وهي سرعة ثابتة لا تتغير = ٣٠٠ الف كيلو متر بالثانية) تكون أقواس الامواج الامامية المتتابعة في خط السير أقرب بعضها الى بعض من أقواسها الجانبية المعامدة لخط السير ، وأقواسها الخلفية أبعد بعضها عن بعض من هذه

اذن الدوائر المتتابعة تمثل (ليس بالعدد طبعاً بل بالوضع) مواضع الامواج المتتابعة بالترتيب

في أثناء رحيل النواة من (ص) الى (د) . اي ان الموجة التي صدرت من عند النواة حين كانت عند (ص) وصلت الى (خ ب ح ط) حين وصلت النواة الى (د) والموجة التالية صدرت من النواة حين وصلت خطوتها الثانية الى موقعها ضمن الدائرة الاولى الكبرى في نفس الوقت اي حين وصلت النواة الى (د) . وهكذا دواليك . فاذاً لما صارت النواة عند (د) كانت الامواج



المتعاقبة التي صدرت منها ممثلة في الدوائر التي تراها في الرسم — ممثلة هكذا في وقت واحد حين وجود النواة عند (د)

فاذا راعينا سرعة النواة في مسيرها . وسرعة الامواج في انتشارها على هذا النحو في وقت واحد أمكننا ان نحسب النسبة بين قطري جو الذرة المتعامدين اللذين أحدهما مواز لاختلاف

حدة الجو في اتجاه خط سير النواة ، والآخر العامد لهُ الذي لا اختلاف في حدته . ومراعاة ذلك الاختلاف في حدة الجو نجد فرقاً في طول القطرين بنسبة سرعتي الذرة وأمواجها كما سترى بعبارة أخرى اوضح : المعدل الاوسط لحدة الجو في خط السير معادل لحدة الجو في الخط المعامد له . ولكن بسبب اختلاف الحدة بين الامام والوراء في خط السير اصبح الخطان المتعامدان (القطران) مختلفين في الطول بنسبة ثابتة بين سرعة الذرة في الفضاء وسرعة امواجها الكهربائية في جوها — تلك الامواج التي لم تعد تحت سلطانها منذ صدرت منها

واليك حساب هذه النسبة في العملية الرياضية التالية

ج — البرهان الرياضي للتقلص

إذا رمزنا عن سرعة النواة بحرف (س) ، وعن سرعة الامواج الكهربائية الغنطيسية بحرف (ن) ، وعن المدة بحرف (ق) ، وعن المسافة بحرف (م) ، امكننا ان نستخرج طول القطر (الشعاعين Radii) الموازي لخط اتجاه النواة . ولا يخفى انهُ لما كانت الموجة الاولى سائرة الى الامام كانت النواة سائرة وراءها فتقصر المسافة بينهما . ولذلك نطرح سرعة هذه من سرعة تلك في قياس الشعاع Radius الامامي (نصف القطر) . وكذلك لما كانت الموجة الخلفية منطلقة الى الوراء كانت النواة تبتعد عنها فتطيل المسافة بينهما . ولذلك لا بد من اضافة سرعة هذه الى تلك في قياس الشعاع (نصف القطر) الخلفي . اذاً طول القطر الموازي لاتجاه سرعة النواة يُعبَّر عنهُ بهذه المعادلة

$$ق = \frac{م}{ن - س} + \frac{م}{ن + س} \text{ بالجمع } = \frac{م ن + م س + م ن - م س}{(ن - س) \times (ن + س)} =$$

$$\text{اذن } ق = \frac{٢ م ن}{ن^{٢} - س^{٢}} \text{ طول القطر الطولي كله}$$

$$\text{ونصفها : طول الشعاع فقط } = \frac{م ن}{ن^{٢} - س^{٢}} \qquad \text{معادلة اولى}$$

علينا الآن ان نبين نسبة هذا القطر الطولي المجاري لاتجاه سير النواة الى القطر العرضي المعامد له ح حَ

عندنا الخط (ص ح) نصف قطر الجو . والخط (د ح) يمثل الامواج التي صدرت في اثناء

انتقال النواة من (ص) الى (د) والخط (ص د) يمثل خط سير النواة في نفس الوقت . هذه الخطوط تكون المثلث (ص د ح) القائم الزاوية عند (ص)

الوتر د ح = ق ن أي سرعة النور مضروبة بمدة الانتقال

ص ح = م طول نصف القطر

ص د = ق س سرعة الذرة مضروبة بمدة الانتقال

وبحسب قضية فيثاغوراس

$م^{٢} = ق^{٢} ن^{٢} - ق^{٢} س^{٢}$

ومنها

$$ق^{٢} = \frac{م^{٢}}{ن^{٢} - س^{٢}} \quad \text{او} \quad ق = \frac{م}{\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}}$$

معادلة ثانية

قابل بين المعادلتين (١) و (٢) كما ترى بسطه سابقاً في فصل عملية يكلفنز فتحصل على عبارة لورنتز نفسها . ولا لزوم للتكرار

يستفاد مما تقدّم أنهُ في أثناء سير الذرة الى الامام يكون محيط الجو الكهربائي المغنطيسي غير تام الاستدارة بل يكون قطره (ب ج) الموازي لاتجاه سير الذرة أقصر من قطره (خ ح) المعامد له فهو في الدائرة (ب ح ج خ) وليس في (ب ح ط خ ولا في ه ح ج خ)

وإذا كانت الذرة تتقلص في اتجاه خط سيرها على هذا النحو والذرات تحافظ على ابعاد مقررة فيما بينها فلا بد ان يعم هذا التقلص الجسم كله في اتجاه خط سيره . ومقدار تقلصه يساوي مجموع تقلص صفٍّ من الذرات موازٍ لاتجاه سيره

الفصل الثالث

سنّة سرعة النور في نظرية النسبية

١ — النور والاثير

لو نجحت عملية (ميكلصن — مورلي) التي شرحناها في المقال السابق ، اي لو ظهر فرق بين رحلتي الشعاعتين في الوقت والمسافة كما كان منتظراً ، لحسبوها برهاناً دامغاً على وجود الاثير. وثَمّة يتيسر لهم ان يستخرجوا سرعة الارض بالنسبة اليه وهي تمخر فيه . ولكن خيبة العملية وتعليلها بتقلص الارض في اتجاه حركتها تركا الاثير كما كان فرضاً بلا برهان ، لان نتيجتها لم تنف وجوده وليس فيها شيء يناقض وجوده ، حتى «نظرية التقلّص» لا تناقض وجوده ولا تنفيه . الاثير فَرض كوسيلة لانتقال النور ، والعملية المشار اليها لا تثبت الاستغناء عن هذه الوسيلة . واما شيء آخر يمكن من ان يثبت هذا الاستغناء ، سنذكره فيما بعد

ولو لم تتدارك « نظرية التقلص » حيرة أهل العلم في فشل العملية لما وجد العلماء تعليلاً لها الاّ وجود الاثير باعتبار ان طبقة منهُ ملازمة لسطح الارض ملازمةَ طبقة الهواء له . وفي هذه الطبقة الاثيرية سارت شعاعتا جهاز ميكلصن كما يسير القطار وكل جسم متحرك على سطح الارض ، وكما تسير الطيارة في طبقة هواء الارض ، فلا يكون لسرعة الارض حساب في سرعة الاجسام المتحركة على سطحها وفي جوّها ، كما ان الماشي على ظهر السفينة لا يحسب لسرعة السفينة حساباً مع سرعته . وما رجحت نظرية التقلص على نظرية ملازمة طبقة الاثير لسطح الارض الاّ لان هذه النظرية أضعف جدًّا من نظرية التقلص بسبب ان الاثير مفروض انهُ لطيفٌ جدًّا جدًّا . فلا يعقل ان سطح الارض يجرُّ معهُ طبقة منهُ ، الاّ اذا كان الاثير خاضعاً لسلطة جاذبية الارض كخضوع طبقة الهواء لها . وهذا الفرض ضعيف ايضاً لفَرْض ان طبيعة الاثير مختلفة على الارجح عن طبيعة المادة والاّ لامكن اكتشافه وتحقق وجوده لاشتراكه حينئذٍ بنواميس المادة او بعضها

ثم ان ما يرجح نظرية التقلص هو البرهان الذي بسطناه في المقال السابق على اقتحام نواة الذرة Atom في جوها الكهربائي المغنطيسي . واستخرجنا منهُ قيمة تقلص هذا الجو بعبارة

رياضية . واما اذا كانت ثمة نظريةٌ تقضي على نظرية الاثير او على الاقل تغني العلم عنها فهي نظرية ان النور ليس الاّ موجات كهربائية مغنطيسية تسير في جو جاذبي . وليس هنا محل لبسط هذه النظرية التي يسلم بها علماء هذا العصر جميعاً . ومحواها إن النور نوع من انواع التشعع العديدة التي تصدر امواجاً (وما هي الاّ حطام الكهارب المندثرة المنحلة فكأنها ابسط صور المادة) ولذلك تنتشر في الفضاء بلا واسطة . لانها ليست حركة امواج في شيء متموّج بل هي الشيء المتموج نفسه . ولذلك يستغنى بها عن الاثير . هذه نظرية فريق من اهل العلم الآن

ب — سرعة النور

كان من نتائج عملية ميكلسن تحقيق ان للنور سرعة ثابتة لا تتغير ، اي لا تزيد ولا تقل بل هي على وتيرة واحدة في كل مكان وكل زمان والى اي جهة ، ولا سلطة لعوامل القوة عليها من هذا القبيل . فهي على سطح الارض وعلى سطح اي جرم وفي كل خلاء بين الاجرام على حدٍّ سواء . ثم ان الاشعة تنتشر الى جميع الجهات بالتساوي . وليس لمصدر النور سلطة على النور ، ولا سرعة النور مستمدّة من مصدره ، ولا مصدره يكسبه سرعة مع سرعته ، ولا هو خاضع لنواميس الحركة والقوة ، أي لا يدخل تحت قانون الاستمرارية Inertia والمسارعة Acceleration

ولذلك لولا تقاص الجسم المتحرك في اتجاه حركته كالارض مثلاً لظهر لنا ان شعاعة النور الواردة من الشرق تبلغ الينا قبل الشعاعة الواردة من الشمال او الجنوب وبالاحرى قبل الواردة من الغرب ، لاننا نستقبل تلك بسرعة ٣٠ كيلو متراً في الثانية ونُدبر عن الشعاعة الغربية بسرعة ٣٠ كيلو متراً . ولكن السرعة الارضية (وكل سرعة جرمية) تحدث تقلصاً في الجرم يقابل هذا الفرق بين سرعة النور وسرعة الجرم بحيث لا يظهر لنا فرق في سرعة النور من أي جهة جاء ، حتى يتراءى لنا كأنّ الارض ثابتة لا تتحرك بسرعة ٣٠ كيلو متراً . وانما يظهر هذا الفرق بين سرعة الارض وسرعة النور لشخص يقيم خارج الارض . لو كان شخص في الشمس يستطيع أن يرقب حركة الارض والنور العابر على سطحها لرأى أي نقطة من سطح الارض تستقبل رأس لمعة نور شرقية قبل موعد وصولها بثلاثين كيلو متراً في الثانية ، أي أن سرعة النور تصبح عند تلك النقطة ٣٠٠ الف الاّ ٣٠ كيلو متراً

بعد هذا البيان يفهم القارىء أن استقرار سرعة النور على حالة واحدة الى جميع الجهات لا يراد به أن سرعة الارض لا يحسب حسابها إذا كانت الارض مقبلة « أو مدبرة » إلى النور الوارد من أي جرم بل يراد به أن سرعة الارض لا يحسب حسابها مع سرعة النور بالنسبة لاهل الارض الذين وهم على سطح الارض مشتركون معها في سرعتها ، كما ان المقيمين في السفينة الماخرة

لايحسبون حساب سرعتها مع سرعة شخص ماش على ظهر السفينة، لان السفينة بالنسبة اليهم والى ذلك الماشي على ظهرها تعتبر كأنها راسية، وانما هي تعتبر سائرة بالنسبة الى البحر والشط . على انهُ يحسب حساب سرعة الارض مع سرعة النور بالنسبة لاي جرم آخر خارج عن الارض ولا شركة لهُ بحركتها . فساكن المريخ مثلاً لا بدّ أن يدخل حساب سرعة الارض مع سرعة النور في حالتي اقبال الارض أو ادبارها عن اتجاه النور . بل نحن سكان الارض متى شئنا أن نحسب سرعة الارض بالنسبة الى سرعة أي نجم آخر بيننا وبينهُ تباعد أو تقارب فلا بدّ أن ندخل سرعة أرضنا أو سرعة ذلك النجم في حساب سرعة النور الوارد الينا من ذلك النجم ، لان حركة ذلك النجم غير مشتركة مع حركة الارض

ومن ذلك يتضح ان مسافة المرآة الشرقية في جهاز ميكلصن لم تقصر بالنسبة الى غيرها من موجودات الارض، لان كل ما على الارض متقلص مثلها . فبقيت نسبة المسافات بينها واحدة لم تتغير . لذلك لا نستطيع تميز ذلك التقلص . وانما مسافة المرآة الشرقية قصرت بالنسبة الى الشمس (أي الى من في الشمس يراقب ما يحدث على الارض — على فرض المستحيل) . وما اكتشفنا هذا التقلص على الرغم من اختفائهِ عنا وكتمان الطبيعة لهُ عن ملاحظتنا الاّ بواسطة عملية ميكلصن . أي ان رجوع الشعاعتين معاً على الرغم من اختلاف مسافتيهما كان كاشفاً لحدوث ذلك التقلص . فكان جهاز ميكلصن ناب مناب الاثير

فعملية ميكلصن التي فشلت في اكتشاف علاقة الارض بالاثير نجحت نجاحاً عظيماً في اكتشاف ظاهرة طبيعية خطيرة الشأن بنيت عليها نظرية النسبية وهي ظاهرة تقلص الجسم المتحرك في اتجاه حركته

ج — هل نحس بالتقلص

قد يسأل القارىء : لو استطاع ميكلصن أن يقيس مسافة كل من المرآتين بعد أن يغير وضعهما فهل كان ممكناً أن يكتشف إن احداهما صارت أقصر مسافة من الاخرى أو أقصر مما كانت ؟ نجيب : هبْ ان ميكلصن يستطيع بطريقة عجيبة أن يجد مقياساً لضبط هذا الفرق اليسير . فالمقياس نفسه يتقلص ايضاً متى قاس بهِ المسافة شرقاً غرباً، ويعود الى طوله الاول متى قاس المسافة جنوباً شمالاً . ولذلك يستحيل عليهِ وهو على الارض ان يختبر الفرق بين المسافتين . وانما يختبره شخص ليس على الارض اذا كان في امكانهِ أن يرصد أشياء الارض ويضبط أقيستها. فما من وسيلة عند أهل الارض لاكتشاف هذا التقلص الاّ نتيجة عملية ميكلصن التي خالفت المنتظر من وصول احدى الشعاعتين قبل الاخرى

ولا يخفى على القارىء أن مقدار هذا التقاص صغير جداً لصغر سرعة الارض بالنسبة الى سرعة النور فلا يمكن ان تلاحظهُ عين . واذا شاء القارىء ان يعلم كم يتقلص قطر الارض الذي هو في اتجاه سيرها فليبدل الارقام بالحروف في عبارة لورنتز التي استخرجناها في المقال السابق هكذا

$$\text{ا} - \frac{\text{ا}}{\sqrt{\text{ا} - \frac{\text{س}^{٢}}{\text{ن}^{٢}}}} = \text{ا} - \frac{\text{ا}}{\sqrt{\text{ا} - \frac{(٣٠)^{٢}}{(٣٠٠٠٠٠٠)^{٢}}}}$$

والنتيجة بعد التحويل من كيلو مترات الى قراريط هي قيراطان ونصف . هذا على اعتبار ان الرقم (١) في المعادلة يمر من طول قطر الارض

ﻫ — سرعة النور منتهى السرعة

ولكي يقصر قطر الارض حتى يصير نصفه يجب ان تكون سرعة الارض نحو ١٦١٠٠٠ كيلو متر بالثانية . يمكن استخراج ذلك اذا ضربت عبارة لورنتز بنصف . ولو بانت سرعة الارض أو أي جرم الى حد سرعة النور أي ٣٠٠ الف كيلو متر لتلاشت الارض من الوجود . ولتحقيق ذلك رياضيًّا اجعل (س) = (ن) في عبارة لورنتز فتراها بعد البسط = صفراً . ولذلك يستحيل ان توجد سرعة تساوي سرعة النور او تفوقها . فاذاً سرعة النور أعظم سرعة في الوجود ولا تفوقها سرعة [١] وهذه خاصة أخرى للنور ليست لغيره من الاجسام . ولان النور متناهي السرعة وثابت السرعة صلح مقياساً للابعاد السحيقة . فاصطلح الفلكيون على قياس ابعاد الاجرام بالمسافات التي يقطعها النور في الثانية او الدقيقة او الساعة أو اليوم او العام الخ فيقال ان الجرم الفلاني يبعد عنا كذا ساعات او أياماً او سنين من سني النور

و — استقلال سرعة النور عن سرعة مصدره

من النواميس الطبيعية ان الجسم المتحرك يمنح سرعته لكل جسم مرتكز عليه او متعلق به . فاذا كنت في قطار او في الترام وهو يسير بسرعة كذا في الثانية وعمد السائق الى توقيفه اندفع جسمك الى الامام لانهُ لا يزال مكتسباً سرعة القطار فيندفع بقوة استمرار السرعة التي كانت للقطار . واذا كانت على أرض القطار بطيخة مثلاً تدحرجت الى الامام للسبب نفسه . واذا كنت في سيارة تسير بسرعة ١٥ متراً في الثانية مثلاً وأطلقت من مسدّس قذيفة بسرعة

(١) ترى السبب في فصل الاثير من كتابنا « بناء الكون على قاعدة الجاذبية » المعد للطبع

١٠٠ متر في الثانية الى الامام انقذفت الرصاصة بسرعة ١١٥ اذ تضاف اليها سرعة السيارة التي كانت ممنوحة لها قبل انطلاقها . واذا أطلقت الرصاصة الى الوراء انقذفت بسرعة ٨٥ متراً إذ تنقص من سرعتها سرعة السيارة التي كانت ممنوحة لها (الى الامام لا الى الوراء) قبل انطلاقها

تكاد تكون هذه السنة الطبيعية غريزة في ذهن الانسان إذ ترى الغلام مثلاً وهو يقذف من يده قذيفة كحجر او كرة إلى ابعد مدى يستطيعهُ — نراه يعدو الى الامام مسافة ثم يقذف القذيفة وهو عادٍ لكي يزيدها سرعة على السرعة التي ينشئها عضل يده عند القذف

فهل النور خاضع لهذه السنة ؟ أي هل يكتسب مع سرعته سرعة الجسم الذي صدر منهُ ؟ أم هو مستقلٌ عنهُ فلا يأخذ من سرعته في مسيره الى الامام (بخط اتجاه الجسم المنير) ولا يخسر من سرعته في مسيره الى الوراء (عكس اتجاه الجسم المنير) ؟ الجواب : لا يكتسب سرعة مصدره . بل هو ذو سرعة مستقلة لا تنقص منها سرعة الارض ولا تزيدها

لو كان النور يكتسب من الجسم المنير الذي اصدره سرعته كما تكتسب الرصاصة سرعة السيارة في المثال السابق لكانت قضية عملية ميكلصن تنحل بتعليل آخر غير تعليل التقلّص — تعليل أفضل وأصح منهُ . لانهُ بسبب هذا الناموس (ناموس منح السرعة) لا بد ان تعود الشعاعتان في وقت واحد لانهما صادرتان من مصدر ارضي او تحت حكم مصدر ارضي وسائرتان في حيز ارضي . فشأنهما كشأن شخصين يسيران على ظهر سفينة الواحد الى مقدمها والآخر الى جنبها — يسيران مسافتين متساويتين بسرعة واحدة ثم يعودان فيلتقيان حيث افترقا سواء كانت السفينة راسية أو ماخرة ، لأنهُ لا شأن لحركة السفينة بسرعتهما ما داما لا يخرجان منها بل هما باقيان فيها . كذلك لا شأن لسرعة الارض بشعاعتين صدرتا من مصباح على الارض الواحدة في اتجاه سير الارض والاخرى في اتجاه معامد له ثم عادتا عن مرآتين متساويتي البعد . فلا بد ان تتلاقى الشعاعتان عند مصدرهما في وقت واحد

هذا اذا فرضنا أن النور يكتسب مع سرعته سرعة مصدره . ولهذا كان يجب ان تصل إحدى الشعاعتين قبل الاخرى ولكنهُ لا يكتسبها . فوصولهما في وقت واحد ليس مسبباً عن ان النور يكتسب من الارض سرعتها كالقذيفة بل هو مسبب عن التقلص

٥ — ناموس منح السرعة

ربما كان بعض القراء يستصعب التسليم بأن القذيفة المنطلقة من جرم الى أي جهة فوق ذلك الجرم تكون سرعتها واحدة ما دامت حركتها مقصورة على سطح ذلك الجرم ، كأن لا شأن لسرعته مع سرعتها ، مع أن « ناموس منح السرعة » هو سبب هذه النتيجة . فاذا كان القارىء يشك في ذلك فنضرب له مثلاً

تصوّر سفينة طويلة «٦٠ متراً» تمخر البحر بسرعة مترين في الثانية مثلاً . وعلى ظهرها في منتصف المسافة بين مقدمها ومؤخرها شخص اطلق في وقت واحد رصاصتين بسرعة ١٠ امتار في الثانية الواحدة الى هدف في المقدم والاخرى الى هدف في المؤخر . فهل تبلغ احداهما الى هدفها قبل الاخرى ام تصيبان الهدفين في وقت واحد ؟ والجواب انهما تصيبان الهدفين في وقت واحد . ولو كان المجال يتسع لعملية رياضية لانجلى هذا الجواب للقارىء كل الجلاء ، ولوجد ان الوقت الذي تستغرقهُ الرصاصتان في رحلتيهما هو ٣ ثوان . ولامتحان صحة هذه النتيجة نقول : في ٣ ثوان تقطع السفينة ٣ × ٢ = ٦ امتار والرصاصة الاولى تقطع ٣ × (١٠ + ٢) = ٣٦ سرعتها مع سرعة السفينة . والرصاصة الثانية تقطع ٣ × (١٠ − ٢) = ٢٤ سرعتها الآ سرعة السفينة . فالفرق بين مسافتي الرصاصتين في الجو هو ١٢ متراً نصفه كان مقدار ابتعاد الهدف عن الرصاصة الاولى في أثناء العملية . والنصف الآخر مقدار اقتراب الهدف الآخر نحو الرصاصة الثانية . ولهذا اصابت الرصاصتان الهدفين في وقت واحد فتراءى لمطلقهما انهما قطعتا مسافتين متساويتين في وقت واحد . ذلك حقيقي بالنسبة اليه . ولكن بالنسبة لشخص آخر يراقب التجربة على الرصيف ليس الامر كذلك فلنرَ

لنفرض ان الهدفين على حافة الرصيف — وليس في السفينة نفسها — والمسافة بينهما تساوي طول السفينة تماماً اي ٦٠ متراً . وفي منتصف هذه المسافة شخص على الرصيف يراقب . ثم نفرض ان السفينة مرت محاذية للرصيف . فلما صار الشخص ذو المسدسين تجاه موقف الشخص الذي على الرصيف اطلق الرصاصتين على الهدفين . فاذا كان هذا الرقيب يستطيع ضبط موعد اصابة الرصاصتين للهدفين رأى ان الرصاصة المطلقة الى الهدف المقابل المقدم اصابتهُ قبل ان تصيب الاخرى هدفها ، لان الاولى مكتسبة سرعة السفينة مع سرعتها والهدف ثابت لا يسير مع السفينة فبلغت اليه في ثانيتين ونصف وأما الاخرى فكانت تخسر من سرعتها سرعة السفينة فبلغت الى هدفها في ٤ ثوانٍ ونصف

وحاصل هذا الشرح ان « ناموس منح السرعة » الذي نحن بصدده يعدل الفرق الذي تحدثهُ سرعة الجرم المتحرك بين مسافتي قذيفتين تقذفان من نقطة عليه الى اي جهتين فتقطع القذيفتان مسافتين متعادلتين في وقت واحد . ولذلك نرى ان قنبلة المدفع كيفما توجهت قطعت نفس المسافة بالنسبة الى سطح الارض لا بالنسبة الى الفضاء ، (ان كان في الفضاء جسم ثابت ينسب اليه) ولولا ان الارض تكسب القنبلة سرعتها اذا سايرتها وتختلس منها بقدر سرعتها اذا عاكستها سيراً لكانت القنبلة التي تسير بسرعة مضاهية سرعة الارض على محورها (نحو ٣/٤ ميل في الثانية) اذا انقذفت الى الشرق تتمادى مضاعف مداها ، واذا انطلقت الى الغرب سقطت امام فم المدفع

ح — هل يتطبق ناموس صح السرعة على النور ؟

بناء على هذا الناموس الطبيعي ، اي ان الجسم المنطلق عن جرم آخر يتطلق بسرعة واحدة الى جميع الجهات (اللهم ضمن سطح هذا الجرم) سواء كان الجسم الذي ينطلق عنهُ ساكنًا او متحركًا ، وانما الفرق في السرعة بين انقذافهِ مع اتجاه الجرم وانقذافهِ ضدهُ او الى جانبهِ يظهر لرقيب خارج عن ذلك السطح غير متحرك بحركتهِ — بناء على هذا الناموس زعم العالم النمسوي السويسري ريتز ان النور الصادر من مصدر ارضي (كما في جهاز ميكلصن) يعتبر قذيفة كسائر القذائف المادية . ولذلك لا بد ان يسير الى كل الجهات بسرعة واحدة كسير القنبلة على سطح الارض الى اي جهة بسرعة واحدة، وكسير الرصاصتين على ظهر السفينة. ولذلك في رأيهِ فشلت عملية ميكلصن في استكشاف سرعة الارض في بحر الاثير. ويستحيل ان تستكشف بأي عملية اخرى ايضاً للسبب عينهِ

فان صحت نظرية ريتز هذه تسقط نظرية فتزجرلد (تقلص الارض في اتجاه حركتها) . وبسقوط هذه تسقط « نظرية النسبية » برمتها لانها مبنية على نظرية استقلال سرعة النور عن سرعة مصدره . ولكن العلامة الفلكي الهولاندي دي ستر De Sitter برهن برصد النجوم المزدوجة ان سرعة انتشار النور لا يمكن ان تتوقف على سرعة الجرم الذي يبعث النور. وقد اعتمد العلماء على هذه الحقيقة لانهم وجدوا مؤيدات كثيرة لها ، بامتحانات مختلفة في الكهرطيسية التي يُعتبر النور ضرباً منها. وثبت لهم ان اشعة النور تمتاز باستقلالها في سرعتها عن سرعة اي جرم تصدر منهُ . ليس لمصدرها تأثير فيها . فنظرية ريتز ساقطة

فاذا كنا نرى ان اشعة النور تقطع على سطح الارض مسافات متعادلة إلى جميع الجهات. فليس ذلك لان سرعة الارض سقطت من الحساب بل لان تقلُّص الارض عوّض الفروق التي نحسبها لسرعة الارض . وسرعة الاجسام المنقذفة عليها

اذاً ، ناموس سرعة النور يختلف عن ناموس سرعة الاجسام ويمتاز عليهِ بهذا الاستقلال. واستقلاله هذا جعل النسبية مبدأ او ناموساً قائماً بذاتهِ ايضاً . ولذلك لم يبق بدٌّ من مراعاة عبارة لورنتز المذكورة في الفصل السابق في كل معادلة من معادلات الميكانيكيات تصحيحاً لها

ط — ماذا حل محل الاثير

هذا الموضوع يستلزم كلمة موجزة جدًّا في موضوع الجاذبية وهي اهم نقطة في « النسبية الخاصة » . فسّر فاراداي الجاذبية بانها جوٌّ ينشرهُ الجسم حوله . ولهذا الجو خاصة تجعل جسماً آخر ينجذب الى الجسم الاول كما هي الحال بين الشمس وسياراتها مثلاً ، او بين الارض والقمر.

وقد فرض فاراداي هذا الفرض لازالة ما علق بالاذهان من ان الجسم الواحد يجذب الآخر لان الجذب عن بعد بغير واسطة غير معقول . ففرض له الجو الجاذبي . فالذي يجذب القمر والحجر إلى الارض ليس الارض نفسها وانما الجو الجاذبي الذي نشرتهُ الارض حولها يجذب القمر او الحجر ونحوهما . فالارض انشأت الجو حولها . والجو تولّى وظيفة الجذب او حركة الانجذاب . فالارض لا تجذب الحجر بل هو ينجذب اليها بواسطة الجو الجاذبي

يستفاد مما تقدم ان فكرة استحالة الفعل عن بعد بغير واسطة حملت فاراداي ان يفرض هذا الجو لكي يتخلص من المستحيل في امر واقع (الجذب عن بعد). فاذاً الجو الجاذبي مجرد فرض فقط لتسهيل حل ذلك اللغز اي لغز الانتقال او الفعل عن بعد بلا واسطة . فلما اكتشف مكسويل ان النور امواج كهربائية مغنطيسية قال العلماء استغنينا عن الاثير . ولكنهم ما لبثوا ان فرضوا الجو الجاذبي بدل الاثير ليكون واسطة لنقل الامواج الكهربائية المغنطيسية ومنها امواج النور كما يكون واسطة لنقل فعل الجذب او الانجذاب . اذن ، ما استغنوا عن فرض حتى اضطروا الى فرض آخر بدله مثله . فكأنهم ابدلوا الاسم فقط فجعلوا لفظ « الجو الجاذبي » بدل لفظ « الاثير » . وليس الجو الجاذبي حقيقة اثبت من الاثير بل هو شيء مفروض كما ان الاثير شيء مفروض . ولا يزال مثله حقيقة مجهولة

على ان الجو الجاذبي يختلف عن الاثير بكونه غير مالىء الفضاء على نمط واحد بل تتفاوت حدّته بتفاوت الابعاد عن الجسم المحدثه . فكأنهم باختلاق هذا الجو قد نقحوا نظرية فرض الوسيط بين الفاعل والمفعول به — الجاذب والمجذوب او الموجّ والمتموّج او وسيلة الموج . فهو اذاً وسيط على كل حال سواء سُمّي اثيراً او جوّاً جاذبيًّا . وبهذا الفرض الجديد اصبح الاثير اقرب إلى المادة منهُ الى الروح الاثيرية او الاثير الروحاني

ى — لماذا يستقل النور بسرعة عن سرعة الارض

لعلّ بعض القراء لا يزال ، بعد هذا الشرح المسهب ، اميل الى الاقتناع بنظرية ريتز : اي ان النور الصادر من مصدر ارضي غير مستقل عن حركة الارض بل هو خاضع لها باعتبار انهُ جزء من الجو الارضي الجاذبي . ولذلك شأنه كشأن قنبلة المدفع التي تنطلق الى اية جهة بسرعة واحدة سواء كانت الارض ثابتة او متحركة . ولذلك لا فائدة من عملية ميكلصن ولا لزوم لفرض نظرية التقلص لتعليل فشلها

لذلك اتخيل القارىء يسأل : لماذا لا يكون النور خاضعاً لحركة الارض كخضوع القذائف

الارضية لها ؟ — فأجيبهُ بأن النور ليس قذيفة مادية كسائر مواد الارض يكتسب مع سرعتهِ سرعة الارض ما دام في جوها ، بل هو تموج في بحر الاثير لا في جو الارض الخاص. فهو والارض سابحان في الاثير . لذلك هو يستقل عن حركة الارض حالما يصدر من اي جسم منير عليها

يتضح هذا الامر جليًّا للقارىء اذا جعلنا مثَلهُ كمثل زورق يمخر في بحيرة هادئة فيحدث مجذافه في الماء امواجاً . فمتى صدرت الموجة من ضرب المجذاف في الماء انتشرت الى جميع الجهات مستقلة عن الزورق . فقد يكون الزورق ابطأ من سرعة الموجة ويصبح متاخراً وراءها من الجهة الامامية ومتباعداً عنها من الجهة الخلفية . فلا سلطة لسرعتهِ على سرعتها لانها ليست فيهِ ولا هي جزء منهُ (كما ان القذيفة جزء من الارض) بل هي حركة في ماء البحيرة والزورق مثلها متحرك في البحيرة . كلاهما ندّان في البحيرة

لذلك يرى راكب الزورق ان الموجة وراءه اسرع منها امامهُ . لانهُ لاحق لقوسها الامامية ومفارق لقوسها الخلفية . فاذا حسبنا البحيرة تمثل بحر الاثير والزورق المتاخر فيها يمثل موجة النور التي احدثها المصباح على سطح الارض فهمنا كيف ان موجة النور مستقلة عن حركة الارض كاستقلال الموجة المائية عن حركة الزورق

والفرق بين الممثل والممثل له هو ان سرعة الموجة المائية تختلف في نظر راكب الزورق امامه ووراءه . ولكن سرعة الموجة النورانية في نظر اهل الارض لا تختلف هذا الاختلاف . فهي واحدة سواء كانت باتجاه سير الارض او بعكس اتجاهها او الى جانبي الاتجاه — لا لأن لسرعة الارض تأثيراً في سرعة النور بل لان الارض متقلصة في اتجاه سيرها بقدر ما يعادل الفرق بين سرعتها وسرعة النور

ولعلّ القارىء لا يزال يستهجن القول التالي ايضاً : — وهو ان النور العابر على سطح الارض الصادر من مصدر آخر غير الارض هو على الرغم من استقلالهِ التام عن الارض ذو سرعة واحدة على سطح الارض باختبار اهل الارض « بواسطة عملية ميكلصن » سواء كان في اتجاه مسيرها او عكسه او معامداً لهُ . لعله يستهجن هذا القول ويعترض عليهِ قائلاً : لنفرض ان شعاعة نور واردة الينا من نجم في المشرق والارض تسير نحوه بسرعة ٣٠ كيلو متراً في الثانية فكيف استطيع ان اتصور ان سرعتهُ تبقى ٣٠٠ الف كيلومتراً بالثانية على سطح الارض في حين ان سرعة الارض باتجاهها نحوه تختصر من سرعتهِ ٣٠ كيلومتراً ، وبالعكس لو كانت الارض مدبرة عنه فتضاف سرعتها الى سرعتهِ . لا اقدر ان اتصور سرعة النور واحدة في اقبال الارض اليهِ وادبارها عنهُ

الامر كما تقول لو كنت في جرم غير الارض وأنت تراقب سرعتي الارض والنور وكما

نحن نرى هذا الفرق بين سرعة جرم آخر وسرعة نور وارد منهُ او عابر عليه لاننا مراقبون مستقلون عنهما . وسبب هذا الفرق بين سرعة الجرم وسرعة النور الصادر منهُ نسلم هل الجرم مقبل او مدبر (كما تدلنا نظرية دبلر . ولا محل لشرحها هنا) . أما ونحن على الارض والارض متقلصة تقلصاً يعادل الفرق بين سرعتها وسرعة النور العابر عليها فلا نجد فرقاً بين السرعتين ولا نرى سرعة النور العابر على ارضنا تختلف في جهة عنها في جهة اخرى . نحن لا نشعر بهذا التقلص ولكن المراقب خارج الارض (ان امكن وجوده) يشعر بهذا التقلص . كذلك لا نعرف ان سرعة النور العابر فوق ارضنا هي واحدة لكل الجهات الا اذا استعنا بعملية ميكلسن لاكتشاف هذه الحقيقة

لقد اسهبت طويلاً بهذا الموضوع لانه دقيق جداً ويحتاج الى تصور عميق . ولذلك طرقته من نواح مختلفة حتى صار القارىء الفطن يرى تكراراً في المقال كما في الوك الموضوع لركاً . وانما دقة الموضوع تسوغ هذا التكرار