سر ناموس النور

فيما هو اعمق من الكهرب

لنقولا الحدّاد
صاحب مجلة السيدات والرجال

في احد اجزاء المقتطف الماضية مقالة ضافية عن عملية «ميكلسن — مورلي» التي اريد بها اعتبار سرعة الارض بالنسبة الى الاثير[1]. ولكن كانت نتيجة العملية بعد تجربتها مراراً في اوقات مختلفة خيبة وفشلاً . اي لم تكتشف بها سرعة الارض بالنسبة الى الاثير (ان كان ثمة اثير) بل اكتشف بها ناموس طبيعي لم يكن معروفاً من قبل وهو ان الاجسام (والاجرام ومن الجملة الارض وكل ما عليها) تتقلص في اتجاه مسيرها بنسبة ثابتة بين سرعتها وسرعة النور . ولتفسير هذا القول لابد من ايضاح كيفية العملية المذكورة

خطر لميكلسن ، وقد كان احد كبار علماء الطبيعة في اميركا وله اكتشافات عن اسرار النور ، وباحث دقيقة في قياس سرعته — خطر له خاطر وجيه جداً وهو ان شعاعة النور التي تسير باتجاه حركة الارض معها وضدها تكتسب مع سرعتها سرعة الارض اذا كانت سائرة ضدها . وتخسر من سرعتها سرعة الارض اذا كانت مجارية لها . واما الشعاعة التي تسير معامدة لخط سير الارض (او سير سطحها في دورانها) فلا تخسر ولا تكسب بقدر تلك . ولذلك اذا صدرت شعاعتان من مصدر ارضي واحد وانطلقتا الواحدة الى الشرق والاخرى الى الشمال في مسافتين متساويتين ثم انعكستا عن مرآتين وعادتا الى بؤرة واحدة فلا بد ان تعود الشعاعة الشمالية قبل الشعاعة الشرقية . واعدّ ميكلسن جهازاً دقيقاً مضبوطاً وكافلاً للحصول على هذه النتيجة التي يستطيع بها ان يعلم مقدار سرعة الارض بالنسبة الى الاثير الذي يظن انهُ ساكن . ولكن نتيجة تجربته جاءت مخالفة للمنتظر . فان الشعاعتين عادتا في وقت واحد كما لو كانت الارض ساكنة . ولكن الارض تدور حول الشمس بسرعة ٣٠ كيلو متراً في الثانية وهي سرعة كافية لان تجعل ميعاد عودة الشعاعتين مختلفاً ولا سيما لان الجهاز كان دقيقاً جداً يضبط ما هو ادق من هذا

تحير ميكلسن وسائر اهل العلم في عدم حدوث هذا الاختلاف المنتظر . وحاولوا ان يجدوا له تعليلاً . فما توفقوا الى تعليل مقنع ، الى ان قام فتزجيرلد وزعم ان الارض (وكل

(١) وقد ورد الاثير في كتاب ابي الريحان البيروني الخوارزمي من خيوى منذ القرن الرابع للهجرة بلفظ الابثر (بتقديم الياء على الثاء) بمعنى المنّ او القضاء . وهي معرب اللفظة اليونانية التي اوردها علماء اليونان القدماء بالمعنى نفسه

جسم عليها وجهاز ميكلسن نفسه) تتقلص في اتجاه سرعتها بقدر الفرق بين رحلتي الشعاعتين بحيث تعود الشعاعتان في وقت واحد . ثم قام لورنتز واستخرج بعملية رياضية مقدار هذا التقلص فكان هكذا :

$$م = \frac{م'}{\sqrt{1 - \frac{س^2}{ن^2}}}$$

وهنا (م) ترمز الى مسافة رحلة الشعاعة الشرقية و (م') الى مسافة رحلة الشعاعة الشمالية و(ن) الى سرعة النور و (س) الى سرعة الارض . ومعنى ذلك ان الارض تتقلص الى ان تصير بقدر هذه العبارة

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{س^2}{ن^2}}}$$

واعتبر أينشتين هذا التقلص سنّة طبيعية وجعله قاعدة لمبدإ النسبية فبنى عليه كل مباحثه فيها. وقد قرأت عن عملية ميكلسن هذه في بضعة مؤلفات عن النسبية ، لأنهُ ما من مؤلف خلا منها . ولكني لم أجد 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 التقلّص واليك محصله : —

« ان بين الذرات (Atoms) مسافات بعيدة جداً (بالنسبة الى احجامها) ولكنها متساوية البعد . والذرات تحافظ على هذا التباعد المحدود فيما بينها ، وعلى الحيز الذي تتحرك فيه . تحافظ على ذلك بتفاعل كهربائي فيما بينها ، منهُ قوات جاذبة ، ومنهُ حركات (قوات) اخرى مختلفة تحاول ان تبعد الذريرات بعضها عن بعض . وكلتا الطائفتين من القوات متوازنتان بحيث يبقى حيز الذرة في سعة محدودة ويبقى بعده عن غيره في مسافة محدودة ايضاً . ذلك على افتراض ان الذرة ساكنة . ولكن متى كانت متحركة (او 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 — اه

فنرى من فحوى كلام ادنجتن ان سر المسأله في التيار الكهربائي المغنطيسي الذي تنشأهُ سرعة الذريرة او تسارعها . وهو مطابق للرأي العلمي الذي جرى عليه اينشتين وزملاؤه. وهو ان الذريرة المسرعة تنشىء حولها جوًّا كهربائيًّا مغنطيسيًّا Electro-magnetic field وفي هذا الجو تتخذ الكهارب (Electrons) افلاكاً (Orbits) تدور فيها حول نواة

الذرية كالدوران السيارات حول الشمس في حقل جاذبي Gravitational field — تدور بتأثير هذا الحقل الذي يمنعها ان تشرد عن فلكها حول النواة . (انظر مطلع فصل الجاذبية في كتاب مبدأ النسبية لاينشتين) ولكن اينشتين لم يفسر لنا سبب محافظة الذريات على تباعد محدود فيما بينها وعلى الحيز الذي تتحرك فيه 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 الذرية الواحدة تمنع كهارب الذرية الاخرى فلا تدعها تتجاوز حدود جوها . وهكذا تبقى الذريات متباعدة على مسافات محدودة فيما بينها

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

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

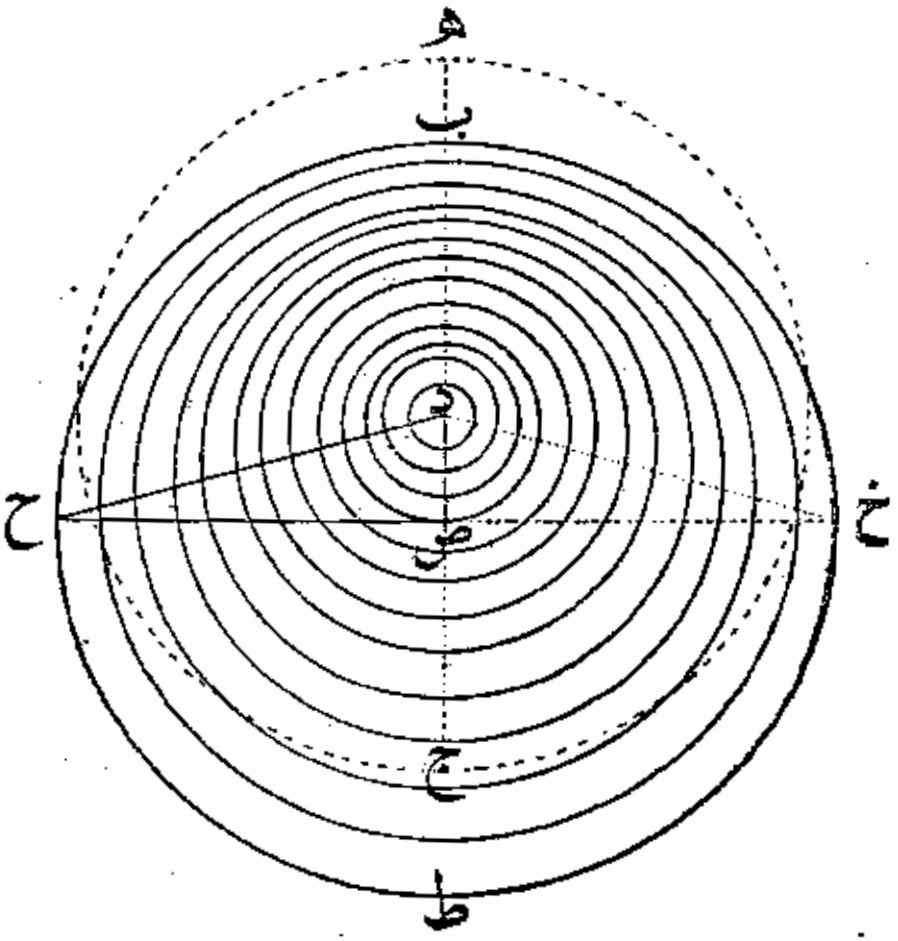
للنور سرعة ثابتة لا تتغير في زمان ولا في مكان وهي ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية . وكذلك لامواج الجو الكهربائي المغنطيسي سرعة ثابتة لاتتغير وهي $(١٠)^{١٠} \times ٣$ سنتيمتر في الثانية اي عشرة مضروبة بنفسها عشر مرات ثم بثلاثة . والحاصل يساوي ٣٠٠٠٠٠٠٠٠٠ سنتيمتر = ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر وهي نفس سرعة النور

(ليس هذا التساوي بين سرعة النور وسرعة الموجات الكهربائية المغنطيسية امراً بالمصادفة بل هو امر طبيعي . لانه ثبت ان النور ليس الاَّ امواجاً كهربائية مغنطيسية)

ولما كانت سرعة امواج هذا الجو مساوية لسرعة النور فبالنتيجة المنطقية 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 متقلصاً بسبب سير النواة فيه

لا يخفى ان اي نوع من الامواج (نور او كهرباء مغنطيسية او صوت او موجة ماء الخ) متى صدر لاتبقى 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

تصوَّر نواة الذرية سائرة بسرعة كسرعة الارض مثلاً فتصدر حولها امواجاً كهربائية مغنطيسية تسير بسرعة مساوية لسرعة النور (٣٠٠٠٠٠ كيلومتر بالثانية) وتصبح النواة على


هـ
ب
ح
ك
ص
ج
ط

الأثر سابحة في هذه الامواج وتصبح الكهرب الذي يدور في فلكه (دائرته) حولها سابحاً مثلها كما يسبح القمر حول الارض في اثناء سيرها في الفضاء (حول الشمس)

تصوَّر النواة سائرة وهي تصدر حولها موجة اثر موجة . فكلما خطت خطوة الى الامام كانت اقرب الى قوس الموجة التي امامها وابعد عن قوسها التي وراءها . ولهذا السبب عينه تكون اقواس الامواج الامامية متقاربة واقواسها الخلفية متباعدة ، كما ترى في الشكل . يمكن القارىء ان يمتحن 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 مداها فوق البركة . فترى انه كلما سقطت قطرة منها الى الماء احدثت موجة مستديرة تتسع رويداً . وترى الامواج متوالية بعضها ضمن بعض . وترى ان السعة بين دوائرها متماثلة . ولكن حرك القصبة ببطء الى يمينك فترى ان دوائر الامواج الى يمينك 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 فرادي وجاراه اينشتين وسائر علماء هذا العصر ولذلك تضعف قوة (جذب) هذا الجو بنسبة مربع البعد فيه عن النواة

اذاً ، لانهاية لهذا الجو من الوجهة النظرية وانما فلك (Orbit) الكهرب الذي يرتسم فيه يعتبر حداً لحجم الذرة . فاذا قلنا « الذرة » (atom) عنينا النواة والجو الكهربائي المغنطيسي الذي تصدره والمحيط الذي يدور فيه الكهرب . وبُعْد هذا المحيط عن النواة يكون بقدر فعل الجو على الكهرب (يضاف اليه فعل قوى اخرى خارجية قد تطرأ على الذرة — وللسير تجاينس تجيز بحثاً ضافياً بهذا الموضوع في كتابه « الكون حولنا »)

بعد هذا البيان نتخذ ذرة الهيدروجين مثلاً تسهيلاً للشرح لانها تحتوي على كهرب واحد، فهي ابسط الذريات

الرسم يمثل تمثيلاً خيالياً دوائر الامواج الكهربائية المغنطيسية (واذا تصورتها كروياً امكنك تصور الامواج كروية ايضاً) منذ صدرت الموجة الاولى حين كانت النواة عند (س) الى ان وصلت الى (ل) . ويمثل النسبة بين سرعة الامواج المذكورة وسرعة النواة قليلة جداً . وهي بالحقيقة اضعاف ذلك الوف المرات . فهي في النواة الارضية كنسبة ٣٠ الى ٣٠٠ الف . ولا يمكن تمثيل الحقيقة بالرسم بسبب هذا التباين العظيم بين السرعتين

كانت النواة عند (س) : ففي مدة معينة (قل مثلاً جزء من الف من الثانية) سارت الى (د) وفي خلال ذلك صدرت منها عدة امواج . ولما كانت النواة عند (س) صدرت الموجة الاولى منها

وفي مدة انتقالها الى (د) وصلت قوس الموجة الاولى الى (ب) امامها والقوس المقابلة لها الى (ط) وراءها

ولا يخفى ان كل موجة تتبعها موجة اخرى كلما خطت النواة خطوة . فامام النواة ووراءها صفوف موجات تكاد تكون غير متناهية . ولنفرض ان فلك الكهرب يحيط بقدر من الجو الكهربائي متوازن القوى حول النواة . فنود ان نعرف هل طول قطره الموازي لخط اتجاه النواة مساوٍ لطول قطره المعامد له ؟ هل ب ج = ح ح' والا فأيهما اطول

وهذه قضيتنا التي نحلها فيما يلي حلاً رياضياً

اذا رمزنا عن سرعة النواة بحرف (س) ، وعن سرعة الامواج الكهربائية المغنطيسية 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 فتقصّر المسافة بينهما . ولذلك تطرح 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

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

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

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

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

لما شرعت النواة تسير من (ص) الى (د) صدرت الموجة الاولى منها متجهة الى (ح) والى (ح') ايضاً) وكلما انتقلت (ص) خطوة الى الامام تصدر منها موجة الى جهة ح (وح') وهكذا بالتوالي الى ان وصلت الى (د) فكانت الموجة الاولى قد وصلت الى ح (وح') والموجة الاخيرة لا تزال حول (د) والامواج التي توالت بينهما متتابعة بينهما كما يمثلها الرسم كلها في مدة الرحلة . فاذا رسمت خطاً من الموجة الاخيرة عند (د) الى حيث صارت الموجة الاولى عند (ح) كان ذلك الخط (دح) او (دح') يمر في عدد من الامواج اكثر من عدد الامواج التي يمر بها الشعاع (ص ع) او (ص ع') . وترى اذاً ان الخط (دح) هو وتر لمثلث قائم الزاوية مربعهُ يساوي مجموع مربعي

الضلعين (ص د) و(ص ح) حسب هندسة اقليدس

ولا يخفى ان مسافة الخط(ص د) = سرعة النواة مضروبة بالوقت[1] (المدة) =(س ق) ومسافة وتر المثلث (دح) تساوي سرعة الامواج المتتابعة مضروبة بالوقت = (نق) و (ص ح) هي طول نصف القطر المجهولة قيمته فنعبّر عنها بحرف م

فلنا اذاً من هذا المثلث هذه المعادلة

(ن ق)^{٢} = (س ق)^{٢} + م^{٢} او (ن ق)^{٢} — (س ق)^{٢} = م^{٢}

اي ق^{٢} (ن^{٢} — س^{٢}) = م^{٢}

فاذاً ق^{٢} = $\frac{م^{٢}}{ن^{٢} - س^{٢}}$ وبالتجذير ق = $\frac{م}{\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}}$ معادلة ثانية

في كلتا المعادلتين (ق = ق) اي ان انتشار الامواج الى الامام والوراء والى الجانبين كان في مدة واحدة. اذاً للمعادلة الاولى تساوي المعادلة الثانية هكذا : —

$\frac{م ن}{(ن^{٢} - س^{٢})} = \frac{م}{\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}}$ نضرب المعادلة بقيمة $\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}$

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

تقسم الصورة والمخرج (وبالاصطلاح المصري البسط والمقام) على (ن) فلا تختل المعادلة

فلنا م^{٢} = $\frac{م}{\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}}$ او = $\frac{م}{\sqrt{ن^{٢} - س^{٢}}}$ او = $\frac{م}{\sqrt{١ - \frac{س^{٢}}{ن^{٢}}}}$

وهي عبارة لورنتز بعينها

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

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

بقيت حكاية الاثير وماذا جرى له بعد تجربة ميكلصن فلها فصل آخر

شبرا نقولا الحداد

(١) حسب قاعدة الطبيعيات المسافة = معدل السرعة مضروباً بالوقت م = س ق