اساطين العلم الحديث

الاستاذ ميكلصن[1]

وُلد في بلدة سترلو بپولونيا سنة ١٨٥٢ وهاجر والداهُ الى الولايات المتحدة لما كان في السنة الثانية من عمره فقطنا بلدة في ولاية نڤادا وهي من الولايات الغربية وتلقى مبادىء القراءة والكتابة في مدارسها ثم انتقل الى مدرسة عالية في سان فرنسسكو وكان رئيس تلك المدرسة ممن عرفوا بتوخي الدقة التامة في كل ما يفعلهُ شديد الوطأة على تلاميذهِ فيما يتعلق بدروسهم . على انهُ مال بكليتهِ الى الفتى ميكلصن اذ توسم فيهِ النجابة والذكاء فوجه عناية خاصة الى تعليمهِ مبادىء العلوم وخصوصاً مبادىء الرياضيات

وجاءهُ في احد الايام كتاب من ابيهِ ينبئهُ فيهِ ان لولاية نڤادا حقًّا في ارسال احد ابنائها لتلقي العلوم في المدرسة البحرية بوشنطن وان هذا يتمُّ للمتفوق في امتحانات وضعت خاصة لذلك وطلب الى ابنهِ ان يجيء خاصة نڤادا ويتقدم لاجتياز هذه الامتحانات

لكنَّ الفتى لم يهمهُ هذا الامر فكتب الى ابيهِ كتاباً بسط فيهِ رأيهُ فكان جواب الوالد تلغرافاً موجزاً يأمرهُ فيهِ بالحضور حالاً

تقدم ميكلصن الى الامتحانات وتفوَّق فيها مع فتى آخر فلم يستطع اولو الامر ان يعينوا احدهما اعتماداً على نتيجة الامتحان لانهما كانا متعادلين فنظروا في الامر من وجهٍ آخر . ذلك ان والد الفتى ندّ ميكلصن كان قد خاض غمار الحرب الاهلية ولم يكن في بسطة من العيش تمكنهُ من الانفاق على تعليم ابنهِ التعليم العالي فعُيِّن ابنهُ في المدرسة البحرية

على ان والد ميكلصن كان قد وطن نفسهُ على تعيين ابنهِ ايضاً فزار عضو ولاية نڤادا في مجلس الشيوخ وكان تعيين الطالب من تلك الولاية في يدهِ فقال لهُ هذا ان التعيين قد تمَّ وليس في مستطاعهِ تعيين طالب آخر تلك السنة . لكنهُ عرض عليه ان يكتب رسالة الى رئيس الولايات المتحدة وفي يدهِ تعيين عشرة من الطلبة ، فيحملها اليهِ ابنهُ لعلَّها تعود بفائدة ما

وكان الجنرال غرانت رئيساً حينئذٍ فحمل ميكلصن اليهِ الرسالة بعد ان قطع بها الولايات المتحدة من غربها الى شرقها فاحسن الرئيس وفادتهُ ولكنهُ قال لهُ ان الاماكن التي في يديهِ تعيين الطلبة فيها قد وعد بها عشرة من الطلبة . لكنهُ لم يقطع للفتى حبل الامل فبعث بهِ الى وزير البحرية لعلَّهُ يجد لهُ طريقة تمكنهُ من دخول المدرسة فقال لهُ الوزير

(1) Prof. A. A. Michelson 1852- 1931

انتظر ريثما يُتمّ احد الطلبة امتحانهُ . فاذا لم يجزهُ عُيّنت مكانهُ فبقي في شنطن ينتظر ما يكون من امر الطالب وبنتهُ في احد الايام انهُ رسب في الامتحان لكن المسؤولين اجازوا لهُ ان يتقدم لامتحان ملحق فجازهُ وثبت تعيينهُ. فلم يبقَ لدى ميكلصن الاّ ان يحزم امتعتهُ ويعود ادراجهُ . واذ هو يستعدُّ للرحيل وقد ارسل صندوق امتعتهِ الى المحطة جاءهُ ضابط من ضباط وزارة البحرية وانبأهُ ان الرئيس قد خرج على التقليد الذي جرى عليهِ اسلافهُ وامر بتعيينهِ . ترى من يستطيع ان يقيس خسارة العلم لو ان القطار سافر قبل وصول هذا الضابط او لو امتنع الجنرال غرانت عن مخالفة ما جرى عليهِ اسلافهُ ؟ !

درس ميكلصن في المدرسة البحرية سنتين اتمّ فيهما دروسهُ . وكانت المدرسة حينئذٍ في حاجة الى مدرّس يدرّس فيها مبادىء الطبيعيات . فوقع اختيار الاميرال معبسون عليهِ فكان شأنهُ في تدريس هذا العلم شأن كل معلم مبتدىء يعيّن لتدريس فرع من فروع العلم لم يتوفّر عليهِ او لم يهتم بهِ اهتماماً خاصًّا . عرف ميكلصن موطن الضعف فيهِ فكان يدرس الدرس كما يدرسهُ التلاميذ ويقرأ بضع صفحات تالية لهُ حتى يكون عارفاً بما سيجيء . وبما كان نظام التدريس قائماً على توجيه الاسئلة الى التلاميذ عن محتويات الدرس المعين لهم سَهُلَ عليهِ السير في عملهِ . ثم غيّر اسلوب التدريس فطُلب اليهِ ان يعدّ خطباً يلقيها على الطلبة ويذكر فيها ما لم يكن مذكوراً في الكتاب الذي يدرسونهُ فحثّهُ هذا الطلب على التوسع في البحث . وفيما هو يعدّ خطبهُ هذه استرعت اهتمامهُ الاساليب التي يستخدمها العلماء لقياس سرعة الضوء فخطر لهُ ان يجرّب احداها امام الطلبة قرناً للعلم بالعمل . ولكن لم يخطر لهُ على الاطلاق مباراة العلماء في ذلك . فانفق جنيهين من مالهِ لشراء بعض المواد لان ميزانية المدرسة لم يكن فيها مخصصات لمثل هذه التجارب

جرّب اسلوب فوكولت بعد ما غيّر فيهِ تغييراً طفيفاً فوجد ان قياسهُ هو لسرعة الضوء اكثر ضبطاً ودقةً من القياس الذي كان مقبولاً لدى العلماء حينئذٍ . ولشر نتيجة تجاربهِ فاذا بهِ بين ليلة وضحاها قد ذاع اسمهُ بين العلماء وقبلت نتيجة تجاربهِ عندهم . فشجعهُ هذا على المضي في عملهِ وكان البحث في الضوء قد فتنهُ فعزم ان ينقطع لهُ

واستقال من التدريس في المدرسة البحرية سنة ١٨٧٩ وبقي في وشنطن يشتغل بالتقويم البحري ثم سافر الى اوربا في اوائل سنة ١٨٨٢ فقضى سنتين يدرس ويبحث في كليات برلين وهيدلبرج وباريس . ولما عاد من اوربا عين استاذاً للطبيعيات في مدرسة كايس للعلوم العملية وبقي في منصبهِ هذا ست سنوات ثم انتقل الى جامعة كلارك فبقي فيها ثلاث سنوات استاذاً للطبيعيات ايضاً ثم دعي الى جامعة شيكاغو ليرأس دائرة العلوم الطبيعية

فيها . وقد استقال من هذا المنصب من نحو سنة وانضمَّ لعلماء معهد بإسادنيا بكلفورنيا لكي يشرف على تجارب الغرض منها التدقيق في قياس سرعة الضوء في الهواء والفضاء

وعين سنة ١٨٩٢ عضواً في مكتب الموازين والمقاييس الدولي في باريس . وسنة ١٨٩٧ في مصلحة الموازين والمقاييس الاميركية وسنة ١٩٠١ رئيساً للجمعية الاميركية الطبيعية وسنة ١٩١٠ رئيساً لمجمع تقدم العلوم الاميركي . ونال جائزة نوبل للطبيعيات سنة ١٩٠٧ — وهو اول اميركي نالها — ومدالية كوپلي من الجمعية الملكية ببلاد الانكليز . والوسام الذهبي من جمعية الفنون بلندن سنة ١٩٢١ والوسام الذهبي من الجمعية الفلكية الملكية بلندن سنة ١٩٢٣ وغيرها

سرعة الضوء . . .

لعلَّ غاليليو غاليلي اول من حاول ان يعرف هل سرعة الضوء محدودة او غير محدودة ولكن الآلات التي استعملها في تجربته لم تمكنهُ من ان يحكم في هل انتقال الضوء من نقطة الى اخرى يستغرق وقتاً ما . وفي سنة ١٦٧٦ اشار الفلكي الهولندي رومر الى ان الفرق بين دوري خسوف للمشتري بأحد اقماره قد يكون سببهُ اختلاف بُعد الارض عن المشتري وهو اختلاف ينشأ عن شكل فلك الارض حول الشمس . وعليه فالضوء يستغرق وقتاً في اجتيازه مسافة ما . وقد حسب رومر ان سرعة الضوء هي في حدود ١٩٢ الف ميل في الثانية . ثم جاء فيزو Fizeau سنة ١٨٤٩ وكورنو Cornu سنة ١٨٧٤ واستعملا عجلة مسننة لقياس سرعة الضوء على مسافات قصيرة وتلاهما فوكولت فاستعمل طريقة المرآة الدائرة التي اخذها ميكلصن ونقحها حتى اصبحت غاية ما يستطاع في دقة هذا القياس . ومبدؤها فيما يأتي :

يُصنَع دولاب ذو اثني عشر ضلعاً متساوياً ويقام على كل ضلع مرآة . ثم يدار الدولاب بسرعة معينة لنفرض انها ٣٥٠ دورة في الثانية فتكون كل مرآة قد انتقلت من مكانها الى مكان اخيها في جزء من ٤٢٠٠ جزء من الثانية . ثم يقام هذا الدولاب على جبل وينصب على جبل آخر مقابل لهُ مرآة عاكسة . ولنكن البعد بين الجبلين ٢٢ ميلا تناس بطرق دقيقة يعلمها مهندسو المساحة . ثم تنبثق شعاعة من النور من الجبل الاول متجهة الى الجبل الثاني الذي عليه المرآة العاكسة . ويكون الدولاب داراً بسرعته المعروفة . فتذهب الشعاعة من الجبل الاول الى الجبل الثاني اذ تكون المرآة رقم واحد مواجهة للمرآة المقابلة . واذ تقع الشعاعة على المرآة المقابلة تنعكس عن سطحها الى المرآة الدائرة فتصيب المرآة رقم ٢ . فتكون الشعاعة قد قطعت المسافة بين الجبلين ذهاباً وايابا في الوقت الذي استغرقهُ انتقال المرآة رقم واحد من مكانها وحلول المرآة رقم ٢ محلها اي في جزء من ٤٢٠٠ جزء من الثانية . والنتيجة الحاصلة من ضرب ٤٤ ميلاً في ٤٢٠٠ اي ١٨٤٨٠٠ ميل هي سرعة النور . هذه

الاستاذ البرت ابراهام ميكلسن

Professor Albert Abraham Michelson.
1852—1931

هي الطريقة وعمادها ضبط قياس المسافة بين المرآة الدائرة والمرآة الثابتة وضبط سرعة المرآة الدائرة. وقد بلغت سرعة الضوء مقيسة بهذه الطريقة سنة ١٩٢٤ — ١٨٦٫٣٥٩ ميلاً

اما سرعته في الفضاء فكان ميكلسن يعدّ لها تجربة قبل وفاته هي من معجزات الهندسة والعلم. ذلك انهُ بنى في سنتي ١٩٢٩ و١٩٣٠ انبوباً ضخماً طوله نحو ميل وقطرهُ ثلاث اقدام من الحديد المفضض (شبيه بالصاج المموج) وهو تسعون قطعة طول كل قطعة منها ستون قدماً وفي طرفي الانبوب اربع غرف طول كل منها ست اقدام وعرضها خمس اقدام وعلوها خمس اقدام. والغرض من هذه الغرف اقامة الاجهزة لقياس سرعة الضوء فيها وهي كالاجهزة التي استعملت لقياسها بين قنني جبلين. وقطع الانبوب ملحومة احداها بالاخرى لحاماً محكماً حتى اذا افرغ الانبوب لم يتطرق الهواء الى داخله من منفذ ما. وكذا الالواح التي بنيت منها الغرف. فاذا تمّ البناء على المنوال المتقدم في سطح من الارض افرغ الانبوب والغرف المتصلة به من الهواء بآلتين خاصتين لهذا الغرض وقيست سرعة الضوء بطريقة المرآة الدائرة. وكان ينتظر ان يتم بناء كل ما هو مرتبط بهذه التجربة في اوائل السنة لما كان اينشتين ضيف ملكن وميكلسن في كاليفورنيا لكي يشرف عليها. وقد قرأنا في الصحف ان التجربة تمت ولكن لم نقرأ عن نتيجتها ولعل بعض الحوائل الهندسية حالت دون ذلك فمات ميكلسن ولم يتجزها

اساس نسبية اينشتين

في بدء العقد التاسع من القرن الماضي لما كان ميكلسن يدرس في المانيا خطر لهُ ان يبحث في المسألة التالية: هل يبقى الوسط المعروف، تواضعاً، بالاثير، والذي تسير فيه امواج الضوء في الفضاء مستقراً اذ تسير الارض فيه، او هل تجرُّ الارضُ الاثيرَ معها، كما تجر عربةٌ مسرعةٌ غلافاً من الهواء معها»؟

ولقد قلنا من قبل ان وراء الاكتشاف والاستنباط المقدرة على تعرف مشكلة تتطلب الحل والبراعة في توجيه السؤال على وجه يفضي الى اكتشاف او استنباط

ومن ينكر الآن ان ميكلسن بلغ اقصى حدود هذه المقدرة في توجيه السؤال المذكور. من ينكر ذلك وقد بنى على المباحث النظرية والعملية التي قام بها هو وغيرهُ من أساطين العلم للاجابة عنهُ — وخصوصاً تجربتهُ المعروفة بتجربة ميكلسن مورلي — بناء علم الطبيعة الحديث من مذهب اينشتين الى نظرية الكوانتم وكلّ ملابساتهما الفلسفية

وما كاد هذا السؤال يرتسم في ذهن الاستاذ ميكلسن حتى وضع خطة لتجربة تمكنهُ من معرفة حركة الاثير اذا كان الاثير يتحرك مع الارض. ذلك انهُ قرر ان يتناول شعاعة ضوء ويشقها الى شعاعتين ويبعث بالواحدة في اتجاه سير الارض وبالاخرى في اتجاه

عمودي لاتجاه الاولى . ويضع على بعد معين من نقطة ارسال الشعاعين مرآتين تردان الشعاعين الى نقطة ارسالها . والغرض من ذلك ان سير الارض في اتجاه واحد مع الضوء يجب ان ينقص سرعة النور بمقدار سرعة الارض وسيرها في اتجاه معاكس لسير الضوء يجب ان يزيد سرعته بمقدار سرعتها . واذن فيجب ان يكون في استطاعتنا قياس هذا الفرق. وقياسهُ يقوم بمراقبة هاتين الشعاعين المرتدتين الى نقطة ارسالها . فاذا وصلت احداهما قبل الاخرى فالفرق هو ضعف سرعة الارض في بحر الاثير

ولا يخفى ان الضوء يقطع نحو ١٨٦ الف ميل في الثانية فقياس الفرق بين سرعتي شعاعين تقطعان بضعة امتار عمل دقيق كل الدقة . ولذلك استنبط ميكلسن آلة سماها الانترفرومتر ليس هنا مجال وصفها مكتفياً من ذلك وقد كانت في رأيه آيتهُ العلمية الكبرى

وحاول اولاً ان يقيس سرعة الارض في بحر الاثير بهذه الطريقة وبواسطة الانترفرومتر الذي كان يشتغل في معمل هلمهلتز الطبيعي ببرلين . ولكن اهتزاز ارض المدينة الناشيء من العربات والقطرات التي تسير في شوارعها جعل نتائج التجربة مما لا يعتمد عليه. فنقل الجهاز الى بوتسدام ومع ذلك ظلت نتائجهُ مشكوكاً فيها . فلما عاد الى اميركا استعان بزميله الاستاذ مورلي وبنى انترفرومتراً كبيراً في مدرسة كايس بمدينة كليفلند اوهايو وحرصا كل الحرص على منع الخطإ من ان يتطرق اليها فدهشا اذ اسفرت التجربة عن وصول الشعاعين معاً مما يستنتج منهُ ان سرعة الضوء واحدة في كلا الاتجاهين وهذا مخالف لما كان متوقعاً جرياً على القواعد المسلَّم بها حينئذ. وقد اعيدت هذه التجربة بواسطة ملر ومورلي في كليفلند وبواسطة ميكلسن في شيكاغو فكانت كل اعادة للتجربة تؤيد نتائج التجربة الاولى

ومما هو جدير بالذكر ان اللورد كلفن صرح امام مؤتمر علماء الطبيعة الدولي الملتئم في باريس سنة ١٩٠٠ ان «السحابة الوحيدة في سماء نظرية الاثير هو نتائج التجربة التي قام بها ميكلسن وأعوانهُ »

وكان العالمان لورنتز الهولندي وفتزجرالد الارلندي قد ابانا انهُ يمكن تعليل النتيجة الغريبة التي اسفرت عنها تجربة ميكلسن اذا حسبنا ان حركة الارض (وما عليها) في الاثير يقصّر طول الاجسام — اي يقصّر قطر الارض وطول الاجسام التي عليها . وعلى هذا كله بنى اينشتين نظرية النسبية سنة ١٩٠٥ اذ قال ان المصاعب التي نشأت من تجربة ميكلسن يمكن اجتنابها بقولنا «ان تحديد السرعة المطلقة في الطبيعة مستحيل بأية تجربة من التجارب» هذا هو منشأ النسبية وكلّ ما بني عليها من مباحث اينشتين المتالية ومباحث اعوانه ومؤيديه. وقد اشار هو الى ذلك في الخطبة التي خطبها لدى زيارته الى كليفورنيا في اوائل سنة

١٩٣١ اذ توجه في اثناء الكلام الى ميكلسن واعترف لهُ بفضل السبق في مباحث الضيعة التي افضت الى نظرية النسبية وما يتصل بها

قياس المتر بأمواج ضوء معين

قلنا ان ميكلسن استنبط الانترفرومتر ليستعمله في معرفة سرعة الارض في الاثير ولكن لم يلبث حتى استعمله اللماء في قياس اقطار الكواكب البعيدة قياساً مباشراً اي بغير الاعتماد على قياس زاوية الاختلاف. فقرن بتلسكوب مرصد جبل ولسن وقيس به قطر النجمة المعروفة بمنكب الجوزاء في كوكبة الجبّار فاذا قطرها ٢٤٠ مليون ميل اي اذا وضع مركز قرصها فوق مركز قرص الشمس وصل محيطها الى فلك المريخ. ثم استعمل في قياس المسافات بين نجمي كوكب مزدوج فثبت ان كثيراً من النجوم التي كانت تحسب منفردة هي في الواقع نجوم مزدوجة

ثم لا يخفى ان المتر المقياس هو المسافة بين خطين مرسومين على قضيب من البلاتين والاريديوم محفوظ في وعاء زجاجي مفرغ على درجة معينة من الحرارة في بلدة سيفر قرب باريس. ولكي يعين طول هذا المتر تعييناً لا ينسى ولا يزول مهما تتقلب الحوادث على المتر المقياس قضى ميكلسن سنة في باريس يحاول قياسهُ بأمواج الضوء الاحمر المنبعث من طيف عنصر الكادميوم. وفي هذا العمل ما فيه من الدقة المتناهية. فأسفر البحث عن ان طول المتر المقياس يساوي ١٥٥٣١٦٣٫٥ الموجة من خط خاص في نور الكادميوم الاحمر. والآن قد يسرق المتر المقياس او قد يصهر في ثورة او حرب ولكن ذلك لا يهم لان اعادة بنائهِ سهلة بناء على قياس ميكلسن الذي لا يحتمل من الخطإ اكثر من جزء من ثلاثة ملايين جزء

***

كتب الاستاذ ملكن العالم الاميركي الكبير مقالاً عنوانهُ «قيمة ميكلسن الاقتصادية» ابان فيهِ ان مباحث ميكلسن لا تقوَّم بمال لان جل فائدتها هي في توجيه الافكار وفتح ميادين جديدة للبحث. وفي مقدمتها ميدان علم الطبيعة الجديد الذي بُني على تجربة ميكلسن مورلي كما بيّنا سابقاً. ولعلَّ مقام تجربة ميكلسن في تاريخ الفكر لا يقلّ اثراً عن مذهب كوبرنيكس. فهذا انتقل بالانسان من حسبان ارضهِ مركز الكون الى حسبانها سيّاراً يدور مع سيّارات أخرى حول الشمس. ومذهب النسبية بَعَّدَ بالانسان عن حسبانهِ نفسه مدار الطبيعة. فهو بعد اليوم لا يستطيع ان يقول ان المقاييس الطبيعية التي يقوم بها يجب ان تمتدّ الى كل نواحي الفضاء. بل اخذ يدرك ان كل المقاييس نسبية ولكل عالم مقاييسهُ الخاصة. وهي فكرة متى تعوَّدناها كانت ذات اثر كبير في اتجاه التفكير العلمي