

هنري بوانكاريه ومشكلات المعرفة الفيزيائية والرياضية

أ. شهرزاد بوقراط

قسم الفلسفة - جامعة منتوري - قسنطينة

مقدمة

تعتبر الفلسفة العلمية التي وضعها "بوانكاريه" كمساهمة فعالة في بلورة التفكير الإستيمولوجي في نهاية النصف الثاني من القرن العشرين. إن التطور المتسارع للإكتشافات العلمية في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، أدى بالعلماء إلى الوقوف على وقائع علمية لم تكن محل تنبؤاتهم، إنها وقائع تبدو في الظاهر بسيطة، لكنها في الحقيقة معقدة، تحتاج إلى مزيد من التفسير والفهم، مثل إكتشاف الأشعة السينية les rayons X عام 1895، يليه إكتشاف الإشعاع الطبيعي عام 1896، ثم إكتشاف أول جسم تحت ذري أطلق عليه فيما بعد الإلكترون Electron، يليه مباشرة عنصر الراديوم Radium المشع سنة 1898.

التي لا تستجيب لمتطلبات المرحلة العلمية الراهنة؟ وما هي مكانة النظريات العلمية في عمليات الكشف والتفسير لختلف ظواهر الطبيعة؟

أولاً مشكلة صياغة المفاهيم بين العلم والميتافيزيقا:

يعبر "بوانكاريه" عن الحاجة إلى تجاوز مفاهيم علم الفيزياء الكلاسيكي وهذا بسبب عجز هذه المفاهيم عن مسطرة الوقائع الجديدة التي بدأت تطفو على السطح، والتي تتطلب تفسيرات في ضوء مفاهيم جديدة تتميز بالمرونة⁽¹⁾، مثلاً ظهور المجال الكهرومغناطيسي، إكتشاف قانون حفظ الطاقة، وهي البيانات التي أدت إلى ظهور النظريات المعاصرة في الفيزياء - خاصة نظرية النسبية والكوانتا - يسأل "بوانكاريه" عن أسس ومفاهيم الفيزياء الكلاسيكية. هل هي تجريبية أم عقلية، فإن كانت تجريبية فهذا يعني أنها غير مطلقة، أما إن كانت عقلية فإن الأمر يتطلب إستدلالات منطقية لنقدها⁽²⁾:

فبعد أن اعتقد علماء الطبيعة مدة طويلة أن كل قوانين الفيزياء سيعبر عنها يوماً ما بمعادلات قليلة، هاهي ذي قضايا تظهر فجأة تناقض هذا الاعتقاد، فهي تعبر عن وقائع معقدة ومتشابهة، فالطبيعة التي سبق لها أن كشفت البسيط وراء المعقد هاهي ذي قضايا تظهر فجأة، تنتظر الحل، تعبر عن وقائع معقدة ومتشابهة. إن الطبيعة التي سبق لها أن كشفت البسيط وراء المعقد، وهو الأمر الذي أدى بالعلماء أمثال: أينشتاين "Einstein" إلى تصور مشروع لتفسير كل ظواهر الطبيعة بمجموعة قليلة من المبادئ الأساسية هاهي الآن تخفي المعقد وراء البسيط. هذه المعطيات الجديدة دفعت "بوانكاريه" - على غرار مفكرين آخرين - إلى البحث عن منطق جديد للكشف والتفسير. وهذا بهدف مساءلة جديدة لمبادئ العقل - كما كانت تعتبر أساسية ومنطقاً للتفكير مثل: الزمان، المكان، الكتلة، القوة.

كيف يمكن تجاوز العوائق التي فرضتها عادات ذهنية قديمة؟ وما هي إمكانات نقد وتجاوز المفاهيم

"ليس لدينا حدس مباشر عن تزامن فترتين تحدثان على مسرحين مختلفين⁽⁷⁾.

يتناول "بوانكاريه" مفهوما آخر ذا أهمية بالغة في صياغة النظرية العلمية (الفيزيائية).

إنه مفهوم العطالة أو القصور الذاتي Inertie مبينا أنه هو الآخر ليس حقيقة قبلية priori مستدلا في ذلك على جملة من الحجج من بينها الحجة التاريخية المتمثلة في إهمال الفلاسفة الإغريق لهذه الحقيقة - باعتبارهم السباقين لاكتشاف الحقائق قبلية⁽⁸⁾.

إن مبدأ العطالة - يؤكد "بوانكاريه" - ليس قائما بذاته، وإنما يجب إدراجه ضمن مبدأ أعم ولفهمه يجب مراعاة تدرج منطقي خاص، وهذا يتعلق بمفاهيم أخرى إجرائية⁽⁹⁾ Opérateur تحدها المعرفة التجريبية Empirique، تتمثل تلك المفاهيم الإجرائية في: التسارع Accélération، الذي يتعلق هو الآخر بـ: الكتلة: La Masse، القوة: La force.

ومن ثم يحلل مفهومي القوة والكتلة باحثا عن مفاهيم أبسط، حيث يخلص إلى إمكانية اعتبار القوة مفهوما فيزيائيا خالصا باعتباره مشوبا بتصورات غيبية ميتافيزيقية⁽¹⁰⁾.

ومنه نستنتج أن المفاهيم الأساسية في تكوين النظرية الفيزيائية ما هي إلا اصطلاحات Conventions فالصيغة: $Q = K \cdot X$ تعني لا تقرر أن حاصل ضرب الكتلة في التسارع يعتبر تعريفا للقوة، فالقوة هي مجرد اسم لحاصل الضرب: $K \cdot X$ تعني عليه فإن هذا القانون يكون اصطلاحا باحثا على وجه التأكيد ويكون بذلك $K \cdot X$ تعني مفهوما ثانويا وليس أساسيا في صياغة النظرية العلمية وهذا ما يتيح بناء نسقيا على غرار النموذج الذي يقرره الأكسيوماتيك⁽¹¹⁾ Axiomatique.

ثانياً، بنية النظريات الفيزيائية:

إن الهدف الذي ينشده كل عالم فيزيائي يتمثل في تشييد نسق رياضي Système Mathématique أين تنظم القوانين الطبيعية في انسجام تام، هذه البنية المنطقية هي ما يعرف بالنظرية الفيزيائية.

"إن معالجة الميكانيك (ظواهر الحركة)، لا يميز بوضوح ما هو تجريبي، أو استدلال عقلي أو استدلال رياضي، ما هو المصطلح عليه وما هو مجرد فرض⁽³⁾" هنا يبينه "بوانكاريه" إلى إشكالية التداخل القائم بين مصدرى المعرفة التجربة والعقل، وهذا ما يشكل عائقا في العملية النقدية، الأمر الذي يتطلب الفصل بين مصدرى المعرفة (التجربة والعقل).

وهذا ما يشكل عائقا إستيمولوجيا في العملية النقدية، الأمر الذي يتطلب الفصل بين مصدرى المعرفة، قصد القبض على كل ماهو تجريبي وعرضه على العقل لغاية فحصه، والنظر فيما إذا كان قادرا على الصمود في المرحلة الجديدة، التي يربها علم الفيزياء، أي تفسير الظواهر المستعصية، ولاتوجب إستبداله بمبادئ أخرى قادرة على القيام بالمهمة.

يستهل "بوانكاريه" عمله النقدي بشأن مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية التي بلورها "نيوتن"⁽⁴⁾. بمفهومى الزمان والمكان الذين إعتبرهما - "كانط" - في عمله إنه يرفض تصور "كانط" ومن هذا حدوده - في إعتبار المكان مطلقا: "لا يوجد مكان مطلق، إنما لا ندرك إلا حركات نسبية"⁽⁵⁾.

إن المكان - حسب "بوانكاريه" - يتعلق بالحركة، فإذا كانت الحركة نسبية - وهو الأمر المسلم به في الفيزياء المعاصرة - أي الحركة مؤقتة، فهذا يعني أن كل ما هو مرتبط بها يخضع حتما لهذه الصفة، ومنه فالمكان الخاضع لها يعتبر نسبيا أي غير مطلق، فالقول بالمكان المطلق ما هو إلا عادة ذهنية سلبية، تمسك بها بعض الفلاسفة دون وعي منهم و حان الوقت لتجاوزها.

ونفس التوجه بالنسبة لمساءلته عن مفهوم الزمان، الذي يتميز بطابع تجريدي، الأمر الذي تسبب في التباسه مع الأفكار الميتافيزيقية.

إن نظرية النسبية لـ: "أينشتين"⁽⁶⁾ التي أدركها "بوانكاريه" وعبر عنها بطريقته الخاصة، ترفض فكرة التوافق أو التزامن la simultanéité، وهذا بمقتضى الشواهد الإجرائية Opérateurs:

إن التيارات التي افترضها فريزل⁽¹⁷⁾، تنظمها نفس العلاقات التي قررها ماكسويل⁽¹⁸⁾، وهي تنظم الحركات التي وصفها وهذا ما يفسر سهولة الانتقال من لغة أحدهما إلى لغة الآخر.

والنتيجة التي يمكن الوقوف عندها أن الواقع الذي يمكن وصفه بأنه موضوعي هو العلاقات القائمة بين الأشياء، التي ينتج عنها الإنسجام الكلي، إن هذه العلاقات وما ينتج عنها من انسجام، لا يمكن تصورها خارج عقل يدركها أو يشعر بها، وهي موضوعية لأنها مشتركة بين جميع العقول⁽¹⁹⁾.

هنا تتجلى النزعة الإصطلاحية Conventionalisme التي ميزت التفكير الإستمبولوجي عند "بوانكاريه":

إن قيمة النظريات وبالتالي قيمة العلم ترجع إلى عامل الاصطلاح بالدرجة الأولى لا إلى عامل التجربة، فالمعطيات التجريبية تترك دائما مجالا كافيا لمختلف الفروض التفسيرية الممكنة، وإن اختيار بعض من هذه الفرض لاتحدده التجارب إذ ليست هناك تجارب حاسمة Experiences Cruciales بالمعنى البيكوني⁽²⁰⁾.
فالمعيار الوحيد الذي يعتد به هنا هو معيار

الملاءمة Commodity

"إن النظريات الفيزيائية تركيبات نصطلح عليها، إن الحكم الحاسم بصدق هذه النظرية أو تلك لا يرجع إلى التجربة كعامل حاسم، بقدر ما يرجع إلى اصطلاحنا على صدقها لبساطتها من ناحية، ولما تمتهن إمكانية توقعنا للظواهر من ناحية أخرى"⁽²¹⁾.

وهنا نفهم لماذا اعتبر "بوانكاريه" المكان والزمان نسبين، فالطبيعة ل تفرضهما على الفكر، بل نحن الذين نفرضهما عليها حين تفكر، وبواسطتهما يصبح إدراك الأشياء ملائما وبالتالي سهلا.

ومنه فإن مشكلة القيمة الموضوعية للمعرفة الفيزيائية تعدل من التساؤل: هل العلم يكفل لنا معرفة الطبيعة الحقيقية للأشياء؟ هل العلم قادر على أن يجعلنا نعرف العلاقات الحقيقية بين الأشياء؟

إذن فهمه النظرية الفيزيائية هي الإقتصاد في الجهود الذهني، وإضفاء النظام على القوانين التجريبية وجعلها أسهل تناولاً بحكم بنيتها التي يطبعها الإنسجام والتناغم⁽¹²⁾.

إن "بوانكاريه" يركز على مسألة تغير النظريات: "يبدو أن النظريات لاتدوم إلا يوما واحدا وأن الأنقاض تتراكم فوق الأنقاض، تنشأ النظريات ذات يوم، وتصبح حوضه في اليوم الثاني، وتصير كلاسيكية في اليوم الثالث منسية في اليوم الرابع"⁽¹³⁾. فهل معنى هذا أن النظريات التي يتم التخلي عنها يكون بسبب عدم مطابقتها للواقع؟

يجيب "بوانكاريه" بأن الذي يتهاوى ويسقط هو النظريات بمعنى الكلمة للنظرية أي تلك التي تزعم أنها تكشف عن ماهيات الأشياء، لكن هذا لا يعني أن النظريات السابقة تخلو من أية قيمة علمية خالدة وبكلماته:

"مع ذلك فهناك في النظريات شيء يفي في الغالب حيا، فإذا كشفت لنا إحدى النظريات عن علاقة حقيقية، فإن هذه العلاقة تصبح مكسبا بصقة نهائية، وسنجدها بثوب جديد في النظريات الأخرى التي ستحل محل تلك النظرية"⁽¹⁴⁾.

إن تاريخ العلم فد بين صحة هذا الرأي، فبشأن النظريات التي تفسر الآليات التي تعمل بها ظاهرة الضوء في مظاهره المختلفة: هل هو مادة أوطاقة؟ ما هي الحركة التي ينتشر وينعكس بها؟ حيث احتدم الجدل بين العلماء بشأن كشف النقاب عن هذه الظاهرة المعقدة.

حسب التصور الكلاسيكي الذي أرسى دعائمه "نيوتن" تم اعتبار الضوء ظاهرة ميكانيكية أي انه عبارة عن حبيبات ذات طاقة. وبعد ذلك تم تبني التصور الكهرطيسي لهذه الظاهرة. الذي يقرر أن الضوء عبارة عن أمواج أي تيار Courant⁽¹⁵⁾، فهل هذا التعارض بين التصورين كلي أوجزي؟

يجيب "بوانكاريه": إن القول بأن الضوء تيار لا يفند كونه عبارة عن حركة، أي عملية ميكانيكية، ومن المحتمل أن الحركة التي تقول بها النظرية الجديدة لها مدلول آخر يختلف عن ذلك الذي نجده في النظرية التقليدية، فإذا سلمنا أن النظرية الأولى قد انتهت أمرها، ومع ذلك يبقى هناك شيء ثابت في هذه النظرية لا يزال حيا⁽¹⁶⁾.

إن الفيزياء الرياضية هي التي تساعد على صياغة الفروض، وبالتالي تضمن خصوبة التفكير في علم الفيزياء، إن عملية إعطاء تعريف جامع للفرض الذي تصوره "بوانكاريه" تبدو عملية صعبة ولقد حاول تحديد بعض ملامح الفرض من خلال بيان مستوياته الثلاثة الآتية:

فروض المستوى الأول:

تتميز بأنها تشكل أرضية مشتركة بين كل نظريات الفيزياء الرياضية، والتي يستحيل بناء أي نسق منطقي إلا بالاستناد إليها، فهي بمثابة حجر الزاوية للبناء⁽²⁷⁾.
مثلاً: ثبات سرعة الضوء بالنسبة لنظرية النسبية التي قدمها "اينشتين"⁽²⁸⁾.

فروض المستوى الثاني:

هي الفروض التي ينتهي عندها العالم حين يشيد نسقا رياضيا، أين يجب الوقوف عند فروض ابتدائية⁽²⁹⁾.
وهنا يتم تحديد الوحدات الأساسية للتفكير مثلاً: المادة تتكون من نواة، النواة تتكون من: بروتونات، نوترونات، إلكترونات وهي فروض عقلية تصورية محضة.

فروض المستوى الثالث:

يسمى "بوانكاريه" تعميمات حقيقية [فهي الفروض التي تعطينا النظريات الخصبه].

وهي من قبيل الحدس الكشفى Intuition
هنا الأفكار تطرأ بشكل مطرد على ذهن الباحث حيث تهيئ فوراً تفاجيء العالم حين يكون متوقفاً عن بحث الموضوع الذي كان منشغلاً به لوقت طويل⁽³⁰⁾ وبكلمات "بوانكاريه":

"وذاً يوم بينما كنت أسير فوق الهضبة جاءني فكرة متميزة بنفس سمات التركيز والمفاجأة واليقين الفوري تبين أن التحويلات العددية الخاصة بالمعادلات التريعية المحدودة ذات المتغيرات الثلاثة، هي نفس التحويلات الخاصة بالهندسة اللاإقليدية"⁽³¹⁾.

مما سبق بيانه نستنتج أن "بوانكاريه" يعتبر من أهم رواد الفيزياء النظرية الذين كشفوا النقاب عن البعد

"عندما تزعم نظرية علمية أنها تجعلنا نعرف ماهية الحرارة، ماهية الكهرباء، ماهية الحياة، فإنها تحكم على نفسها بالموت مسبقاً، فكل ما تستطيع هذه النظرية إعطاؤه لن يكون سوى صورة غامضة، فهي إذن مؤقتة وقابلة للتعديل"⁽²²⁾.

إن قيمة القوانين والنظريات تكمن في كونها مواضع، اصطلاحنا على صلاحيتها، لأن هذا من شأنه أن ييسر قدرتنا على توقع الظواهر.

مشكلة صياغة الفروض:

إن الفيزياء علم مبني على الإعتقاد بوجود نوع من الانتظام في الطبيعة وبالتالي فإن تصنيف جميع أنواع الانتظام، أى مختلف أصناف البنيات يكتسي قيمة تطبيقية والفكر يجد لذته في ممارسة هذه الأبحاث⁽²³⁾.

إن ما يثير الإنتباه بشأن الانتظام القائم في الطبيعة، أننا نجد بنية واحدة تظهري غالباً في مظاهر متنوعة، كما لو أن عدد البنيات الممكنة محدود، فهناك بنية واحدة تصادفها في عدد معتبر من تطبيقات العلم، نجدها في الجاذبية، الصوت، الضوء، المغناطيس، أمواج البحر، ذبذبات الأجسام المطاطة، طيران الطائرات وغيرها هذه الفكرة بما تحملها من طرافة، تعطي للرياضي خصوصاً وللعالم عموماً متعة إكتشاف وحدة وتطابق شيئين ينظر إليهما عادة على أنهما متميزان⁽²⁴⁾.

ومنه فإن هو "فن إعطاء الاسم نفسه لأشياء مختلفة"⁽²⁵⁾.

وعليه فإن التفكير الرياضي بالأخص النظريات الرياضية كانت ولا تزال المنبع الخصب لنشأة فروض الفيزياء ومن ثمة نظرياتها.

إن إحساس الرياضيين بالصورة المنطقية وحدها كثيراً ما أدى بهم إلى انشاء نظريات تبين فيما بعد أنها ذات أهمية بالغة بالنسبة إلى علم الفيزياء، مثلاً علماء اليونان القديمة درسوا الإهليج؟ قبل أكثر من عشرة قرون من استعمال ما توصلوا إليه في علم الفلك، والتنبؤ بحركات الكواكب وغيرها من الأمثلة التي لا يتسع المقام لذكرها⁽²⁶⁾.

4 - لقد أدى العمل الذي قدمه "بوانكاريه" إلى ازدياد قوة العلم الرياضي ومن ثم تأثيره المتزايد على التفكير العلمي، فالرياضيات لم تعد - كما كانت في المرحلة السابقة - اللغة التي يفكر بها العلم فحسب، وإنما امتد تأثيرها إلى أبعد من ذلك، لقد أصبح العلم المعاصر يفكر بواسطة العلوم الرياضية، ومنه فقد نشأت الرياضيات النظرية كضرورة منهجية، أخذت على كاهلها مهمة وضع اصطلاحات تتطور وفقا للمستوى التجريدي الذي يبلغه الذهن، في تصديه لتطور المشكلات العلمية، حيث أن تطبيق منهج الاستدلال الإستقرائي *Raisonnement par récurrence* في التفكير الرياضي أعطى خصوصية لعلمي الرياضيات والفيزياء ومنه للفيزياء الرياضية، الأمر الذي فتح الباب واسعا أمام انشاء نظريات الفيزياء العملاقة خاصة نظرية النسبية العامة ونظرية الكوانتا.

كما أن الاعتقاد الذي صار مسلما به، بشأن البساطة التي تحكمها الطبيعة، ساهم في تقديم تبرير منطقي للمنهج الإستقرائي، الذي يعول عليه العلماء في شتى حقول العلوم الطبيعية.

5 - إن البحث في اشكالية ضبط مفاهيم ومناهج العلوم يبقى العمل الفلسفي الخالد الذي لا يتأتى إلا بشروط أهمها قراءة جادة لتاريخ الفلسفة، وإطلاع معمق على واقع العلم، مساره ونتائجه التي تعرف تغيرا وتجددا مستمرين.

هذا الموقف يحمل في طياته مشاريع رائدة للتربية، إنه يسعى لتحقيق هدفين يبدؤان أساسيين هما:

أ - الإقتصاد والكفاية في التعليم، مسطرة لواقع تتراكم فيه المعرفة بشكل غزير وهو أمر لا يتم إلا بتحديد المبادئ والمفاهيم الأساسية في ميادين التعلم المختلفة.

البحث عن أسير المناهج لتعليم الرياضيات والفيزياء باعتبارهما شرطين ضروريين لتكوين أذهان علمية كفأة.

ب - إن تنظيمنا صارما لطرائق التعليم وفق هذا المنظور، من شأنه أن يركز على الأصل المنطقي الوحيد لجميع المعارف العلمية، ومنه تفادي الوقوع في مأزق تفكك المادة العلمية وتشتتها.

الرياضي للظواهر الفيزيائية، حيث اجتهد كثيرا من أجل توضيح الإنسجام والتناغم الذين يحكمان الظواهر الفيزيائية التي لم تكن لتفهم وتدرس إلا باللجوء إلى تطبيق المعادلات الدقيقة، مثل: حركة التيار الكهربائي أو المغناطيسي التي لا تفهم فيزيائيا إلا بتطبيق المعادلات الجيبية حيث يتم تمثيلها بيانيا بالمنحنيات الدورية *Courbes ondulaires*.

نتائج البحث

أسس "بوانكاريه" مشروعا إبستمولوجيا لعلمي الرياضيات والفيزياء ويمكن الإستدلال على الأبعاد الفلسفية لهذا العمل فيما يلي:

1 - إن بديهيات الرياضيات لم تعد أحكاما قبلية، كما يعتقد المثاليون، كما أنها ليست وقائع حسية، كما يعتقد التجريبيون.

وعليه فقد تنحت الصفة قبلية عن الكثير من المفاهيم مثل: المكان، الزمان، القصور الذاتي (العطالة) *Inertie* فماهي إلا مواضعات *Conventions* أو تعريفات متتكرة *Définitions* *Déguisées*، أي إبداعات حرة للفكر البشري.

2 - إن الواقع عند بوانكاريه هو الذي يمثل ماهو محل إدراك جميع العقول، لا يمكن أن يكون سوى النظام المعبر عنه بواسطة القوانين الرياضية، هذا النظام هو الواقع الموضوعي الوحيد، الذي ننسج على منواله بهدف فهم وشرح الظواهر المعقدة.

3 - إن المساهمة الفكرية التي قدمها "بوانكاريه" ساعدت في نفذ الغبار عن منهج أصيل في الفكر الفلسفي، إنه منهج التمثيل الذي اعتبره أداة للإكتشاف، هذه الأداة توجه الباحث نحو عناصر التشابه في الظواهر المتباينة، يساعد هذا المنهج في الصياغة المبسطة للمفاهيم الفيزيائية التي تستعصي على التجربة الحسية، ومن ثم يكون الانتقال من المستوى المجرد إلى المستوى الحسي فمثلا: ظاهرة التداخل الضوئي، التي تمثلها بظاهرة تداخل أمواج سطح مائي.

(17). Fresnel Augustin Jean 1788 - 1827 فيزيائي فرنسي تركز اهتماماته على علم الضوء.

(18). Maxwell James Clerk 1831 - 1879 عالم اسكتلندي اشتهر ببحونه في الكهرباء والمغناطيسية وساهم في بلورة الفيزياء النظرية.

(19). Ulmo J: La pensée scientifique moderne, Op, Cit, p: 21.

(20). Poincaré: Science et méthode, Kimé, Paris, 1-999, p: 173.

(21). La valeur de la science, Op. Cit, p: 270.

(22). Ibid.p: 270.

(23). جاموف جورج: قصة الفيزياء، تر: جمال الدين الفندي، دارالمعارف، مصر، 1964 ص: 169.

(24). Poincaré: La valeur de la science, Op. Cit, p: 146.

(25). Ibid. p: 147.

(26). سارتون جورج: العلم القديم والمدينة الحديثة، تر: عبد الحليم صبرة، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة د.ت.ص: 23.

(27). Poincaré: Lascienceetl'hypothèse, Op. Cit, p: 166.

(29). Poincaré: Lascienceetl'hypothèse, Op. Cit. p: 166.

(30). Ibid. p: 167.

(31). Poincaré: Science et Méthode, Op. Cit, p: 55 - 56.

(1). Ulmo Jean: La pensée scientifique moderne Flammarion Paris 1958 p 18.

(2). Poincaré: la science et l'hypothèse, op., cit., p: 111.

(3). Ibid p: 111.

(4). Sir Newton-Isaac (1643 - 1727).

(5). Ibid.p:112.

(7). اينشتين ألبرت: النسبية، النظرية الخاصة والعامة، تر: رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية للكتاب، 1986، ص 26.

(8). La science et l'hypothèse, Op.Cit, p 113.

(9). Ibid.p 113.

(10). Ulmo Jean: La pensée scientifique moderne Op.Cit p 19.

(11). فرانك فيليب: فلسفة العلم، تر علي علي ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، ط 1، 1983، ص 146.

(12). Poincaré La valeur de la science Flammarion Paris 1942 p 268.

(13). Ibid p 268.

(14). Ibid.p 269.

(15). Rousseau Pierre Histoire de la science Arthème Fayard, Paris, 1943, p 157.

(16). Poincaré La valeur de la science Op. Cit. p 269.

