مدخل لفيزياء الكموم

د. جواد بشارة

مقدمة في فيزياء الكموم: تصف نظرية الكموم عالماً غريباً ، حيث نكتشف أن المادة التي تشكل كوننا بأكمله ، والتي يبدو أنها تحتل مكاناً جيداً في الفضاء ، هي في الواقع "ممتدة" في مكان ما. المعايير مثل هنا وهناك ، والتي هي متماسكة للغاية على مقياسنا البشري تفقد كل معنى بمجرد عبورنا لحدود العالم الذري . دالة الموجة في المعادلة التي وضعها إدوين شرودينغر في عام 1927 لا تصف الجسيمات على أنها نقاط مادية ملموسة جدًا ، ولكن كدالة موجية ، نوع من "شبح" الجسيم بطريقة ما. عندما يكون هناك انهيار للدالة الموجية ، توجد منطقة محددة باحتمالية غير صفرية حيث من المحتمل أن يجد المرء الجسيم. في موقع ما في على نحو تخميني ... ففيزياء الكموم هي أولاً وقبل كل شيء نظرية احتمالية. لا توجد معادلة لمفهوم الدالة الموجية في العالم الحقيقي ، إنها مجرد صيغ و شكليات رياضياتية عملية للغاية لوصف العالم الكمومي .ثابت بلانك: قدم الفيزيائي ماكس بلانك مساهمة كبيرة في نظرية الكموم أو الكوانتومquantum . اكتشف قيمة الثابت الذي سيحمل اسمه والذي يعبر عن الحد الأدنى للطاقة التي يمكن قياسها على الجسيم .دعونا الآن نرى قيمة هذا الثابت 10^{-34} .6.63 = h :جول ثانية .اكتشف بلانك هذا الثابت في عام 1900 ، بقوة الأشياء إذا جاز التعبير ، لأنه كان يعتقد في ذلك الوقت أن تبادل الطاقة بين المادة والإشعاع يتم بشكل مستمر ، بينما أثبتت التجارب عكس ذلك .لقد أدخل قيمة هذا الثابت في حساباته ، وعزم لاحقًا على جعل قيمته تميل نحو الصفر للعودة إلى وصف مستمر للإشعاع ، لكن جهوده كانت بلا جدوى: لا يمكن إلغاء الثابت h دون تناقض التجارب . .. ها هي الصيغة التي طورها ماكس بلانك .E = h . f ، وفيها E = - :طاقة التردد ؛ h - = ثابت بلانك ؛ f = - تردد الموجة .وسيعطي لاحقًا اسم الكموم لهذه الكميات .اتبعت ثوابت أخرى مثيرة للاهتمام منسوبة إلى ماكس بلانك مثل : زمن بلانك = 10^{-43} ثانية .إنه أصغر مقياس للزمن يمكننا الوصول إليه ، بعد هذا الحد ، تتوقف قوانين الفيزياء عن صلاحيتها .وإليك واحدًا آخر: طول بلانك = 10^{-33} سم .يشير هذا الطول إلى الحدود بين عالمنا والمجال الكمومي ؛ في مثل هذه المقاييس الصغيرة ، يصبح الفضاء نوعًا من الفقاعة الكمومية حيث يمكن للجسيمات الافتراضية أن تنبثق من فراغ فقط لتتفكك على الفور . وهو عالم غير محدد كما رأينا ، إذ إن العالم الكمومي يفلت من كل محاولاتنا لتحديده في منطقة محددة من الفضاء: عندما نحاول قياس موضع الجسيم بدقة كبيرة ، فإن المعلومات المتعلقة بسرعته تغدو غير مؤكدة .وعلى العكس من ذلك ، عندما يريد المرء معرفة سرعته بدقة متزايدة ، يصبح موقعه غامضًا ... هناك حد لا يمكن التغلب عليه للمعرفة التي يمكن الحصول عليها من معلومات النظام ؛ يُعرف هذا الحد بمبدأ عدم اليقين لهيزنبيرغ Le principe d'incertitude d'Heisenberg .مبدأ عدم اليقين يلخص بهذه المعادلة $\Delta p . \Delta q \geq h / (2 \Pi)$ حيث p= قياس الحركة = qقياس الموضع و h= ثابت بلانك. يشير هذا المبدأ ، الذي ذكره الفيزيائي الألماني كارل فيرنر هايزنبرغ في عام 1927 ، إلى حدود دقة القياس التي يمكن الحصول عليها بناءً على معلومات نظام معين .لكن يجدر الانتباه إلى أن عدم الدقة هذا ليس بسبب النقص في أجهزة القياس ، إنه حقيقة جوهرية في العالم ما دون الذري. من الواضح أن مبدأ اللادقة أو عدم اليقين هذا لا ينطبق في عالمنا. على سبيل المثال ، من الممكن معرفة سرعة السيارة وموضعها في نفس الوقت وبدقة كبيرة .في معادلتنا ، المتغير p هو مقياس للزخم quantité de mouvement، والذي يرقى إلى ضرب السرعة في الكتلة ، لذا p = v.m السيد . استبدل هذا المصطلح في معادلتنا ، تصبح الصيغة $\Delta p . \Delta q \geq h / (2 \Pi.m)$ بالنسبة للأجسام ذات

الكتلة الكبيرة ، ستكون المعادلة قادرة على إعطاء دقة كبيرة للسرعة والموضع ، في وقت واحد .لكن على المستوى الكمومي ، تمتلك الجسيمات كتلة منخفضة جدًا ، وهذا هو السبب في أن دقة القياسات تتناقص بمجرد أن نصل إلى المقياس الذري وما دون الذري. كيف تصف طاقة الفراغ فكرة الفراغ؟ الجواب ليس سهلاً جدًا ... إنه غياب المادة والطاقة ، هذا كل شيء! إذا أخذت جرسًا زجاجيًا وأنتجت فراغًا كبيرًا فيه ، فمن السهل أن ترى أن المساحة التي يشغلها الجرس خالية من كل شيء: فحتى الهواء غائب فيه ومع ذلك ... على المستوى الذري ، فإن ما يسمى بـ "الفراغ" يختلف تمامًا عما اعتدنا عليه: في الواقع وببساطة، لا يوجد فراغ .إنه siège مقر للحث والتحريض الدائم حيث تولد الجسيمات و الجسيمات المضادة anti- particules et particules وتتفكك في فترة زمنية قصيرة للغاية .في بيانه الثاني ، يترجم هيزنبيرغ Heisenberg هذه الحالة من خلال معادلة مبدأ عدم اليقين الثاني $\Delta E . \Delta T \geq h / (2 \Pi)$ ماذا تخبرنا هذه المعادلة؟ بكل بساطة ، تتناسب طاقة الجسم عكسيا مع مدة القياس .بعبارة أخرى ، إذا أجرينا قياسًا على نظام ، خلال فترة زمنية قصيرة للغاية ، فإن الفراغ تسكنه طاقة وهذه الطاقة تكون أكبر لأن وقت القياس قصير .هذه الظاهرة تسمى تذبذب الفراغ fluctuation du vide. وبالتالي ، فإن الفراغ يسكنه طاقة يمكنها أن تأخذ أبعادًا ضخمة على نطاقات زمنية قصيرة جدًا .هل سنتمكن يومًا ما من استخدام هذه الطاقة جزئيًا أو كليًا؟ تم إجراء بحث بالفعل في هذا الاتجاه: سمحت تجربة تسمى تأثير كازيميرeffet Casimir باكتشاف التقاء لوحين معدنيين يفصل بينهما مساحة صغيرة جدًا .نظرًا لأن الألواح تكاد تلامس بعضها البعض ، فإن الضغط الذي يمارس على الوجوه الخارجية كان أكبر من الضغط الذي يحدث بين الصفائح .بالطبع ما زلنا بعيدين عن إنتاج الطاقة من هذه العملية ، ولكن من يدري ، قد ننجح يومًا ما ... في الصفحات القليلة التالية ، سنحاول الآن أن نفهم بشكل أفضل ما ينتج الانتقال بين عالمنا والكون الكمومي .في الطريق إلى فك الترابط في العالم الذري يفلت من منطقنا ، إنها حقيقة ... لكن لماذا ؟، إذن ، هل لإن العالم المجهري الذي نتطور فيه يبدو منظمًا هكذا؟ ألا ينبغي أيضًا أن يكون غير محدد ، في منتصف المسافة بين الموجة والجسيم؟ بالطبع ، ليس كذلك ، وليس من الصعب الاقتناع به: مكتبي صلب ، وإذا وضعت كأسي الزجاجي عليه فلن يمر! كل المواد بمقياسنا تقع في مكان ما ، لا علاقة لها بالشذوذ الذي يحكم المجال الكمومي .وهذا الاختلاف في المقياس هو بالضبط ما يمنعني من المرور عبر كرسيي وأنا أكتب هذه السطور !... على المستوى الذري ، تعمل الجسيمات بمفردها ، ولديها تفاعل ضئيل أو معدوم مع البيئة ، ويمكننا القول إنها "متسقة" مع العالم الكمومي .يتكون عالمنا من بلايين من الجسيمات الأولية. وكلما زاد عدد الجسيمات ، زاد تواتر التفاعلات بينها بالطبع. هذه التفاعلات تكسر بطريقة ما تناظر العالم الكمومي: يحدث ما يسمى بـ "فك الترابطdécohérence " .لذلك فإن كسر التناظر هذا هو الذي يتسبب في الانتقال بين العالم المجهري وعالمنا المريح من الصلابة ... والديمومة. يقوم النظام بفك الترابط بسرعة أكبر وفقًا لعدد الذرات التي يتكون منها ، وهذا هو السبب في أن هذه الظاهرة على نطاقنا الواقعي لا يمكن ملاحظتها ، ولا يمكننا على سبيل المثال رؤية كائن سيكون في منتصف الطريق بين التماسك وفك الترابط .هل الكموم أو الكوانتوم علم يمر بمرحلة انتقالية؟ على الرغم من أن ظاهرة فك الترابط تشير إلينا بالحدود بين العالمين ، إلا أنها لا تقدم أي إجابة مرضية للأسئلة العديدة التالية. نحتاج إلى المنطق والعقلانية لإيجاد بنية المادة. فكيف إذن نرسي أساسًا متينًا لعالم يبدو غامضًا؟ عندما يهرب منا جوهر المادة باستمرار مثل سراب أثيري غامض ، فمن السهل الانغماس في اللاعقلانية أو العلوم الزائفة ، الأمر الذي يأخذنا في النهاية بعيدًا عن الحقيقة .من المنطقي أن نعترف بأنه ليس لدينا حتى الآن جميع البيانات المتعلقة بالمشكلة ، ولدينا أدوات جيدة مع نظرية الكموم ، وقد تم التحقق من دقتها بنجاح عدة مرات. لكنها لا تشرح

سبب الأشياء ... إنها توضح فقط كيف تبدو الأشياء إذا كان عالمنا يبدو حقيقيًا جدًا ، فهو مجرد مسألة حجم. دعونا نحول ذرة إلى حجم منزل وتكون نواتها بحجم رأس الدبوس! لذلك فهي تتكون بالكامل تقريبًا من الفراغ ، بالإضافة إلى الفراغ غير الموضعي. إن فهم العالم سيأتي بلا شك من مفهوم جديد سيجمع الأمواج والجسيمات تحت نفس الراية . ماهو الغرض من ميكانيكا الكموم ؟ ميكانيكا الكموم هي النظرية الأساسية لجسيمات المادة التي تشكل كائنات الكون والقوى التي تحرك هذه الأشياء .. وكما أن ميكانيكا الكموم موجودة لشرح عالمنا، فهي موجودة أيضاً لشرح سبب استقرار الذرات والجزيئات ، وكيف يمكن أن ينبعث منها الضوء وكيف يمكنها أن تمتصه ، ولكن أيضًا كيف يتحد في التفاعلات الكيميائية. تشرح ميكانيكا الكموم لماذا وكيف تشرق الشمس ، وأصل نوى الكربون في أجسامنا وتسمح لنا بمعرفة تكوين النجوم في المجرات . وهناك مجالات أخرى لميكانيكا الكموم إنها في قلب التكنولوجيا الحديثة وتكنولوجيا المستقبل بسبب تشغيل الليزر والمكونات الإلكترونية لأجهزة الكمبيوتر لدينا. النظرية رياضياتية للغاية وتعطي وصفًا محددًا للجسيمات ، والتي بطريقة ما هي أيضًا موجات ويمكن العثور عليها في وقت واحد في مكانين في نفس الوقت ، أو تتخطى العوائق التي قد يعتقد المرء أنها غير سالكة مثل (تأثير النفق effet tunnel) .

ميكانيكا الكموم، الأسس والتطبيقات:

العلاقة الفاضلة (ولكن العاصفة أحيانًا) بين الرياضيات والفيزياء مليئة بالمفاجآت. وهكذا ، فإن بعض الأشياء الرياضياتية ، التي تعتبر في البداية مجرد فضول curiosités ، ينتهي بها الأمر بلعب دور في تفسير الظواهر الفيزيائية. يعود العالم كلود أصلانغول Claud Aslangul إلى تاريخ ميكانيكا الكموم ويتعامل مع المشكلات العملية في كتابه "الرياضيات من أجل العلوم"Des mathématiques pour les sciences ، الذي نشرته منشورات دي بويكيDe Boeck يقول أصلانغول إن المؤلفات والكتب التي كرستها لنظرية الكموم هي امتداد مطور للدورات المقدمة في معاهد ENS و .UPMC إنها تهدف إلى تقديم أسس وتطبيقات نظرية كتب عنها روجر بنروز بجدارة بأنها الأكثر دقة والأكثر غموضًا من بين كل النظريات الفيزيائية. نرى هنا اثنتين من أشهر المعادلات التي تحكم عالم الكموم. هذه معادلة شرودنجر l'équation de Schrödinger $(ih/2\pi)\, d\,|\Psi>/dt = \mathbf{H}|\Psi>$ ، المشهورة في ميكانيكا الكم ، مع أقل بقليل من متباينات هايزنبرغ. والجدير ذكره أنه تم إنشاء معادلة شرودنغر في شكلها البدائي في عام 1926 من قبل إروين شرودنغرErwin Schrödinger وعممها بول ديراكPaul Dirac بعد بضع سنوات. في البداية ، تناولت أفكار عالم الرياضيات هاملتونHamilton وفيليكس كلاين Félix Klein لتوسيع نظرية دي بروجلي De Broglie لموجات المادة.

وبسبب غموضها للغاية وشذوذها الكبير ، لدرجة أنه بدا لي أنه من الضروري شرح نشأتها ، التي لم تكن خالية من الأخطاء ، عندما كان أعظم عقول القرن العشرين هم الآباء المؤسسون لها. التكوين الذي يتم إرساله في كثير من الأحيان ، حتى في الكلاسيكيات العظيمة ، في بضع صفحات قبل أن يبدأ العرض الرسمي ، تقنيًا حتمًا ، لأن هذه النظرية ، بطبيعتها ، لا يمكن أن تكتفي بالرياضيات التي تم تعلمها في الكلية ، بغض النظر عما يقوله البعض من أنه يجب أن ننصح قبل كل شيء بقراءة مقال نهائي بقلم Wigner (Eugene Paul Wigner، الفعالية غير المعقولة للرياضيات في العلوم الطبيعية ، الاتصالات في الرياضيات البحتة

والتطبيقية ، 1960). The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences, Communications in Pure and Applied Mathematics, 1960).

شذوذ أو غرابة وحكمة الجسيمات Les bizarreries et la sagesse des particules :

أحد أشهر شذوذ وغرابة الكموم هو تأثير النفق l'effet tunnel . يعلم الجميع أن الكرة التي تُلقى على الحائط ترتد ذهابًا وإيابًا. قم بالتجربة باستخدام إلكترون (بالجدار الأيمن) ، ويا للدهشة ، هناك احتمال معين لإيجاد الإلكترون على الجانب الآخر من الجدار ، وينطبق الشيء نفسه على أشياء أكثر أكبر بكثير مثل : نيوكليونات ، ذرات ، جزيئات nucléons, atomes, molécules, إلخ .كان الفيزيائي جورج غامو George Gamow أول من أدرك أن موجات المادة الكمومية يمكن أن تمر عبر حواجز الطاقة التي تحظر تقليديًا التفاعلات النووية والكيميائية. وهكذا اكتشف تأثير النفق .إنها ليست مزحة بقدر كونها تتيح لنا فهم أصل النشاط الإشعاعي ، وتشغيل ليزر الأمونيا وتصميم وإنتاج مجاهر أو ميكروسكوبات باستخدام هذا التأثير لرؤية سطح المواد الصلبة كما لم يحدث من قبل أو على حد تعبير كلود أصلانغول تأثير النفق ، أو كيفية الوصول إلى الجانب الآخر من الجبل دون الحاجة لتسلقه. هاك شذوذ آخر لايقل غرابة: خذ قطيعًا من غنم فيركور Vercors الذي يتجه نحو حافة الجرف falaise ببطء. ماذا تفعل الخراف؟ انهم جميعا يسقطون إلى الهاوية. الآن خذ شعاعًا من جزيئات الطاقة الصغيرة ووجهها إلى منحدر مجهري ؛ ماذا يجري ؟ معظم الجسيمات تستدير! من المؤكد أن الأشياء الصغيرة التي تتكون منها المادة (والإشعاع)، والأصغر منها، تتصرف على نحو يخالف الحدس، لكن لا يمكننا إنكار تمتعها بحكمة رائعة حقًا .يقع الجسيم الكلاسيكي في الهاوية (على اليسار) ، والجسيم الكمومي ، الذي يكره الفراغ ، يستدير (على اليمين). كلود أصلانجول لن يتوقف أبدًا عن الاستشهاد بأمثلة حيث تتصرف الأشياء الصغيرة (وكذلك الصغيرة جدًا) بطريقة تتعارض مع الحدس ، والتي تقدم نظرية الكموم إجابة لها. ومن الأمثلة الشهيرة على الموصلية الفائقة (الحديد الذي لا يسخن) ، والذي يعتمد فهمه على وجود أزواج كوبر paires de Cooper .من اليسار إلى اليمين ، ولكن بحق الشيطان كيف يمكن أن يتحد إلكترونان ، وفقًا لكولوم Coulomb، وهما يتنافران بعنف ، ليشكلان كيانًا يتغير جذريًا في الطبيعة مقارنة بمكوناته ويكون قادرًا ، بمعنى ما ، على الانتشار في المعدن دون أن يعترضه أي شيء ، لدرجة أنه بمجرد إنشاء التيار ، فإنه يستمر لسنوات طويلة على أقل تقدير؟ لقد أوضح لنا هايزنبرغ وشرودنغر Heisenberg Schrödinger et (وباردين Bardeen وكوبر Cooper وشريفر Schrieffer من بعدهم) كيف ولماذا يمكن أن تكون هذه المعجزة ممكنة.

تعقيد الدالة الموجية La complexité de la fonction d'onde :

مما لا شك فيه أن الدالة الموجية Ψ لشرودنغر قد ألقت حجرًا في بركة واقع الفيزيائيين. لا يكمن تعقيدها فقط في معناها الغريب وما يسمح بالتنبؤ بها من خلال الحساب ، ولكن أيضًا وقبل كل شيء في حقيقة أنها دالة ذات قيم معقدة .إذا لم يكن علماء الرياضيات قد اخترعوا بالفعل الأعداد المركبة ، لكان على الفيزيائيين تعريفها قبل أن يتمكنوا من التفكير في بناء نظرية الكموم ، بينما يتعمقون في نظرية المجموعات théorie des groupes التي ، هي أيضًا ، كانت ستواجه مشكلة بدون التعقيدات les complexes .تتضح الطبيعة التي لا مفر منها لتعقيد Ψ من الرؤية البسيطة للمعادلات الأساسية حيث تتربع على العرش الصيغة (i2 = i) (1- دون خوف من عدم فكها ، سواء كان ذلك من قبل شرودينغر Schrödinger أوهيزنبيرغ

Heisenbergوبورن Born و Jordan جوردان. يتم قياس هذه الصيغة الرياضياتية أيضًا بغباء شديد من خلال رسم الأجزاء الحقيقية والخيالية لـ Ψ ومعامله المربع في حالة بسيطة. نرى كيف أن الأولين ، متفاوتين بالسرعة الكاملة ، يدمجان (!) لإعادة تكوين نتوء احتمالي ، والذي ، بالطبع ، ليس الصورة الساذجة التي لدينا عن الجسيم ، ولكنه يبدأ كل شيء على نحو مشابه. يحدث ، حقاً ، أن الدالة الموجية لها قيم حقيقية ، لكن هذه حالات خاصة جدًا لا ينبغي تضليلها. فبدون التعقيدات ، لا سعة للاحتمال pas d'amplitude de probabilité ، لا تدخل pas d'interférences، لا علاقات عدم يقين pas de relations incertitude d'باختصار ، لا شيء أكثر مما يشكل جوهر نظرية الكموم .هذا بلا شك يزعزع العادات ، ولكن كما قال سوفوس لي Sophus Lie ، "إذا كانت الحياة معقدة ، فذلك لأن لها جَزءا حقيقيًا واقعياً وجزءًا خياليًا ."

لا الموقع ولا السرعة:

عدم احتمالية invraisemblance أخرى لنظرية الكموم la théorie quantique هو نفي وجود مسار للجسيم (تجربة شقوق يونغ موجودة هناك للاقتناع بهذا): الجسيم لا يتحرك في الفضاء كما يبدو أن الفطرة السليمة تفرضه ، أي باتباع خط معين في الفضاء بمرور الوقت .اثنان من الآباء المؤسسين لنظرية الكموم وتفسيرها الفيزيائي ، فيرنر هيزنبرغ ونيلز بور كانا مدركين تمامًا لحقيقة أنه لا يمكن للمرء أن ينسب إلى كمات المادة ويضيء مسارًا في المكان والزمان بالمعنى الكلاسيكي © .في الواقع ، لبناء هذا ، من الضروري تحديد نقطة بدقة تامة وفي نفس الوقت (التي تعطي الموقع) وفي هذه النقطة ظل (الذي يعطي السرعة) ؛ لقد علمنا Heisenberg هيزنبيرغ، من خلال ما يسمى بمعادلات عدم اليقين اللامعة ، أنه بالنسبة لجسيم صغير جدًا ، فإن هذا مجرد وهم حيث لا يوجد مسار ، كما يقال ، ومع ذلك ، بالنسبة لجسم دون مجهري ،فإننا نرى المسار. وإلى جانب ذلك ، نراه أيضًا عندما يمر جسيم مشحون عبر غرفة ويلسون chambre de Wilson. في الواقع ، في الحالة الأخيرة ، نعتقد أننا نراه ، لكن في الواقع ، إنه مجرد أثر مكون من قطرات صغيرة مكثفة ، حجمها بقياس الميكرون micron؛ على الرغم من صغر حجمها (بالنسبة للعين) ، فهي عملاقة مقارنة بالحجم (المفترض) للجسيم الذي "رأيناه" يتجول. إذا كان بروتونًا متجولًا ، نصف قطره أقل من جزء من المليون من المليار من المتر ، فإن الانخفاض الذي أحدثه في مكان ما أكبر بمليار مرة. إن القول بأن هذا الأثر المرئي للعين المجردة هو مسار الجسيم ليس له معنى يذكر ، بالنسبة لسدادة الفلين التي تنجرف على نهر السين ، فإن مسار الفلين هو قاع نهر السين (والذي ، مع ذلك ، ليس بعرض مليار سم.

يقال لا يوجد مسار ، ومع ذلك فهو موجود بالنسبة لرمي كرة في الهواء. إذن ، كيف ننتقل من الوضع الكمومي إلى الوضع "العادي" (الكلاسيكي)؟ من الناحية التخطيطية Schématiquement ، عندما يكبر الجسيم الكمومي على الأقل بالفكر (بتفكيرنا) ، هل يتوقف عن كونه هذا الشبح غير المنتظم الموجود في كل مكان ولا مكان يتراجع فيه بلطف؟ لحظة بعد لحظة على خط متواصل يتطور في الفضاء؟ ليس لهذا السؤال إجابة كاملة ومفصلة حتى الآن ، لكن فاينمان Feynman صاغ مفتاح الفتح دون إجبار الباب على فهم هذا الانتقال الغامض الذي لا جدال فيه ، وذلك بفضل الشكليات التي اخترعها ، وبالتالي وضع الأسس الكمومي للضوء الشفاف .كان ريتشارد فاينمان فيزيائيًا ومعلمًا لامعًا. من خلال إعادة صياغة نظرية الكموم باستخدام مسارها المتكامل ، أحدث ثورة في نظرية الكموم للحقول والجسيمات الأولية. نحن مدينون له بأفكار رؤية

حول تكنولوجيا النانو وأجهزة الكمبيوتر الكمومية. أعتبر المعهد الأمريكي للفيزياء هذه الشكليات تقنية للغاية بحيث لا يمكن تلخيصها فقط ، ولكن من الممكن الحصول على فكرة عنها من خلال صورة لا تخلو من المخاطر. يجب أن نتخيل التطور المكاني لجسم صغير ليس كرحلة على طول خط ، ولكن كرحلة لاستكشاف الجزء الداخلي الكامل لأنبوب الزمكان حيث يمكننا العثور على هذا الجسيم: البعد العرضي للأنبوب يثير غموض الموقف ، وبما أننا لا نستطيع تفضيل نقطة نظرًا لوجود عدد كبير من الخطوط في الأنبوب كما نريد ، فلا شك أيضًا في تثبيت الظل (مماس لأي مكان آخر؟). يحتوي هذا الأنبوب على عدد لا نهائي من المسارات التي تربط أحد طرفيه بالآخر ، وإذا كنا مهتمين به حقًا ، فيمكننا القول إن الجسيم يأخذ كل هذه "المسارات" في نفس الوقت ، وكلها تشارك في تطور مكان واحد إلى آخر بين لحظتين، الأمر ليس بسيطًا ، لكنه كذلك أسوأ من المسار البراوني حيث ، إذا لم تكن هناك سرعة حتى الآن (المسار لا يمكن تمييزه في أي مكان) ، فعلى الأقل هناك موقع ، لم نفقد كل شيء .ماذا يحدث عندما يكبر الجسم ويكبر ويتحول تدريجيًا إلى كرة صغيرة يمكنك حملها في راحة يدك؟ الجواب بسيط: يتناقص البعد العرضي للأنبوب بلا توقف ، وعندما يمر المرء إلى الحد التقليدي ، يصبح خطاً - وهذا واضح - ، لكن المعجزة هي أن هذا الخط ، تم الحصول عليه بالمرور إلى الحد ضمن الشكلية الكمومية ، ليس سوى المسار الذي تصوره غاليليو Galilée ونيوتن Newton ولاغرانج Lagrange وهاملتونHamilton ! شكرا ، للسيد فاينمانFeynman . .

عامل الإلكترون غير الطبيعي أو دقة الشيطان:

للإلكترون لحظة مغناطيسية (وهو ليس الوحيد) ، ظل أصلها غامضًا للغاية لفترة طويلة ، ولكن ثبت أنه مرتبط بعزم زاويmoment cinétique معين (الدوران) **(**le spin**)**، وهو أمر غير ضروري قبل كل شيء علينا أن ألا نتخيله على أنه دوران للإلكترون على نفسه (وهو ما اعتقده المرء للحظة قصيرة) - إلى جانب أن النقطة التي تنقلب وتدور على نفسها ، أمر سخيف .هذه العلاقة بين الزخم الزاوي والعزم المغناطيسي هي علاقة عالمية وهي بالفعل في قلب النظريات الكلاسيكية للمغناطيسية - إلى الحد الذي يُسمح لها بالبقاء منتصبة (ليس هذا هو الحال: مرة أخرى ، بدون الإطار الكمومي ، لا توجد مغناطيسية). المشكلة الصغيرة هي أنه ، بالنسبة للإلكترون ، هناك اختلاف عددي طفيف: في الوحدات الصحيحة ، بدلاً من إيجاد أن رقمًا معينًا (دعنا نسميها (ge يساوي 1 ، بدأنا بملاحظة 2 ، وهي تفاصيل تمت تسويتها بسرعة بواسطة توماسThomas (مقدمة توماس précession de Thomas) ، ثم ديراكDirac في نظريته النسبية لعام 1928.

هناك ثلاث علماء حصلوا على ثلاث جوائز نوبل في الفيزياء عام 1965. أتاح عملهم للديناميكا الكهربائية الكمية النسبية لديراك l'électrodynamique quantique relativiste de Dirac ، وهم فيرمي Fermi ، وهيزنبرغ Heisenberg ، وباولي Pauli تحرير نفسها من الصعوبات التي كانت غارقة فيها ، وأن تصبح النظرية الفيزيائية الأكثر دقة المعروفة من قبل البشرية, في الواقع ، أظهرت القياسات الأكثر دقة في وقت لاحق أنه لم يكن 2 بالضبط ، ولكن أكثر قليلاً. نظرًا لأنه لا يوجد شك حول 2 ، فقد اعتدنا على قياس هذا الاختلاف بالكمية2 / (ge-2) = ae ، وهو بالتالي رقم قريب من الصفر ، ولكن ليس صفرًا. يعتمد تفسير هذا الاختلاف على الديناميكا الكهربية الكمومية l'électrodynamique quantique، وهي نظرية تحدد كمومية المادة والإشعاع على قدم المساواة - وهو ما لم يفعله ديراك - وتجعل من الممكن فهم ظاهرة على أنها

عادية ، ولكنها أساسية ، مثل الانبعاث التلقائي للذرة . .ماذا تقول قياسات الشذوذ a_e ، التي حققت دقة غير عادية؟ يعطون القيمة 0.0011596521811. الآن ما الذي تجده مع حساب بالرأس يقوم به المرء ، من المستحيل القيام به بدون آلة؟ توفر مقالة حديثة إلى حد ما القيمة 0.00115965218279. وهي نتيجة متقاربة فهل يجب أن نضيف أي شيء؟

تأثير موسباورL'effet Mössbauer أو المدفع عديم الارتدادou le canon sans recul :

لقد تعلمنا جميعًا ، من خلال التجربة اليومية أو من خلال المعرفة الأكاديمية للحفاظ على الدفع conservation de l'impulsion (الزخم أو كمية الحركة quantité de mouvement) ، أنه عندما ننتقل من أحد طرفي القارب إلى الطرف الآخر على البحيرة ، يتحرك القارب في الاتجاه المعاكس ، ما هي المفردات المعتادة التي يعين من خلالها تأثير الارتدادeffet de recul . عند القيام بذلك ، نمنح القارب سرعة معينة ، وبالتالي القليل من الطاقة (الحركية .(اكتشف رودولف موسباورRudolf Mössbauer في عام 1957 (في أطروحته) أنه أمر يتعلق الأمر بعالم اللامتناهي في الصغر (كما نقول) ، ولكن ليس هذا هو الحال دائمًا: هناك ظواهر يبدو أن نقل الطاقة خلالها يحدث بدون نكص أو ارتداد. هل سيتم انتهاك قانون الحفاظ على الزخم؟ لا ، لحسن الحظ ، ولكن بمجرد التأكيد على هذه النقطة ، يبقى السؤال: كيف يكون هذا ممكنًا؟ اكتشف رودولف موسباور ، الحائز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1961 ، التأثير المسمى باسمه والذي استخدم لاختبار نظرية النسبية العامة. وكان معلما عظيما.

تكمن الإجابة في هذا التقدير الكمومي أو التكميم الشيطاني للطاقة ، الذي اخترعه بلانك في عام 1900 في ما قدّمه على أنه "فعل يأس" لإنقاذ الفيزياء بأي ثمن ، وهو أيضًا مسؤول عن انخفاض درجة الحرارة المنخفضة في السعة الحرارية la capacité calorifique لبعض المواد الصلبة ، في حين يؤكد القانون الكلاسيكي لـ Dulong et Petit (1819دولانج و بتي أنه ثابت ، ولآلاف الآثار الأخرى التي لا يمكن إلا لنظرية الكموم أن تقدم تفسيرًا لها. النقطة الحاسمة هي أنه إذا كان النظام على استعداد لتلقي القليل من الطاقة بشرط أن يكون على الأقل بواسطة كمومية غير قابلة للكسر un quantum insécable ، وإذا كان بإمكانك فقط إعطائه جزءًا صغيرًا من هذا الكم ، فإنه لا يريده. كل شيء ، لأنه لا يستطيع أن يأخذه وطاقته تبقى ثابتة: و بدون وجود نقل للطاقة ، لا يوجد تراجع أو ارتداد واضح !.

التشفير الكمومي La cryptographie quantique :

يمكن القول إن هذا هو أحد أكثر التطبيقات التي لا يمكن تصورها بالنسبة إلى هيزنبيرغ Heisenberg وشرودينغر Schrödinger ، اللذين كان الهدف من بناء نظرية جديدة عندهما هو فهم آلية الضوء المنبعث من الذرات ، ولماذا التوصيل الكهربائي ، كما يعرفه المرء الآن ، أسس استقرار المادة في جميع المقاييس التي يمكن ملاحظتها اليوم ، وجميع الأسئلة التي قدمت الفيزياء الكلاسيكية إجابات عليها تتعارض مع التجربة ، عندما كانت قادرة فقط على صياغة واحدة. ولكن ما علاقة التشفير ، فن نقل المعلومات بسرية ، بحقيقة أن ثابت بلانك صغير ، لكن ليس صفرًا؟ هناك علاقة. !في البداية ، كانت هذه تكهنات للمنظرين ، ولا شك أنها كانت تعتبر في ذلك الوقت انعكاسات منطقية تمامًا ، ولكنها لا ينبغي أن تتخطى حدود عقولهم ، باستثناء إصدار منشور في مقال ، على الأقل ليس تلك الخاصة بـ `` المختبر - نحن يمكن أن نقول الشيء نفسه أيضًا

عن تأثير زينو الكمومي (l'effet Zénon (quantique)). الحسابات التخمينية في البداية عند الانطلاق، والإدراك أو الإنجاز العملي عند الوصول: نجد منشورات إعلانية من المصرفيين (نكتشف بدون مفاجأة أنهم سويسريون) تمجد السرية المطلقة لتبادل المعلومات بين وكالتين تقعان على ضفتي البحيرة المتقابلان. ليمان من خلال استخدام التشفير الكمومي. وسواء كان ذلك صحيح ، أو كذب ، يجب ألا نشكك دائمًا في الإعلانات .

.

يعد تشارلز بينيت Charles Bennett من أوائل الفيزيائيين الذين فهموا كيفية عمل التشفير والنقل الآني الكمومي la téléportation quantique . إن بروتوكولات التشفير التي تم تطويرها ، والتي كان يمكن لقيصر روما الرغبة بلا شك في الاستفادة منها لتبادل أسراره مع كليوباترا ، دقيقة للغاية ولا يمكن وصفها ببضع كلمات ، ولكنها تستند جميعها إلى فكرة أساسية: عندما نلاحظ نظامًا كموميًا بالترتيب لنرى كيف تبدو (بشكل أكثر تقنيًا ، ما هي حالتها) ، فنحن بالضرورة نتعامل معها ويمكننا القيام بذلك بألين طريقة ممكنة ، سيكون هناك دائمًا شيء متبقي. عندما يهتم الجاسوس بنواقل المعلومات بين شخصين ، فإنه يغيرها حتمًا ونهائيًا ، ثم يحمل هؤلاء أثرًا لعمله الضار ، أو غير المرغوب فيه على أي حال. ولا يمكنه أن يقتصر على تصويرها أو نسخها - هذا ما تقوله نظرية عدم الاستنساخ الكموميnon-clonage quantique : سيتم تمييز الأصل ببصمة لا تمحى والتي ، مرة أخرى ، ستكشف أن الرسالة المرسلة كانت إذا لم يتم اعتراضها ، على الأقل "تم الاستماع إليها" لا يمكن تصوير ميكروفيلم للرمز السري دون أدنى ضرر فهذا مستحيل؛ فمجرد تصوير دوران عابر، سبين un spin أمر مستحيل ، حتى بدون فلاش. وبالتالي على الجواسيس أن يقلقوا.

8

وظائف أو دوال غريبة جدا:

كل شخص لديه على الأقل تصور حدسي لما نسميه الوظيفة أو الدالة(العددية): نقدم لأنفسنا سلسلة من القواعد - وصفة - تسمح بتصنيع رقم ثان ، X، من أول x. يمكن أن تكون x عددًا صحيحًا ، أو حقيقيًا ، أو معقدًا أو مركباً، أو رباعي ، ومن حيث المبدأ كل شيء ممكن ، ولا شيء ممنوع ؛ في الوصفة ، يمكن تربيع xوإضافة 3 إليها ، والحصول على$X = x^2 + 3$ من الناحية الفنية ، نشير إلى $x \to X = f(x)$, f ، f للدالة على الوصفة .بعد القيام بذلك ، يتبادر إلى الذهن سؤال على الفور. من المؤكد أنه عندما تتغير x ، فإن -- X وبالتالي -- $f(x)$ تختلف أيضًا. لذلك ، عندما تتغير x بشكل جيد حول قيمة ثابتةx0 ، بدون "القفز" ، فهل تفعل الدالة f الشيء نفسه؟ نعم نعم ، نقول إن f متصلة عند ,x0 من الناحية الفنية ، يتم التعبير عن هذا من خلال استدعاء عملية التحديد ، يصعب فهمها جيدًا ، ولكنها ذات أهمية كبيرة. حدسيًا ، تعني الاستمرارية أنه عندما نقترب من) x0 من المفترض أن تكون البساطة رقمًا حقيقيًا) ، نجد نفس القيمة لـ f سواء وصلنا إلى x0من الأسفل (بقيم أقل) أو من أعلى (بقيم أعلى .(هناك فكرة أساسية أخرى هي فكرة المشتق ، والتي تحدث بشكل طبيعي عندما نسأل أنفسنا كيف تختلف X سريع ، وليس سريعًا؟) عندما تتغير .x لهذا ، نجعل النسبة بين الزيادة ΔX والزيادة Δx بالقرب من قيمة ثابتة :x0 إذا كانت هذه النسبة لها قيمة كبيرة ، سواء كانت مطلقة أم لا ، فهذا يعني أن الوظيفة أو الدالة تتغير بسرعة ، إذا كانت صغيرة ، تختلف الدالة ببطء. بعد ذلك ،

نفحص ما يحدث عندما تصبح x أصغر وأصغر. بدفع الأشياء إلى أقصى الحدود ، نذهب إلى الحد الأقصى بمعنى عالم الرياضيات ثم أحد شيئين: إما أن الحد موجود - ثم نقول إن الوظيفة قابلة للتفاضل عندx0 ، ونشير إلى قيمة الحد,-- (x0)' f --, أو أنه غير موجود .في الحالات العادية (الدوال "الجيدة") ، يكون المشتق موجودًا باستثناء ربما لبعض قيم x ، ويمكن أيضًا أن يكون "القليل أو البعض" كبيرًا ، أو حتى كبير جدًا مثل عدد الأعداد الصحيحة ؛ كان يعتقد منذ فترة طويلة أن هذه الحالة الأخيرة ، لدالة مستمرة ، كانت أسوأ ما يمكن ، في النهاية يمكن اعتبارها من اختراع الشيطان. في حوالي عام 1870 ، عرض بولزانو وويرستراس ودو بوا ريمونBolzano, Weierstrass et du Bois-Reymond أمثلة على الدوال المستمرة في كل مكان ، ولكن ليس هناك مكان يمكن اشتقاقه من المشتقات ، مما أثار حفيظة تشارلز هيرمايتCharles Hermite " إنني أنآى بنفس و أبتعد بخوف ورعب عن هذا الطاعون المؤسف للوظائف المستمرة التي ليس لها مشتقات" وكذلك سخرية: "، وحيرة بوانكاريهPoincaré:" في الماضي ، عندما تم اختراع دالة جديدة ، كانت في ضوء أو من أجل هدف عملي ما ؛ واليوم ، نبتكرها عمداً لهزيمة عقل آبائنا ، ولن نحصل منها على أي شيء " .أحيانًا يكون أعظم العباقرة مخطئين. بالطبع ، لا يوجد شيء يمكن إلقاء اللوم عليه في خيال بولزانو ورفاقه ، لأن الاكتشافات الرياضياتية العظيمة غالبًا ما تنتج من المقدمات التي تبدو باهظة بالنسبة إلى السكارى béotien ، وأحيانًا تكون وحشية للمبتدئين. وبعد ذلك ، يمكننا أيضًا أن نقول إنه إذا كان يحق لعلماء الرياضيات التفكير فجأة خارج الدروب الممهدة والمسارات المطروقة ، فإن عمليات التشويش الظاهرة لديهم ليست مفيدة في الممارسة ، وأن هذا ليس ما سيعكس المجال المغناطيسي للأرض. أو يخرج التطبيقات المدنية للانصهار النووي من اليوتوبيا اليوم.

قدم جان بيران Jean Perrin ، الحائز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1926 ، أول دليل على وجود الذرات باستخدام صيغة آينشتاين الناتجة عن عمله على الحركة البراونيةle mouvement brownien . لقد ربط بين مسارات الجسيمات التي تؤدي مثل هذه الحركة والوظائف غير القابلة للاشتقاق المكتشفة في القرن التاسع عشر. استغرق الأمر من عبقرية جان بيران حوالي عام 1905 (عام باركته الآلهة) لإدراك أن هذه الوحوش (تقريبًا) موجودة في الطبيعة. دراسة الحركة العشوائية للجسيمات الصغيرة في سائل (حركة براونية) باستخدام مجهر ضوئي بسيط ، يكتب بيران: لا يمكننا أيضًا إصلاح انحراف أو تماس tangente ، حتى بشكل تقريبي ، في أي نقطة من المسار ، وهذه حالة يكون فيها من الطبيعي حقًا التفكير في تلك الوظائف المستمرة بدون المشتقات التي تخيلها علماء الرياضيات ، والتي قد ينظر إليها المرء عن طريق الخطأ كفضول رياضي ، لأن الطبيعة تقترحهم بالإضافة إلى وظائف مشتقة. " .إذن ، الوحوش التي تخيلها بولزانو موجودة في الطبيعة؟ تقريبًا ، لأنه يتدخل هنا في دقة ما يحدث أن (بعض) علماء الرياضيات و (بعض) الفيزيائيين يتصارعون مثل جامعي القمامة. الدقة هي أن عالم الرياضيات يمكن أن يذهب إلى أقصى الحدود بقلم رصاص على ورقته ، لكن الفيزيائي نفسه لا يستطيع أن يفعل ذلك أبدًا ، لأن الطبيعة ، ذات السيادة ، لها قواعدها ومقاييسها التي لا يمكن لأحد التصرف فيها وفقًا لتقديره الخاص. مثلما يتمنى .عندما ترجم بيران حدسه المبهر إلى مصطلحاته ، كان يعلم جيدًا أنه ، بالمعنى الدقيق للكلمة ، لم يكن هذا صحيحًا تمامًا: لتصنيع التماس (وبالتالي المشتق) ، يجب أن نذهب إلى حد الزيادات الصفرية (للموضع و الفاصل الزمني). لكنه ، جان بيران ، المدافع المتحمّس عن الذرّية رغم كل الصعاب ، كان يعلم جيدًا أن هناك بالضرورة مقياسًا للحد الأدنى للطول يكون أقله الفيزيائي أعمى بمعنى أن ما تخبره عيناه أنه أكبر. لا ينبغي استقراء النطاق. إلى

اللامتناهي في الصغر (كما هو الحال في ميكانيكا الكموم؟). يجب على الفيزيائي أن يصدق ما يراه ، بعينيه ، بأجهزته أو من خلال النظريات التي تشرح التجربة ، لا أكثر .هذا المثال يسلط الضوء على ما لا ينبغي اعتباره خطًا فاصلًا بين عالم الرياضيين وعالم الفيزيائيين - مجرد خط فاصل ، ولا يزال ضبابيًا - مع الأخذ في الاعتبار أنه ، أخيرًا ، الصفر واللانهاية من الأول دائمًا لوضع هذا الأخير في منظوره الصحيح ، حيث يتعين على الأخير دائمًا الرجوع إلى المقاييس المادية للمشكلة التي يقومون بتحليلها. بالنسبة لأولئك الذين يجرون التحليل الطيفي الذري ، فإن المسافة بين الأرض والقمر لا نهائية حقًا ، بينما بالنسبة لعالم الكونيات ، فهي "صغيرة للغاية" ؛ لمن يتساءل كيف تتجمع الذرات لتكوين الجزيئات ، فإن النواة الذرية هي نقطة نصف قطرها صفر (وبدون بنية ، مثل أي نقطة جيدة) بينما بالنسبة للخبير في الغلوونات والكواركات ، فإن النواة تشبه المجرة نوعًا ما . تقاس أهمية المقاييس أيضًا فيما يتعلق بالعملية ، وهو أمر عادي بداهة ، على أي حال ابتدائي ، لمحاولة رسم الرسم البياني لدوال بولزانو Bolzano و .Weierstrass ويرستراس ، يميل الفيزيائي إلى القيام بذلك ، لكنه سرعان ما يدرك أنه لا يستطيع (لا هو ولا أي شخص آخر): لتمثيل هذه الدالة بيانياً ، ستحتاج إلى قلم رصاص يرسم خطًا رفيعًا للغاية ، وهو غير موجود. لذلك سيكون قانعًا في البداية برسم شيء مقارب ثم ، باستخدام قلم رصاص أرق بكثير ، يمكنه رسم الرسم على اليمين ؛ يمكنه أن يفعل ذلك من جديد ، لكنه لا يستطيع أن يفعل أفضل بكثير على أي حال ، حتى بقلم رصاص بطرف كوارك. على أي حال ، تعطي الرسومات فكرة جيدة عن الطبيعة الوحشية للأشياء التي يتعامل معها - وعلى وجه الخصوص ثبات حجمها - إنها بالفعل ليست سيئة .تمثيل رسومي لتقريب دالة .Weierstrass يؤدي التكبير / التصغير على الفاصل الزمني ([0 ؛ 0.0001] ، على سبيل المثال) إلى إنتاج رسم بياني له نفس الشكل تقريبًا . سيقول عالم الرياضيات إن الرسم البياني مستحيل رسمه ، وهو محق. لكن هل هو حقا سبب للطلاق؟

لقد تحدثنا للتو عن الدوال ، بالمعنى الأولي. في العقود الأولى من القرن العشرين ، ظهرت الحاجة إلى تعميم هذه الفكرة ؛ وهكذا ولدت نظرية التوزيعات la théorie des distributions ، أو الدوال المعممة ، التي نحن مدينون لها للوران شوارتزLaurent Schwartz وجويلفاند وشيلوف Guelfand et Chilov ، ولكن أحد الرواد (رغماً عنه؟) كان ديراك نفسه ، الفيزيائي الجريء على جميع المستويات ، ولا سيما من قبل مقدمة لدالته التي ، على الرغم من أنها ليست واحدة ، أثارت انتقادات وغضب وحتى السخرية،

بم يتعلق الأمر ؟ على وجه التحديد ، لإعطاء الصرامة المرغوبة للأشياء المتضررة بشكل سيئ على ما يبدو ، والتي يتعامل معها الفيزيائيون بلا خجل ودون تحمل عناء (عار عليهم!) لتحديد أنهم يشيرون ضمنيًا إلى المقاييس الصحيحة وأنهم يشيرون إلى هذه المقاييس ، نسبيًا ، هنا ، جميع العمليات الفنية مبررة فيزيائيًا (أو قابلة للتبرير). بالنسبة لعلماء الرياضيات ، فإنهم غير المستعبدين لمقاييس غير موجودة بالنسبة لهم ، كان من الضروري ترتيبها - وبالطبع فعلوها .كما هو الحال دائمًا ، كانت عملية إعادة التنظيم هذه وفقًا لشرائع الصرامة مثمرة للغاية ، ولم تقتصر على طمأنة علماء الفيزياء (الذين لم يحتاجوا إلى ذلك) أنهم ، بعد كل شيء ، لم يفقدوا عقولهم - بالإضافة إلى النجاح في النظريات التي تم إنشاؤها بوسائل مشبوهة وكانت موجودة لإثبات ذلك. من خلال تطورها ، وسعت نظرية التوزيعات مجال البحث ، وعلى مستوى أكثر واقعية وفي مقابل الأشياء ، سمحت للفيزيائيين بالخروج من الصعوبات التقنية التي لم يعرفوا كيفية التخلص منها .الحائز على ميدالية فيلدز في الرياضيات ، عالم الرياضيات العظيم لوران شوارتزLaurent Schwartz (1915-2002) كان أيضًا مشاركًا للغاية ، وكان عضوًا في محكمة راسل. كانت مهاراته التدريسية أسطورية ، كما

يتضح من دورة التحليل الخاصة به في المدرسة التقنية بوليتكنيك .École Polytechnique كان أحد أعضاء بوربكي لمدرسة البوليتكنيك.

ليس من الممكن أن نقول أكثر من ذلك بكثير بكلمات اللغة المشتركة ، لكن مثالًا أوليًا سيسمح بفهم (ولو قليلاً) ما يدور حوله ، حتى لو كان (بالضرورة) تقنيًا صغيرًا. ضع التكامل التالي :تحت أنف طالب جديد واطلب منه أن يحسبها. إذا كان قد تعلم مساره جيدًا ، فستكون الإجابة فورية: لا داعي لاحتسابه ، لأنه غير موجود. وإذا بدوت متفاجئًا ، فسنشرح لك أن الدالة المراد دمجها تتصرف بشكل سيء للغاية في الأصل (في $x = 0$)، وبالتالي فهي غير قابلة للتكامل. لا شيء للرد عليه ، باستثناء أن نظرية التوزيعات تخبرك بما يجب عليك فعله في مثل هذه الحالة ، ولمرة واحدة ، لا تقتصر على أن تقدم كمكافأة ، بل تمنحك قيمة التكامل valeur de l'intégrale، وهي ... سيخبرك نفس الطالب بعد ذلك أننا في حالة جنون كامل: لا نسمح لأنفسنا فقط بإعطاء قيمة معينة لتكامل غير موجود ولكن هذه القيمة أيضًا سالبة ، في حين أن الدالة المراد دمجها تكون إيجابية في كل مكان .بالطبع ، لا يوجد شيء مجنون في ذلك ، كل شيء صحيح تمامًا. الشيء الوحيد الذي يمكننا القيام به هو مجرد إضافة اقتباسات للمساواة :للإشارة إلى حقيقة أن المساواة يجب أن تُفهم بمعنى عام وأن الجميع على حق في نهاية المطاف. تمامًا كما لم يكن رامانوجانRamanujan مخطئًا في الكتابة :)عدد لا حصر له من الأرقام كلها إيجابية وهي سلبية ، إنه الرعب) ، عبقريته التي سمحت له بحذف الاقتباسات بلا شك بالنسبة له هي غير ضرورية تمامًا ، ولكنها بالتالي تعرضه لانتقادات حادة من هيل Hill – سواء كانت مبررة ، غير مبررة؟ تشكل نشأة وتطورات نظرية التوزيعات مثالًا جديدًا على الإثراء الدائم الذي تجلبه الرياضيات والفيزياء لبعضهما البعض. صرخات ديراك (؟) قادت علماء الرياضيات ، بطبيعتهم المرتبطين بأكبر قدر من الصرامة ، إلى تجاوز انطباعاتهم الأولى (السيئة). وهكذا ، قدمت الترسانة المفاهيمية والتقنية التي تم تشكيلها، أسلحة جديدة وأدوات جديدة للفيزيائيين للتعامل مع المواقف الأخرى التي بدا فيها المأزق ميؤوسًا منه .لم تكن هذه هي المرة الأولى ، سيكون هناك المزيد .تخمين ريمان La conjecture de Riemann :

في عام 1859 ، في مقال عن دراسة الدالة التي تحمل اسمه ، تراجع برنارد ريمان بين سطرين وهو تأكيد اعتبره دليلاً غير ضروري على ما كان يفعله. منذ ذلك الحين ، حاولت أجيال من علماء الرياضيات ، دون جدوى ، إظهار ما يُعرف عمومًا بتخمين ريمان ، دون مزيد من التوضيح ، فالجميع يعرف ما هو. ولكن هل حقاً الجميع يعرف ذلك ؟ لا ، بلا شك ، من المناسب أن نقول أكثر من ذلك بقليل. لاحظ أن الدالة التي درسها ريمان Riemann ، لها مثل أي دالة الحق في أن تكون صفرًا تمامًا لقيم معينة من سعتها -- z نعلم أن هذا هو الحال عندما يكون z عددًا صحيحًا سالبًا بشكل صارم .المعامل (على اليسار) والأجزاء الحقيقية والخيالية (على اليمين) عندما يختلف y من 0 إلى 50. جميع الأصفار المشار إليها لها 2/1 للجزء الحقيقي. و الآخرين ؟ كان من الممكن أن تنتهي القصة عند هذا الحد إذا لم نكن نعرف بالفعل ، بفضل كوشي Cauchy وليوفيل Liouville وعدد قليل من الآخرين ، أن دالة معينة ، تم تحديدها في البداية عندما تكون حجتها عددًا حقيقيًا ، يمكن تعميمها (في ظل ظروف معينة) في حالة حدوث ذلك عندما يكون رقمها معقداً أي عدد مركب nombre complexe وهذا ما يسمى "الإطالة التحليليةprolonger analytiquement ". يمكن القيام بهذا التعميم ، وسأل ريمان نفسه بعد ذلك عما إذا كانت الدالة تتلاشى في مكان آخر من المستوى المعقد أو المركب، باستثناء القيم الزوجية السالبة (تسمى من الأصفار التافهةzéros triviaux). لا نعرف حقًا كيف تم

اكتساب الاقتناع ، دون إعطائنا دليلًا ، على وجود هذه القيم ، وفوق كل شيء ، وقبل كل شيء ، أن هذه الأعداد المركبة الرائعة جميعها لها نفس الجزء الحقيقي ، يساوي 2/1، وبالتالي تقع جميعها على خط رأسي معين من المستوى المركب (ما يسمى بالخط الحرجligne dite critique) - وتم تمريرها إلى ما كان يشغل بالها في ذلك الوقت.

كان جورج فريدريش برنارد ريمان Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866) عالم رياضيات عبقريًا. مساهماته في التحليل والهندسة ونظرية الأعداد أسطورية: من الفراغات المنحنية عديمة الأبعاد أو ذات *n أبعاد* ولغاية الطوبولوجيا ، بما في ذلك التحليل المعقد l'analyse complexe ونظرية التكاملla théorie de l'intégration . وكان قد توقع نظرية النسبية العامة.

كل شيء على الخط الحرج؟ قد يظن المرء أنه سؤال طريف ولكن ما أهميته؟ الأهمية كبيرة ، خاصة لمحاولة كشف لغز (لغز آخر) ، توزيع الأعداد الأوليةla répartition des nombres premiers ، تلك التي لا يمكن تقسيمها إلا على 1 (وهذا بديهي) أو على نفسها. هذا التوزيع غريب جدًا: عندما نبدأ في سرد هذه الأرقام ، نكتشف بسرعة أن لها بنية غريبة جدًا ، بمعنى على سبيل المثال حيث لا يبدو أن الفرق بين عددين أوليين متتاليين يتبع أي قاعدة ، باستثناء الحدس. تميل إلى التعيين على أنها فرصة (بشرط أن تكون قد حددتها مسبقًا دون غموض!). لا يمكن للمرء ، يدويًا ، الذهاب بعيدًا جدًا في مثل هذه القائمة (إنها مملة) ، ولكن يمكن للمرء مع ذلك أن يدرك بسرعة أن المسافة بين الاثنين أولاً اللذان يتبعان بعضهما البعض، لها تباين غير منتظم للغاية، لذلك ، لكشف هذا اللغز ، نشر علماء الرياضيات كنوز الخيال والبراعة لعدة قرون. وهنا يأتي دور دالة ريمان - من خلال العلاقات التي لا يمكن ترجمتها إلى لغة عادية - وأنه إذا كانت تخمين ريمان la conjecture de Riemann صحيحًا ، فسنكون قد فهمنا بشكل أفضل من أين يأتي هذا التوزيع ، الذي يحتفظ حتى اليوم بكل أسراره تقريبًا ، حتى لو تم إحراز بعض التقدم؟ على سبيل المثال ، أظهر هاردي Hardy في عام 1914 أن الخط الحرج الشهير يحتوي على عدد لا نهائي من الأصفار - لكن هذا لا يعني أنها كلها موجودة هناك. يمكن أيضًا قياس أهمية تخمين ريمان من خلال حقيقة أن معهد كلاي الرياضياتي Clay Mathematical Institute جعلها واحدة من مشاكل الألفية السبع ، والتي سيكون لمن يحلها أكثر بقليل من حفنة من الدولارات .

كان غودفري هارولد هاردي Godfrey Harold Hardy(1877-1947) عالم رياضيات بريطانيًا رائدًا في نظرية الأعداد التحليليةthéorie analytique des nombres . يعرفه غير الرياضيين بشكل أفضلمن خلال كتابهA Mathematician's Apology عالم الرياضيات ، ومقاله عام 1940 عن جماليات الرياضيات l'esthétique des mathématiques ، ودوره الإرشادي من عام 1914 مع عالم الرياضيات الهندي العبقري سرينيفاسا رامانوجانSrinivasa Ramanujan . هذا التخمين هو فرصة جديدة للإشارة إلى ما يميز عالم الرياضيات والفيزيائي عندما يستخدمان نفس اللغة، مع ذلك دعونا نوضح هذه النقطة. اليوم ، بفضل أجهزة الكمبيوتر القوية ، ثبت أن 25 مليار صفراً الأقرب إلى المحور الحقيقي كلها على الخط الحرج ؛ وبالتالي ، فإن الفيزيائي الذي يعمل في الوحدات الصحيحة (المقاييس الصحيحة) لن يتلاعب عادةً بهذه الأعداد الكبيرة ، لذلك ، إذا احتاج إليها للتقدم ، فسوف يعترف بأن تخمين ريمان قد تم إثباته وسيحصل على

الدعم أعلاه لبقية الوقت من عمله. من الواضح ، بالنسبة لعالم الرياضيات ، أن الدليل المعني ليس واحدًا: 25 مليارًا ليست لانهائية ، وسيقول بدقة أنه لا يوجد شيء مثبت فمن على حق ؟ الأثنين.

هل الفوضى هي القاعدةLe chaos est-il la règle ?

الفوضى ، بالمعنى المبتذل للمصطلح ، هي كلمة طنانة أو مبتذلة ، وغالبًا ما تستخدم في جميع أنواع الصلصات. بالنسبة للعلماء ، هذا نظام جديد ، لم يكن متوقعا لقرون من الحتمية المنتصرة ، والذي كان بطله في العصر الحديث لابلاسLaplace العظيم .في بداية القرن العشرين ، لم يكتف بوانكاريهPoincaré برفع زاوية الحجاب عن عالم مجهول ، ولكن عمله الرائد والرؤي ظل تقريبًا بدون متابعة حتى بداية الستينيات .في تلك اللحظة بالتحديد ، حدثت نقرة un déclic ، نوع من الزخم ، نقرة حاسمة لتحريك ما لم يكن كذلك. لذلك ، تطلب الأمر خبير أرصاد ملهم ، إدوارد لورنز Edward Lorenz، وجهاز كمبيوتر متطور بديلاً عن النظر بأعيننا اليوم ، حيث يعتقد المرء أنه يرى عربة يجرها ثور. تزدهر الحكايات والتفاصيل حول اكتشاف لورنز ، لكن ما يهم هو ما أعقب ذلك: الصعود المذهل لنظام ما نتيجة لما يعتبره البعض ، عن حق أو خطأ ، صدفة سعيدة في تاريخ العلم ..

بعد أن أصبحت تقريبًا مجالًا في حد ذاته ، فإن الفوضى تنتمي إلى مجال ما يسمى بالظواهر غير الخطية phénomènes dits non linéaires ، تلك التي تتميز بحقيقة أنه ، بشكل تخطيطي للغاية ، إذا كنت تعمل مرتين على نظام ، فلن يكون رد فعله ضعف ذلك .: التأثير لا يتناسب مع السبب. مثال: ضع بلطف قطعة من الرخام الصغيرة على برتقالة. لا يحدث شيء ، حتى اللحظة التي يفقدها فيها القليل من التوازن توازنها ويسقطها. بمعنى آخر: أسباب صغيرة ، تأثيرات كبيرة ، أو حتى "تأثير الفراشةeffet papillon". لاحظ أن العكس ممكن أيضًا: نحن نتصرف كثيرًا ولا يحدث شيء ، الاحتكاك القوي هو الدليل اليومي.

كان عالم الرياضيات والفيزيائي والفيلسوف العبقري هنري بوانكاريه Henri Poincaré (1854-1912) قد توقع نظرية الفوضى، كما ورد في مختبر تاريخ العلوم والفلسفة ، أرشيف هنري بوانكاريه ، المركز الوطني للبحث العلمي ، جامعة لورين.

هي الآن بحد ذاتها فرعاً علمياً، ما يسمى الآن بنظرية الأنظمة الديناميكيةdes systèmes dynamiques هي مثال جديد للتقارب بين الرياضيات والعديد من التخصصات الأخرى ، والفيزياء بالطبع ، ولكن أيضًا علم الفلك ، والجيوفيزياء ، والاقتصاد ، ودراسة السلوكيات الاجتماعية أو الحيوانية (والتي تشبه غالبًا بعضهم البعض)؛ القائمة لا حصر لها. إنها مصدر للعجب والافتتان لأن أبسط النماذج ، التي يمكن أن تظهر معادلاتها الأولية في كتب الكلية ، تؤدي إلى أكثر المظاهر المحيرة. وأشهر هذه التطبيقات هو ما يسمى بالتطبيق اللوجستي l'application dite logistique ، والذي لا يعرفه أحد بالضبط لماذا قرر بيير فرانسوا فيرهولست Pierre-François Verhulst ، في عمله حوالي عام 1840 حول نمو السكان ، تسميته على هذا النحو ، دون أن يتخيل ذلك بعد قرن من الزمان. سيصبح كتاب التكليف لجيش من العلماء الذين لا يؤمنون دائمًا بأعينهم أمام الثروة الرائعة التي يمكن أن تولدها دالة من الدرجة الثانية المثيرة للشفقة. نحن مدينون لفيونبومـ Feigenbaum ، وهو غريب الأطوار في الثلاثين من عمره مر عبر معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT ، جمعت مجموعة متعمقة من الظواهر المذهلة في تعبير رياضياتي شبه تافه ، ونأمل ألا

تختفي من البرامج المقدمة للجميع ، بما في ذلك أولئك الذين لا يحلمون كل ليلة بأن يصبحوا علماء رياضيات أو فيزيائيين .لفتح كتاب حول هذا السؤال هو الانطلاق في رحلة تأخذك إلى حدود الخيال الذي لا يقاوم. من المستحيل وصف آلاف الزوايا والشقوق ، الألف وجه ، ولكن عليك أن تدع نفسك تضيع في أعماق الجاذبين الغريبين ، واكتشاف عواقب الحساسية للظروف الأولية - العواقب الواقعية والمنهجية على حد سواء - وليس يتم خداعهم أمام هدوء مكاني وزماني كبير ، والذي أحيانًا بعد فترة طويلة ، جدًا ، يغرق في العاصفة المتقطعة. افتح مثل هذا الكتاب: إليكم نصيحتي لأي شخص يريد معرفة المزيد حول ما يحكم جميع الظواهر الطبيعية تقريبًا ، من الزلازل وتوقعات الطقس إلى عدم استقرار النظام الشمسي ، والبقعة الحمراء العظيمة لكوكب المشتري ، وربما سوق الأسهم حوادث .إذا عاد لابلاس بيننا ، فلن يصدق عينيه أيضًا ..

ميتشل جاي فيونباوم Mitchell Jay Feigenbaum (1944) عالم فيزياء نظرية أمريكي. كان أحد رواد نظرية الفوضى في السبعينات . ومرة أخرى ، يمكن لهذا التخصص أن يجلب علماء الرياضيات والفيزيائيين وجهاً لوجه ، وبعضهم مرتبط بمفهوم اللامتناهي في الصغر (بالمعنى الدقيق الذي يحددونه به) ، والبعض الآخر مشبع بفكرة أنه يمكننا بالتأكيد قطع الزمان والمكان وهي مهمة، إلى قطع أصغر وأصغر ، ولكن عندما تأتي لحظة تقول فيها الطبيعة الأم "توقف" ، فإننا لا نذهب إلى أبعد من ذلك. السؤال القديم إن لم يكن الشجار الذي يتلخص في البديل: منفصل أم مستمر؟ الأعداد الصحيحة أم الأعداد الحقيقية (لتبسيط الأمر)؟ في الواقع ، اتضح - ولكن يمكننا مضاعفة الأمثلة إلى ما لا نهاية - أن الفوضى وكل الإسراف الذي هو عواقب حتمية للتطبيق اللوجستي لا يمكن أن ينشأ إلا إذا تم التعامل مع الزمن بهذه الطريقة، أي بطريقة سرية (خطوة ، نحن توقف ، نبدأ من جديد وهكذا دواليك ، فإن فكرة الكم غير القابل للتجزئة ليست حصرية بـ بلانك Planck، ولكن ، هناك ، الزمن وليس الطاقة هو ما يتم قياسه كموميا). إذا أخذنا في الاعتبار ، عن غير قصد ، أو لأسباب وجيهة للغاية ، نسخته من الأقرب إليه حيث يتغير الزمن باستمرار (النهج الذي اتبعه فيرهولست (Verhulst، يصبح كل شيء مرة أخرى تفاهة محزنة: فالزمن "المستمر" يزيل كل شيء بشكل لا يمكن إصلاحه ، وهو يزيل كل شيء على الإطلاق ، مما يجعل Feigenbaum مشهور - دون أخذ أي شيء بعيدًا عن .Verhulst لكن بعد ذلك؟ بالنسبة لظاهرة يبدو أنها تأتي في إطار سيناريو يمكن تشكيله على غرار La Verhulst-Feigenbaum، ماذا عن هذه الظاهرة؟ هل يمكن أن تصبح فوضوية أم لا؟ نود أن نعرف ، في الممارسة العملية. مرة أخرى ، لا يمكن أن تكون الإجابة عقائدية ، لكنها عملية: كل هذا يتوقف على السياق . إذا قمنا بتحليل نظام يكون مقياسه الزمني ضخمًا بالنسبة إلى أصغر فترة زمنية يمكن تصورها بشريًا (زمن بلانك ، فقط لإصلاح الأفكار والتأكد من الذات) ، فلن يحدث شيء يعارض (حتى يثبت العكس) لتأكيد ذلك ، بالنسبة لهذا النظام ، يتدفق الزمن بشكل مستمر ، دون هزات ودون الحاجة إلى إدخال ما هو ثابت بلانك للقمر الذي يدور حوله الأرض. على العكس من ذلك ، إذا كان التنظير الصدغي فقط له معنى ، أو من المحتمل أن يتم تصميمه ، فيجب اعتبار المتغير الذي يمثل الزمن كقيم للتسلسل المنفصل ، سلسلة من المرات منفصلة جيدًا عن بعضها البعض. وهناك بالفعل فوضى كامنة ، ولكن أحيانًا على نطاق واسع جدًا فقط يمكن أن تظهر نفسها (الأنظمة المتقطعة موجودة لتشهد على ذلك). بمعنى آخر ، خلال فترة قصيرة من الزمن ، قد يبدو النظام مستقرًا ومنظمًا تمامًا ، وبصراحة غير مضطرب ، ولكن لا يوجد دليل على أن هذا سيستمر حتى نهاية الزمن .الشيطان أو الشر يكمن في التفاصيل كما يقول المثل.

الحوسبة على الآلة: العجائب والخدع:

لقد غزت أجهزة الكمبيوتر حياتنا اليومية ، لإنجاز المهام المتكررة أو "الإدارية" التي ليست علمية على الإطلاق ، ولكن أيضًا لدعم عقول أولئك الذين يقومون بالنمذجة الكمومية modélisation quantitative بشكل أو بآخر .هذه الآلات الرائعة تجعل من الممكن حساب وتصميم كائنات بهذا التعقيد بحيث أنه بدون أجهزة كمبيوتر ، صغيرة أو كبيرة ، لن يرى أي منها ضوء النهار (سواء كان Ariane منصة إطلاق الصواريخ أو.. LHC مصادم الجسميات العملاق أو أجهزة الكمبيوتر العملاقةsupercalculateurs) ، وكذلك و قبل كل شيء للإجابة على الأسئلة الأساسية التي ، لولا هذه الوسائل غير العادية ، كانت ستبقى بلا إجابة .إن الانبهار الذي يشعر به المرء أمام هذه الآلات يجب ألا يجعلنا ننسى أنها ليست سوى "أدوات" لن تحل محل المليارات القليلة من الخلايا العصبية المتصلة جيدًا للأفراد والتي تعمل بكثافة بالتوازي. هذا التذكير هو أقل فائدة لأننا نرى ظهور وتطور اتجاهات مذهلة وضارة ، مثل أولئك الذين يريدون إزالة بعض أساسيات تدريس الرياضيات من أجل السبب (الغبي) الذي يقول أن الآلات اليوم تقوم بعمليات متطروة. هل سيصدقني أي شخص عندما أدعي أنني سمعت اقتراح إزالة تكامل البرنامج لأن أي جهاز كمبيوتر قادر على حساب التكاملات (حسنًا ، بعضها)؟ دعونا نتغاضى عن حقيقة أنه حتى أكثر برامج الجبر الحاسوبية تعقيدًا غالبًا ما تفشل في الإجابة عن الأسئلة التي يتعامل معها الطالب الذي تعلم التحليل المعقد في غضون دقائق. دعونا أيضًا ننقل حقيقة أنه ، في كثير من الأحيان ، يستسلم المرء لإغراء استخدام الرموز التي لا يعرف المرء شيئًا عنها ، ويقذف كطعام إلى الصندوق الأسود فيض من المعلومات التي لا يمكنه هضمها تلقائيًا إلا كما قيل له . للقيام بذلك من أجل الحصول على نتائج أولية ، وبالتالي فإن أي تحليل نقدي مستحيل .هناك شيء أكثر خطورة ، في الأساس ، لأن هذه الآلات ، هي أيضًا ، لا تعرف الصفر ولا اللانهاية. بالضرورة. هل يمكننا أن نطلب من آلة إجراء "عدد لا نهائي" من العمليات في فترة زمنية "محدودة"؟ أن تأخذ في الاعتبار "كل" الكسور العشرية) لـ π التي لا نعرفها) أو الكسور العشرية les décimales لـ √2؟ لا ، من الواضح أنها مبهرة ، فهذه الآلات لا تعرف ، بل لا تستطيع أن تعرف بأن الـ 1.4142135623730950488 لن يساوي √2 أبدًا ، أي أكثر من 7/22 يساوي π .

هل هو أمر جلل أم لا؟ يتوقف الأمر على ...، ثم نعود إلى السؤال الذي تم تناوله في القسم السابق: فوضى ، وليس فوضى؟ هناك حالات لا يكون لها فيها أي عواقب ، ولكنها غالبًا ما تكون أيضًا في الحالات التي لا تحتوي فيها المشكلة على تعقيد كافٍ لاحتوائها ، أو تكمن في الزاوية ، أو فيروس ليس لديه أي علم حاسوبي ، أو جاهز للتفعيل ، أو على أي حال ليس من المستحيل اكتشافه بفضل التحليل الذي تم إجراؤه باستخدام قلم رصاص وممحاة وقطعة من الورق وإتقان جيد للرياضيات التطبيقية .على العكس من ذلك ، في الحالات الصعبة (على الأقل من حيث المبدأ) يلجأ المرء إلى الحساب التلقائي أو الرسمي أو العددي. وهناك ، يمكن أن يحدث أي شيء ، بما في ذلك المواقف التي تبدو بسيطة حيث ، على وجه التحديد ، يمكن للمرء أن يلاحظ بعد إجراء الحساب يدويًا أثناء عملها تفكيرياً في رأسه ، أن الآلة تضيع في الديكور. قد يكون هذا بسبب أن الخوارزمية غير مناسبة للسؤال المطروح (ولكن لمعرفة ذلك ، عليك الغوص فيه) ، ولكن أيضًا بشكل أساسي بسبب استحالة تمثيل أرقام معينة بالضبط في الجهاز. أيضًا لأن الرقمنة في أغلب الأحيان هي "تقديرية" ، وقلنا أعلاه أن الرؤية التي تخرج من المستمر لا علاقة لها أحيانًا بما يعرف فقط بالأعداد الصحيحة (أو حتى الأعداد المنطقية) - مرة أخرى البديل المتواصل المنفصل !لا مفر من استحالة إعطاء آلة نسخة "دقيقة" من الأرقام ؛ يرجع ذلك إلى طبيعة الأشياء ، وإلى حقيقة أن هناك البعض ممن يدعون أنفسهم

بدون إذن ،إن π، و constante d'Euler γ ثابت أويلر γ ، وثوابت فيونبومFeigenbaum δ و α ، وألف رمز آخر لا نعرفه كيفية تمثيله "بالضبط" إلا بواسطة رمز محدد فقط لا يقول شيئًا ، ولا يعني شيء على الإطلاق ، للآلة. إنه بالطبع موضوع بحث متقدم في دوائر الحوسبة النظرية ، من أجل إحباط الفخاخ أو في أي حال لتثبيت ما يكفي من جدران الحماية لإطفاء الحريق في حالة اندلاعه. ترك هذا السؤال الصعب للغاية للخبراء في هذا المجال ، ومع ذلك ، يجب أن نعرض على سبيل المثال (يكفي مثال!) ما مدى الجنون - هنا بدون عواقب عملية ، ولا كارثة نووية ، ولا تحطم طائرة – الذي يمكن للآلة التي لا تخضع للإشراف الجيد أن تجرنا إليه وما يمكن أن تسببه من كوارث.

هناك ثلاثة من أعظم عباقرة القرن العشرين: ستانيسلو أولام وريتشارد فاينمان وجون فون نيومان Stanislaw Ulam, Richard Feynman et John von Neumann. كان أولام من الرواد في استخدام حواسيب فون نيومان في الفيزياء والرياضيات. فاينمان هو أحد رواد نظرية الحواسيب الكمومية ، هذا هو السبب في أننا يجب أن نشير إلى مقال رائع (سهل القراءة) بقلم جان ميشيل مولرJean-Michel Muller المتعلق بتطبيق تكراري غير خطي من الدرجة الثانية جميع المكونات موجودة ، ولكن ، مرة أخرى ، لن يجد تلميذ صعوبة في حساب الشروط الأولى ، من الواضح أن بيان المشكلة أساسي. التحليل التفصيلي (باستخدام قلمه الرصاص فقط) يجعل من الممكن فهم سبب المشكلة أو لماذا تظهر المشكلة، دون اتخاذ أي احتياطات ، نحصل بأقصى سرعة على نتيجة كارثية ، بمعنى أن رمزًا ساذجًا يوفر في عدد قليل من التكرارات حلاً في تناقض تام مع المطلق، الحتمية التي يخضع لها التكرار. والسبب هو أن هذه المشكلة ، مهما كانت بسيطة ، لها حساسية للظروف الأولية وأن أخطاء التقريب تتسبب في انحراف المسار المحسوب عن المسار الدقيق. للحصول على هذا ، من الضروري العمل حصريًا في أعداد صحيحة ، أي عدم وضع ". "إلى القيم التي تم إدخالها على لوحة المفاتيح لتعيين نقطة البداية - اكتب" 3 "، لا سيما" 3. ". ومع ذلك ، ألا تساوي 3 3.000000000 ... (عدد المنازل العشرية التي يمكن للآلة استيعابها)؟ بالطبع ، لكن 3/1 لا تساوي 0.3333333333333 (نتوقف عند هذا الحد) لا شك أن أفضل طريقة لجعل الناس يرغبون في معرفة المزيد هي الاقتباس من هذا المؤلف في أحد استنتاجاته: "نلاحظ أحيانًا في الآلة تقاربًا جيدًا وسريعًا نحو نتيجة خاطئة تمامًا " .على الرغم من أنه من الواضح أنه يحتوي على ما هو مطلوب للإثبات ، فإن مثال مولر بسيط في الواقع بما يكفي بحيث يمكننا حله بشكل فعال مع القليل من الجبر والمعرفة ، وبالتالي الكشف عن الأماكن التي تأخذ فيها أوجه القصور ، ناهيك عن الرذائل ، إجراءات رقمية متطورة بسرعة كبيرة. ولكن بعد ذلك ، على وجه التحديد في الحالات التي يكون فيها من المستحيل حقًا الحصول على فكرة دقيقة مسبقًا بسبب التعقيد الهائل للمشكلة ، سواء في طبيعتها أو في رعب المعادلات التي تصممها ، وماذا تفكر ، وماذا تصدق ، ماذا أفعل؟ القاعدة المنهجية بديهية: ابدأ باكتساب معرفة قوية في الرياضيات (التطبيقية) ، وهي الوحيدة التي تسمح بفرز المشكلة يدويًا عن طريق تقريبيها إلى الحد الأقصى ، وتحليل الحالات الحدودية لمعرفة كيفية الهبوط على القدمين ، وليس على الرأس ، باختصار ، حدد الطريق ، والكمبيوتر مغلق. وعندها فقط ، فقط بعد كل هذا ، اضغط على زر التشغيل .،

الرياضيات من أجل العلوم ، عمل كلود أصلانجول .انقر لشراء كتاب المؤلف انقر لشراء كتاب المؤلف هذا الكتاب هو نتيجة خبرة تدريس لعدة سنوات في دورات الفيزياء في جامعة بيير وماري كوري (باريس السادسة) وفي المدرسة العليا للنورمال (أولم .(يستهدف جمهورًا عريضًا (من L3 إلىM2 ، حتى إلى درجة

الدكتوراه) ، ويقدم إجابات مفصلة ومعلقة على المشكلات المقترحة في نهاية كل فصل من كتاب الدورة. يجب أن يسمح تنوع الموضوعات التي يتم تناولها للقارئ من ناحية بتعميق المفاهيم ، ومن ناحية أخرى لاكتساب التمكن من الأساليب والتقنيات ، والتي تسمح فعاليتها بالتقدم نحو حل معظم النماذج .كل مفتاح إجابة ، يسبقه البيان المقابل ، مكتوب بتفصيل كبير من أجل السماح بالتحقق الدقيق من جميع مراحل التفكير والحسابات الوسيطة. إذا لزم الأمر ، يسمح الملحق بتعميق نقطة ما ، أو إنشاء ارتباط بأسئلة أخرى للوهلة الأولى بعيدًا إلى حد ما عن موضوع المشكلة. أخيرًا ، يتم توفير المراجع ، والتي تشير أحيانًا إلى الأعمال الأكاديمية ، وأحيانًا إلى المجلات المتخصصة التي نشرت المقالات الأصلية التي تم استخلاص قضايا معينة منها .بضع كلمات من المؤلف ، كلود أصلانجول لفترة طويلة مسؤول عن دورة الرياضيات للفيزيائيين في ENS و UPMC، أقنعني الضغط الودي بكتابة هذا الكتاب الذي يحاول تقديم نظرة عامة على الرياضيات التي يجب أن يعرفها أي شخص يهدف إلى نمذجة الظواهر. ، سواء في ما يسمى بالعلوم الدقيقة أو العلوم الاجتماعية ، ناهيك عن الاقتصاد ، التي شهدت مؤخرًا محاولات للوصف النظري أو العملي الذي يتطلب خلفية رياضية متقدمة ومنظمة .ربما يكون عالم الرياضيات والفيزيائي العظيم هيرمان ويل ، أكثر طلاب هيلبرت موهبة ، أحد أفضل الأمثلة على الروابط العميقة بين الرياضيات والفيزياء التي يمكن رؤيتها على أنها تنمو معًا. كان لعمله الذي يجمع بين نظرية النسبية وفيزياء الكم ونظرية المجموعة والهندسة التفاضلية تأثير عميق على علوم القرن العشرين ETH © .زيورخ مستوحاة من روح هذه التعاليم ، فإن كتاب "الرياضيات من أجل العلوم" ، الذي نشره دي بوك ، يهدف أيضًا إلى أن يكون كتابًا مصاحبًا لأي طالب رائد أعمال. دراسات علمية طويلة ، حيث يتم تقديم المفاهيم والأساليب والتقنيات بدقة متناهية وببساطة لغة قدر الإمكان. كان الهدف هو إتاحة الفرصة للقارئ لاكتساب الإتقان الذي يسمح له بالخروج من جميع المواقف العملية بشرط أن يعرفوا ، في حالة وجود صعوبة ، وضع أيديهم على المقياس الصحيح الذي ، إذا لزم الأمر ، عملية تحديد مناسبة ، تحصل دائمًا خارج الغابة. أيضًا (قبل كل شيء؟) لتطوير تعريف حدسي يظل ، في الرياضيات كما في أي مكان آخر ، ولكن أيضًا في الرياضيات ، أساس الرغبة الحقيقية في التعلم والفهم. بالنسبة إلى مجلدي ميكانيكا الكم ، سيتبع هذا العمل قريبًا نشر الإجابات على العديد من المشكلات المقترحة في نهاية كل فصل . شريط فيديو لمؤتمر سولفاي لعام 1927 ، التقطه إيرفينغ لانجموير. تم خلال هذا المؤتمر عرض العديد من أجمل النصوص في تاريخ العلوم. بالتركيز على حالة نظرية الكم في ذلك الوقت ، فإنهم يشيرون بطريقة ما إلى ولادة التفسير الأرثوذكسي لميكانيكا الكم. تظهر هذه الكتابات أن الآباء المؤسسين لم يتفقوا مع بعضهم البعض. لم يكن لدى شرودنجر وأينشتاين ودي برولي نفس الرؤية التي يتمتع بها بور وباولي وهايزنبرغ وبورن. © نانسي ثورندايك جرينسبان ، يوتيوب الأمثلة القليلة المقدمة ناتجة عن خيار مستوحى أساسًا من دافعين. الأول هو إثارة الفضول والرغبة في معرفة المزيد عن الأشياء التي هي في النهاية عادية تمامًا ، أو على الأقل يتم تقديمها على مستوى ابتدائي. الثاني - الأقوى لأنني فيزيائي ولست عالم رياضيات - هو أن نتذكر أن الكونين ، الرياضي والفيزيائي ، متداخلان (متشابكان؟) أحدهما في الآخر ، وذلك بفضل المقاييس ذات الصلة بالتحليل ، أي محاولة في المعارضة ، وحتى الانفصال ، ليس محكوماً عليها بالفشل فحسب ، بل هي قبل كل شيء ضارة .سأختم باقتباس: "غالبًا ما يتم تحقيق تقدم العلم من خلال التشكيك في العقائد التي تبدو راسخة."...

ملحوظة •جان بيران ، الذرات (فلاماريون ، باريس ، 1991 .(التوزيعات ، أو كيفية فهم الأشياء التي لا تحتوي على معنى

!تلاحظ •مقتطف من كلود أصلانجول ، الرياضيات للعلوم (دي بوك ، بروكسل ، 2011 • .(ماركوس دو سوتوي ، سمفونية الأعداد الأولية Héloïse d'Ormesson) ، باريس ، 2005.(

ريتشارد فاينمان (إلى اليسار) يناقش مع ستيفن ولفرام نظرياته عن الأوتوماتا الخلوية. ولفرام هو مؤلف برنامج الجبر المشهور عالميا: ماثيماتيكا. ©

ملحوظة جان ميشيل مولر ، الحاسبات في البحث عن الحساب ، La Recherche،) 278إصدار خاص حول نظرية الأعداد) ، ص. 772 ، يوليو-أغسطس 1995 .الرياضيات للعلوم ، كتاب لكلود أصلانجول لاكتشاف في طبعاتDe Boeck