رواية تحكي ولادة فيزياء الكم

مقابلة مع العالم المشهور الموهوب، الفيزيائي كارلو روفيلي بمناسبة صدور كتابه الذي يروي فيه نشأة ميكانيكا الكم ...

ولد في 3 مايو 1956 في فيرونا، يدرس كارلو روفيلي في جامعة إيكس مرسيليا. كما تتم دعوته بانتظام للتحدث في العديد من الجامعات في كندا © DR

أجرى المقابلة بودوين إشباس

نشر بتاريخ 2021/20/12

ترجمة د. جواد بشارة

مُنظِّر الجاذبية الكمية الحلقية مع (لي سمولينLee Smolin)، مدرس في جامعة إيكس مرسيليا، ولكن أيضًا في كندا، كارلو روفيلي Carlo Rovelli ليس فقط أحد أهم العلماء في عصره، بل هو أيضًا مؤلف غزير الإنتاج، وعالم الفيزياء والمنظر المتخصص في ميكانيكا الكم، هو أيضًا فيلسوف في العلوم. يقسم وقته بين مرسيليا ولشبونة وفيرونا ولندن (في أونتاريو). في عام 2015، نشر كتاب سبعة دروس مختصر في الفيزياء Seven Brèves Leçons de physique chez Odile Jacob، قبل أن يخصص سيرة ذاتية للفيلسوف الإغريقي أناكسيماندر دي ميليت Anaximandre de Milet (دونود)، وهو عالم ما قبل سقراطي دربه تاليس والذي كان يفرك الكتفين بمفهوم اللانهاية في القرن السادس قبل الميلاد. بعد كتاب لامع بعنوان نظام الزمن The Order of Time (Flammarion)، يروي كارلو روفيلي الآن، في كتاب جديد *، الظروف التي ولدت في ظلها فيزياء الكم. لقد تمت صياغته بطريقة الرواية التاريخية، حيث كانت صفحات الفلسفة ستنزلق بسلاسة، ويعلمنا كتابه عن واحدة من أكثر المفاهيم تعقيدًا في الفيزياء المعاصرة.

"كانت الساعة حوالي الثالثة صباحًا عندما ظهرت نتائج حساباتي أمامي. غادرت المنزل مضطربًا وبدأت أمشي ليلًا. بعد صعودي إلى قمة صخرة تطل على البحر، انتظرت شروق الشمس. كنت منزعجة للغاية. كان لدي إحساس بالنظر، من خلال سطح الظواهر، نحو الداخل من جمال غريب ... "إنه من خلال كلماته التي وصفها فيرنر هايزنبرغ، في ذكرياته (Der Teil und das Ganze)، ولدت ميكانيك الكموم أو الكوانتوم.

المقابلة:

لو بوان: بدأ كل شيء في صيف عام 1925 في جزيرة هيلغولاند في بحر الشمال. تصور فيرنر هايزنبرغ Werner Heisenberg، البالغ من العمر 23 عامًا في ذلك الوقت، فكرة أن قفزات الإلكترونات les sauts des électrons من مدار إلى آخر تستجيب لمنطق لا يمليه متغير فيزيائي ثابت variable physique constante، ولكن من خلال مجموعة من الأرقام المتطورة التي تجعل من الممكن التنبؤ بشكل مرضي أكثر بهذه الأشياء التي كانت موجودة حتى الآن حركات غير مفهومة. ما رأيك كان القادح في ذهن هايزنبرغ لهذه الفكرة؟

كارلو روفيلي: أعتقد أن "ال زنادle déclic"، أو القادح كما قلت، كان عبارة عن مزيج من عدة مكونات: أولاً، الانغماس الذهني الكامل لهيزنبرغ في المشكلة، ولكن أيضًا طريقته المادية والملموسة في مواجهة هذا اللغز. فهو لا يعتمد على العروض الرياضياتية المعقدة، بل بالأحرى على خياله الحر وفحص طبيعة الواقع. كان انفتاح هايزنبرغ على الأفكار الفلسفية الراديكالية (لا سيما أفكار إرنست ماخ Ernst Mach) مهمًا أيضًا. سأضيف تأثير ماكس بورن Max Born وبشكل غير مباشر تأثير لألبرت أينشتاين Albert Einstein، الذي فهم الحاجة إلى قفزة كبيرة في الفيزياء. لكن يمكن للمرء أن يضيف المحادثات الفيزيائية الفلسفية مع نيلز بور Niels Bohr، والد الكوانتا quanta، وأيضًا، على الأرجح، عمر هايزنبيرغ الشاب ... كل هذه المعلمات تشكل مزيجًا متفجرًا. كان هذا الكوكتيل هو الذي سمح لهايزنبرغ بإلقاء نظرة جديدة على المشكلة التي تواجهه.

س: هذا الاكتشاف هو ذروة تأملات مجموعة من العلماء، بما في ذلك، كما قلت، ألبرت أينشتاين وماكس بورن، وأيضًا إروين شرودنغر Erwin Schrödinger وولفغانغ باولي Wolfgang Pauli. ما هو القاسم المشترك بين هؤلاء الرجال؟

ج: إنهم يتشاركون الشغف المشتعل: السعي إلى الفهم. نقطة أخرى مشتركة: عدم وجود أفكار ثابتة. فهم كلهم على استعداد لتغيير رأيهم. بالنسبة للبقية، لديهم شخصيات ومهارات وقدرات مختلفة تمامًا عن بعضهم البعض.

س: على الرغم من كل شيء، هل هي طريقتهم المشتركة في فهم العالم التي تسمح لهم باستكشاف هذا المسار الكمومي؟

ج: على العكس تماما! إن خلافاتهم هي التي تسمح بنجاح قبضتهم وأهميتهم الجماعية العظيمة.

س: إن اكتشاف فيرنر هايزنبرغ، الذي سيُطلق عليه قريبًا "ميكانيكا الكم mécanique quantique"، يفتح الباب أمام مجموعة كاملة من الاختراعات: إتقان الذرة، والحوسبة الكمومية، على سبيل المثال لا الحصر. أيهما تعتقد أنه الأكثر إثارة للإعجاب؟

ج: أكثر من اختراع محدد هو حقيقة أن جميع خصائص العناصر، بما في ذلك بنية الجدول الدوري للعناصر، تتبع معادلة واحدة!

س: تأخذ فيزياء الكم La physique quantique اسمها من هذه الكمات quanta، أو حبيبات الطاقة grains d'énergie، التي يُقال إنها تفسر السلوك الغريب للإلكترونات. كما أنها تملي الطريقة المذهلة التي تنتقل بها الموجات الك هرومغناطيسيةles ondes électromagnétiques. كتب ريتشارد فاينمان Richard Feynman أنه لا أحد يستطيع فهم الكوانتوم ...

ج: لم يكتب ريتشارد فاينمان أنه لا أحد يستطيع فهم الكوانتوم، فقد كتب أنه لا أحد يفهمها. الفرق كبير. إنه شيء ألا تكون قابلاً للفهم، وشيء آخر القول إنه لا يمكن فهمه في لحظة معينة. في هذه الحالة الثانية، يبقى الفهم ممكناً...

س: في حالة عد الفهم، كيف يمكنك تمثيلهم إذا طُلب منك تقديم تشبيه؟ حبيبات ماذا؟

ج: يتوقف الأمر على التوضيح. فالفوتونات هي حبيبات الضوء. كميت مجال الجاذبية وهي بذور الفضاء أو المكان أي بذور الفراغ. التفصيل الحبيبي ليس هو الجانب الذي يصعب فهمه: فالرمال حبيبية. الجزء الصعب الذي يجب فهمه هو "علاقاتهمrelationnalité". هذه الكمات ليست كيانات. هذه أشياء تظهر نفسها: يتجلى الضوء في شكل حبيبات، مثل الفوتونات.

س: هذه الطريقة في فهم الواقع من خلال اللجوء إلى نهج أو مقاربة أكثر دقة من ملاحظة المادية التبسيطية للجسيمات في الفضاء تقود العقل إلى الاعتراف (مثل أنطون زيلينجرAnton Zeilinger) بأن العلاقات المعقدة يمكن أن توحد كيانات تفصلها أحيانًا مسافات هائلة.

ج: نعم، هو كذلك بالضبط.

س: كيف، إذن، يمكن النظر إلى هذه الحقيقة العلمية دون الوقوع، في وقت أو آخر، في اعتبارات غير منطقية أو لا عقلانية irrationnelles على ما يبدو: أحدها هو التعايش بين عوالم متوازية mondes parallèles حيث تحدث أحداث مختلفة (في نفس الوقت)؟ يمكنها التفاعل فيما بينها؛ والآخر هو حقيقة أن المتغيرات الخفية variables cachées تمنعنا من قراءة واقعنا. نحن نتدفق في المصفوفة Matrix... هل هذا يعني أن المخيلة والأحلام والخيال فقط يمكنها أن تسمح لنا بفهم ميكانيكا الكم la mécanique quantique؟

ج: أعتقد أن العلم قد أعطانا الكثير وكشف لنا الكثير من الأشياء الجديدة التي تبدو غريبة، لكنك بعد ذلك نطور حدسًا جيدًا ونعتاد عليه. هذه هي قوة العادة. لا أحد يشعر بالذهول اليوم من حقيقة أن الأرض تتحرك، وأنها تدور حول الشمس. لكن كان ذلك من الصعب هضمه عندما تم وضع النظرية عليه لأول مرة. أعتقد أن الشيء نفسه سيحدث مع نظرية الكم. سنستوعبها ... تدريجيًا.

س: ومع ذلك، فإن التشابك الكمومي L'intrication quantique الذي يقع في قلب حقيقة هذه الفيزياء "الجديدة" يفتح آفاقًا مذهلة ناتجة عن ارتباطات لا يمكن تصورها على ما يبدو. علينا أن نقبل فكرة ليست واضحة بأي حال من الأحوال: اللاحتمية l'indétermination أو على الأقل التفسير الذاتي للاحتمالية بفضل أو بموجب "النظرية الكمية الكيوبية البانيزيانية quantum Bayesianism" التي تعطي نظرية QBiste اسمها. هل هذا يعني أننا يجب أن نتمسك بنوع من النسبية المطلقة حيث تكون الحقيقة مختلفة لكل مراقب، اعتمادًا على وجهة النظر التي يتبناها؟ ألن يكون هذا مرعبًا؟

ج: أعتقد أنك تبالغ هنا. عندما اكتشفنا أن الأرض تتحرك، بدا الأمر مرعبًا أكثر. العقلانية الكمومية ليست ذاتية، ولا تتحدى المفاهيم المعتادة للموضوعية les notions usuelles d'objectivité. فالحجر الذي يسقط على رؤوسنا سيؤذينا كما كان الأمر من قبل.

س: تتطلب قصة قط شرودنغر الشهير chat de Schrödinger المسجونة في علبة مغلقة والتي هي في آن واحد ميتة وحية ما يجبرنا أن نفكر في إمكانية تواجد أكثر من واقع في نفس الوقت!

ج: تحدث بورBohr عن "استحالة الفصل الواضح بين سلوك الأنظمة الذرية والتفاعل مع جهاز القياس الذي يعمل على تحديد الظروف التي تحدث فيها هذه الظاهرة". تلتقط هذه الملاحظة الاكتشاف الذي

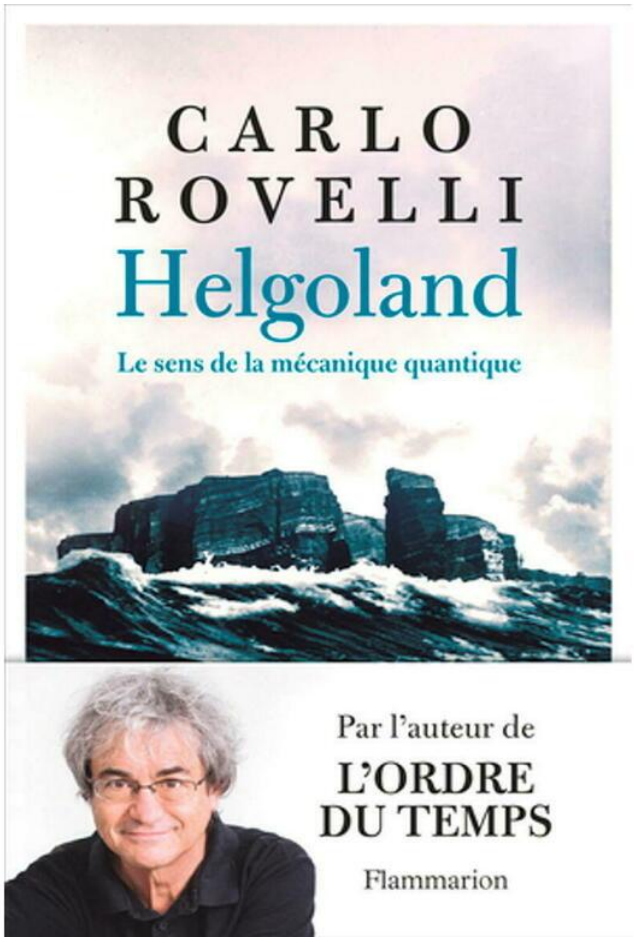
يكمن في قلب نظرية الكم: عدم القدرة على فصل خصائص كائن ما عن التفاعلات التي تظهر فيها هذه الخصائص نفسها والأشياء التي تتجلى فيها.

س: في طريقنا إلى التعرف على الكوانتا، نلتقي بعدد قليل جدًا من الفرنسيين (لويس دي بروجلي Louis de Broglieهو الأكثر شهرة). لماذا؟ هل يتعلق الأمر بالطريقة الديكارتية التي يتدرب بها ويتأهل وفقها مهندسونا؟

ج: أعتقد أن تدريس العلوم الفرنسي صارم للغاية. مبالغ في "التكوينية". إنه ينتج مهندسين جيدين وآلات حاسبة جيدة وحتى علماء رياضيات جيدون جدًا. لكن لا يخرج علماء الفيزياء النظرية جيدين. من أجل ذلك، نحتاج إلى شكليات أقل، والمزيد من حرية العقل.

س: تدين فيزياء الكم كثيرًا للعلماء المنغمسين في الفلسفة، والذين غالبًا ما يكونون منخرطين سياسيًا (أدلرAdler أو بوغدانوفBogdanov ، على سبيل المثال لا الحصر). هل كان على المرء أن يكون مثاليًا لولادة ميكانيكا الكم هذه؟

ج: ربما نعم. عليك أن تعرف كيف تحلم. ربما كان هذا هو السبب في أن الفترة الأكثر خصوبة للعلم الفرنسي كانت الثورة.



"كانت الساعة حوالي الثالثة صباحًا عندما ظهرت نتائج حساباتي أمامي. غادرت المنزل مضطربًا وبدأت أمشي ليلًا. بعد صعودي إلى قمة صخرة تطل على البحر، انتظرت شروق الشمس. كنت منزعجة للغاية. كان لدي إحساس بالنظر، من خلال سطح الظواهر، نحو الداخل من جمال غريب ... "إنه من خلال كلماته التي وصفها فيرنر هايزنبرغ، في ذكرياته (Der Teil und das Ganze)، ولدت ميكانيك الكموم أو الكوانتوم.

* هيلجغلاند ، معنى ميكانيكا الكم ، بقلم كارلو روفيلي ، طبعات فلاماريون ، 249 صفحة ، 21.90

الفراغ. التفصيل ليس هو الجانب الذي يصعب فهمه: فالرمال حبيبية. الجزء الصعب الذي يجب فهمه هو "علاقتهم". هذه الكميات ليست كيانات. هذه أشياء تظهر نفسها: يتجلى الضوء في شكل حبيبات ، مثل الفوتونات.

هذه الطريقة في فهم الواقع من خلال اللجوء إلى نهج أكثر دقة من ملاحظة المادية التبسيطية للجسيمات في الفضاء تقود العقل إلى الاعتراف (مثل أنطون زيلينجر) بأن العلاقات المعقدة يمكن أن توحد كيانات تفصلها أحيانًا مسافات هائلة.

نعم ، هو كذلك بالضبط.

كيف ، إذن ، يمكن النظر إلى هذه الحقيقة العلمية دون الوقوع ، في وقت أو آخر ، في اعتبارات غير منطقية على ما يبدو: أحدها هو التعايش بين عوالم متوازية حيث تحدث أحداث مختلفة (في نفس الوقت)؟ من يمكنه التفاعل مع كل منها آخر؛ والآخر هو حقيقة أن المتغيرات الخفية تمنعنا من قراءة واقعنا. نحن نتدفق في المصفوفة ... هل هذا يعني أن الخيال والأحلام والخيال فقط يمكن أن يسمح لنا بفهم ميكانيكا الكم؟

أعتقد أن العلم قد أعطانا الكثير من الأشياء الجديدة التي تبدو غريبة ، لكنك بعد ذلك تطور حدسًا جيدًا وتعتاد عليه. هذه هي قوة العادة. لا أحد يشعر بالذهول اليوم من حقيقة أن الأرض تتحرك ، وأنها تدور حول الشمس. لكن كان لا يزال من الصعب هضمه عندما تم وضع النظرية عليه لأول مرة. أعتقد أن الشيء نفسه سيحدث مع نظرية الكم. سنستوعبه ... تدريجيًا.

اقرأ أيضًا "المصفوفة": تتابعات يساء فهمها أو آثار لا تزال حية

ومع ذلك ، فإن التشابك الكمي الذي يقع في قلب حقيقة هذه الفيزياء "الجديدة" يفتح آفاقًا مذهلة ناتجة عن ارتباطات لا يمكن تصورها على ما يبدو. علينا أن نقبل فكرة ليست واضحة بأي حال من الأحوال: اللاحتمية أو على الأقل التفسير الذاتي للاحتمالية بفضل "النظرية الكمية البايزية" التي تعطي نظرية QBiste اسمها. هل هذا يعني أننا يجب أن نتمسك بنوع من النسبية المطلقة حيث تكون الحقيقة مختلفة لكل مراقب ، اعتمادًا على وجهة النظر التي يتبناها؟ ألن يكون هذا مرعبًا؟

أعتقد أنك تبالغ هنا. عندما اكتشفنا أن الأرض تتحرك ، بدا الأمر مرعبًا أكثر. العقلانية الكمومية ليست ذاتية ، ولا تتحدى المفاهيم المعتادة للموضوعية. الحجر الذي يسقط على رؤوسنا سيؤذينا كما كان من قبل.

تتطلب قصة قط شرودنجر الشهير المغطى والذي مات وما زال على قيد الحياة أن نفكر في إمكانية تواجد العديد من الحقائق في نفس الوقت!

تحدث بوهر عن "استحالة الفصل الواضح بين سلوك الأنظمة الذرية والتفاعل مع جهاز القياس الذي يعمل على تحديد الظروف التي تحدث فيها هذه الظاهرة". تلتقط هذه الملاحظة الاكتشاف الذي يكمن في قلب نظرية الكم: عدم القدرة على فصل خصائص كائن ما عن التفاعلات التي تظهر فيها هذه الخصائص نفسها والأشياء التي تتجلى فيها.

في طريقنا إلى التعرف على الكوانتا ، نلتقي بعدد قليل جدًا من الفرنسيين (لويس دي بروجلي هو الأكثر شهرة). لماذا ا ؟ هل يتعلق الأمر بالطريقة الديكارتية التي يتدرب بها مهندسونا؟

أعتقد أن تعليم العلوم الفرنسي صارم للغاية. جدا "التكوينية". إنه ينتج مهندسين جيدين وآلات حاسبة جيدة وحتى علماء رياضيات جيدون جدًا. لكن علماء الفيزياء النظرية ليسوا جيدين. من أجل ذلك ، نحتاج إلى شكليات أقل ، والمزيد من حرية العقل.

تدين فيزياء الكم كثيرًا للعلماء المدربين في الفلسفة ، والذين غالبًا ما يكونون منخرطين سياسيًا (Adler أو Bogdanov ، على سبيل المثال لا الحصر). هل كان عليك أن تكون مثاليًا لتلد ميكانيكا الكم هذه؟

ربما نعم. عليك أن تعرف كيف تحلم. ربما كان هذا هو السبب في أن الفترة الأكثر خصوبة للعلم الفرنسي كانت الثورة.

"كانت الساعة حوالي الثالثة صباحًا عندما ظهرت نتائج حساباتي أمامي. غادرت المنزل مضطربًا وبدأت أمشي ليلًا. بعد صعودي إلى قمة صخرة تطل على البحر ، انتظرت شروق الشمس. كنت منزعجة للغاية. كان لدي إحساس بالنظر ، من خلال سطح الظواهر ، نحو الداخل من جمال غريب ... "إنه من خلال كلماته التي وصفها فيرنر هايزنبرغ ، في ذكرياته (Der Teil und das Ganze) ، لحظة حدسه! © د

* هيلغولاند ، معنى ميكانيكا الكم ، بقلم كارلو روفيلي ، طبعات فلاماريون ، 249 صفحة ، 21.90