الدفاع الوطني اللّبناني- كانون الثاني ١٩٩٧

تاريخ الزمان باختصار

من الانفجار الكبير إلى الثقوب المظلمة

Une Brève Histoire du Temps

Du Big Bang aux trous noirs

د. إلهام منصور (*)

في هذا الكتاب، يحاول العالم ستيفن هاوكينغ، أن يجب على الأسئلة التالية: من أين أتى الكون؟ كيف ولماذا ابتدأ؟ هل سيصل إلى نهاية ما؟ وكيف سيتم ذلك إن حصل؟ وهي أسئلة يطرحها كل إنسان على نفسه. ويقول الكاتب أن الأفكار الأساسيّة حول بداية الكون ونهايته، يُمكن أن تُصاغ بشكل مبسَّط لتصبح بمتناول الإنسان العادي الذي لا يتمتع بثقافة رياضيّة علمية عالية.

يتألّف الكتاب من مقدّمة وعشرة فصول وخاتمة، مع مجموعة من الرسوم التي يستعين بها الكاتب لتوضيح بعض الأمور.

المقدمة كتبها "كرل ساغن" يقول فيها إن هاوكينغ يحاول في كتابه هذا أن يجيب على السّؤال الذي طرحه "أنشتين" حول حرية الله في خلق العالم، ويصل إلى نتيجة تقول بوجود كون لا حدود له في المكان ولا بداية ولا نهاية له في الزمان.

فصول الكتاب العشرة هي الآتية:

(*) استاذة الفلسفة في الجامعة اللّبنانيّة.

١- رؤيتنا للكون

يبدأ هذا الفصل بعرض نظرية "أرسطو" حول دائرية الأرض وحول ثباتها، إذ أنها كانت تشكّل مركزاً تدور حول ثمانية كواكب هي: القمر والشمس وعطارد والزهرة والمشتري والمريخ وجوبيتر وزحل، ومجموعة من النجوم؛ ثم نظرية "بطليموس" التي تُحدِّد أماكن الأجسام السماوية. ثم ينتقل الكاتب إلى عرض نظرية "كوبرنيكس" التي تقول بأن الشمس ثابتة في مركز الكون وأن الكواكب الأخرى تدور حولها. وهذه النظرية دافع عنها، لاحقاً، "كيبلر" و"غاليله" الذي وجَّه الضربة القاضية لنظرية "أرسطو-بطليموس" سنة ١٦٠٩. وفي سنة ١٦٨٦، أتى نيوتن ليقدم النظرية التي تشرح كيفية تحرك الأجسام في الزمان والمكان، وتقدم المعطيات العلمية لتحليل هذه التحركات، كما عرض قانون الجاذبية الذي يقول إن كل جسم في الكون ينجذب إلى أي جسم آخر بحسب قوة تحددها المسافة والحجم وإن هذه القوة هي التي تجعل الأجسام تنجذب نحو الأرض. وهذا ما جعل "نيوتن" يبرهن أن قانون الجاذبية هو الذي يدفع القمر إلى الدوران حول الأرض، ويدفع الكواكب الأخرى إلى اتّباع مدار إهليليجيّ حول الشمس.

ولكن، في الأجواء العلمية التي كانت سائدة حتى بداية القرن العشرين، لم يطرح أحد من العلماء إمكانيّة تمدد الكون أو تقلّصه. فما كان سائداً هو أن الكون موجود منذ الأزل كما هو الآن ولن يتغير، أو أنّه وُجد في لحظة محددة في الماضي وهو مستمر على حاله....

بقي الوضع على حاله حتى سنة ١٩٢٩ حين قدّم العالم "أدوين هوبل" ملاحظة هامة تقول: **حيثما نظرنا نرى أن المجرات تبتعد بسرعة، وبتعبير آخر، إن الكون بحالة تمدُّد**. هذا الاكتشاف هو الذي وضع العلم أمام قضية بداية الكون. إذ إن ملاحظات "هوبل" تعني أن هناك لحظة تسمّى "الانفجار الكبير" Le Big Bang كان فيها الكون لا متناهي الصغر ولا متناهي الكثافة. وهنا يتدخل الكاتب ليقول إنه من الضروري، لكي نفهم طبيعة الكون ونقف على مسألة بدايته ونهايته، أن نحدد معنى ما يسمّى بالنظرية العلمية، ذلك لأن هدف العلم الأساسي هو إعطاء نظرية واحدة وفريدة تستطيع وصف الكون بمجمله. وهنا يرى الكاتب أن العلماء يقسمون المسألة إلى قسمين، واحد يهتم بتطور الكون في الزمان وآخر يهتم بموضوع بداية الكون مع التركيز على ضرورة اهتمام العلم بالقسم الأوّل، تاركاً القسم الثاني للميتافيزيقيا والدين. وهذا يعني أنّ الله خلق الكون على هواه، أي يفترض أنّ الله طوّر الكون بطريقة كيفية. لكن يظهر أن الله اختار أن يحرّك الكون بطريقة ثابتة وبحسب قوانين معينة، مما يفرض ضرورة وجود قوانين تحكم الحالة الأساسية للكون.

وبما أنّه من الصعب تصور نظرية تصف الكون بمجمله دفعة واحدة، تم اختيار تقسيم الموضوع والتوصل إلى نظريات جزئية تبحث كل منها بناحية معينة. والآن، يصف العلماء الكون بحسب نظريتين أساسيتين هما نظرية النسبية العامة والميكانيكا الكونتية mécanique quantique. وهدف الكاتب هو التوصل إلى توحيد النظريتين مع تحديد الهدف، وهو الوصف الكامل للكون الذي نعيش فيه.

٢- المكان والزمان:

إن الأفكار الحالية حول حركة الأجسام تعود إلى "غاليله" و"نيوتن" فقبلهما سادت نظرية "أرسطو" بأن الحالة الطبيعية لجسم ما هي السكون وأن هذا الجسم لا يتحرك إلاّ بفعل قوة خارجية أو بفعل دفع معين. لكن "غاليله" اكتشف قوانين الحركة و"نيوتن" أضاف قانون الجاذبية. ومع ذلك فإن "أرسطو" و"نيوتن" كانا يعتقدان بوجود زمان مطلق temps absolu، وهذا يعني أن الزمان بالنسبة إليهما، كان مستقلاً كلياً عن المكان. ومع اكتشاف سرعة الضوء والقانون القائل بأن سرعة أي شيء لا يمكنها أن تتخطى سرعة الضوء، تغيرت كل أفكارنا حول مفهومي الزمان والمكان. بمعنى آخر أن نظرية النسبية التي قال بها "أنشتين"، وضعت حدّاً نهائياً لمفهوم الزمان المطلق. وهذا يعني أيضاً أن أي قياس يقوم به فرد محدد لا يكون أكثر مصداقية من قياس قام به فرد آخر. كل القياسات تصبح نسبية، لأن المسافات بحسب نظرية "أنشتين" تُحدّد بواسطة مصطلحات زمانية وبسرعة الضوء. ولهذا السبب أصبح من المفروض أن لا نفصل بين مفهومي الزمان والمكان لأنهما أصبحا يشكلان موضوعاً واحداً.

وباختصار فإن قوانين "نيوتن" وضعت حدّاً لفكرة الموقع المطلق في المكان، ونظرية "أنشتين" في النسبية تخلصت نهائياً من مفهوم الزمان المطلق. وهذه النظرية الأخيرة تقول بأن لكل فرد قياسه الخاص للزمان، وأن هذا القياس يرتبط بالحيّز الذي يشغله وبطريقه تحركه. فقبل سنة ١٩١٥، كان يُنظر إلى الزمان والمكان كشيئين جامدين تتحرك داخلهما الأحداث من دون أن يتأثّر أحدهما بالآخر. ومع نظرية النسبية العامة، أصبح للزمان والمكان خصائص دينامية؛ فعندما يتحرك جسم ما ينعكس الأمر على منحنى الزمان والمكان، وبالمقابل، فإن بنية "المكان- الزمان" تنعكس على طريقة تحرك الأجسام. وهكذا أصبح من غير الممكن التكلّم عن الزمان والمكان خارج حدود الكون، فاستُبدلت النظرية القديمة التي تقول بوجود كون

ثابت لا يتغير بالنظرية التي تقول بأن الكون في حالة تمدد دينامي وبأنّه بدأ في زمان محدّد وسينتهي في زمان محدّد أيضاً.

٣- الكون في تمدد

إن تصوّرنا الحديث للكون يعود إلى سنة ١٩٢٤ حين برهن العالم "إدوين هوبل" أن مجرتنا ليست فريدة وأنّه يوجد غيرها الكثير تفصل ما بينها مسافات كبيرة. وبعد سنوات، استطاع "هوبل" أن يحدد المسافات هذه وأن يُعرِّف الطَّيف. يومها، كان الاعتقاد السائد أن المجرات تتحرك بطريقة الصدف، ولكن حين تم اكتشاف أن الطيف يميل دائماً نحو اللّون الأحمر وأن هذا يعني أنّها كلّها تبتعد عن بعضها، عُلم أن الكون ليس ثابتاً وأنّه في حالة تمدد لأن المسافات بين المجرات تزداد باستمرار. وهذا الاكتشاف حول تمدد الكون كان من أكبر الثورات العلمية في القرن العشرين.

لكن السؤال الآن هو هل أن الكون سيتمدد باستمرار، أو أنّه سيصل إلى مرحلة يبدأ معها بالتّقلّص؟ للإجابة على هذا السّؤال، علينا معرفة المعدل الحالي للتمدد ومعرفة معدل كثافته. إننا نستطيع تحديد معدل التمدد بواسطة سرعة كل مجرة في ابتعادها عنا. ولكن المسافات بين المجرات ليست معروفة لأننا لا نستطيع تحديدها إلاّ بطريقة غير مباشرة. ولهذا السبب، فإن كل ما نعرفه هو أن الكون يتمدد بنسبة ٥ إلى ١٠% كل مليار سنة، بالإضافة إلى أن جهلنا لمعدل الكثافة الحالية للكون هو أيضاً كبير جداً.

إن المعطيات الحالية توحي بأن الكون سيتمدد باستمرار. ونستطيع التأكيد على أن مرحلة التقلص، إن حصلت، لن تكون قبل عشرة مليارات سنة. وكل ذلك يفترض أنه في وقت محدد في الماضي (يعني منذ حوالى عشرة أو عشرين مليار سنة) كانت المسافة بين المجرات تساوي لا شيء. وقبل الانفجار الكبير، كانت كثافة الكون ومنحنى "المكان-الزمان" لا متناهيين. وهذا بالنهاية يعني أن الزمان بدأ مع الانفجار الكبير الذي بُرهن على صحته العلمية سنة ١٩٧٠ استناداً إلى نظرية "أنشتين" في النسبية العامة. وهذا البرهان يبين أن النسبية العامة هي نظرية غير كاملة فهي لا تستطيع أن تقول لنا كيف بدأ الكون لأنّها تقول بأن كل النظريات العلمية، وهي من بينها، تنهار أو تسقط في بداية الكون. وكل نظريات الفرادة تقول إن هناك زمناً كان فيه الكون صغيراً جدّاً وهذا ما دفع الكاتب إلى عرض "الميكانيكا الكونتية" قبل محاولة الجمع النهائية بينها وبين النسبية العامة.

٤- مبدأ الشك

إنّ نجاح النظريات العلمية، وبخاصة نظرية "نيوتن"، سمح للعالم الفرنسي "لابلاس" أن يعتبر أن الكون حتمي بشكل مطلق، أي أن مجموعة من القوانين تُسيّر الكون بكامله. لكن هذه النظرية نُقضت يوم أتى العالم "ماكس بلانك" سنة ١٩٠٠ بالفرضية الكونتية التي ساهمت مع نظرية العالم "أيزنبرغ" ومبدأ الشك في نقض نظرية "لابلاس". قال أيزينبرغ التالي: "لمعرفة موقع جزئية ما بدقّة، يجب إنارتها بمقدار معين من الضوء يساوي كونتم واحد quantum. وبإمكان قوة هذا الضوء تغيير سرعة الجزئية، مما يعني أننا لا نستطيع معرفة موقع وسرعة الجزيئة في آنٍ معاً. هذا الواقع سمح لبعض العلماء ببناء الميكانيكا على نظرية جديدة قائمة على مبدأ الشك وسميّت بالميكانيكا الكونتية التي أدخلت إلى العلم عنصراً لا مفرّ منه وهو القول بعدم الدقة والصدف. وهذه النظرية أصبحت القاعدة التي تقوم عليها كل العلوم الحديثة.

حتى الآن، لم يستطيع العلم أن يجمع بين نظرية النسبية العامة والميكانيكا الكونتية، لكن الكاتب سيحاول ذلك في ما يسميه النظريات حول الحالات الفريدة التي تظهر أن حقل الجاذبية يكون قوياً جدّاً في حالتين على الأقل وهما "الانفجار الكبير" و"الثقوب المظلمة". وفي هذين الحقلين تلعب النظرية الكونتية دوراً مهمّاً.

٥- جزيئات بسيطة وقوى الطبيعة

كان "أرسطو" يعتقد أنّ المادة متصلة، بينما كان "ديموقريطس" يعتبر أن المادة غير متصلة وأنها مؤلفّة من عدد كبير من الذرات atomes (الكلمة يونانية وتعني القابل للقسمة). وسنة ١٩١١، بيَّن العالم "روثر فورد" أن للذرة بنية داخلية تتألّف من نواة صغيرة جداً يدور حولها عدد من الالكترونيات. وسنة ١٩٣٢، اكتشف العالم "جيمس شادويك" أن النواة تحتوي على جزيئات تسمى نوترونات بالإضافة إلى بروتونات، وأن تراطم هذه الأخيرة ببعضها يعطي ما يسمى "كلارك". ونحن نعلم أنّ الذرة والجزيئات التي تتكون منها هي كلها قابلة للقسمة، وأن كل شيء في الكون بما فيه الضوء والجاذبية، يمكن وصفه بواسطة الجزيئات التي تتمتع بخاصية اسمها "هبوط لولبي"، وأن كل جزيئات الكون تنقسم إلى قسمين: التي تتميز بنصف هبوط لولبي وهي تشكل مادة الكون، والتي تتميّز بهبوط لولبي يساوي الصفر أو الواحد أو الاثنين وهي التي تنتج القوة الفاعلة بين جزيئات المادة. وفي سنة ١٩٣٢، برهن العالم "بول ديراك" على وجود ما أسماه يوزيترون أو مضادات الالكترون، وهذا يعني أنه يوجد لكل جزيئة، جزيئة مضادة تلغيها.

أما الجزيئات التي تنتج القوة الفاعلة، فقد قسمها العلماء إلى أربعة أقسام. وهدف العلم الآن هو إيجاد نظرية توحد كل هذه القوى والتي هي: قوة الجاذبية والقوة الكهرمغنطيسية، وقوة التفاعل النووي الضعيف المسؤولة عن الإشعاعات وقوة التفاعل النووي القوي. وقوة الجاذبية التي هي ضعيفة على مستوى الجزيئة، هي فاعلة جداً على المستويات الكبيرة. وهذا يعني أن أثرها هو تصاعدي ويعني أيضاً أنّها هي التي تحدد تطوّر الكون. فعلى مستوى الأشياء التي هي بحجم نجم أو كوكب، القوة الجاذبة هي الأفعل بين كل القوى الأخرى ويمكنها أن تتسبب في الانهيار الكوكبي الذي ينتج عنه ما يسمى بالثقوب المظلمة.

٦- الثقوب المظلمة

إنّ مصطلح "الثقوب المظلمة" هو مصطلح حديث قال به لأوّل مرّة، سنة ١٩٦٩، العالم "جون ويلر" وذلك للإشارة إلى تصوّر بياني لفكرة عمرها حوالى المئتي سنة، تلك المرحلة التي كان يسودها نظريتان حول الضوء: نظرية "نيوتن" التي تقول إن بنية الضوء هي الجزيئات، والنظرية التي تقول إنّ الضوء هو عبارة عن موجات والميكانيكا الكونتية التي أثبتت أن الضوء هو، في الوقت نفسه، جزيئات وموجات، وهذا يعني أن الضوء هو، في الوقت نفسه، جزيئات وموجات، وهذا يعني أنّ الضوء، إذاً كان مؤلّفاً من جزيئات، فإنّه يخضع لقانون الجاذبية. وكان الاعتقاد السائد أن الضوء يتحرّك بسرعة غير محدودة، وهذا يعني أن لا تأثير للجاذبية عليه، أما حين برهن العالم "رومر" أن للضوء سرعة محددة، ثبت أن للجاذبية تأثيراً عليه. واستناداً إلى هذا التّأثير، نشر العالم "جون ميتشل" دراسة يشير فيها إلى أن نجماً قوي الكثافة يملك حقل جاذبية مرتفع القوة بشكل أنّه يمنع تسرّب الضوء خارجه، توقّف كل شعاع ينبثق من سطح هذا النجم، القوة الجاذبة التي يتمتع بها النجم، قبل أن يذهب بعيداً. وهذا يشكّل فراغات مظلمة في الفضاء تُسمّى الثقوب المظلمة.

ولكي نفهم كيف تتكون الثقوب المظلمة، علينا أن نعرف دورة حياة النجم. فكل نجم يتكوّن حين تبدأ كمية كبيرة من الغاز (غالباً الهيدروجين) في التراكم على ذاتها بفعل القوة الجاذبة، وهذا التراكم أو التقارب بين جزيئات الغاز، يرفع حرارة الغاز، وهذا الارتفاع في الحرارة يحول الهيدروجين إلى هيليوم، والحرارة الناتجة عن هذا التفاعل هي التي تعطي اللّمعان للنجم كما تزيد من ضغط الغاز بشكل تتساوى فيه قوة هذا الضغط مع القوة الجاذبة فيحصل نوع من التوازن يدوم طويلاً قبل أن تنتهي كمية الهيدروجين والمحروقات النووية الأخرى، حينها يدخل النجم في طور البرودة ويتقلص، فتتزايد القوة الجاذبة على سطحه مما يزيد في انحناء أشعة الضوء نحو الداخل وفي منعها تدريجيّاً من الخروج، ولهذا السبب يميل لون النجم إلى

الإحمرار، إلى أن يأتي وقت تنعكس فيه كل أشعة الضوء نحو الداخل، فيظهر مكان النجم مساحة فارغة ومظلمة تسمى الثقب الأسود.

في **الفصل السابع**، يتساءل الكاتب كيف يمكن للمرء أن يكتشف الثقوب المظلمة إن كان لا ينبثق منها أي شعاع ضوئي؟ ويجيب بما قال به العالم "جون ميتشل" الذي يعتبر أن الثقوب المظلمة تستمر بممارسة قوة جاذبة على الأشياء التي تحيط بها، ويضيف الكاتب أن الثقوب المظلمة ليست مظلمة بشكلٍ مطلق؛ فهي نجوم يميل لونها أكثر فأكثر إلى الإحمرار.

٨- أصل الكون ومصيره

إن نظرية "أنشتين" في النسبية العامة تقول إن "المكان- الزمان" بدأ بنوع من الفرادة، الانفجار الكبير، وأنّه سينتهي داخل ثقب مظلم. أمّا الكاتب فيحاول أن يوحد بين نظرية النسبية العامة والميكانيكا الكونتية ليبرهن أن "المكان- الزمان" هو متناهٍ ولكن من دون حدود، أي ليس له بداية وأنّه، بالتالي، لا يوجد لحظة خلق. وهو يعتبر أن الكون الذي كان شديد الحرارة، فقد حرارته تدريجيّاً بفعل التمدد، وهذا ما تثبته كل النظريات العلمية. ولكن يبقى عدد من الأسئلة من دون أجوبة وهي:

أ) لماذا كان الكون حارّاً جدّاً؟

ب) لماذا الكون متماثل التكون على نطاق واسع؟

ج) لماذا بدأ الكون تمدده بمعدل معين؟

د) على الرّغم من التماثل بين أجزاء الكون، هناك بعض الخروقات لهذا التماثل فما هو سببها؟

يقول الكاتب إن نظرية النسبية العامة لا تستطيع الإجابة على هذه الأسئلة، لأنّه بالنسبة إليها، "المكان- الزمان" يملك حدوداً، أي أن له بداية في الانفجار الكبير ولأن قوانين الفيزياء تنعدم في الفرادة النسبية العامة. ولكي نستطيع معرفة بداية الكون، نحتاج إلى قوانين تصمد أمام بداية الزمان. فإذا صدقت قوانين النسبية العامة، علينا إيجاد قوانين خاصة بنقطة البدء التي تُعتبر من حالات الفرادة. ويمكننا ذلك، لكننا لا نستطيع البرهنة على صحتها أو خطئها. ولهذا السبب يتبيّن أن نظرية النسبية

العامة لم تعد وصفاً جيّداً للكون، ومع ذلك علينا الاستعانة بالنظرية الكونتية للجاذبية للبحث في حالات الكون البدائية.

ويبرهن الكاتب أنّه في النظرية الكونتية، يمكن تطبيق قوانين الفيزياء حيثما كان وحتى في بداية الزمان، لأنّنا لسنا بحاجة إلى ما يسمّى بالفرادة في هذه النظريّة. ففي النظرية الكلاسيكية المبنية على "مكان- زمان" واقعي، لا يوجد إلاّ طريقتان لمسيرة الكون: أو أنّه يوجد منذ زمن لا متناهٍ، أو أن له بداية في فرادة محددة في الماضي. أمّا في النظرية الكونتية، فيوجد حل ثالث وهو أنّه يمكن لل"مكان- زمان" أن يكون كسطح الأرض مع إضافة بعدين آخرين؛ فسطح الأرض محدود التمدد ولكن ليس له حدود أو حافة. وينهي الكاتب كلامه قائلاً: لا يمكنه أن يُخلق أو يُدمر، لا يمكنه إلاّ أن يكون. وطالما أننا نعتبر أن للكون بداية، فهذا يفترض وجود خالق، لكن إذا كان، في الحقيقة، يحتوي ذاته وأنه من دون حدود ولا حافة فهذا يعني أن ليس له بداية ولا نهاية، فهو موجود فقط. وهنا يُطرح السؤال حول ما يبقى لدور خالق ما.

٩- سهم الزمان

في كل نظام مغلق، يزداد عدم الانتظام مع مرور الزمن. وتزايد الاختلال في النظام هو مَثَلٌ لما نسمّيه "سهم الزمان"، الذي منه ثلاثة أنواع:

١) السهم الترموديناميي، وهو اتّجاه الزمان حيث يزداد الاختلال.

٢) السهم النفساني، وهو الاتجاه الذي يشعر بمرور الزمن، وفيه نتذكر الماضي لا المستقبل.

٣) السهم الكوسمولوجي، وهو اتّجاه الزمان حيث يتمدد الكون بدل أن يتقلص.

ويوجز الكاتب القول بأن قوانين الفيزياء لا تميّز بين اتجاهات نحو المستقبل أو نحو الماضي في الزمان، ولكن الأسهم الثلاثة السابقة هي التي تسمح بالتمييز بين الماضي والمستقبل. وأخيراً يحاول الكاتب أن يبيّن أنّ السّهم الترموديناميي وأنّهما يصوبان نحو اتجاه واحد. ومقولة "لا حافة" تسمح لنا بالقول بوجود سهم للزمان الترموديناميي واضح للتحديد، لأنّه من الضروري أن يبدأ الكون بحالة

منتظمة. والسبب الذي يدفعنا إلى اعتبار أن السّهم الترموديناميي يلتصق بالسّهم الكوسمولوجي هو أن الكائنات لا يمكنها أن تعيش إلاّ في مرحلة التمدد.

١٠- توحيد الفيزياء

يعتبر الكاتب أنّ هدف العلم هو صياغة مجموعة من القوانين القادرة على أن تتنبأ بالأحداث، وذلك ضمن حدود مبدأ الشك. وكان العلماء مشغولين بتطوير نظريات تصف ما هو الكون، لكنهم لم تساءلوا لماذا الكون؟ وهو سؤال يُعتبر من مهمات الفلسفة. ولكن التطوّر السّريع للعلم وتشعباته وتحوله إلى صياغات رياضية، أقصى الفلاسفة الذين كانوا حتى القرن الثامن عشر يعتبرون أن كل المجالات العلمية هي من اختصاصهم. ولكن في حال إيجاد نظرية موحدة وكاملة للعلم، ستصبح، يوماً ما، مفهومة من كل الناس كما حصل مع نظرية أنشتاين، وعندها نستطيع جميعاً، علماء وفلاسفة وأناس عاديون، أن نشارك في البحث حول معرفة وجود الكون ولماذا وُجدنا. وإذا استطعنا إيجاد الأجوبة على هذه الأسئلة. نكون قد حققنا النصر الأكبر للعقل البشري وفي الوقت نفسه، عرفنا فكر الله.

وينتهي الكتاب بثلاثة مقاطع قصيرة حول "أنشتاين" و"غاليله" و"نيوتن".