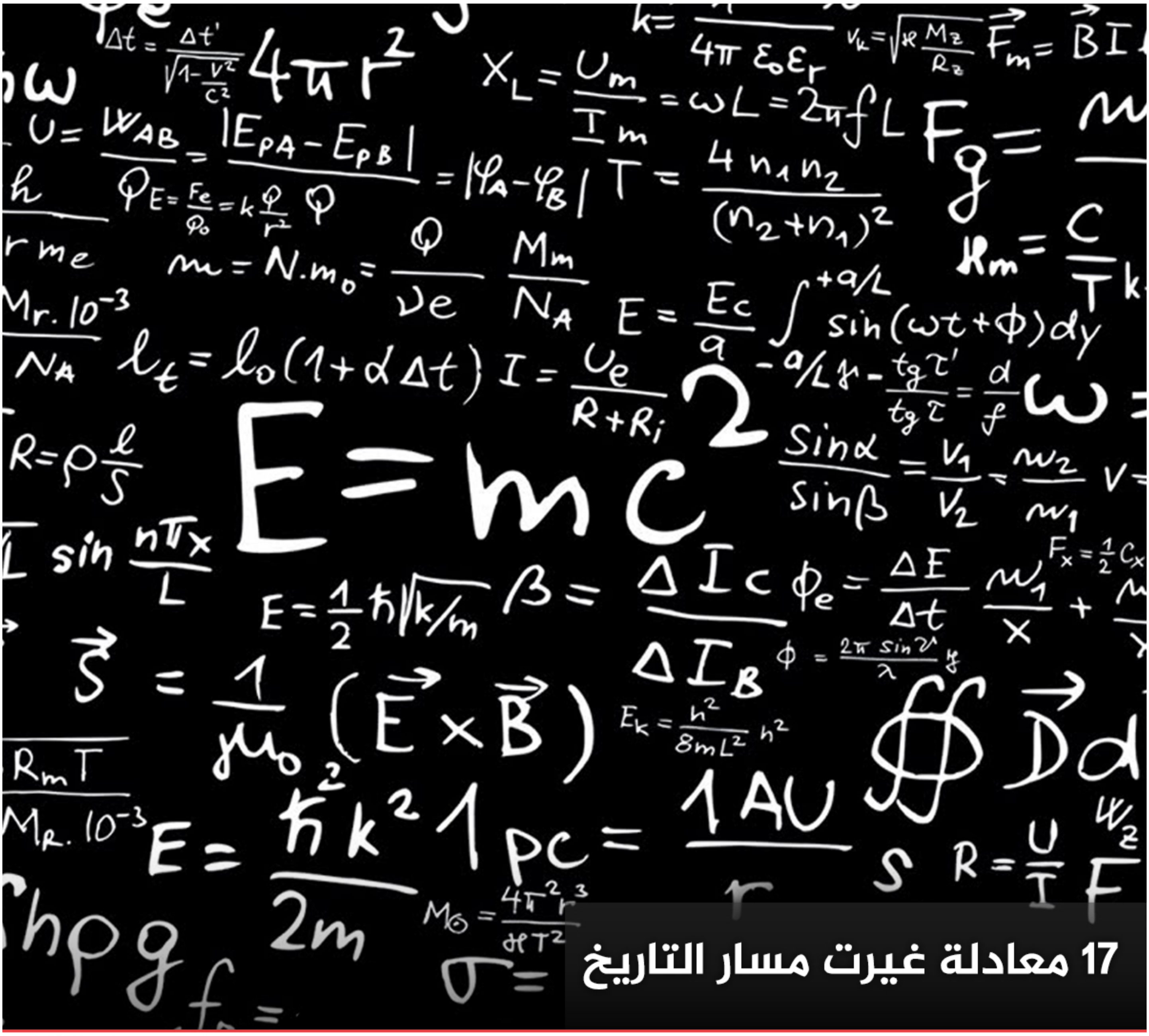
17 معادلة غيرت مسار التاريخ



الرياضيات تحيط بنا، وقد شكلت فهمنا للعالم بطرق لا تُعد

في 2013، نشر الرياضي والمؤلف العلمي إيان ستيورات **Ian Stewart** كتابًا عن 17 معادلةً غيرت العالم. لقد صادفنا هذا الجدول المتناغم على حساب الدكتور بول كوكسون **Dr. Paul Coxon's** على تويتر وهو مدرس الرياضيات، والمدون لاري فيليبس **Larry Phillips** الذي لخّص المعادلات. (أدناه تجدون تفسيرنا لكل منها):

17 Equations That Changed the World
by Ian Stewart

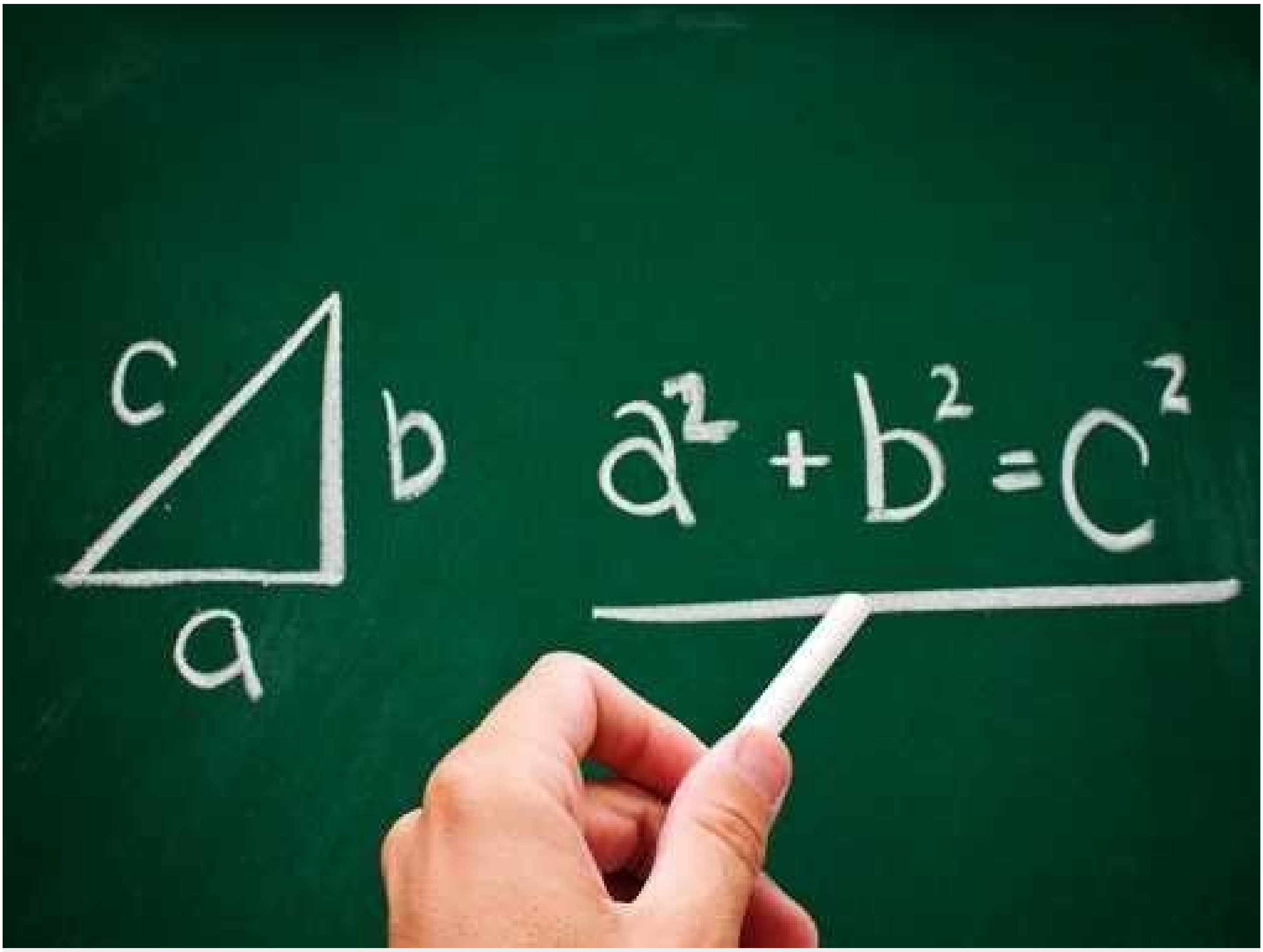
1.	**Pythagoras's Theorem**	$a^2 + b^2 = c^2$	Pythagoras,530 BC
2.	**Logarithms**	$\log xy = \log x + \log y$	John Napier, 1610
3.	**Calculus**	$\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}t} = \lim_{h \to 0} \frac{f(t+h) - f(t)}{h}$	Newton, 1668
4.	**Law of Gravity**	$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$	Newton, 1687
5.	**The Square Root of Minus One**	$i^2 = -1$	Euler, 1750
6.	**Euler's Formula for Polyhedra**	$V - E + F = 2$	Euler, 1751
7.	**Normal Distribution**	$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\rho}} e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\rho^2}}$	C.F. Gauss, 1810
8.	**Wave Equation**	$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$	J. d'Almbert, 1746
9.	**Fourier Transform**	$f(\omega) = \int_{\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i x \omega} \mathrm{d}x$	J. Fourier, 1822
10.	**Navier-Stokes Equation**	$\rho\left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v}\right) = -\nabla p + \nabla \cdot \mathbf{T} + \mathbf{f}$	C. Navier, G. Stokes, 1845
11.	**Maxwell's Equations**	$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$ $\quad \nabla \cdot \mathbf{H} = 0$ $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}$ $\quad \nabla \times \mathbf{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t}$	J.C. Maxwell, 1865
12.	**Second Law of Thermodynamics**	$\mathrm{d}S \geq 0$	L. Boltzmann, 1874
13.	**Relativity**	$E = mc^2$	Einstein, 1905
14.	**Schrodinger's Equation**	$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi = H\Psi$	E. Schrodinger, 1927
15.	**Information Theory**	$H = -\sum p(x) \log p(x)$	C. Shannon, 1949
16.	**Chaos Theory**	$x_{t+1} = kx_t(1 - x_t)$	Robert May, 1975
17.	**Black-Scholes Equation**	$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS\frac{\partial V}{\partial S} + \frac{\partial V}{\partial t} - rV = 0$	F. Black, M. Scholes, 1990

حقوق الصورة: Larry Phillips, via @paulcoxon on Twitter

إليكم المزيد عن هذه المعادلات المدهشة التي قد صاغت الرياضيات والتاريخ البشري

1- نظرية فيثاغورس (**The Pythagorean Theorem**):

هذه النظرية هي أساس فهمنا لعلم الهندسة. فهي تصف العلاقة بين أضلاع مثلث قائم الزاوية على مستو مسطح، ربّع طولي الأضلاع القصيرة **a** و**b** واجمعهما فتحصل على مربع طول الضلع الطويل **c**.



حقوق الصورة: Shutterstock/ igor.stevanovic

هذه العلاقة، بطريقة أو بأخرى، تفرق في الواقع بين هندستنا الإقليدية المسطحة العادية والهندسة غير الإقليدية المنحنية. على سبيل المثال، مثلث قائم الزاوية مرسوم على سطح كرة لا يستلزم اتباع نظرية فيثاغورس.

2- اللوغاريتمات (**Logarithms**):

اللوغاريتمات هي عكس الدالات الأسية (**exponential functions**). حيث إن لوغاريتم أساسٍ معينٍ يخبرك ما القوة التي تحتاج أن ترفعها لذلك الأساس للحصول على عدد معين. على سبيل المثال،

(\.log(100) = 2, since 100 = 10^2 و ;log(1) = 0, since 1 = 10^0; log(10) = 1, since 10 = 10^1)\

المعادلة في مخطط المعادلات

(\(ab) = log(a) + log(b))\

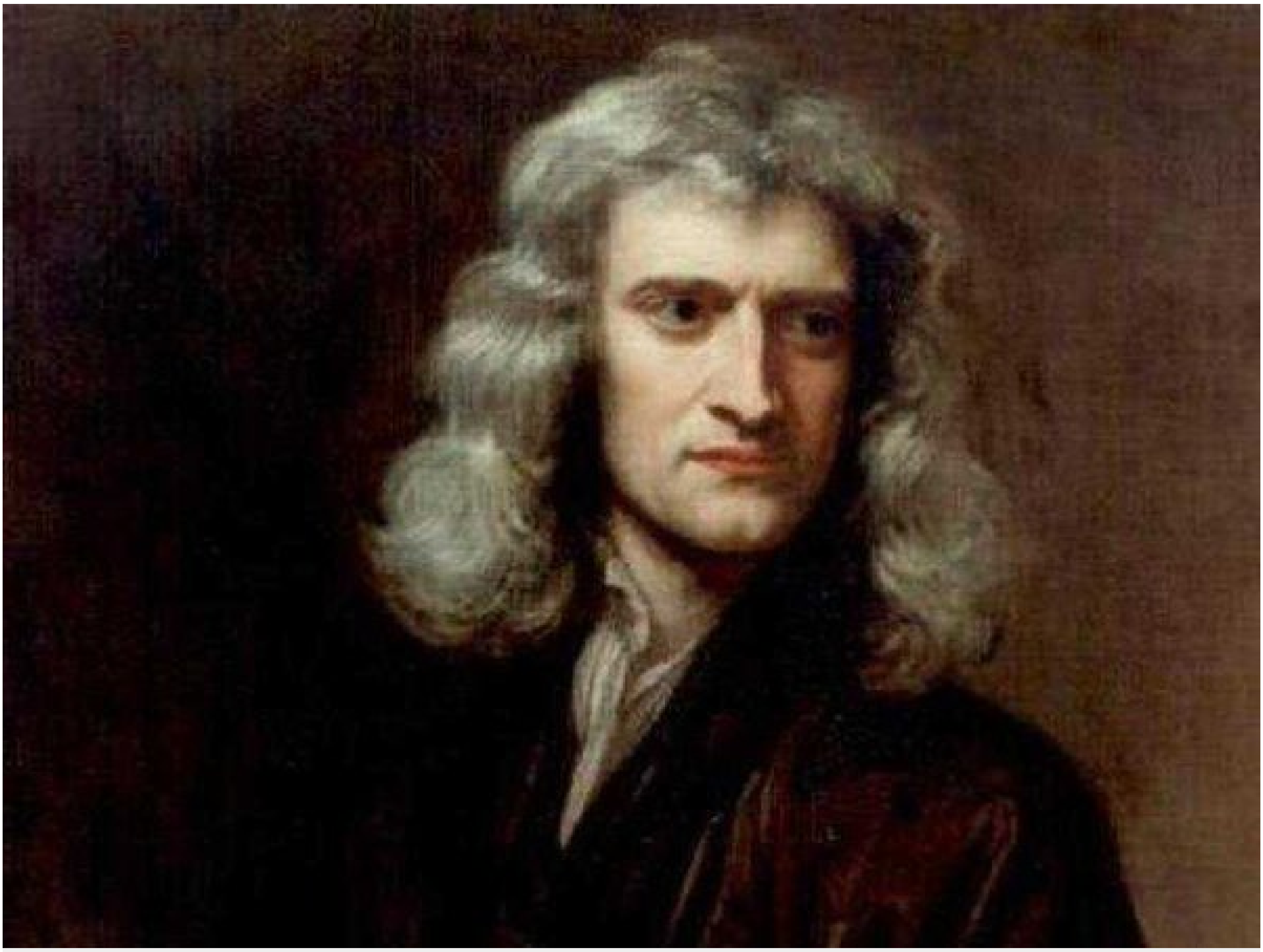
هي واحدة من أكثر تطبيقات اللوغاريتمات فائدة، إذ تحول الضرب إلى جمع.

إلى حين تطور الحواسيب الرقمية، كانت هذه هي الطريقة الأكثر شيوعًا لضرب الأرقام الكبيرة ببعضها بسرعة، وسرّعت للغاية من إجراء الحسابات في الفيزياء والفلك والهندسة.

3- التفاضل والتكامل (**Calculus**):
الصيغة المُعطاة هنا هي تعريف الاشتقاق (**derivative**) في التفاضل والتكامل. يقيس الاشتقاق المقدار الذي تتغيره قيمة ما. مثال، يمكننا التفكير بالسرعة، على أنها الاشتقاق من الموضع ـ فإذا كنت تسير بسرعة 3 أميال في الساعة، إذًا كل ساعة تكون قد غيرت موضعك بمقدار 3 أميال.

طبيعيًا، تهتم الكثير من العلوم بفهم كيفية تغيّر الأشياء، فالاشتقاق والتكامل (**integral**) يشغلان قلب كيفية فهم الرياضيين والعلماء للتغير.

4- قانون الجاذبية (**Law of Gravity**):



إسحاق نيوتن Isaac Newton حقوق الصورة: Wikimedia Commons

إن قانون نيوتن في الجذب يبين قوة الجاذبية بين جسمين **F**، ضمن حدود ثابت كوني **G**، كتلتا الجسمين **m1** و**m2** والمسافة بين الجسمين **r**. قانون نيوتن هو جزء بارز من التاريخ العلمي ـ فهو يفسر، بشكل تام تقريبًا، لماذا تتحرك الكواكب بالطريقة هذه، ومن الملحوظ أيضًا طبيعته الكونية ـ فهذه ليست فقط كيفية عمل الجاذبية على الأرض أو في نظامنا الشمسي، بل في أي مكان في الكون.

صمدت جاذبية نيوتن بشكل جيد جدًا لمئتي عام، ولم تعد كذلك منذ نظرية أينشتاين في النسبية العامة التي قد تحل محلها.

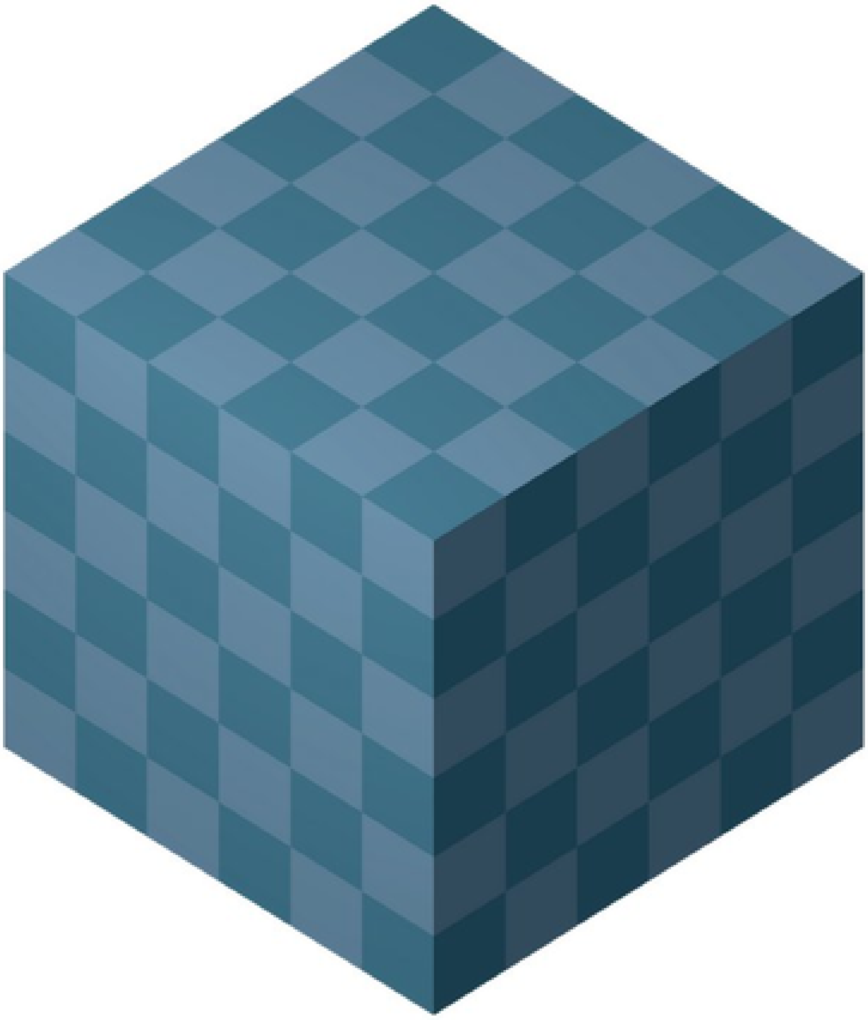
5- الجذر التربيعي لـ (**1-**):
لطالما عمل الرياضيون على توسيع الفكرة عن ماهية الأعداد في الواقع، انطلاقًا من الأعداد الطبيعية وإلى الأعداد السالبة والكسور وحتى الأعداد الحقيقية.
إن الجذر التربيعي للعدد -1، يُكتب **i** عادةً، يكمل هذه العملية مسفرًا عن الأعداد العقدية.

رياضيًا، الأعداد العقدية (**complex numbers**) فائقة الروعة. فالجبر يعمل تمامًا بالطريقة التي نريدها منه. يوجد لأي معادلة حلٌ بالأعداد العقدية، وهي حالة غير صحيحة بالنسبة للأعداد الحقيقية، فمثلًا $x^2 + 4 = 0$ ليس لها حل بالأعداد الحقيقية، ولكن لها حل معقد: الجذر التربيعي لـ **4-** أو **2i**. من الممكن أن يمتد التفاضل والتكامل إلى الأعداد العقدية، وبفعل هذا، نجد بعض التناظرات

والخواص لهذه الأعداد. تجعل هذه الخواص الأعداد العقدية جوهريةً في الإلكترونيات ومعالجة الإشارة.

6- صيغة أويلر للأشكال متعددة السطوح (**Euler's Polyhedra Formula**):

الأشكال متعددة السطوح هي النسخ ثلاثية الأبعاد عن المُضلعات، كالمكعب في الصورة. تسمى زوايا متعدد السطوح بالرؤوس، والخطوط الواصلة بين الرؤوس هي الحروف، والمضلعات التي تغطيه تسمى الوجوه.



مكعب حقوق الصورة: Wikimedia Commons

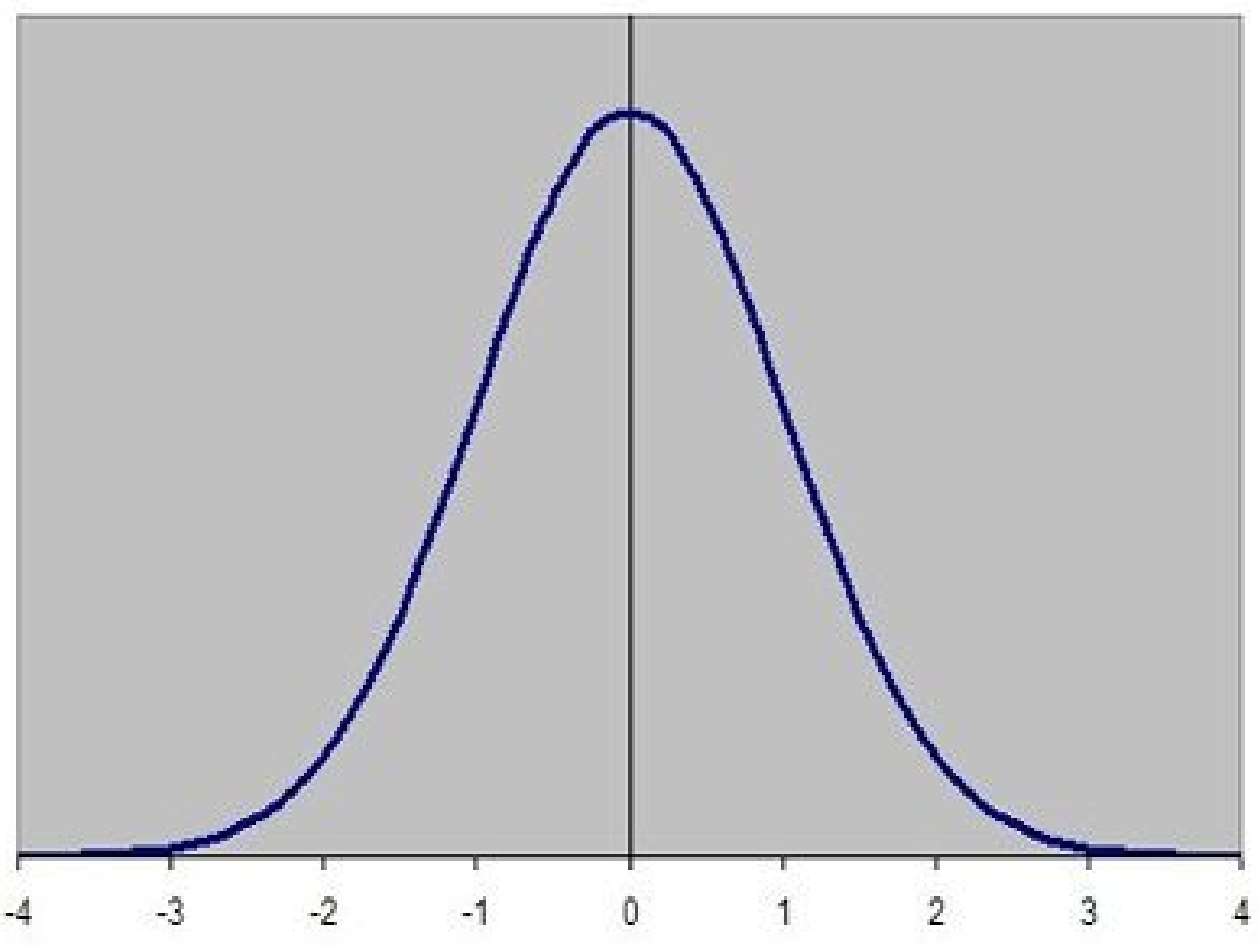
لدى مكعب 8 رؤوس و12 حرفاً و6 وجوه. إذا جمعتُ الرؤوس والوجوه إلى بعضها وطرحت منها الحروف، أحصل على 8 + 6 ـ 12 = 2.

تذكر صيغة يولر، ما دام متعدد السطوح خاصتك حسن السلوك إلى حد ما، أنه إذا جمعت الرؤوس والوجوه مع بعضها وقسمت الحروف فستحصل دائمًا على 2. سيكون هذا صحيحًا في حال كان عدد وجوه متعدد السطوح 4 أو 8 أو 12 أو 20 أو أي عددٍ كان.

كانت ملاحظة أويلر واحدة من الأمثلة الأولى عما يُلقب اليوم بالثابت الطوبولوجي، وهو عدد ما أو خاصية ما مشتركة بين زمرة من الأشكال المتشابهة في بينها. إن زمرة متعددات السطوح "حسنة السلوك" جميعها لديها(V + F – E = 2\). فقد مهدت هذه الملاحظة، بالإضافة إلى حل أويلر لمعضلة جسور كونيغسبورغ **the Bridges of Konigsburg problem**، الطريق إلى تطور الطوبولوجيا، وهو فرع من الرياضيات أساسيٌ للفيزياء الحديثة.

7- التوزيع الطبيعي (Normal distribution):

إن التوزيع الاحتمالي الطبيعي ذو مخطط المنحني الجرسي المعروف، المُبين في الصورة، واسع الانتشار في الإحصاء.



المنحني الجرسي، التوزيع الطبيعي. المصدر: economicshelp.org

يُستخدم المنحني الطبيعي في الفيزياء والبيولوجيا والعلوم الاجتماعية لصياغة الخصائص المختلفة. أحد أسباب تواجد المنحني الطبيعي بشكل شائع هو أنه يوضح سلوك مجموعات كبيرة من العمليات المستقلة.

8- المعادلة الموجية (Wave Equation):

هذه معادلة تفاضلية (**differential equation**)، أو معادلةٌ تبين كيفية تغير خاصية ما عبر الزمن تحت شروط مشتق الخاصية، كما في الصورة. تشرح المعادلة الموجية سلوك الموجات، كوتر غيتار مهتز أو تموجات في بركة بعد رمي حجر أو ضوء قادم من مصباح

متوهج. كانت المعادلة الموجية معادلة تفاضلية مبكرة، والتقنيات التي تطورت لحل المعادلة فتحت الباب إلى فهم المعادلات التفاضلية الأخرى أيضًا.

9- تحويل فورييه (Fourier Transform):

إن تحويل فورييه أساسي لفهم بنى موجية أكثر تعقيدًا، ككلام البشر. بفرض دالة موجية متشابكة ومختلطة كتسجيلٍ لشخص يتكلم، يتيح لنا تحويل فورييه كسر الدالة المختلطة إلى تركيب من عددٍ من الموجات البسيطة، مبسطًا التحليل بشكل عظيم.

يمثل تحويل فورييه لب معالجة الإشارة الحديث والتحليل وضغط البيانات.

10- معادلات نافييه–ستوكس (Navier-Stokes Equations):

كما معادلة الموجة، هذه معادلة تفاضلية. تشرح معادلات نافييه–ستوكس سلوك الموائع المنسابة –ماءٌ يتحرك عبر ماسورة، أو جريان الهواء فوق جناح طائرة، أو دخان يتصاعد من سيجارة– في حين لدينا حلول تقريبية لمعادلات نافييه–ستوكس تتيح للحواسيب محاكاة حركة الموائع بشكل جيد إلى حد ما، لا يزال هناك سؤال مفتوح (بجائزة مليون دولار) فيما إذا كان ممكنًا إنشاء حلول رياضية محكمة لهذه المعادلات.

11- معادلات ماكسويل (Maxwell's Equations):

تبين هذه المجموعة المكونة من أربع معادلات تفاضلية سلوك الكهرباء (**E**) والمغناطيسية (**H**) والعلاقة بينهما.

إن معادلات ماكسويل بالنسبة للكهرومغناطيسية التقليدية، مثلُ قوانين نيوتن للحركة وقانون الجاذبية الكونية بالنسبة للميكانيك التقليدي، فهي أساس تفسيرنا لكيفية عمل الكهرومغناطيسية على معيار يوم إلى يوم. وكما سنرى على أي حال، ترتكز الفيزياء الحديثة على تفسيرات الفيزياء الكمومية للكهرومغناطيسية، ومن الجلي الآن أن هذه المعادلات الأنيقة هي فقط تقريب يعمل جيدًا على المقاييس البشرية.

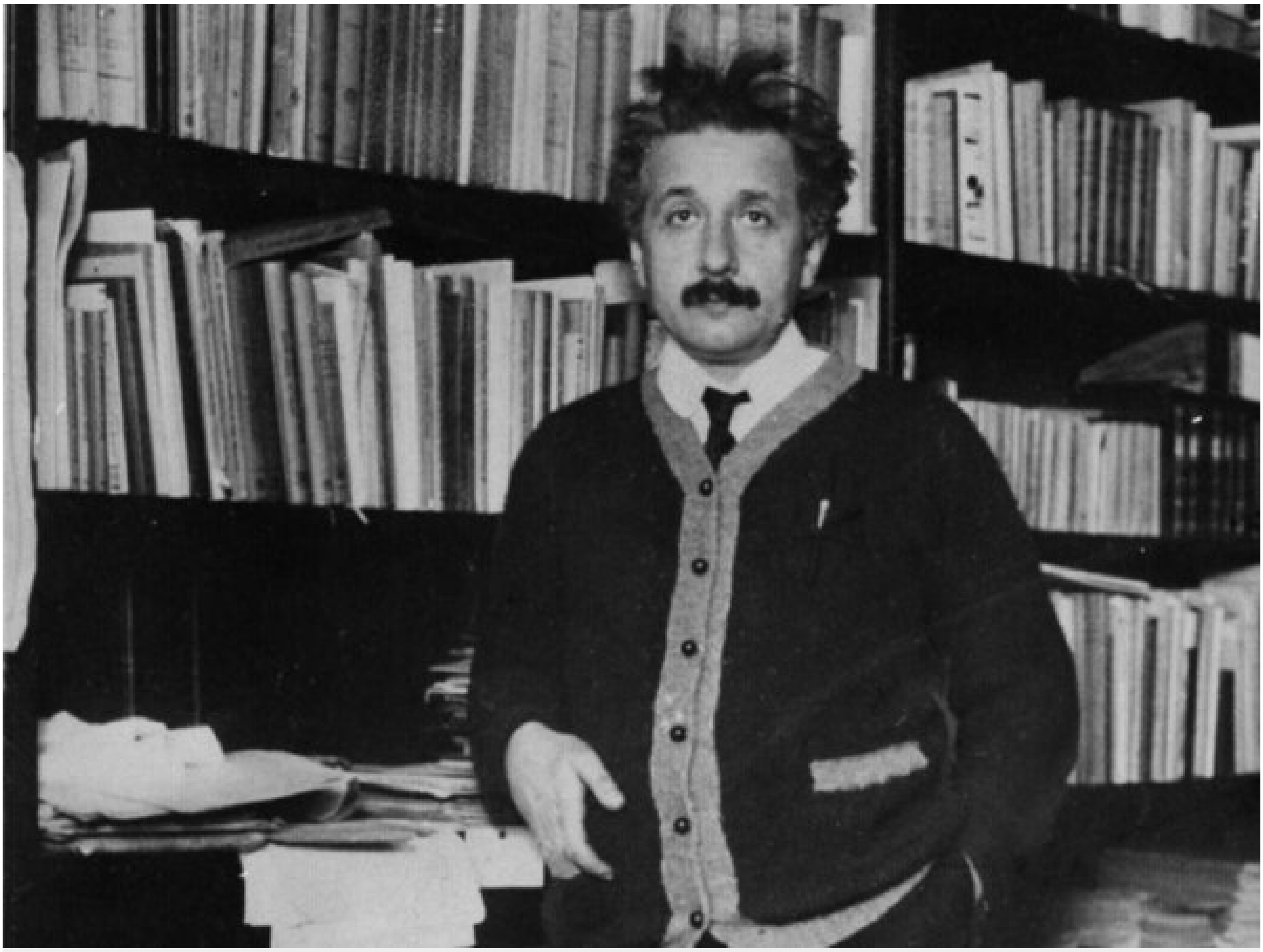
12- القانون الثاني في الترموديناميك (Second Law of Thermodynamics):

يفيد هذا القانون أنه، في نظام مغلق، الإنتروبي (**S**) دائمًا ثابتة أو في ازدياد. إن إنتروبية الترموديناميك، بكلام تقريبي، هي قياس لمدى فوضوية نظام. فالنظام الذي ينشأ في طور منظم متفاوت –لنفرض، منطقة حارة بجوار منطقة باردة– سيميل دائمًا لموازنة الخارج، بالحرارة المتدفقة من المنطقة الحارة إلى المنطقة الباردة، إلى أن تتوزع بالتساوي.

إن القانون الثاني في الترموديناميك هو واحد من الحالات القليلة في الفيزياء التي يكون الزمن فيها مهمًا بهذه الطريقة. معظم العمليات الفيزيائية عكوسة، أي يمكننا إجراء المعادلات إلى الخلف بدون إفساد أي شيء. لكنّ القانون الثاني يسير فقط في هذا الاتجاه. إذا وضعنا مكعب ثلج في كوب من القهوة الساخنة، نرى مكعب الثلج يذوب دائمًا ولا نرى القهوة تتجمد إطلاقًا.

13- النسبية (Relativity):

عدل أينشتاين جذريًا نهج الفيزياء بنظرياته في النسبية الخاصة والعامة. تفيد المعادلة التقليدية \(E=mc^2 \)أن الكتلة والطاقة متناسبتان. أدخلت النسبية الخاصة أفكارًا من مثل أن سرعة الضوء هي السرعة القصوى الكونية وأن مرور الزمن يختلف بالنسبة للأشخاص الذين يتحركون بسرعات مختلفة.



ألبرت أينشتاين Albert Einstein. المصدر: Associated Press

تصف النسبية العامة الجاذبية على أنها انحناءٌ وانثناءٌ في الزمان والمكان أنفسهما، وكانت التغيّر الجوهري الأول في فهمنا للجاذبية منذ قانون نيوتن. إن النسبية العامة أساسية لفهمنا للأصول والبنية والمصير الختامي لكوننا.

14- معادلة شرودينجر (**Schrodinger's Equation**):
هذه هي المعادلة الرئيسة في ميكانيك الكم. فكما تشرح النسبية العامة كوننا ضمن أكبر مقاييسه، تحكم هذه المعادلة سلوك الذرات والجسيمات تحت الذرية.

ميكانيكا الكم الحديثة والنسبية العامة هما النظريتان الأكثر نجاحًا في التاريخ، فكل الملاحظات التجريبية التي قد أنشأناها حتى تاريخه متوافقةٌ كليًا مع توقعات النظريتين. ميكانيكا الكم ضرورية أيضًا لمعظم التكنولوجيا الحديثة، إذ إن الطاقة النووية والحواسيب ذات الأساس شبه الموصل والليزرات هي كلها مبنية حول ظواهر كمومية.

15- نظرية المعلومات (**Information Theory**):
المعادلة المعطاة هنا هي إنتروبي معلومات شانون (**Shannon information entropy**). كما في إنتروبي الترموديناميك المبينة في الأعلى، هذه مقياسٌ لعدم الانتظام. في هذه الحالة، إنها تقيس محتوى المعلومات في رسالة (كتاب أو صورة **JPEG** مُرسلة عبر الإنترنت

أو أي شيء يمكن تمثيله بالرموز). تمثل إنتروبي شانون لرسالة تضييقًا أدنى على المقدار الذي يمكن أن تُضغط إليه الرسالة دون أن تفقد بعضًا من محتوياتها.

أطلق مقياس إنتروبي شانون الدراسة الرياضية للمعلومات، كما أن نتائجه أساسية في كيفية تواصلنا عبر الشبكات اليوم.

16- نظرية الفوضى (**Chaos Theory**):

هذه المعادلة هي خريطة مايو/أيار اللوجستية. وهي تشرح عملية متطورة عبر الزمن:\(x_{t+1}\)، رتبة كمية ما **x** في دورة الزمن التالية. ومُعطاة في الصيغة التي في الصورة وتعتمد على **xt** وهو مستوى **x** في اللحظة الحالية. **k** هو ثابتٌ مختار. من أجل قيم مؤكدة من **k**، تبين الخريطة السلوك الفوضوي أنه إذا بدأنا عند قيمة ابتدائية محددة ما لـ **x**، ستتطور العملية بطريقة واحدة، ولكن إذا بدأنا عند قيمة ابتدائية أخرى حتى إن كانت قريبة جدًا جدًا للقيمة الأولى، ستتطور العملية بطريقة مختلفة كليًا.

نرى السلوك الفوضوي ـأي السلوك الحساس للظروف الابتدائيةـ في العديد من المجالات. الطقس كمثال كلاسيكي، فتغيّر صغير في الظروف الجوية في أحد الأيام قد يقود إلى أنظمة طقس مختلفة تمامًا في الأيام القليلة التالية، من الشائع تصورها بفكرة أن فراشة ترفرف أجنحتها على قارة متسببةً بإعصار على قارة أخرى.

17- معادلة بلاكـشول (**Black-Scholes Equation**):

هنا بعض التجار في قاعة S&P 500 الخاصة لتداول الاختيارات في سوق عقود بورصة شيكاغو (CBOE). لن تجد شخصًا واحدًا هنا لم يسبق له السماع عن معادلات بلاكـشول. المصدر: REUTERS/Frank Polich.

إنها معادلة تفاضلية أخرى، تشرح بلاكـشول كيف يجد خبراء المال والتجار الأسعار للمشتقات. المشتقات (**Derivatives**) منتجاتٌ

ماليةٌ ترتكز على بعض الأصول محل العقد (**underlying asset**) [1] مثل سهم، هي جزء جوهري من النظام المالي الحديث.

تتيح معادلة بلاك-شول لمحترفي الأعمال المالية أن يحسبوا قيمة تلك المنتجات المالية، اعتمادًا على خصائص المشتق والأصول محل العقد.

ملاحظات

---

[1]الأصول التي تمثل موضوع العقد>

- التاريخ: 2017-01-23
- التصنيف: أسئلة كُبرى

#الرياضيات #معادلة شرودنغر #نظرية فيثاغورس #معادلة أويلر #المعادلات الاساسية

المصطلحات

- **الإنتروبي (entropy)**: هو كمية الطاقة غير المتاحة للقيام بعمل في نظام فيزيائي، وقد أطلق عليه كلاوزيوس مصطلح الإنتروبي ملهماً بكلمة tropi التي تعني التحول، واختيرت لتكون أقرب ما يُمكن من كلمة الطاقة (energy)، ويقول أشهر قوانين الطبيعة المعروف بالقانون الثاني في الترموديناميك "لا يُمكن لانتروبي نظام فيزيائي مغلق أن يتناقص أبداً".
- **الجاذبية (gravity)**: قوة جذب فيزيائي متبادلة بين جسمين.
- **الأيونات أو الشوارد (Ions)**: الأيون أو الشاردة هو عبارة عن ذرة تم تجريدها من الكترون أو أكثر، مما يُعطيها شحنة موجبة.وتسمى أيوناً موجباً، وقد تكون ذرة اكتسبت الكتروناً أو أكثر فتصبح ذات شحنة سالبة وتسمى أيوناً سالباً
- **معهد أبحاث الفضاء في روسيا، و هو تابع لأكاديمية العلوم الروسية. (IKI)**: معهد أبحاث الفضاء في روسيا، و هو تابع لأكاديمية العلوم الروسية.

المصادر

- businessinsider
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - ليلاس قزيز
- مُراجعة
  - ريم المير أبو عجيب
- تحرير

- روان زيدان
- تصميم
  - هادي أبو حسون
- نشر
  - مي الشاهد