Най-прочутите уравнения

През м. май, 2003 г. списание *Physics World* отправя покана към читателите си да участват в анкета за определяне на 20-те най-прочути уравнения (колкото и неопределено да звучи терминът “прочуто уравнение”, както и неяснотата около това кое е уравнение, кое – просто формула, теорема или закон). На поканата се отзовават 120 читатели, чиито предложения обхващат около 50 уравнения. Въз основа на отговорите е направена поместената по-долу класация. Класираните на първите две места уравнения са споменати в предложенията на около 20 участници в допитването. Останалите са споменати от 2 до 10 пъти.

1. Уравненията на Максуел:

$$rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad rot\vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{I} \qquad div\vec{D} = k \qquad div\vec{B} = 0,$$

където k и $\vec{I}$ са плътностите на зарядите и токовете, $\vec{E}, \vec{H}, \vec{D}$ и $\vec{B}$ – интензитетите и индукциите съответно на електричното и на магнитното поле.

2. Уравнението на Ойлер:

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

– най-простата връзка между нулата, реалната и имагинерната единица и двете фундаментални математични константи основата на естествените логаритми e и Лудолфовото число π.

Записано във вида:

$$e^{i\pi} = -1,$$

същото уравнение дава възможност да се удивляваме и на друго: **то свързва четири от най-важните числа, въведени в математиката в съвсем различни епохи**. Наистина, π е въведено още в древността – като отношение между дължината на окръжността и диаметъра й; отрицателните числа, –1, се появяват в математиката през Ренесанса, а основата на естествените логаритми, *e*, и имагинерната единица, *i*, едва през 19. век!

3. Вторият закон на Нютон:

$$\vec{F} = m\vec{a}.$$

4. Питагоровата теорема:

$$a^2 + b^2 = c^2.$$

5. Уравнението на Шрьодингер:

$$H\Psi = E\Psi.$$

6. Връзката между маса и енергия:

$$E = mc^2.$$

7. Формулата на Болцман:

$$S = k \ln W,$$

където S е ентропията на едно състояние, W – вероятността за реализацията му, а k – константата на Болцман.

8. Равенството:

$$1 + 1 = 2.$$

9. Принципа на най-малкото действие:

$$\delta S = 0.$$

10. Формулата на Де Бройл:

$$\lambda = \frac{h}{p},$$

където λ е дължината на вълната на Де Бройл за частица с импулс p, а h е константата на Планк.

По-долу следва статията на Питър Роджърс от октомврийската книжка на същото списание, писана по повод споменатата анкета – по същество една възхвала на уравненията на Максуел.

Пръв между равни

П. Роджърс

Докато пишел *Кратка история на времето*, на Стивън Хокинг казали, че всяко уравнение, включено в книгата, ще намали продажбите наполовина. След като решил изобщо да не пише уравнения, Хокинг все пак направил едно изключение за $E = mc^2$, а книгата му се продала в милиони екземпляри. *Physics World* се старае да минимизира използването на уравнения, за да максимализира броя на читателите си, но тази книжка на списанието е едно изключение: съобщава резултатите от анкетата, целяща да открие **“най-прочутото за всички времена уравнение”**. Опитът не може да се смята за строг и представителен, тъй като отговори изпратиха само около 120 читатели, и за пръв път победителят не е Айнщайн.

Двайсетина уравнения бяха номинирани от двама или повече участници в анкетата, но две много различни едно от друго уравнения се оказаха значително по-прочути от останалите – уравненията на Максуел от електродинамиката и уравнението на Ойлер. Докато последното е едно съотношение с наистина смущаваща красота и простота, неговата връзка с физичния свят не е очевидна.

От друга страна уравненията на Максуел вдъхновиха много от великите теории на 20. век, като между другото за пръв път поставиха електричеството, магнетизма и оптиката на солидна теоретична основа. Наред с другите открития, Максуел използва четирите си уравнения, които за пръв път се появяват през 50-те години на 19. век и приемат окончателната си форма през 1873 г., за да пресметне скоростта на светлината и да предскаже съществуването на електромагнитните вълни с дължина на вълната извън диапазона на видимата светлина. Описвайки уравненията на Максуел, Хенрих Херц казва веднъж: “Човек не може да се отърве от усещането..., че те притежават някакъв свой интелект, че са по-умни от нас, по-умни дори от хората, които са ги открили, че ние получаваме от тях повече, отколкото поначало е заложено в тях.” Така стана и когато Айнщайн комбинира уравненията на Максуел с принципа на относителността, за да получи връзката $E = mc^2$. А по-късно Дирак приложи към тях квантовата теория и достигна до формулировката на своето уравнение за електрона, полагайки основите на квантовата електродинамика.

Уравненията на Максуел притежават и друго много “тънко” свойство – локална калибровъчна инвариантност – макар че то не бе осъзнато, докато преди повече от 50 години Чен-Нинг (Франк) Янг и Роберт Милс не публикуваха основополагащата си статия за силното взаимодействие (1954, *Phys.Rev.* **96** 191). Днес е известно, че локалната калибровъчна инвариантност е основен отличителен белег както на силното, така и на електрослабото взаимодействие, а уравненията на Янг–Милс се използват за описание на тези две сили в Стандартния модел на физиката на частиците.

Казано по-просто, калибровъчната инвариантност, или симетрия, означава, че нещо – например електричният потенциал в електродинамиката може да бъде “прекалибриран” или променен така, че това да няма наблюдаем ефект. Локалната калибровъчна инвариантност от своя страна означава, че електричният потенциал може да бъде променен с различни величини в различните точки на пространство-времето, без пи това да се променят уравненията на Максуел. Наистина, някои теоретици твърдят, че фундаменталните сили са израз на стремежа на природата да поддържа локалните калибровъчни симетрии в света. Поради някаква причина – може би поради невъзможността да се изпишат върху една тениска или заради това, че калибровъчната инвариантност е твърде "тънко" понятие – уравненията на Янг Милс липсват в нашия списък на прочути уравнения.

Въпреки че Хокинг предизвика сензация, като написа в края на *Кратка история на времето*, че "познава волята на Бога", Стивън Вайнберг успя да избегне подобна полемика, като обедини уравненията и религията в едно есе, публикувано в сборника *It Must Be Beautiful*. Вайнберг сравнява прочутите уравнения на модерната физика с катедрали и заключава, че "те трябва да надживеят дори прекрасните катедрали от по-раншните епохи". Разбира се, както отбелязва Вайнберг, всички уравнения във физиката са приближения, но най-добрите от тях ще си останат полезни завинаги.