

## James Clerk MAXWELL – vytváral fyziku ako matematickú pravdu

### Mohutnosť matematiky a fyziky

Len štyri, tu napísané fyzikálne diferenciálne rovnice

$$\operatorname{div} D = \rho; \quad \operatorname{div} B = 0; \quad \operatorname{rot} E = -\frac{\partial B}{\partial t}; \quad \operatorname{rot} H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

umožňujú porozumenie všetkých elektromagnetických javov modernej elektrotechniky. O týchto rovniciach sa spýtal rakúsky fyzik a skvelý teoretik termodynamiky L. Boltzmann (1844–1905): *Bol to snád' Boh, čo tieto znaky písal?* **James Clerk Maxwell (13.6.1831–5.11.1879)**, známy škótsky fyzik, matematicky vyjadril vzájomné pôsobenie elektrického a magnetického poľa, odhalil možnosť existencie elektromagnetických vln. Aj to, čo vnímame ako bežné svetlo, sú elektrické a magnetické vplyvy, šíriace sa na veľké vzdialenosti, vytvorené neuveriteľne rýchlymi osciláciami elektrónov v atómoch. Ľudia spoznali, že svetlo i teplo sú rôznymi druhmi elektromagnetického žiarenia. Celý kozmos je energetickým poľom, v rôznych lokálnych priestoroch s rôznou frekvenciou kmitania. Maxwellov objav zákonov elektrodynamiky je z dlhodobého pohľadu histórie vedy, nesporne, najvýznamnejšou udalosťou 19. storočia.



### Osud žitia



Pochádzal z prastarej škótskej rodiny. Bol nadmieru svedomitý a mimoriadne zručný. Elegantne riešil školské geometrické úlohy, ale aj skladal verše a zložil hymnu svojej školy. Šestnásťročný začal študovať na univerzite. Spoznal neuveriteľnú účinnosť matematických zovšeobecnení. Veľmi ľahko sa naučil cudzie jazyky (napr. gréčtinu, latinčinu, francúzštinu, nemčinu i taliančinu). Vedel, že pre pochopenie prírodovedeckých problémov je potrebné aj štúdium filozofie, dejín vedy i estetiky. Prvú odbornú prácu venoval problematike mechanického kreslenia oválov. Fyzika ho zaujala pri štúdiu teórie pružnosti. V Cambridgi na neho zapôsobil G. Stokes (1819–1903), dopisoval si s W.

Thomsonom (1824–1907). V roku 1856 **Maxwell** prednášal fyziku na univerzite v Aberdeene, neskôr na Kings College v Londýne. Za zdravotných dôvodov (1865) sa utiahol na svoj rodný majetok v Glenlair. Aj tu sa venoval vedeckej práci. Až v roku 1871 prijal miesto na katedre univerzity v Cambridgi. Bol ženatý, zostal bezdetný.

### Úspech nečakanej harmónie

**Maxwell** rozvinul Faradayovu fyzikálnu ideu reálnych siločiar do matematického systému elektrodynamiky, ktorý nepotrebuje nijaký mechanický model. *Vynaložím všetko úsilie, aby som si čo najlepšie ujasnil aké sú vzťahy medzi matematickou formou tejto teórie a matematickým aparátom dynamiky.* Elegantný a jednoduchý zápis vystihol všetky zákony elektriny a magnetizmu; vytvoril ucelenú a krásnu teóriu, ktorá verne popisuje svet elektrodynamických experimentov. Maxwellove rovnice pre elektromagnetické pole sa stali



náznačkom vznešenej jednoduchosti a dokonalej harmónie. **Max Planck** charakterizoval tento úspech slovami: *Maxwell dokázal iba uvažovaním získať o prírode také tajomstvá, aké sa celej nasledujúcej generácii podarilo dokázať dômyselnými a pracovnými pokusmi... Zostane zapísaný žiarivým písmom na bráne, ktorá vedie von z klasickej fyziky.* Maxwellova metóda v úsilí pripísať fyzikálny zmysel matematickým abstrakciám teórie poľa je odrazom myšlienkového syntézy, ktorá každú fyzikálnu veličinu charakterizuje matematickým pojmom a každému matematickému symbolu priraduje fyzikálnu interpretáciu, fyzikálny pojem. Objavil sa nový konštruktívny spôsob,

v ktorom je matematická analýza nerozlučne spätá s fyzikálnymi modelmi. Maxwellove rovnice sú geniálne v tom, že sú nezávislé od existencie mechanistickej interpretácie a sú podkladom pre reálnosť energetického elektromagnetického poľa, v ktorom sa môže šíriť rozruch, elektromagnetické vlny. (To experimentálne dokázal v roku 1888 H. Hertz.)

### Ďalšie fyzikálne úspechy



Bol úspešný nielen v elektrodynamike. **James Clerk Maxwell** sa zaoberal aj kinetickou teóriou plynov, kde odvodil štatistický zákon rozdelenia rýchlostí molekúl plynu a formuloval zákon rovnomerného rozdelenia energie pre molekuly plynu. Demonštroval vznik farebného obrazu. Rozpracoval teóriu farieb a farebného videnia. Našiel súvis medzi optickými a elektromagnetickými vlastnosťami látok. V astronómii vyriešil záhadu Saturnových prstencov. Zanechal stopu aj v termodynamike, teórii pružnosti a klasickej teórii regulácie. **Maxwell** spôsobil, že fyzika prestala byť hieroglyfom a stala sa jednoduchým poznaním fyzikálnej pravdy.

V osobnom živote bol **Maxwell** veľmi skromný. *Bol to najneobyčajnejší muž, ktorého som kedy videl. Mal vrodennú schopnosť myslieť o fyzike len správne* (Hopkins). Svojimi fyzikálnymi poznatkami vytváral vedeckú kultúru. Bol zdatným prírodovedcom a súčasne veľmi zbožným mužom kresťanského náboženstva. Jeho duch vždy túžil po absolútnych hodnotách: *Všemohúci Bože, Ty si stvoril človeka podľa Tvojho obrazu, daroval si mu nesmrteľnú dušu, aby Ťa miloval a vládol nad Tvojimi tvormi. Uč nás dielo Tvojich rúk tak skúmať, že si podrobíme svet a že sa náš duch upevní v Tvojej službe.*

Prírodné vedy s matematikou sa stali šiestym zmyslom človeka, odkrývajúcim aj také procesy, ktoré sú nedostupné nášmu bezprostrednému vnímaniu. **James Clerk Maxwell** vedel, že *jediné zákony hmoty sú tie, ktoré musí vyrábať náš rozum, a jediné zákony rozumu sú produkované hmotou.* Spoznal: *Je nemožné prehlbovať záujem o akúkoľvek presnú vedu nepoznajúc jej matematiku.* Spojil v sebe silu teoretickej myšlienky i zručnosť experimentátora, fyzikálnu intuíciu s úžasným matematickým aparátom. Pozorne odhadol konkrétne na pozadí abstraktného, sprístupnil filozofické v ríši praktického. *Veda nás nadchne len vtedy, keď cez záujem o život a dielo významných vedcov začneme skúmať históriu rozvoja ich objavov.* Maxwellov popis fyzikálnej reality umožnil rozvoj elektroniky, rádiotechniky, magnetohydrodynamiky, urýchľovania nabitých častíc, nelineárnej optiky i astrofyziky. Výsledky jeho odborného štúdia zostávajú v základoch súčasnej fyziky a v mnohých technických aplikáciách.



Sústava Maxwellových rovníc je, podľa M. Laueho, *"umelecké dielo vzbudzujúce nadšenie"*. Tieto rovnice otvorili nástup nadzmyslových poznatkov aj do fyziky, umožnili spoznať elektromagnetické pole ako špecifickú formu hmoty. Potvrdili, že pravdu o prírode treba získať aj matematickým rozumom, lebo pri skúmaní mikrosвета je úloha priamych zmyslových skúsenosti minimálna. Matematika sa ukázala ako najširšie zovšeobecnenie abstraktnej skúsenosti, ako účinný nástroj fyzikálnej intuície. Úspešnou syntézou matematických metód a experimentálneho ducha sa **Maxwell** stal veľikánom teoretickej fyziky.

### Nečakaná súvislosť?

Je veľmi zaujímavé, že v roku Maxwellovho narodenia (1831) objavil Michael Faraday elektromagnetickú indukciu a v roku Maxwellovej smrti sa narodil Albert Einstein (1879). Géniovia si odovzdávali štafetu? História ľudstva vytrvalo nesie prápor poznávania sveta, aby sme svojím intelektom pochopili nielen príčinu, ale aj zmysel materiálnych javov i duchovných predstáv, ktoré nás obklopujú.

(Dušan Jedinák)



Maxwell