

August Kundt (1839–1894) wstawił się pracami z dziedziny akustyki. Wykonał również pomiar liczby Avogadra. Jego nazwiskiem nazwano urządzenie do wytwarzania fal akustycznych stojących, przeznaczone głównie do pomiaru współczynnika pochłaniania dla różnych materiałów.

Johann Hittorf (1824–1914) pierwszy zauważył cień rzucany przez obiekt umieszczony przed katodą w próżniowej rurze do wyładowań, co świadczyło, że źródłem promieni katodowych jest katoda. Termin „promienie katodowe” wprowadził E. Goldstein (1859–1930). Wielu fizyków uważało, że promienie katodowe są falą, mimo że już w 1858 r. Julius Plücker (1801–1868), nauczyciel Hittorfa, wykazał, że ich tor można odchylić za pomocą magnesu. Dopiero Jean Baptiste Perrin (1870–1942) wykazał w 1895 r. przez skierowanie ich do „wiaderka Faradaya”, że jest to strumień ujemnie naładowanych cząstek.

Luminescencja – świecenie towarzyszące przejściu układu wzbudzonego (atomu, jonu, cząsteczki) do stanu podstawowego, którego natężenie jest większe od promieniowania cieplnego w danej temperaturze i o czasie trwania dłuższym od okresu drgań emitowanej fali świetlnej. Jeśli czas wyświecania jest krótki, rzędu  $10^{-5}$ – $10^{-9}$  sekundy, to taki typ luminescencji nazywa się fluorescencją. Gdy stan wzbudzony jest stanem metatrwałym, to wyświecanie następuje z pewnym opóźnieniem, rzędu  $10^{-3}$ – $10^1$  sekund, i wtedy mówimy o fosforescencji.

Cyjanopłatynin baru ( $\text{Ba}[\text{Pt}(\text{CN})_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) fluoryzuje pod wpływem promieni X i katodowych. Stosowany jest do powlekania ekranów w aparatach rentgenowskich.

Oliver Joseph Lodge (1851–1940) stwierdził w 1893 r., że prędkość światła nie ulega zmianie na skutek przejścia między ciężkimi tarczami stalowymi wirującymi z dużą prędkością kątową, co świadczyło o tym, że jeśli istnieje eter, to nie jest on wleczony. Doświadczenie Lodge’a przyczyniło się do odrzucenia hipotezy istnienia eteru.

George Francis Fitzgerald (1851–1901), na podstawie negatywnego wyniku doświadczenia Michelsona i Morleya wysunął hipotezę w 1892 r., zgodnie z którą ciała ulegają skróceniu w kierunku ich ruchu.

W tym roku mija setna rocznica odkrycia przez Röntgena tajemniczych promieni nazwanych przez niego promieniami X. Bez wątplenia było to bardzo doniosłe odkrycie, które bardzo szybko znalazło zastosowania w różnych dziedzinach nauki, techniki i medycyny.

Wilhelm Conrad Röntgen urodził się w Lennep w pobliżu Düsseldorfu w roku 1845. Gdy miał trzy lata, jego rodzina wyjechała do Holandii (jego matka była Holenderką). Studiował najpierw w Holandii, potem na Politechnice w Zurychu, którą ukończył w 1868 r., a doktorat uzyskał na Uniwersytecie w Zurychu rok później. W 1870 r. powrócił do Niemiec, gdzie został asystentem profesora Kundta na Uniwersytecie w Würzburgu. W 1874 roku został docentem w Strasburgu, a w 1879 roku przeniósł się do Giessen. W 1888 roku objął katedrę w Uniwersytecie w Würzburgu. Na początku listopada 1895 r. Röntgen miał w swoim dorobku 48 prac naukowych. Wcześniejsze prace dotyczyły pomiarów ciepła właściwego gazów. W 1888 r. wykazał doświadczalnie, że prąd unoszonych ładunków jest taki sam, jak prąd przewodzenia. Dzisiaj to stwierdzenie wydaje się banalne, ale należy pamiętać, że wtedy nie było to oczywiste. Na przykład Faraday długo badał, czy prąd uzyskiwany z ogniw jest taki sam, jak prąd wytwarzany w maszynie elektrostatycznej. Te prace przyniosły Röntgenowi uznanie (Lorentz mówił o prądzie Röntgena dyskutując prąd unoszenia), chociaż obecnie są praktycznie zapomniane. Czterdziesta dziewiąta praca przyniosła mu sławę i trwałe miejsce w historii nauki.

Wieczorem 8 listopada 1895 r. Röntgen badał własności promieni katodowych (wtedy jeszcze nie było wiadomo, że są to elektrony) wytwarzanych za pomocą cewki Ruhmkorffa w próżniowej rurze Hittorfa. W szczególności Röntgena interesowało przechodzenie tych promieni poza rurę próżniową, co zostało wcześniej zaobserwowane przez Philippa Lenarda. W trakcie badań Röntgen osłonił rurę szwedzkie czarną tekturą. Wtedy w kompletnej ciemności zauważył, że leżący nieopodal papier pokryty cyjanopłatyniną baru i służący jako ekran do śledzenia toru promieni katodowych fluoryzuje przy każdym wyładowaniu cewki Ruhmkorffa. Przez siedem tygodni Röntgen samotnie i w tajemnicy przed wszystkimi badał przyczynę świecenia. Doszedł do wniosku, że musi to być nowy typ promieniowania bardzo przenikliwego, który pobudza do świecenia związek cyjanopłatyninu baru. Nie udało mu się tych promieni ani odbić, ani załamać, ani odchylić za pomocą magnesu czy pola elektrycznego. Dopiero po uzyskaniu zdjęć (jak byśmy dzisiaj powiedzieli – rentgenowskich) swojej dłoni, ciężarków zamkniętych w drewnianym pudełku i innych przedmiotów Röntgen, w pełni przekonany o istnieniu nowych promieni, wręczył 28 grudnia 1895 r. swoją pracę sekretarzowi Towarzystwa Fizyczno-Medycznego w Würzburgu. 1 stycznia 1896 r. rozesał odbitki swojej pracy wraz ze zdjęciami rentgenowskimi do wielu fizyków.

Praca Röntgena wywołała olbrzymie poruszenie nie tylko w świecie nauki. Było to jedno z nielicznych odkryć „czystej” nauki, którego możliwości zastosowań były natychmiast widoczne – chociażby w medycynie, gdzie promienie (prześwietlające ciało ludzkie i zostawiające cień kości na kliszy) mogły pomóc w diagnostyce.

O doniosłości odkrycia Röntgena może świadczyć opublikowanie w samym 1896 r. ponad 50 książek i ponad 1000 artykułów naukowych i popularnonaukowych na ten temat. Już 13 stycznia 1896 r. Röntgen demonstrował swoje doświadczenie przed cesarzem Wilhelmem II w Berlinie. 23 stycznia 1896 r. dał swój jedyny wykład publiczny przed Towarzystwem Fizyczno-Medycznym w Würzburgu. Na zaproszenia z całego świata do wygłoszenia wykładów lub przeprowadzenia demonstracji odpowiadał odmownie, gdyż wolał czas swój poświęcić pracy w laboratorium. Nie wygłosił nawet wykładu noblowskiego po odebraniu Nagrody Nobla w 1901 r.

Warto może wspomnieć, że w swojej pierwszej pracy o odkryciu promieni X Röntgen wysunął hipotezę, że te promienie mogą być podłużnymi drganiami eteru; poprzeczne drgania miały być odpowiedzialne za światło. Nie był on





Karykatura Röntgena opublikowana około 1900 roku w *Lustigen Blättern*.

jedynym naukowcem uważającym, że podłużne drgania muszą istnieć. Podobne poglądy głosili również Fitzgerald, Boltzmann i Lodge. Opinie te świadczą o tym, że 20 lat po pojawieniu się pracy Maxwella teoria elektromagnetyzmu była daleka od zrozumienia.

Natychmiast po odkryciu wielu fizyków próbowało rozwickłać zagadkę dotyczącą natury promieni X. Jednym z nich był Henri Becquerel. Wyszedł on z założenia, że promienie X być może są przejawem wibracji, które powodują fosforescencję lub fluorescencję. Aby to sprawdzić, rozpoczął badania innych substancji fluorescencyjnych, w tym soli uranu. Chociaż jego hipoteza okazała się błędna, to w trakcie badań odkrył 1 marca 1896 r. inny typ promieniowania – naturalną promieniotwórczość. To odkrycie też zostało uhonorowane Nagrodą Nobla w 1903 r., którą Becquerel podzielił z małżeństwem Curie.

Natura promieni X została odkryta w kilka lat później. W 1906 r. Charles Barkla uzyskał ich częściową polaryzację. W 1912 r. Max von Laue wpadł na pomysł użycia kryształu jako siatki dyfrakcyjnej, co doświadczalnie zostało zrealizowane przez Waltera Friedricha i Paula Knippinga. Przy okazji tych badań okazało się, że promienie X pozwalają poznać przestrzenną budowę materii.

Chociaż od tamtych czasów wynaleziono nowe metody badania wnętrza ciała ludzkiego bez użycia skalpela (jądrowy rezonans magnetyczny, sondy ultradźwiękowe, tomografia komputerowa, tomografia pozytronowa), to dalej trudno sobie wyobrazić szpital lub przychodnię zdrowia bez aparatu rentgenowskiego.

J.K.



## Zadania

Redaguje Krzysztof OLESZKIEWICZ

M 747. Dla dowolnej liczby dodatniej  $p$  niech  $A_p = \{[np] : n \in \mathbb{N}\}$ . Udowodnić, że jeśli  $p, q > 1$  są takimi liczbami niewymiernymi, iż  $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$ , to  $A_p \cap A_q = \emptyset$  i  $A_p \cup A_q = \mathbb{N}$ . (Uwaga:  $[x]$  oznacza największą liczbę całkowitą nie przekraczającą  $x$ ; zera nie uważamy za liczbę naturalną.)  
Rozwiązanie na str. 10

M 748. Udowodnić, że  $\left| \sum_{n=1}^k (-1)^{[n\sqrt{2}]} \right| \leq 1 + 2 \log_2 k$  dla dowolnej liczby naturalnej  $k$ .  
Rozwiązanie na str. 12

M 749. Udowodnić, że szereg  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{[n\sqrt{2}]}}{n}$  jest zbieżny.  
Rozwiązanie na str. 13

Redaguje Adam KOROCIŃSKI

F 411. Czy światło padające na przezroczysty ośrodek może złamać zasadę zachowania pędu? Aby odpowiedzieć na to pytanie, rozważmy mały sześcian doskonale przezroczystego szkła pokrytego warstwą zapobiegającą odbiciu światła, umieszczony w próżni. Sześcian ten wisi pionowo na idealnej (nieważkiej) nici. Jeśli prostopadle do jednej ze ścianek sześcianu pada nań pozioma wiązka światła monochromatycznego, to z zasady zachowania pędu mamy

$$p_w + p_{sz} = p'_w + p'_{sz},$$

wielkości primowane odpowiadają przypadkowi, gdy światło przechodzi przez szkło, a  $p_w$  jest pędem wiązki,  $p_{sz}$  – pędem szkła. Jeśli teraz skorzystamy ze wzoru  $p = h/\lambda$ , to dostaniemy:

$$\frac{h}{\lambda} + 0 = \frac{h}{\lambda/n} + p'_{sz},$$

gdzie  $h$  – to stała Plancka,  $\lambda$  – długość fali padającej, a  $n$  – współczynnik załamania światła w szkło. Stąd dostajemy:  $p'_{sz} = \frac{h}{\lambda}(1 - n)$ , co dla  $n > 1$  daje  $p'_{sz} < 0$ , czyli sześcian cofnie się w kierunku, z którego nadbiega wiązka! Jest to jednak sprzeczne z idealnym charakterem przezroczystości szkła, czyli z brakiem wymiany energii i pędu. Wyjaśnij powyższą sprzeczność.  
Rozwiązanie na str. 11

F 412. W którą stronę pojedzie rower, jeśli na dolny pedał podziałamy siłą skierowaną w tył roweru? Dla uproszczenia rozważyc najprostszy rower (monocykl): jedno koło połączone z pedałem bez przekładni, środek masy roweru pokrywa się ze środkiem koła. Zakładamy, że ruch odbywa się bez poślizgu.  
Rozwiązanie na str. 11