

## NEGATYWNY WYNIK DOŚWIADCZENIA MICHELSONA–MORLEYA A TEORIA PROMIENIOWANIA SYNCHROTRONOWEGO

**K. Turzyniecki**

*Kolegium KSW, ul. Kolegiacka 1, 20-550 Warszawa, Polska*

*Keywords: Michelson-Morley experiment, light speed, collimation, synchrotron radiation*

*e-mail: katur@message.p*

### 1. Eter a prędkość światła.

W roku 1728 James Bradley odkrył aberrację światła gwiazd. Przez blisko sto lat efekt ten wyjaśniano prostym składaniem prędkości światła i prędkości orbitalnej Ziemi, zgodnie z teorią emisyjną. Wyjaśnienie to nie sprawiło trudności dopóty, dopóki na początku dziewiętnastego wieku nie odwołano się w tym do falowej teorii światła.

Dziewiętnastowieczne teorie światła wymagały istnienia ośrodka nazywanego eterem, który miał przenosić fale świetlne. Światło jako fala miało rozchodzić się w eterze ze stałą we wszystkich kierunkach prędkością, niezależną od stanu ruchu jego źródła, określoną względem eteru. Eter miał wypełniać cały kosmos.

Zakładając, że Ziemia porusza się względem eteru, czas potrzebny na przejście światła pomiędzy dwoma punktami przy powierzchni Ziemi powinien zależeć od kierunku ruchu światła. Kierując się tym przypuszczeniem James Maxwell, na krótko przed śmiercią, zasugerował sposób określenia prędkości Ziemi względem eteru, przy użyciu światła. Albert Michelson poszedł za sugestią Maxwella i już w roku 1881 wykonał eksperyment, którego wynik był negatywny. Michelson wyciągnął jednoznaczny wniosek: „hipoteza o stacjonarnym eterze jest błędna” [1].

Hendrik Lorentz nie mógł pogodzić się z takim werdyktem. W roku 1886, w pracy: „O wpływie ruchu Ziemi na zjawiska świetlne”, skrytykował eksperyment Michelsona. Wykazał mu błąd obliczeniowy i zarzucił zbyt małą dokładność. W roku 1887 Albert Michelson z pomocą Edwarda Morleya [2] powtórzyli eksperyment, uzyskując znacznie lepszą dokładność. Wynik znowu był negatywny.

Tak więc w optyce końca dziewiętnastego wieku pojawił się poważny kryzys. Sprzeczność pomiędzy ówczesnymi teoriami a wynikiem doświadczenia Michelsona-Morleya stała się wyzwaniem dla fizyków teoretyków tamtego okresu do przezwyciężenia trudności.

W roku 1889 na pomysł jak pokonać trudności w wyjaśnieniu zerowego wyniku doświadczenia Michelsona-Morleya wpadł George FitzGerald. Hipoteza FitzGeralda zakładała, że wymiary ciał powinny lekko zmniejszać się w kierunku ruchu, gdy ciała te poruszają się w eterze.

Wzmiankę o hipotezie FitzGeralda opublikował w „Nature” z 16 czerwca 1892 roku Oliver Lodge, i jeszcze w tym samym roku, w pracy zatytułowanej „Eter a ruch względny ziemi”, Lorentz wpisał hipotezę FitzGeralda w swoje słynne transformacje, ratując w ten sposób koncepcję eteru - jak się później okazało - koncepcję fałszywą. Dzięki tym zabiegom Lorentz utrzymał w swoich równaniach stałą prędkość rozchodzenia się światła w eterze.

Mimo starań Lorentzowi nie udało się utrzymać koncepcji eteru. W roku 1898 Henri Poincaré doszedł do wniosku, że skoro nie można wykryć światłonośnego eteru, to trzeba się pogodzić z myślą o jego odrzuceniu. Światło może rozchodzić się bez eteru, a ponadto, w próżni rozchodzi się ono ze stałą skończoną prędkością. W ten sposób prędkość światła nabrała charakteru prędkości absolutnej, stając się fundamentem szczególnej teorii względności.

### 2. Co naprawdę wynika z doświadczeń Michelsona?

Doświadczenia Michelsona były wykonane tylko po to by wykazać ruch Ziemi względem eteru. Dały wynik negatywny. Wniosek mógł być tylko jeden: eteru nie ma! Zatem doświadczenia te wykazały, że nie ma wyróżnionego absolutnego układu odniesienia, który pozwalałby określać ruchy absolutne. Nie dały też jakichkolwiek podstaw do wyciągnięcia wniosku o absolutnym charakterze prędkości światła. Dopiero hipoteza skrócenia pozwoliła odpowiednio zinterpretować brak przesunięć prążków w interferometrze Michelsona i usprawiedliwiła zachowanie koncepcji eteru, wraz ze wszystkimi tego konsekwencjami.

Być może udało by się uniknąć następstw przyjęcia koncepcji absolutnej prędkości światła, gdyby już wtedy ktoś zauważył, że światło wysłane z ruchomego źródła porusza się z prędkością zależną od prędkości tego źródła, na co wskazywała teoria emisyjna światła, za pomocą której już w osiemnastym wieku z powodzeniem wyjaśniano efekt aberracji światła gwiazd.

Niestety na przełomie wieków dziewiętnastego i dwudziestego trudno było myśleć o innym wyjaśnieniu wyniku doświadczenia Michelsona-Morleya, np. w duchu teorii emisyjnej światła. Rewolucja Plancka, dotycząca kwantów energii, jeszcze się nie zaczęła, a na

pewno – w tej kwestii - długo jeszcze nie zadziałała. Trudno więc było wtedy spojrzeć na światło jak na strumień fotonów. Tym bardziej trudno było przyjąć założenie o zależności prędkości światła od prędkości jego źródła, pomimo że już wtedy można było w ten sposób wyjaśnić zerowy wynik doświadczenia Michelsona.

Eksperyment Michelsona-Morleya nie tylko nie potwierdził hipotezy o ruchu Ziemi względem eteru, ale wręcz potwierdza coś innego. Analiza matematyczna wskazuje, że zerowy wynik doświadczenia Michelsona-Morleya jest wynikiem pozytywnym i oczekiwanym dla tezy o klasycznym dodawaniu prędkości, zgodnie z zasadą Galileusza;  $\vec{c}' = \vec{c} + \vec{v}$ , a prędkość światła w próżni znowu nabiera charakteru prędkości względnej. Ponadto tezę o względnym charakterze prędkości światła także potwierdzają zjawiska zaobserwowane przez Bradleya (1728), Arago (1810), i jak się okazuje, zjawisko zaobserwowane przez Dopplera (1842) [4].

### 3. Promieniowanie synchrotronowe a szczególna teoria względności?

Chociaż promieniowanie synchrotronowe, jako świetne narzędzie badawcze, robi zawrotną karierę w wielu dziedzinach badań naukowych, to wyjaśnienie mechanizmu jego powstawania i niektórych jego charakterystycznych cech ciągle wywołuje pewne wątpliwości.

„Na przykład, wiele osób wierzy, że kolimacja promieniowania synchrotronowego jest, jak wiele innych jego właściwości, efektem relatywistycznym. Jednakże, ściśle mówiąc, nie jest to prawda: pewien stopień kolimacji jest także obecny w zjawiskach typowo klasycznych, takich jak emisja dźwięku z poruszającego się źródła. Z drugiej strony, kolimacja staje się ekstremalna dla promieniowania synchrotronowego, ponieważ szybkość źródła jest bliska  $c$  i w tym sensie jest to zjawisko relatywistyczne” [5].

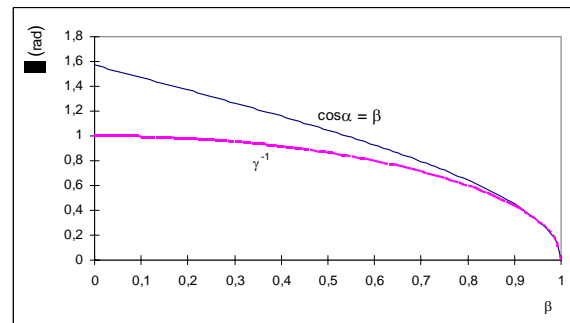
W przytoczonej wyżej opinii wyraźnie ujawnia się istotne nieporozumienie pojęciowe. Powszechnie bowiem mówi się i pisze, że jeśli obiekt porusza się z szybkością zbliżoną do szybkości światła, to jest on „relatywistyczny”, a zjawiska jakie mu towarzyszą są też „relatywistyczne”. Nie podaje się przy tym progu prędkości, od którego obiekty te należy uważać za relatywistyczne. Otóż relatywistyczny oznacza względny, a nie bardzo szybki. W odniesieniu do poruszających się elektronów ich prędkości zawsze są względne, niezależnie od tego czy poruszają się one wolno, czy szybko.

W rzeczywistości efekt promieniowania elektronów w polu magnetycznym jest skutkiem hamującego działania pola magnetycznego na przelatujące przez nie elektrony. Efekt promieniowania występuje zarówno przy małych prędkościach elektronów, jak i przy dużych. Różnica jest tylko taka, że przy małych prędkościach promieniowanie elektromagnetyczne jest słabe, a przy dużych – podświetlnych - znacznie intensywniejsze. Właściwość ta związana jest z różnym tempem wzrostu funkcji energii kinetycznej elektronów względem ich prędkości.

### 4. Relatywistyczny czy klasyczny opis kolimacji kątowej promieniowania synchrotronowego?

Tradycyjnie kolimację kątową, tj. promieniowanie energii w stożek o kącie rozwarcia  $2\alpha$ , opisuje się za pomocą czynnika Lorentza, przy czym  $\alpha = \gamma^{-1} = \sqrt{1-\beta^2}$ , gdzie  $\beta = v/c$ . Wydaje się jednak, że funkcja ta opisuje kolimację promieniowania synchrotronowego dobrze tylko dla elektronów o bardzo dużych energiach.

Jeśli natomiast zastosuje się uniwersalne prawa zachowania pędu i energii, to wszystkie właściwości promieniowania synchrotronowego, łącznie z kolimacją, można opisać bez szczególnej teorii względności [6]. W takim przypadku kolimacja promieniowania elektronów w synchrotronie opisana jest za pomocą funkcji  $\cos\alpha = \beta$ .



Rysunek 1. Porównanie dwóch funkcji opisujących kolimację kątową promieniowania synchrotronowego.

Z Rysunku 1 widzimy, że przy dużych energiach obie funkcje pokrywają się, zaś przy mniejszych są rozbieżne. Z tego faktu wynika wniosek, że pomiar kąta kolimacji przy mniejszych energiach elektronów może być sposobem na zweryfikowanie teorii opisujących to zjawisko.

### Literatura

- [1] A.A. Michelson, The relative motion of the earth and the luminiferous ether, *Am. J. Sci.* **22** (1881) 120.
- [2] A. Michelson, E.W. Morley, On the relative motion of the earth and luminiferous ether, *Am. J. Sci.* **34** (1887) 333.
- [3] H. Lorentz, The relative motion of the earth and the ether, *Vestl. Kon. Akad. Wetens. Amsterdam* **2** (1892) 297.
- [4] K. Turzyniecki, The Doppler effect for waves of light, *Proc. Intern. Conf.* (Elsevier, Paris 2001) 525.
- [5] G. Margaritondo, A Primer, Synchrotron radiation: everything you wanted to know about SEX (Synchrotron Emission of X-rays) but were afraid to ask, *J. Synchrotron Radiat.* **2** (1995) 148.
- [6] K. Turzyniecki, On the process of electron acceleration and synchrotron radiation, *Proc. Intern. Conf., Baltic State Technical University, Sankt-Petersburg* (2000) 33.