

Efekt Sagnaca

dr Janusz B. Kęпка

Wstęp.

Jednym z najbardziej reklamowanych eksperymentów był i jest eksperyment Alberta Abrahama Michelsona zapoczątkowany w 1881, i następnie powtarzany po roku 1880 we współpracy z Edwardem Williamsem Morleyem.

Celem tego eksperymentu było wykrycie ruchu absolutnego Ziemi.

Obecnie, eksperyment ten znany jest pod ogólną nazwą eksperymentu Michelsona-Morleya.

Eksperyment ten przeprowadzany był za pomocą interferometru A.A. Michelsona (**Fig. 1.**).

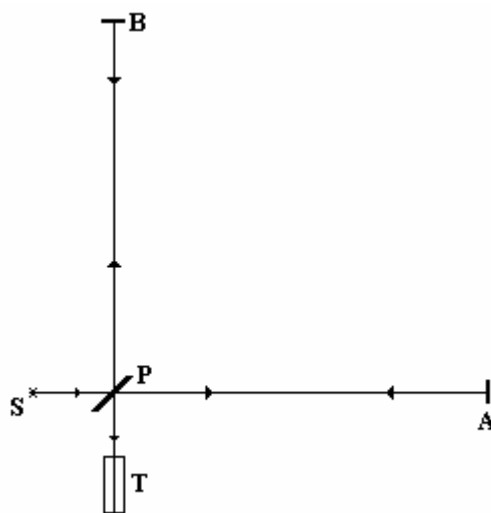


Fig. 1. Interferometr A. A. Michelsona.

Interferometr A. A. Michelsona (**Fig. 1**) składa się z monochromatycznego źródła światła **S**, półprzepuszczalnej płytki **P**, oraz dwóch zwierciadeł **A** i **B**, ustawionych w równych odległościach $PA = PB = l$ od miejsca padania wiązki światła na płytkę **P**.

Na ustawioną pod kątem 45° płytkę **P** pada wiązka światła ze źródła **S**, która ulega rozszczepieniu na dwie wiązki biegnące wzajemnie prostopadle do zwierciadeł **A** i **B**. Po odbiciu się od **A** i **B**, wiązki te wracają do płytki **P**, gdzie ponownie ulegają rozszczepieniu, i część wraca do źródła **S**, a pozostała część biegnie razem do teleskopu **T**.

Na drodze **PT** obydwie wiązki interferują ze sobą, a obraz interferencyjny oglądany jest w głównej płaszczyźnie ogniskowej teleskopu **T**.

Gdyby interferometr był absolutnie nieruchomy w hipotetycznym eterze, czyli w układzie absolutnie absolutnym **AA-space**, to drogi przebyte przez światło w obydwu ramionach interferometru byłyby sobie dokładnie równe. W takim przypadku, dowolny obrót interferometru nie zmienia długości dróg przebytych przez światło w obydwu ramionach interferometru. Tym samym nie zmienia się obraz interferencyjny w teleskopie **T**.

Załóżmy teraz, że interferometr porusza się ruchem translacyjnym w hipotetycznym eterze. Łatwo zauważyć, że w ogólności w czasie ruchu translacyjnego interferometru w **AA-space**, drogi przebywane przez światło w obydwu ramionach interferometru nie są sobie równe.

A.A. Michelson przyjął, że jeżeli interferometr będzie obracany względem środka płytki **P**, to nastąpi zmiana długości dróg w obydwu ramionach interferometru, co z kolei spowoduje zmianę położenia prążków interferencyjnych. W ten sposób, będzie można wykryć ruch orbitalny Ziemi.

Jednak, powtarzane przez kilka dziesiątek lat tego rodzaju eksperymenty, w różnych porach roku i w różnych miejscach na kuli ziemskiej, zawsze dawały wynik negatywny: brak zmiany położenia prążków interferencyjnych.

Powyższe może oznaczać tylko dwie różne sytuacje:

1. Ziemia jest absolutnie nieruchoma w Kosmosie, tzn. nie istnieje ruch wirowy wokół własnej osi, ani też ruch po orbicie okołosłonecznej (byłby to dowód na prawdziwość teorii geocentrycznej).
2. Eksperyment jest wadliwie przeprowadzany.

Przyjęto wariant trzeci: eksperyment jest wzorcowo poprawnie przeprowadzony. Natomiast nie jest możliwe wykrycie ruchu absolutnego, ponieważ nie istnieje eter, czyli nie istnieje przestrzeń kosmiczna (sic!), w której najłatwiej rozchodzi się światło. Jeżeli jednak przyjmiemy, że eter istnieje, to jest on całkowicie unoszony przez Ziemię, czyli przestrzeń kosmiczna jest całkowicie unoszona przez Ziemię i dlatego nic nie widać (w interferometrze, oczywiście).

Obecnie, Janusz B. Kępka w swej książce „Ruch absolutny i względny” (Warszawa, 1999) wykazał, że w czasie eksperymentu rzeczywiście następuje zmiana długości dróg światła w obydwu ramionach interferometru Michelsona, ale zmiany są tego rodzaju, że zmiany dróg *to and fro* w każdym z ramion wzajemnie kompensują się. Z tego właśnie względu nie jest możliwe uzyskanie zmiany położenia prążków interferencyjnych.

Oznacza to, że interferometr Michelsona nie jest właściwym przyrządem do przeprowadzania tego rodzaju eksperymentów.

Eksperyment Sagnaca

W roku 1913 uczony francuski Georges Sagnac (1869-1928) wykazał doświadczalnie za pomocą zmodyfikowanego interferometru Michelsona (**Fig. 2.**), że możliwe jest wykrycie ruchu Ziemi w hipotetycznym eterze (Georges Sagnac, *Comptes Rendus* **157**, 1913).

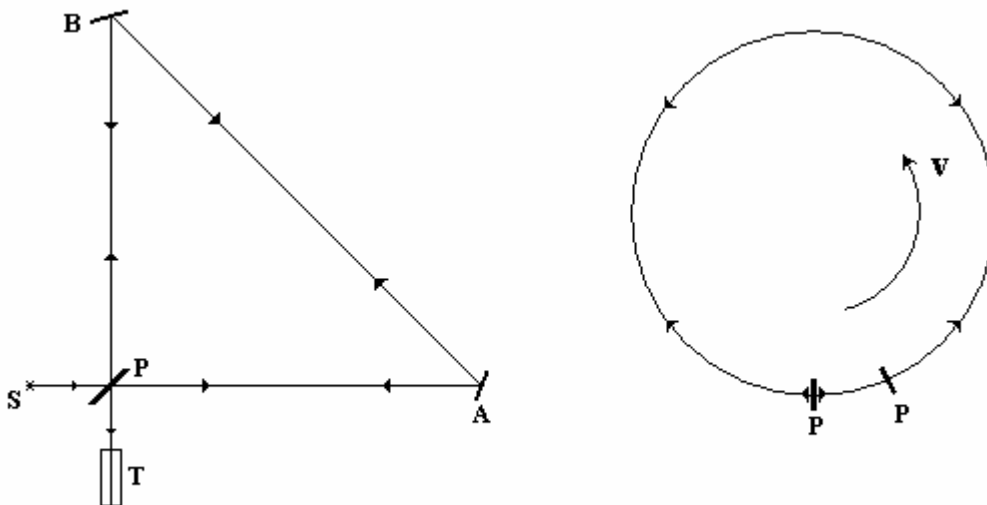


Fig. 2. Interferometr Sagnaca.

W interferometrze Michelsona dwie wiązki **A** oraz **B** światła przebywają dwie drogi w różnych, wzajemnie prostopadłych ramionach interferometru. Natomiast w interferometrze Sagnaca dwie wiązki światła **A** oraz **B** biegną po tej samej krzywej zamkniętej, ale we wzajemnie przeciwnych kierunkach. Można to wprost odwzorować jako ruch po okręgu w dwu przeciwnych kierunkach.

Rozpatrzmy bieg wiązek światła w interferometrze Sagnaca.

Paradoks Zenona z Elei

Oznaczmy całkowitą długość drogi $PABP = PBAP$ w interferometrze jako $L = 2\pi R$.

Odległość L światło przebywa z prędkością c w czasie t : $L = c \cdot t$.

Załóżmy, że interferometr obracany jest w lewo ze stałą prędkością kątową $\omega = \text{const}$.

Względem impulsu **A** światła biegnącego od płytki **P** w kierunku zgodnym z kierunkiem obrotu interferometru, płytka **P** „ucieka” przed tym impulsem. Znalezienie odległości L_A jaką impuls światła przebędzie, aby wrócić do płytki **P**, jest równoważne znalezieniu rozwiązania słynnego

paradoksu Zenona z Elei: czy Achilles dogoni żółwia (początkowa odległość między nimi wynosi L , Achilles biegnie z prędkością c , a żółw z prędkością v):

$$L_A = \frac{L}{1-\beta} \quad \text{gdzie:} \quad \beta = \frac{v}{c}$$

W powyższym:

v – prędkość liniowa dowolnego punktu na okręgu o promieniu R (**Fig. 2**);

c – prędkość światła.

Ponieważ: $v = \omega \cdot R$, to z powyższego znajdujemy:

$$L_A = \frac{L}{1-\beta} = \frac{2\pi R}{1-\frac{\omega R}{c}} = \frac{2\pi R c}{c-\omega R} = c \cdot t_A$$

Podobnie znajdujemy czas t_A po jakim impuls A dobiegnie do płytki P :

$$t_A = \frac{t}{1-\beta} = \frac{t}{1-\frac{\omega R}{c}} = \frac{\frac{2\pi R}{c}}{1-\frac{\omega R}{c}} = \frac{2\pi R}{c-\omega R} = \frac{L_A}{c}$$

W podobny sposób znajdujemy dla impulsu B światła biegnącego w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu interferometru (w tym przypadku, Achilles i żółw biegną naprzeciwko siebie):

$$L_B = \frac{L}{1+\beta} = \frac{2\pi R c}{c+\omega R} = c \cdot t_B$$

oraz

$$t_B = \frac{t}{1+\beta} = \frac{2\pi R}{c+\omega R} = \frac{L_B}{c}$$

Z powyższego, znajdujemy:

$$\Delta L = L_A - L_B = \frac{4\pi R^2 \omega}{c^2 - \omega^2 R^2} c = \frac{4\pi R \beta}{1 - \beta^2} \quad (1)$$

oraz

$$\Delta t = t_A - t_B = \frac{4\pi R^2 \omega}{c^2 - \omega^2 R^2} = \frac{4\pi R \beta}{c(1 - \beta^2)} = \frac{\Delta L}{c} \quad (2)$$

$$\Delta \varphi = \omega \cdot \Delta t = \frac{4\pi R^2 \omega^2}{c^2 - \omega^2 R^2} = \frac{4\pi v^2}{c^2 - v^2} = \frac{4\pi \beta^2}{1 - \beta^2} \quad (3)$$

a także:

$$\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \omega = \frac{v}{R} \quad (4)$$

Z powyższych rozważań wprost wynika, że w czasie obrotu interferometru ($\beta \neq 0$) powstaje różnica dróg ΔL (**Eq. 1**) przebywanych przez światło w kierunkach przeciwnych.

Z elementarnej optyki wiadomo, że fale o jednakowych okresach wzmacniają się najsilniej, gdy różnica dróg ΔL jest równa całkowitej wielokrotności długości fali λ :

$$\Delta L = k \cdot \lambda, \quad \text{gdzie:} \quad k = 0, 1, 2, \dots, n.$$

Fale maksymalnie osłabiają się, jeśli różnica dróg wynosi nieparzystą liczbę połówek długości fali:

$$\Delta L = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

Powyższe zwane jest ogólnie interferencją ruchu falowego.

Jeżeli interferometr nie jest obracany ($\beta = 0$), to z zależności od (1) do (4), mamy:

$$\Delta L = 0, \quad \Delta t = 0 \quad \text{oraz} \quad \omega = 0$$

i możemy obserwować stabilny obraz interferencyjny.

Wiązki światła A oraz B interferują w równych fazach na drodze PT (**Fig. 2**).

W czasie obrotu przyrządu, pojawia się różnica dróg $\Delta L = (\mathbf{L}_A - \mathbf{L}_B) \neq 0$, a przebytych przez światło w dwu przeciwnych kierunkach w interferometrze. Z tego względu nastąpi zmiana obrazu interferencyjnego (zmiana położenia oraz natężenia prążków interferencyjnych). Zmiana ta spowodowana jest tym, że wiązki światła **A** oraz **B** spotykają się w różnych fazach na drodze **PT**.

Powyższe wykorzystywane jest obecnie do budowy precyzyjnych przyrządów, zwanych żyroskopami. Przyrządy te pozwalają wykryć obrót przyrządu o 0,0001 stopnia na godzinę (**Eq. 4**).

Efekt Dopplera

Zauważmy, że płytką **P** w interferometrze spełnia podwójną rolę:

- źródła **S** światła dla wiązek światła **A** oraz **B** biegnących od płytki **P** w kierunku zwierciadeł **A** oraz **B**;
- obserwatora **O** dla obydwu wiązek **A** oraz **B** gdy wiązki te przebywają w interferometrze odpowiednie drogi w kierunkach wzajemnie przeciwnych i biegną do płytki **P**.

Zauważmy też, że prędkość v_S źródła drgań **S** oraz prędkość v_O obserwatora **O** są sobie dokładnie równe oraz równe prędkości v dowolnego punktu na obwodzie okręgu o promieniu **R** interferometru: $v_S = v_O = v$.

Z powyższych względów, występuje podwójny efekt Dopplera dla poruszającego się źródła **S** drgań oraz obserwatora **O**. Ogólny opis podwójnego efektu Dopplera podany jest w książce: Janusz B. Kępka – „Ruch absolutny i względny”, Warszawa 1999.

Jeżeli obserwator **O** wyprzedza źródło **S**, co w opisywanym wyżej przypadku odnosi się do wiązki światła **A**, to spełnione są warunki:

$$\left. \begin{aligned} f_D &= v \frac{1 - \beta_O}{1 - \beta_S} \\ \lambda_S &= \lambda (1 - \beta_S) \end{aligned} \right\}$$

gdzie: v – częstotliwość generowanej fali w danym ośrodku, gdy źródło drgań jest nieruchome.

λ – długość fali generowanej w danym ośrodku przez nieruchome źródło drgań.

Powyżej wskazaliśmy, że spełniony jest warunek: $\beta_S = \beta_O = \beta$. Wobec tego, z powyższej zależności znajdujemy, że:

$$\left. \begin{aligned} f_D &= v \\ \lambda_S &< \lambda \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Podobnie mamy dla przypadku, gdy źródło **S** wyprzedza obserwatora **O**:

$$\left. \begin{aligned} f_D &= v \frac{1 + \beta_O}{1 + \beta_S} \\ \lambda_S &= \lambda (1 + \beta_S) \end{aligned} \right\}$$

oraz:

$$\left. \begin{aligned} f_D &= v \\ \lambda_S &> \lambda \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Z powyższego wprost wynika, że w eksperymencie Sagnaca nie występuje zmiana częstotliwości interferujących wiązek światła **A** oraz **B**.

Dyskusja.

Przed wszystkim zauważmy, że pozytywny wynik eksperymentu Sagnaca został uzyskany za pomocą lekko zmodyfikowanego interferometru A.A. Michelsona!

Przed rokiem 1933, uczonego amerykańskiego Dayton C. Miller przeprowadził eksperymenty za pomocą zmodyfikowanego interferometru Michelsona w ten sposób, że ramiona tego interferometru były wyraźnie wzajemnie sobie nierówne. Uzyskał wynik pozytywny (D.C. Miller, Reviews of Modern Physics, **5**, 203, 1933).

Powyższe wprost oznacza, że (nie modyfikowany) interferometr Michelsona nie nadaje się do tego rodzaju eksperymentów.

Jednak w 2007 r. Janusz B. Kępka („Ruch absolutny i względny”, Warszawa 2007) wskazał, że możliwe jest uzyskanie pozytywnego wyniku za pomocą interferometru Michelsona, jeżeli jedno z ramion tego interferometru zachowa stały kierunek w przestrzeni (lokalny układ odniesienia). Można to uzyskać za pomocą obrotu przyrządu względem tylko jednego z jego ramion. Warunek ten nie był spełniony w eksperymentach wykonywanych przez Michelsona, Morleya i innych.

W tzw. literaturze przedmiotu, eksperymenty G. Sagnaca oraz D.C. Millera były i są starannie przemilczane, lub znaczenie ich jest maksymalnie zaniżane.

Natomiast wyolbrzymiane jest znaczenie eksperymentu A.A. Michelsona, który to eksperyment (ponoć) stanowił podstawę szczególnej i ogólnej, a nawet szczególnie ogólnej teorii względności niejakiego Alberta Einsteina.

Eksperymenty G. Sagnaca oraz D.C. Millera z optyki oraz wcześniejszy (1851 r.) eksperyment z wahadłem Foucault (Jean Bernard Léon, 1819-1868, fizyk francuski), wprost dowodzą, że tzw. teorie względności Alberta Einsteina są rażąco niezgodne z doświadczeniem. Wobec tego, niektórzy twierdzą, że: *“The Sagnac effect (in vacuum) is consistent with stationary ether theories (such as the Lorentz ether theory) as well as with Einstein's theory of relativity. It is generally taken to be inconsistent with emission theories of light, according to which the speed of light depends on the speed of the source.”* ("http://en.wikipedia.org/wiki/Georges_Sagnac")

Tak więc, wg Wikipedii, efekt Sagnaca potwierdza, że eter spoczywa i jednocześnie fruwa. Razem z... teorią względności Einsteina, oczywiście. Poważnie?

A nie jest tak, że: albo – albo?

A oto kolejne oszustwa w wydaniu Wikipedii. Otóż, nieprawdą jest, że H.A. Lorentz (1853-1928) jest twórcą teorii eteru (sprężysty ośrodek rozchodzenia się fal świetlnych → bezwzględny układ odniesienia). Znacznie wcześniej Holender Christian Huygens (1629-1695), twierdził, że światło polega na rozchodzeniu się fal w eterze – sprężystej substancji wypełniającej cały wszechświat („Traktat o świetle”, 1690).

Ponadto, nieprawdą jest, że według teorii emisji światła prędkość światła zależy od prędkości źródła światła. Był taki pomysł, ale natychmiast z niego zrezygnowano, ponieważ nie jest to słuszne dla ruchu falowego (światło ma wszystkie cechy ruchu falowego, jest to fala poprzeczna).

Natomiast, według Alberta Einsteina prędkość światła jest dokładnie taka sama względem dowolnie poruszającego się (także nieruchomego, stojącego, leżącego i nawet wiszącego) obserwatora.

Opisany wyżej efekt Sagnaca wprost z doświadczenia dowodzi, że nie jest to prawdziwe.

To Albert Einstein nie ma racji? To jest niedopuszczalne!

Wobec tego, relatywiści z Wikipedii (i nie tylko) twierdzą, że efekt Sagnaca jest zgodny z... teorią względności Alberta Einsteina!

„I w ten oto prosty sposób” teoria względności Alberta Einsteina jest zgodna z doświadczeniem.

Pytanie: kto tu jest idiotą, a kto oszustem? Pardon! Pytać nie wolno?

Uwagi końcowe

Przy pomocy interferometru Sagnaca można wykryć zmianę kierunku ruchu układu obserwatora, np. ruch wirowy czy orbitalny Ziemi. Jednak za pomocą tego przyrządu nie można wykryć ruchu translacyjnego prostoliniowego obserwatora. Jednak taką możliwość detekcji ruchu absolutnego Ziemi, wskazano wyżej. Eksperyment jest dosyć trudny do wykonania ze względów technicznych. Jednak, tego rodzaju eksperyment można znakomicie uprościć wykorzystując ruch wirowy Ziemi, właśnie.

Uwaga: także w książce Janusza B. Kępki – „Ruch absolutny i względny”, Warszawa 2007, podany jest pełny dowód sposobu wyliczenia prędkości translacyjnej Słońca w Kosmosie (ok. 5000 km/s), tylko na podstawie znajomości prędkości orbitalnej Ziemi w perihelium oraz w aphelium, lub odległości od Słońca Ziemi w perihelium oraz w aphelium.

dr Janusz B. Kępka

Warszawa, 2009