

O wpływie siły ciężkości na rozchodzenie się światła.

A. Einstein, któremu nauka zawdzięcza sformułowanie zasady względności, powraca w ostatniej swej pracy do zagadnienia, poruszanego już niegdyś przez siebie. Na razie podaje on do wiadomości ogółu tylko część swych rozważań, zapowiadając resztę otrzymanych wniosków co do grawitacji na później.

Rozumowanie rozpoczyna się od rozważania dwóch układów spólrzędnych — jednego nieruchomego, znajdującego się w jednorodnym polu grawitacyjnym (o przyspieszeniu γ), którego linje sił przebiegają w ujemnym kierunku osi z , i drugiego, mieszczącego się w przestrzeni, wolnej od działania siły ciężkości, i poruszającego się w dodatnim kierunku osi z ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem γ . Równoważność takich układów w odniesieniu do zjawisk mechanicznych, nie wyłamujących się z ram mechaniki Newtonowskiej, jest oczywista. Zakładając jednak tę równoważność dla

wszystkich wogóle zjawisk fizycznych, stwarzamy hipotezę o olbrzymiej wartości heurystycznej, albowiem teoretyczne rozpatrzenie procesów, rozgrywających się względem układu, który się porusza ruchem jednostajnie przyspieszonym, pozwala zdawać sobie sprawę z przebiegu zjawisk w polu grawitacyjnym jednorodnym (ściśle biorąc, tylko w pierwszym przybliżeniu jednorodnym).

Przypominając, że zgodnie z zasadą względności, masa „bezwładna” (die träge Masse) ciała wzrasta wraz ze zwiększeniem zasobu energii tego ciała (mianowicie przyrostowi energii E , odpowiada przyrost masy $\frac{E}{c^2}$, gdzie c ozna-

cza prędkość światła), autor zapytuje, czy przyrostowi masy bezwładnej odpowiada również przyrost masy „gravitacyjnej” (die gravitierende Masse). „Gdyby nie”, powiada, „wówczas każde ciało spadałoby w tym samym polu grawitacyjnym z różnym przyspieszeniem zależnie od posiadanego przez nie zasobu energii”. Ponieważ „zwykła teoria względności” niczym nie uzasadnia zależności ciężaru ciała od wartości posiadanej przez nie energii, przeto autor wychodzi z założenia równoważności wyżej omówionych układów i wykazuje, iż „ciężar energii” (die Schwere der Energie) jest nieuniknioną konsekwencją tego założenia. Wniosek ten otrzymuje się z rozważania dwóch układów ciał S_1 i S_2 , mieszczących się w odległości h na osi z (w ten sposób w jednym z nich potencjał grawitacyjny jest o γh większy) i przenoszenia energii w postaci promieniowania z układu o potencjale wyższym (S_2) na układ o potencjale niższym (S_1). Wypada, że energia E_1 , dochodząca do drugiego układu, jest większa od E_2 wysłanej przez pierwszy, o wartość, wynoszącą energję potencjalną masy $\frac{E_2}{c^2}$ w polu grawitacyjnym. Jeżeli więc ma się dźiać zadość zasadzie zachowania energii, należy energii E przed jej wysłaniem przez pierwszy układ przypisać potencjalną energję grawitacyjną, która odpowiada masie (gravitacyjnej) $\frac{E}{c^2}$.

Dalsze rozważania dotyczą czasu oraz prędkości światła w polu grawitacyjnym. Otrzymuje się przytym ciekawy rezultat, że promień o pewnym okresie drgań, wysłany z układu S_2 przy określonej wartości potencjału grawitacyjnego, po dojściu do S_1 posiada inny okres drgań. Stąd np., linje widmowe światła słonecznego powinny być względem odpowiednich linii źródeł ziemskich przesunięte w kierunku czerwonej części widma. Przesunięcie tego rzędu linii widmowych było obserwowane, ale przypisywane wpływowi ciśnienia w warstwie pochłaniającej. Wogóle wpływ ciśnienia i temperatury na położenie linii może maskować zjawisko i trudno jest rozstrzygnąć, czy istotnie wpływ potencjału grawitacyjnego daje się stwierdzić.

Dalej autor dochodzi do niezmiernie doniosłego wniosku, wykraczającego poza granice „zwykłej” teorii względności (gewöhnliche Relativitätstheorie), a mianowicie, że w polu grawitacyjnym prędkość światła jest funkcją miejsca. Oznaczmy przez c_0 prędkość światła w początku spółrzędnych; wtedy prędkość światła w miejscu o potencjale grawitacyjnym ψ będzie dana przez

$$c = c_0 \left(1 + \frac{\psi}{c^2}\right).$$

Po otrzymaniu takiego wniosku i przy stosowaniu zasady Huygensa daje się łatwo udowodnić, że promienie, przechodzące poprzecznie przez pole grawita-

cyjne, ulegają zakrzywieniu. Rachunek pokazuje np., że promień, przebiegający koło ciała niebieskiego o masie M , ulega odchyleniu w kierunku zmniejszającego się potencjału grawitacyjnego, więc w kierunku tego ciała, o kąt

$$\alpha = \frac{2kM}{c^2 \Delta},$$

gdzie k oznacza stałą grawitacyjną, a Δ odległość promienia od środka ciała niebieskiego. Przebiegający koło słońca promień światła ulega odchyleniu o $0''{,}83$. O taką wartość więc zostaje przez to powiększona odległość kątowa gwiazdy, wysyłającej ten promień, od środka słońca, co może być stwierdzone przez obserwację. Autor wzywa astronomów, by w czasie całkowitych zaćmień słońca sprawdzili, czy podobne zjawisko zachodzi, słusznie zresztą dodając, że bez względu na wszelkie teorie należy siebie zapytać, czy środki dzisiejsze pozwalają stwierdzić wpływ pola grawitacyjnego na rozchodzenie się światła.

(Ann. d. Phys. 1911 № 10).

sk.

O sposobie demonstrowania na wykładach wychyleń galwanometru zwierciadłowego.

W tych wypadkach, gdy chodzi nie tylko o stronę jakościową, ale ilościową wychyleń galwanometru, rzuca się na skalę za pośrednictwem zwierciadła galwanometru obraz włókna żarówki, albo szpary, w ten czy inny sposób oświetlonej. Obraz świetlny jednak najlepiej jest widoczny w ciemności, t. j. w takich warunkach, które uniemożliwiają widzenie podziałek skali. Dla uniknięcia tej niedogodności można użyć następującego sposobu.

Z przyrządu projekcyjnego rzuca się snop światła na zwierciadło galwanometru tak, by po odbiciu otrzymać plamę świetlną na skali. Plama ta, będąc ruchomą przy ruchach zwierciadła, będzie czyniła widoczną pewną część (coraz to inną, oczywiście) skali. Jeżeli w miejscu, gdzie się stawia diapozytyw, ustawimy pionowo wążki skrawek blaszki, albo drucik, otrzymamy na jasnym polu skali ciemny obraz tej blaszki albo drucika. Obraz ten przypadnie na tej lub innej podziałce skali i będzie wykonywał ruchy wraz z ruchami zwierciadła galwanometru. W ten sposób będziemy mieli i znak ruchomy na skali i odpowiednią część skali oświetloną, co umożliwi dokładne odczytywanie podziałki, odpowiadającej danemu położeniu zwierciadła galwanometru.

Można sporządzić do tego celu specjalny przyrządek projekcyjny z małą żarówką, jako źródłem światła, by nie używać za każdym razem dużej latarni.

(Ztschr. f. d. phys. u. chem. Unter. I, 1911).

sk.

Rtęciowa machina elektrostatyczna.

Jak wiadomo, rtęć elektryzuje się przez tarcie o szkło. Jeżeli przez lejek z papieru filtrowego, umieszczony w szklanym lejku o wązkim wylocie,