

Ryc. 4

Przypadek a

$$E_{2\gamma} = E + E = 2E$$

$$p_{2\gamma} = p + p = 2p$$

stad (korzystamy z (13))

$$m_{2\gamma} = \left[ \frac{E_{2\gamma}^2}{c^4} - \frac{p_{2\gamma}^2}{c^2} \right]^{1/2} = 0$$

Przypadek b

Jak poprzednio

$$E_{2\gamma} = 2E$$

$$p_{2\gamma} = 0$$

stad

$$m_{2\gamma} = 2E/c^2$$

Widzimy zatem, że nie zawsze energii odpowiada masa. W pierwszym przypadku fotony tworzą układ „bezmasowy”, w drugim „masowy”.

Po siódme — (to dotyczy nauczycieli fizyki). Jeśli będziemy uczyć relacji  $m(v) = m_0\gamma$ , wtedy w przyszłości, przy dokładniejszym studiowaniu teorii względności narobimy swoim uczniom niezłego metlika w głowie!

#### VI. Wzór $E = mc^2$ w literaturze popularnonaukowej

Dlaczego wzór  $E = mc^2$  stał się tak bardzo popularny? Wydaje się, że szczególną rolę odegrała tutaj tania, powierzchowna popularyzacja głównych idei Einsteina po 1920 roku (do tego czasu — 15 lat! — teoria względności była znana głównie niemieckim fizykom i matematykom). W 1919 roku zaobserwowano odchylenie kierunku promieni świetlnych biegnących w pobliżu Słońca. Potwierdzono doświadczalnie jedno z dziwnych przewidywań teorii względności. Przekonano się, że nie są to jedynie spekulacje teoretyczne. Zmiana rytmu upływu czasu, wymiarów i masy ciała wraz ze zmianą prędkości, odkrycie (?) czwartego wymiaru, paradoks bliźniat, wszystko względne, tajemnicze... Częściowo pisze o tym jeden z najbliższych współpracowników Einsteina, polski fizyk Leopold Infeld w cytowanej już wcześniej książce pt. *Albert Einstein*. W tym czasie w pierwszych dekadach naszego stulecia

teoria względności stała się w powszechnej świadomości wręcz czymś mistycznym. Drukowano setki książeczek, broszur, odbywały się odczyty. To wtedy zrodził się nimbo fizyka teoretyka, nimbo zwariowanego, oderwanego od rzeczywistości Einsteina. Nie było chyba w historii nauki człowieka, który równie silnie pobudziłby fantazję ludzi. Ludzie wchłaniali te idee jak sucha gąbka wodę. Do odczytów takich namawiano także Einsteina. Do czego popularyzacja nauki może prowadzić?

Utkwiła mi w pamięci anegdota opisana przez L. Infelda. Podczas jednego z odczytów Einsteina bawił się leżącym na stole prętem. Jedna ze słuchaczek szepnęła do sąsiadki „Dlaczego on nie położy tego pręta?” Gdy Einstein gestykulując pokazywał jak pręt się porusza i kurczy, pani wyszeptała z ulgą „Nie wiedziałam, że to jest ten kurczący się pręt!”

Popularyzacja nauki ma chyba swoje granice. Nie może być łatwa i przyjemna. Łatwo można podać jedynie banały. Nowe, istotne koncepcje wymagają wysiłku nie tylko od piszącego, ale także od czytelnika. Ciekawym przykładem popularyzacji nauki jest traktująca o bardzo trudnym temacie czasu książka Stephena Hawkinga *Krótką historią czasu*. Na wstępie deklaruje, że aby nie zrazić czytelnika do lektury, w książce nie pojawił się żaden wzór. Z jednym wyjątkiem. Oczywiście chodzi o wzór  $E = mc^2$ ... No comments.

#### VII. Polska literatura traktująca o teorii względności

Niestety, w każdym podręczniku szkolnym znajdziemy pojęcia masy relatywistycznej oraz wzór  $E = mc^2$ . Mówi się o całkowitej równoważności masy i energii. Podręczniki akademickie — ta sama sytuacja. Także w najnowszym polskim kursie fizyki [12] wprowadzona jest idea masy relatywistycznej (t. I, s. 276). Na stronie 478 koncepcję masy relatywistycznej uzasadnia się „wzorując na tradycyjnym doświadczeniu myślowym Tolmana”.

W tomie II (s. 280) autorzy rozpatrują spadek swobodny fotonów w ziemskim polu grawitacyjnym przyjmując masę grawitacyjną fotonu  $m_g = E/c^2$  i otrzymują oczywiście poprawne rezultaty (ryc. 3b), a następnie zajmują się zakrzywieniem promieni świetlnych biegnących w pobliżu Słońca. Tutaj otrzymane odchylenie z masą fotonu  $m_g = E/c^2$  jest dwukrotnie mniejsze od poprawnego, co trudno wytłuma-

Dokończenie art. na III s. okl.

Zakończenie art. ze s. 28

czyć bez wprowadzenia OTW (ryc. 2a). Tłumaczenie zjawisk z tak maksymalnie relatywistyczną cząstką jaką jest foton przy pomocy grawitacyjnej masy fotonu wydaje się siłowym naciąganiem fizyki relatywistycznej na obszar swojskiej nam wszystkim fizyki klasycznej. Wymienione podręczniki, to współczesne podręczniki fizyki wysokich energii (formalizm czterowektorów), bardzo dobrze napisana jest również książka W. A. Ugarowa [13], którą szczególnie polecam początkującym. Znajdziemy tam ciekawostki historyczne związane z rozwojem tej teorii wraz z bogatą bibliografią.

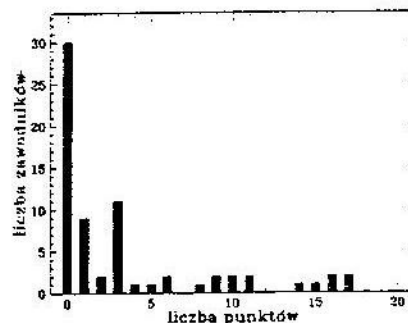
#### LITERATURA

- [1] C. G. Adler: „Am. J. of Phys.” 55, 739 (1987).  
[2] L. Okuń: „Physics Today.” June 1989.

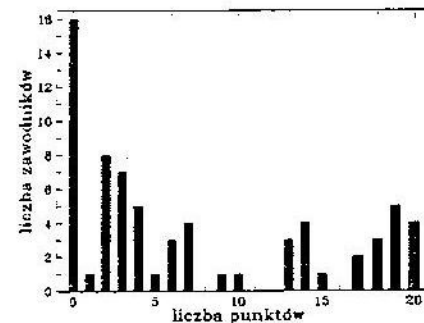
- [3] H. Lorentz: „Proc. R. Acad. Sci.” Amsterdam 1, 427 (1899); 6, 809 (1904).  
[4] H. Poincaré: „Arch. Neerland.” 5, 252 (1900).  
[5] A. Einstein: „Ann. Phys”, Leipzig, 17, 891 (1905).  
[6] A. Einstein: „Ann. Phys”, Leipzig, 18, 639 (1905).  
[7] A. Einstein: „Ann. Phys”, Leipzig, 35, 898 (1911).  
[8] G. N. Lewis, P. C. Tolman: „Philos. Mag.” 18, 519 (1909); 23, 375 (1912).  
[9] W. Pauli: *The Theory of Relativity*, Pergamon, New York (1958).  
[10] L. D. Landau, E. M. Lifschitz: *The Classical Theory of Fields*, Pergamon, New York 1951.  
[11] L. Infeld: *Albert Einstein*, PWN, Warszawa 1984.  
[12] A. K. Wróblewski, J. A. Zakrzewski: *Wstęp do fizyki*, PWN, Warszawa (1984, 1989, 1991).  
[13] W. A. Ugarow: *Szczególna teoria względności*, PWN, Warszawa 1985.

#### Wyniki zawodów III stopnia XLII Olimpiady Fizycznej

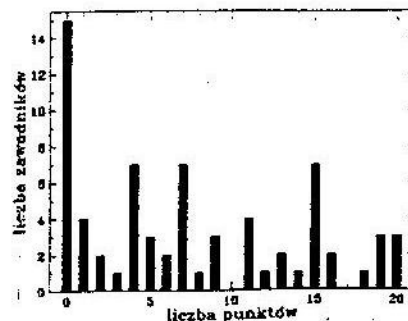
Zadanie 1



Zadanie 2



Zadanie 3



Zadanie doświadczalne

