

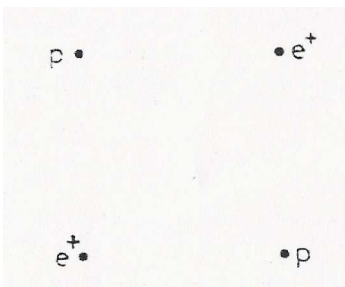
XXX OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP II

Zadanie teoretyczne

ZADANIE T2

Nazwa zadania: „Cząstki elementarne w narożnikach ringu”

Dwa protony i dwa pozytony początkowo spoczywają w narożach kwadratu (rys. 6).



Rys. 6

W pewnej chwili protonom i pozytonom pozwalamy poruszać się swobodnie. Oblicz w przybliżeniu stosunek prędkości końcowych pozytonów do prędkości końcowych protonów. Proton jest około 2000 razy cięższy od pozytonu.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T2

Prawo zachowania energii całkowitej

$$2\frac{mv^2}{2} + 2\frac{MV^2}{2} = 4\frac{e^2}{ka} + 2\frac{e^2}{ka\sqrt{2}} \quad (1)$$

gdzie: e - ładunek elementarny, a - bok kwadratu w położeniu początkowym, m , M masy pozytonu i protonu, v , V - prędkości końcowe pozytonów i protonów, k - stała związana z wyborem jednostek - nie wystarcza do wyznaczenia stosunku v/V .

.Symetria układu powoduje, że prawa zachowania pędu i momentu pędu są automatycznie spełnione i nie prowadzą do żadnego nowego równania. Kierując się treścią zadania należy poszukać równania, które byłoby prawdziwe chociaż w przybliżeniu. Takim równaniem może być prawo zachowania energii układu proton-proton. Prawo to jest oczywiście słuszne tylko w przybliżeniu, bo układ proton-proton podlega zewnętrznemu oddziaływaniu ze strony pozytonów. Przybliżenie to jednak jest bardzo dobre, gdyż stosunek mas $m/M \approx 0,0005$ jest bardzo małą liczbą i pozytony tak szybko oddalają się od protonów, że protony w tym czasie prawie wcale nie zmieniają swego stanu (tzn. ani się przesuną, ani nie rozpędzą). Cały dalszy długotrwały proces oddalania się protonów uwarunkowany jest tylko ich wzajemnym oddziaływaniem; zatem

$$2 \frac{MV^2}{2} \approx \frac{e^2}{ka\sqrt{2}} \quad (2)$$

Dzieląc stronami równania (1) i (2) mamy:

$$\frac{mv^2}{MV^2} + 1 = 4\sqrt{2} + 2$$

stąd:

$$\frac{v}{V} = \sqrt{\frac{M}{m}(4\sqrt{2} + 1)}$$

$$\frac{v}{V} = \begin{cases} 111 \text{ dla } \frac{M}{m} = 1836 \\ 115 \text{ dla okraglej wartosci } \frac{M}{m} = 2000 \end{cases}$$

Źródło:
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole”
Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szcz.pl