XXX OLIMPIADA FIZYCZNA (1980/1981). Stopień II, zadanie teoretyczne – T2.

Źródło: Olimpiady Fizyczne XXIX i XXXI, WSiP Warszawa 1986

Autor: Andrzej Nadolny, Krystyna Pniewska

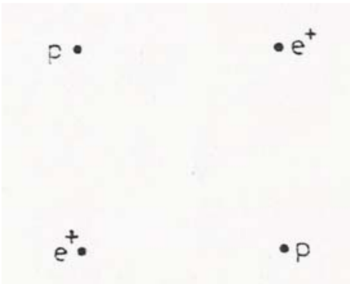
Nazwa zadania: Cząstki elementarne w narożnikach ringu

Działy: Cząstki elementarne

Słowa kluczowe: cząstki elementarne, protony, pozytony

Zadanie teoretyczne – T2, zawody II stopnia, XXXOF.

Dwa protony i dwa pozytony początkowo spoczywają w narożach kwadratu (rys. 1). 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.



Rys. 1

Rozwiązanie

Prawo zachowania energii całkowitej

$$2\frac{m v^2}{2}+2\frac{M V^2}{2}=4\frac{e^2}{ka}+2\frac{e^2}{ka\sqrt{2}}, \qquad (1)$$

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 oddalą 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

$$2\frac{M\,V^2}{2} \approx \frac{e^2}{ka\sqrt{2}} \tag{2}$$

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

$$\frac{m\,v^2}{M\,V^2} + 1 = 4\sqrt{2} + 2,$$

stąd

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

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