

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 23 (1995/1996)

Številka 4

Strani 220-221

Janez Strnad:

NATANČNO MERJENJE S PASTJO

Ključne besede: fizika, merjenja, pasti, antiprotoni.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/23/1266-Strnad.pdf>

© 1995 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

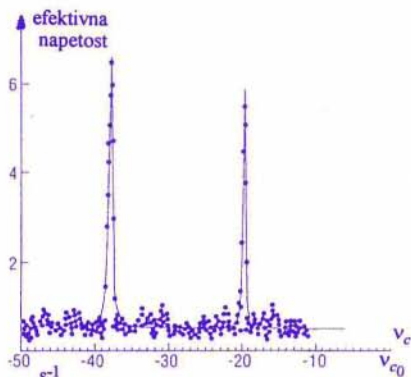
© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

NATANČNO MERJENJE S PASTJO

S kratkim zgledom pokažimo presentljivo natančnost, ki jo dosežejo pri merjenju z antiprotoni v pasti. Na izhodu ojačevalnika so opazovali efektivno napetost med elektrodama pasti v odvisnosti od frekvence zunanje izmenične napetosti v bližini ciklotronske frekvence (slika 1). Dva vrhova

Slika 1. Efektivna napetost na izhodu ojačevalnika pri antiprotonski pasti v odvisnosti od frekvence zunanje izmenične napetosti. Poskus je naredila raziskovalna skupina Geralda Gabrielseja leta 1990. Po Gabrielsejevem mnenju je ta poskus primeren tudi za šolsko fiziko: *Relativistic mass increase at low speeds*, American Journal of Physics 63 (1995) 568.



sta pokazala, da sta v pasti dva antiprotona z različnimi lastnostmi. Za ciklotronsko frekvenco smo izpeljali enačbo $\nu_{c0} = e_0 B / 2\pi m$. Enačba velja, če smemo antiprotone obravnavati v okviru Newtonove mehanike. Pri zelo natančnem merjenju moramo uporabiti mehaniko posebne teorije relativnosti. Ne da bi to posebej utemeljili, povejmo samo, da marsikatero staro enačbo prevedemo v novo, če maso m nadomestimo z $m/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$. Pri tem je v hitrost delca in c hitrost svetlobe. To velja tudi v našem primeru, tako da je ciklotronska frekvenca :

$$\nu_c = (e_0 B / 2\pi m)(1 - v^2/c^2)^{1/2} = \nu_{c0}(1 - \frac{1}{2}v^2/c^2) = \nu_{c0}(1 - W_k/W_0).$$

Najprej smo uporabili kot približek samo prva člena binomske formule $(1 - x)^n = 1 - nx + \dots$ in nato vpeljali kinetično energijo v Newtonovi mehaniki $W_k = \frac{1}{2}mv^2$ in lastno energijo $W_0 = mc^2$. ν_{c0} je pri tem ciklotronska frekvenca za antiproton s kinetično energijo 0, ki meri v našem primeru 89258426 s^{-1} in ji ustreza ničla na abscisni osi v diagramu. Iz enačbe za ν_{c0} izračunamo, da je gostota magnetnega polja $5,85 \text{ T}$. Z diagrama razberemo, da je prvemu antiprotonu ustrezala za $19,6 \text{ s}^{-1}$ nižja frekvenca in drugemu za $37,9 \text{ s}^{-1}$ nižja frekvenca. Iz enačbe

$$W_k = mc^2 \frac{\nu_{c0} - \nu_c}{\nu_{c0}}$$

dobimo za kinetično energijo prvega antiprotona 206 eV in za drugega 398 eV, če upoštevamo, da je lastna energija protona ali antiprotona $938 \cdot 10^6$ eV. Antiprotona imata zelo majhno kinetično energijo, pa je vseeno treba upoštevati posebno teorijo relativnosti. To bi težko verjeli, če ne bi naredili računa. Vzrok za to tiči v zelo natančnem merjenju ciklotronske frekvence.

Janez Strnad