

16-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
14-oji užduotis Nr. FT16-14 / 2023 04 03 – 2023 04 30

Sąlyga / FT16-14 ▼

Didysis hadronų greitintuvas

Didžiajame hadronų greitintuve sudarytuose priešpriešiniuose srautuose skriejantys protonai prieš susidūrimą buvo pagreitinami iki $W = 7 \text{ TeV}$ energijos, kai pasiekė greitį, nežymiai (keletu metrų sekundei) mažesnę už ribinį šviesos greitį vakuume, kurio dydį suapvalinkime iki $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Laikykime, kad esant tokiam greičiui galioja dalelių energijos ir impulso modulio p ryšys $W = cp$ bei antrasis Niutono dėsnis pavidalu $\Delta \vec{p} / \Delta t = \vec{F}$.

Žinodami dar ir tai, kad protonai skrieja $l = 27 \text{ km}$ ilgio žiedu, įvertinkite stiprį juos tuo žiedu nukreipiančio magnetinio lauko, superlaidžių elektromagnetų sudaromo statmenai žiedo plokštumai. Raskite magnetinio srauto tankį ir magnetinį srautą pro $S = 1 \text{ cm}^2$ ploto plokštelę, kurios plokštuma sudaro $\varphi = 60^\circ$ kampą su žiedo plokštuma.

Magnetinė konstanta $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$.

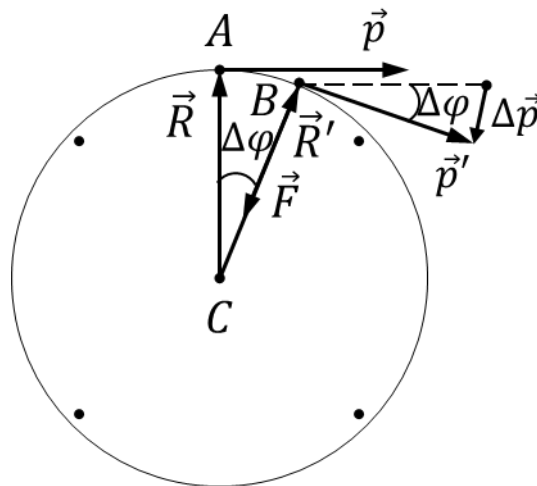
Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 04 03.

Aiškinamasis sprendimas / FT16-14 ▼

Duota: $W = 7 \cdot 10^{12} \text{ eV} = 1,12 \text{ } \mu\text{J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $l = 2,7 \cdot 10^4 \text{ m}$; $S = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$; $\alpha = 60^\circ$.

Rasti: H, B, Φ .



Apskritimu, kurio ilgis $l = 2\pi R$, judančio protono spinduliui vektoriui \vec{R} per mažą laiko tarpą Δt pasisukus mažu kampu $\Delta\varphi$, protonas artimu c greičiu juda lanku AB, o tokiu pačiu kampu pasisuka ir spinduliui statmenas protono impulso vektorius \vec{p} :

$$\Delta\varphi = \frac{AB}{R} = \frac{2\pi c \Delta t}{l}; \quad \Delta\varphi = \frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta pc}{W}.$$

Magnetiniame lauke (jo stiprio H linijos, statmenos žiedo plokštumai, pateiktame paveiksle yra parodytos taškais – jos nukreiptos nuo lapo į mus) judantį protoną nukreipianti įcentrinė jėga – tai pagal antrąjį Niutono dėsnį išreiškiama Lorencio jėga:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2\pi W}{l}; F = ecB = ec\mu_0 H;$$

$$H = \frac{2\pi W}{ec\mu_0 l}; H = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,12 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 2,7 \cdot 10^4} \approx 4,3 \text{ (MA/m)}.$$

Pastebėkime, kad tą patį gautume protono energijos nepaversdami džauliais – palikdami ją elektronvoltais, o protono elektros krūvį prilyginę vienetui:

$$H = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^{12}}{1 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 2,7 \cdot 10^4} \approx 4,3 \text{ (MA/m)}.$$

Magnetinio srauto tankis (magnetinio lauko indukcija):

$$B = \mu_0 H = \frac{2\pi W}{ecl}; B = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^{12}}{1 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 2,7 \cdot 10^4} \approx 5,4 \text{ (T)}.$$

Plokštelės sudaromas kampas su žiedo plokštuma lygus ir magnetinio lauko linijų, statmenų žiedo plokštumai, sudaromam kampui su jos normale, tai magnetinis srautas pro plokštelę:

$$\Phi = BScos\alpha; \Phi = 5,4 \cdot 10^{-4} \cos 60^\circ \approx 0,27 \text{ (mWb)}.$$

Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 05 05.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT16-14 ▼

Turnyro dalyvių skaičiui žymiai sumažėjus, artimą teisingam sprendimą pateikė tik vienas dalyvis.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 05 05.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT16-14 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Magnetinio lauko stipris	5
2.	Srauto tankis	2
3.	Srautas	3
4.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 05 05.