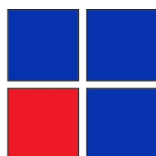


## Pamokos planas

<b>Tema:</b>	Šiuolaikinė fizika Europos branduolinių mokslinių tyrimų organizacijoje (CERN)
<b>Mokytojas:</b>	Stasys Kirdeikis, Utenos A. Šapokos gimnazija, Utenos raj. Užpalių gimnazija.
<b>Dalykas:</b>	Fizika.
<b>Klasė:</b>	12.
<b>Mokymosi uždavinys:</b>	Susipažinę su informacija apie CERN ir atlikę skaičiavimus, dirbdami grupėmis padarys plakatą „Įdomus faktai apie CERN“.
<b>Ugdomos kompetencijos:</b>	Pažinimo, kūrybiškumo, komunikavimo, skaitmeninė.
<b>Metodai:</b>	Informacijos atrinkimas, pokalbis, darbas su formulėmis ir skaitine informacija, darbas grupėse.
<b>Trukmė:</b>	1, 2 pamokos.
<b>Priemonės:</b>	Užduočių lapai, telefonai arba kompiuteriai su interneto ryšiu, skaičiuotuvai, A3 formato lapai plakato gamybai; spalvoti pieštukai.
<b>Mokinių pasirengimo lygis:</b>	Tolyginis, tolygiai kintamas, kreivaeigis judėjimas, energija, darbas, Lorencio jėga, elementarios dalelės.
<b>Vertinimas:</b>	Formuojamasis, kaupiamasis.
<b>Refleksija:</b>	Žodinis savo sukurto plakato pristatymas klasei.
<b>Pamokos eiga:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mokiniai supažindinami su pamokos tema, uždaviniu ir vertinimu.</li> <li>• Įtraukimui gali būti pateikti ir aptariami klausimai iš užduočių lapo, taip pat galima papasakoti apie materiją ir antimateriją, tamsiąją materiją.</li> <li>• Mokiniais išdalinami užduočių lapai.</li> <li>• Mokiniai, dirbdami grupėse pasirenka veiklas, vieni ieško apie CERN įdomių faktų, kiti sprendžia užduočių lapo uždavinius ir jų atsakymus panaudoja plakatui kurti. Pagal šias mokinių veiklas galima užduočių diferenciacija.</li> <li>• Mokiniai neprivalo išspręsti visų uždavinių.</li> <li>• Pageidaujamas išspręstų uždavinių skaičius ir surinktų faktų skaičius gali būti aptariamas su mokiniais pamokos pradžioje, kalbant apie vertinimą.</li> <li>• Surinkę informaciją ir gavę duomenis, mokiniai kuria plakatą. Vėliau jį pristato klasei.</li> </ul>



## Užduočių lapas

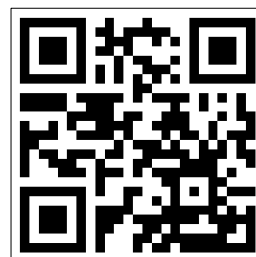
Kodėl Visata sudaryta tik iš materijos, kurioje beveik nėra antimedžiagos? Kodėl gravitacija tokia silpna, palyginti su kitomis jėgomis? Ar yra tik vienas Higso bozonas ir ar jis elgiasi taip, kaip tikėtasi? Kas yra tamsioji materija? Kiek dar naujų dalelių turime atrasti? Deja šioje pamokoje mes neatsakysime į šiuos klausimus, bet galime daugiau sužinoti apie šiuolaikinę fiziką ir Europos branduolinių mokslinių tyrimų organizaciją (CERN).

### Kas yra CERN?

Europos branduolinių mokslinių tyrimų organizacija (pranc. L'Organisation européenne pour la recherche nucléaire, angl. European Organization for Nuclear Research), trumpai vadinama CERN, tiria materijos sudedamąsias dalis – elementariąsias daleles ir ieško atsakymų į dar neatsakytus klausimus apie mūsų Visatą.

CERN naudoja sudėtingus mokslinius instrumentus. Pažangiausiems tyrimams buvo sukurti nauji dalelių greitintuvai ir detektoriai. Greitintuvai dalelių pluošteliams suteikia didelę energiją. Įgreitintos dalelės sudaužiamos tarpusavyje arba trenkiamos į taikinių nejudančias daleles. Susidūrimų metu gimsta naujos dalelės, atsiskleidžia naujos žinomų dalelių savybės. Detektoriai stebi ir registruoja šių susidūrimų rezultatus. Sukaupiami didžiuliai duomenų kiekiai, šiuos duomenis analizuoja mokslininkai iš viso pasaulio. Pagrindiniai CERN įrenginiai yra Didysis hadronų greitintuvas (LHC) ir jo didieji eksperimentai: ALICE, ATLAS, CMS ir LHCb. CERN greitintuvų kompleksas aptarnauja daug eksperimentų, o ilgiausias greitintuvas yra 27 km ilgio žiedas, įrengtas Šveicarijos ir Prancūzijos pasienyje maždaug 100 m gilyje.

1954 m. įkurta CERN laboratorija yra netoli Ženevos. Tai buvo viena pirmųjų bendrų organizacijų Europoje ir dabar ją sudaro 23 valstybės narės. Lietuva – asocijuota CERN narė, Lietuvai atstovauja CERN-LT konsorciumas.



<https://home.cern/>

### Užduotys:

1. Paieškokite daugiau Jums įdomios informacijos apie CERN ir sukurkite plakata apie šią tyrimų organizaciją.
2. Išspręskite žemiau esančius uždavinius ir gautus atsakymus taip pat įtraukite į savo kuriamą plakata.

1. Per kiek laiko greitkeliu ( $V = 130 \text{ km/h}$ ) važiuojantis automobilis nuvažiuotų tokį pat atstumą, kokį LHC žiede protonai nukelia per 1 s?

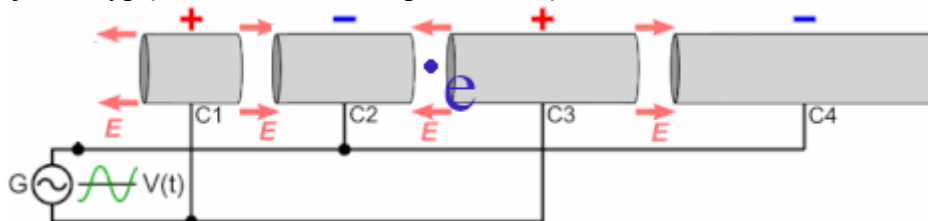
2. Protonai lekia žiedu ne vientisu srautu, o telkiniais. Vienu metu LHC žiede būna  $2 \times 2808$  telkiniai. Priešingomis kryptimis lekiantys protonų telkiniai susiduria detektoriuose. Kiek tokių telkinių susidūrimų įvyksta per 1s? Darykite prielaidą, kad telkiniai išsidėstę tolygiai.

3. Pro detektorių protonų telkinys pralekia per 25 ns. Viename telkinyje būna apie  $10^{11}$  protonų. Kokio stiprio srovė teka žiedu?

4. LHC žiedu lekiančių protonų telkinyje būna apie  $10^{11}$  dalelių. Vieno protono energija 6,5 TeV. Kiek energijos turi toks telkinys? Kokiu greičiu turėtų važiuoti 2 t masės automobilis, kad turėtų tiek pat energijos?

5. Dalelių greitintuvuose, dalelėms greitinti naudojamas elektrinis laukas. Kompaktišrame tiesiniame greitintuve (CLIC) elektronus ir pozitronus planuojama greitinti 100 MV/m stiprio elektriniu lauku. Kokia jėga šis elektrinis laukas veikia elektroną? Kokį pagreitį įgauna elektronas? Kokią energiją įgauna elektronas tokiaame lauke nulėkęs 1 m?

6. Paveikslėlyje matote linijinio greitintuvo schemą. Tašku e joje pažymėtas elektronas. Pažymėkite elektrono judėjimo kryptį. Paaiškinkite savo pasirinkimą.



7. Didžiojo hadronų greitintuvo (LHC) žiedo ilgis yra 27 km. Žiedo viduje yra sukuriamas 8,36 T magnetinis laukas. Kokios didžiausios energijos protonus magnetinis laukas gali priversti žiede sukis ratu? Energijai įvertinti patartina naudoti formulę  $E = mc^2$ .

8. Įvertinkite kaip sunkio jėga keičia protonų judėjimo kryptį. Vamzdžio, kuriuo skrieja protonai skersmuo yra 18 mm. Tarkime, kad protonas lekia vamzdžio viduriu, per kiek laiko sunkio jėgos veikiamas protonas pasiektų apatinę vamzdžio sienelę? Kiek ratų LHC žiede jis apsuktų per tą laiką?

## Užduočių sprendimai

(Informacija mokytojui)

**Mokiniamis uždavinių sprendimų lapai gali būti išdalinti pamokos gale, kad jie galėtų įsivertinti savo veiklas.**

1. Per kiek laiko greitkeliu ( $V = 130 \text{ km/h}$ ) važiuojantis automobilis nuvažiuotų tokį pat atstumą, kokį LHC žiede protonai nulekia per 1 s?

Protonai LHC žiedu juda greičiu, artimu šviesos greičiui, per 1s jie nuskrieja  $3 \cdot 10^8 \text{ m}$  arba 300000 km. Automobilis šį atstumą nuvažiuotų per:

$$t = \frac{s}{v}, \quad t = \frac{300000 \text{ km}}{130 \text{ km/h}} = 2308 \text{ h} = 96,2 \text{ paros}.$$

2. Protonai lekia žiedu ne vientisu srautu, o telkiniais. Vienu metu LHC žiede būna  $2 \times 2808$  telkiniai. Priešingomis kryptimis lekiantys protonų telkiniai susiduria detektoriuose. Kiek tokių telkiniu susidūrimų įvyksta per 1s?

Didžiausias atstumas tarp priešpriešiais lekiančių protonų telkinių LHC žiede, jei jie pasiskirstę tolygiai:

$$s = \frac{27000 \text{ m}}{2808} = 9,6 \text{ m}.$$

Judėdami šviesos greičiu šį atstumą protonai nulekia per:

$$t = \frac{s}{c}, \quad t = \frac{9,6 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ s}.$$

Per sekundę įvyksta susidūrimų:

$$N = \frac{1 \text{ s}}{3,2 \cdot 10^{-8} \text{ s}} \approx 3,1 \cdot 10^7 \text{ susidūrimai}.$$

Per 1 sekundę įvyksta beveik 31 milijonas susidūrimų.

3. Pro detektorių protonų telkinys pralekia per 25ns. Viename telkinyje būna apie  $10^{11}$  protonų. Kokio stiprio srovė teka žiedu?

Srovės stipris:

$$I = \frac{q}{t},$$

Čia  $q$  yra pro detektorių pratekėjęs elektros krūvis. Jis yra lygus vieno protono krūvio ir praskriejusių protonų skaičiaus sandaugai,  $q = q_0 \cdot N$ , čia  $q_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

$$I = \frac{q_0 \cdot N}{t}, \quad I = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^{11}}{25 \cdot 10^{-9} \text{ s}} = 0,64 \text{ A}.$$

4. LHC žiedu lekiančių protonų telkinyje būna apie  $10^{11}$  dalelių. Vieno protono energija 6,5 TeV. Kiek energijos turi toks telkinys? Kokių greičių turėtų važiuoti 2 t masės automobilis, kad turėtų tiek pat energijos?

Protonų telkinio energija:

$$E = 10^{11} \cdot 6,5 = 6,5 \cdot 10^{11} \text{ TeV} = 104000 \text{ J}, \quad 1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}.$$

Judančio automobilio greitis:

$$E = \frac{mv^2}{2}, \quad v = \sqrt{\frac{2E}{m}}, \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 104000}{2000}} = 10,2 \text{ m/s} \approx 37 \text{ km/h}.$$

5. Dalelių greitintuvuose, dalelėms greitinti naudojamas elektrinis laukas. Kompaktiška tiesiniame greitintuve (CLIC) elektronus ir pozitronus planuojama greitinti 100 MV/m stiprio elektriniu lauku. Kokia jėga šis elektrinis laukas veikia elektroną? Kokį pagreitį įgauna elektronas? Kokią energiją įgauna elektronas tokiame lauke nulėkęs 1 m?

Elektrinis laukas ( $E=100 \text{ MV/m}$ ) veikia elektroną jėga:

$$F = E \cdot q, \quad F = 100 \cdot 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C} = 1,6 \cdot 10^{-11} \text{N}.$$

Elektronas įgauna pagreitį:

$$a = \frac{F}{m}, \quad a = \frac{1,6 \cdot 10^{-11} \text{N}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}} = 1,76 \cdot 10^{19} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Sprendimas A. Greitindamas elektroną, elektrinis laukas atlieka darbą:

$A = Uq$ , šis darbas lygus protono įgytai energijai  $W$ , todėl  $W = Uq$ .

Įtampa gali būti išreikšta iš elektrinio lauko stiprumo formulės:

$$E = \frac{U}{d}, \quad U = Ed.$$

Tuomet elektrono energija:

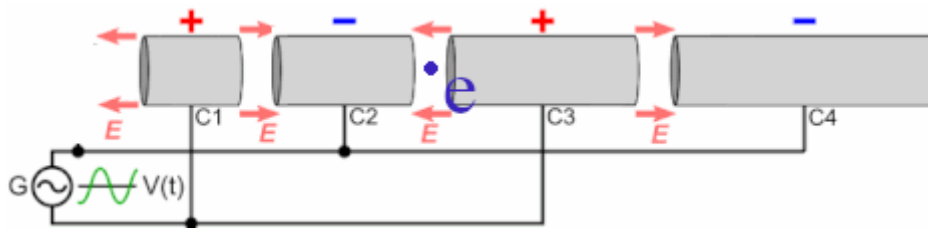
$$W = Edq, \\ W = 100 \cdot 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 1 \text{m} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C} = 1,6 \cdot 10^{-11} \text{J} = 10^8 \text{ eV} = 100 \text{ MeV}.$$

Sprendimas B. Galima samprotauti kiek kitaip. 1eV energiją įgauna elektronas pralėkęs 1V potencialų skirtumą – įtampą ( $W = Uq$ ). Įtampa tarp taškų, nutolusių  $d = 1 \text{ m}$  atstumu yra:

$$U = Ed, \\ U = 100 \frac{\text{MV}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ m} = 100 \text{ MV}.$$

Reiškia, elektronas įgauna 100 MeV energiją.

6. Paveikslėlyje matote linijinio greitintuvo schemą. Tašku e joje pažymėtas elektronas. Pažymėkite elektrono judėjimo kryptį. Paaiškinkite savo pasirinkimą.



Brėžinyje elektronas judės į dešinę. Elektroną traukia elektrodas C3 ir stumia elektrodas C2. Priešingo ženklo krūviais įelektrinti kūnai vienas kitą traukia, o priešingais – stumia. Elektronui lekiant greitintuvu, elektrodų krūviai keičiami. Toliau esančių vamzdelių ilgiai yra didesni, nes didėja elektrono greitis.

7. Didžiojo hadronų greitintuvo (LHC) žiedo ilgis yra 27 km. Žiedo viduje yra sukuriamas 8,36 T magnetinis laukas. Kokios didžiausios energijos protonus magnetinis laukas gali priversti žiede sukis ratu? Energijai įvertinti patartina naudoti formulę  $E = mc^2$ .

LHC žiedu judančiam protonui galima taikyti II Niutono dėsnį,  $F = ma$ . Protonas juda ratu, įcentrinės jėgos vaidmenį atlieka Lorencio jėga. Protonas juda su įcentrinio pagreičiu.

Laikant, kad protono greitis  $v$  yra artimas šviesos greičiui  $c$ , Lorencio jėgą ir įcentrinį pagreitį galima užrašyti taip:

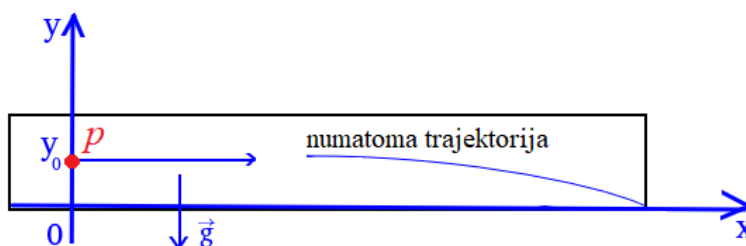
$$F = vqB = cqB, \quad a = \frac{v^2}{R} = \frac{c^2}{R}.$$

Pagal reliatyvumo teoriją, kūnui judant greičiu, artimu šviesos greičiui, jo masė padidėja. Energiją galime skaičiuoti pritaikydami energijos ir masės sąryšį  $E = mc^2$ , o masę raskdami iš II Niutono dėsnio,  $m = \frac{F}{a}$ . Kadangi žiedo ilgis  $l = 2\pi R$ , randame:

$$E = \frac{cqB}{\frac{c^2}{R}} c^2 = cqB \frac{l}{2\pi},$$

$$E = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} C \cdot 8,36 T \cdot \frac{27000 m}{2 \cdot 3,14} = 1,73 \cdot 10^{-6} J = 10,8 TeV.$$

8. Įvertinkite kaip sunkio jėga keičia protonų judėjimo kryptį. Vamzdžio, kuriuo skrieja protonai skersmuo yra 18 mm. Tarkime, kad protonas lekia vamzdžio viduriu, per kiek laiko sunkio jėgos veikiamas protonas pasiektų apatinę vamzdžio sienelę? Kiek ratų LHC žiede jis apsuktų per tą laiką?



Judančio protono koordinatės  $y$  kitimo lygtis:

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}.$$

Čia  $y_0 = \frac{D}{2}$ . Neturėdami duomenų darome prielaidą, kad pradinis greitis  $y$  kryptimi yra nulinis,  $v_{0y} = 0$ .

Kai protonas pasiekia apatinę vamzdelio sienelę, jo koordinatė  $y = 0$ . Surašome, išreiškiame ir apskaičiuojame:

$$0 = y_0 - \frac{gt^2}{2}, \quad t = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} = \sqrt{\frac{D}{g}}, \quad t = \sqrt{\frac{0,018 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0,043 \text{ s} = 43 \text{ ms}.$$

Judančio protono koordinatės  $x$  kitimo lygtis:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{g_x t^2}{2},$$

čia  $x_0 = 0$ ,  $g_x = 0$ ,  $v_{0x} = c$ , todėl

$$x = ct.$$

Vieno rato ilgis  $l = 27\,000 \text{ m}$ . Apskriejimų skaičius  $N$ :

$$N = \frac{ct}{l}, \quad N = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,043 \text{ s}}{27000 \text{ m}} = 480 \text{ ratų}.$$