

PřS / Pohyby těles v homogenním elektrickém a magnetickém poli

1. Kulička hmotnosti 10 g je elektricky nabitá nábojem $5/3$ nC. S jakým zrychlením se bude pohybovat v homogenním elektrickém poli s intenzitou $300 \text{ V}\cdot\text{cm}^{-1}$?
2. Elektron vletl rychlostí $6 \cdot 10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ mezi desky rovinného kondenzátoru. Vzdálenost mezi deskami kondenzátoru je 1 cm, délka kondenzátoru ve směru pohybu elektronu je 5 cm. Mezi deskami je napětí 600 V. Určete, jak se odchýlí elektron na konci kondenzátoru od původního směru pohybu.
3. Elektron se pohybuje v homogenním elektrickém poli mezi dvěma deskami. Při vstupu do prostoru mezi deskami má rychlost o velikosti $10000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ ve směru rovnoběžném s deskami. Působením elektrických sil se jeho místo výstupu z pole posune o 2 cm. Vzdálenost desek je 5 cm, napětí 50,5 V, délka každé desky 15 cm. Z uvedených údajů určete hmotnost elektronu za předpokladu, že náboj elektronu považujeme za známý.
4. Svazek elektronů urychlený napětím 200 V vletěl rovnoběžně mezi desky kondenzátoru. Desky mají délku 6 cm, jsou vzdálené 4 cm a je mezi nimi napětí 100 V. Určete, jak se elektrony odchýlily od původního směru a jakou rychlostí opouštějí kondenzátor.
5. Proton se pohybuje rychlostí o velikosti $10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v homogenním magnetickém poli, kolmo k vektoru magnetické indukce, jehož velikost je 1 T. a) Určete směr síly působící na proton. b) Vypočítejte velikost této síly. c) Po jaké trajektorii se proton bude pohybovat? Určete ji kvantitativně.
6. Elektron se pohybuje ve vakuu rychlostí o velikosti $10^4 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci $5 \cdot 10^3 \text{ T}$. Směr rychlosti je kolmý na směr indukčních čar. Určete poloměr kružnicové trajektorie elektronu.
7. Do homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti $2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ (ve vakuu) vletěl proton ve směru kolmém k indukčním čarům. Jaká bude frekvence jeho pohybu po kružnici?
8. Ve vrstvě o tloušťce d bylo vytvořeno homogenní magnetické pole s magnetickou indukcí \vec{B} . Na vrstvu dopadá kolmo na směr indukčních čar svazek kladných iontů, které mají hmotnost m a náboj Q . Při kterých rychlostech ionty neprojdou vrstvou?
9. Jaký je poloměr dráhy elektronu s kinetickou energií $E_k = 5 \cdot 10^3 \text{ eV}$, který se pohybuje v homogenním magnetickém poli s indukcí $B = 50 \cdot 10^{-4} \text{ T}$. Elektron se pohybuje kolmo k indukčním čarům.
10. Proton a částice α vletly do homogenního magnetického pole kolmo k indukčním čarům. Srovnajte poloměry kružnicových trajektorií částic v případech, že částice mají stejnou a) rychlost, b) energii.
11. Elektrony urychlené v elektrickém poli na dráze s potenciálovým rozdílem 100 V vletují do homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti 10^{-4} T kolmo k indukčním čarům. Jaká bude trajektorie jejich dalšího pohybu? Určete i kvantitativně.
12. Jak velká je rychlost elektronů, jestliže současně působící elektrické pole o intenzitě $E = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Vm}^{-1}$ a magnetické pole o indukci $B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$, obě navzájem kolmá a kolmá k rychlosti svazku elektronů, nezpůsobují odchylku od přímočarého pohybu? Jaký bude poloměr trajektorie elektronů, jestliže se elektrické pole zruší?
13. Částice α byla urychlena elektrickým polem mezi dvěma body s rozdílem potenciálů 250 kV a vletla do homogenního magnetického pole o magnetické indukci 0,51 T kolmo k indukčním čarům. Šířka oblasti magnetického pole je 10 cm. Určete úhel, o který se částice odchýlí od původního směru.
14. Svazek protonů se pohybuje ve vakuové trubici tak, že velikost jejich rychlosti je rovna jedné desetině rychlosti světla. V trubici je homogenní elektrické i magnetické pole. Pole jsou zkřížená. Protony se pohybují směrem k nákrasně, kolmo k její rovině. Elektrostatická síla působící na proton má velikost $3 \cdot 10^{-13} \text{ N}$. a) Jakou hodnotu musí mít podíl E/B velikostí intenzity elektrického pole a magnetické indukce, aby výsledná síla působící na proton byla nulová? b) Jakou velikost musí mít magnetická indukce \vec{B} ? c) Jakou velikost a jaký směr bude mít výsledná síla působící na částici s elektrickým nábojem e , která se pohybuje rychlostí o velikosti $0,2c$ (c je rychlost světla ve vakuu), za předpokladu, že \vec{E} a \vec{B} mají velikosti jako v částech a), b) této úlohy?
15. Elektron vletí do homogenního magnetického pole s indukcí $B = 0,01 \text{ T}$ rychlostí $v = 10^4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, která svírá se směrem indukce úhel $\vartheta = 30^\circ$. Určete poloměr závitů šroubovice, po které se elektron bude pohybovat; výšku jednoho závitu; čas, za který urazí dráhu $s = 1 \text{ m}$ ve směru osy šroubovice.
16. Částice, jejíž elektrický náboj je rovný náboji elektronu, vletěla ve vakuové trubici do homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti 10^{-2} T . Vektor její rychlosti svírá s indukčními čarami úhel 45° . V magnetickém poli se pohybuje po šroubovici, jejíž závitů mají vzájemnou vzdálenost 20 mm. Určete velikost hybnosti částice.
17. Beams of high-speed protons can be produced in "guns" using electric fields to accelerate the protons. (a) What acceleration would a proton experience if the guns electric field were $2.00 \times 10^4 \text{ N/C}$? (b) What speed would the proton attain if the field accelerated the proton through a distance of 1.00 cm?

18. What uniform magnetic field, applied perpendicular to a beam of electrons moving at $1.30 \times 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, is required to make the electrons travel in a circular arc of radius 0.350 m?

Některé aplikace

19. Inkoustová tiskárna. Kapka inkoustu o hmotnosti $1,3 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$ a se záporným nábojem o velikosti $1,5 \cdot 10^{-13} \text{ C}$ je vstříknuta do prostoru mezi deskami ve směru osy x rychlostí o velikosti $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Délka desek je 1,6 cm. Desky jsou nabity a budí mezi sebou elektrické pole. Předpokládejme, že toto pole je homogenní, se intenzitou o velikosti $1,4 \cdot 10^6 \text{ V/m}$. Jaká je svislá odchylka kapky od původního směru na úrovni konce desek? (Tíhová síla je velmi malá a můžeme ji zanedbat.)

20. Osciloskop. V obrazovce se pohybuje elektron ve směru vodorovné osy x rychlostí $5 \cdot 10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V délce 50 mm prochází homogenním, ostře ohraničeným elektrickým polem vychylovacích destiček o intenzitě 300 V/cm . Směr intenzity je kolmý ke směru pohybu. Určete výchylku elektronu při jeho dopadu na stínítko, které je ve vzdálenosti 150 mm od konce vychylovacích destiček.

21. Mlžná komora. Do komory vletí elektron kolmo k magnetickým indukčním čarám homogenního magnetického pole a začne se pohybovat po kružnici o poloměru 5 cm. Určete velikost rychlosti jeho pohybu. Velikost magnetické indukce magnetického pole je $40 \mu\text{T}$.

22. Cyklotron. Napětí mezi duanty je $U = U_0 \sin \omega t$, kde $U_0 = 2 \cdot 10^4 \text{ V}$, a frekvence napětí $f = 2,25 \cdot 10^7 \text{ Hz}$. Urychlují se jednomocné ionty. Iont začíná pohyb mezi duanty. Oběhne-li několikrát, dosáhne rychlosti $v = 4,4 \cdot 10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Určete počet půlkružnic, které iont oběhl; poloměr první a poslední kružnice, jestliže vzdálenost mezi duanty urazí iont při maximálním napětí. Hmotnost iontu je $1800 \times$ větší než klidová hmotnost elektronu.

23. The cyclotron. In a certain cyclotron a proton moves in a circle of radius 0.500 m. The magnitude of the magnetic field is 1.20 T. (a) What is the oscillator frequency? (b) What is the kinetic energy of the proton, in electronvolts?

24. Hmotnostní spektrograf. Elektrické pole hmotnostního spektrografu má intenzitu o velikosti $1,2 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ a magnetická indukce magnetického pole má velikost 1,5 T. Jakou rychlost mají ionty, které prolétly rychlostním filtrem? Určete hmotnosti iontů, jejichž trajektorie mají poloměry $r_1 = 177 \text{ mm}$ a $r_2 = 183 \text{ mm}$, a vyjádřete je jako násobek atomové hmotnostní konstanty.

25. Bohrov model atomu. Jeden z historických modelů, kterými se znázorňoval atom vodíku, se skládal z jednoho protonu (nehybné jádro) a z elektronu, který kolem jádra obíhal po kružnici o poloměru $0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. a) Vypočítejte periodu pohybu elektronu. b) Vypočítejte velikost magnetické indukce magnetického pole vzbuzeného pohybem elektronu po kružnici.

26. Hallův jev. Určete rozdíl potenciálů mezi povrchy bismutové destičky o tloušťce 0,1 mm v poli o indukci 1 T, prochází-li jí proud 0,1 A. Hallova konstanta má pro bismut hodnotu $-10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{C}}$.

27. The Hall Effect. A strip of copper 150 μm thick and 4.5 mm wide is placed in a uniform magnetic field \vec{B} of magnitude 0.65 T, with perpendicular to the strip. A current 23 A is then sent through the strip such that a Hall potential difference U_H appears across the width of the strip. Calculate U_H . (The number of charge carriers per unit volume for copper is $8.47 \times 10^{28} \text{ electrons/m}^3$.)