

Fyzika 2 - rámcové příklady

Pohyb nabité částice v magnetickém poli

1. Určete skalární a vektorový součin dvou obecných vektorů $\vec{A}$ a $\vec{B}$ a popište, jak závisí výsledky těchto součinů na úhlu mezi vektory.
2. Zvolte číselně složky vektoru $\vec{A}$. Nalezněte libovolný vektor $\vec{B}$ tak, aby výsledek skalárního součinu $\vec{A} \cdot \vec{B}$ byl nulový. Navrhněte fyzikální jev, který takového výsledku využívá.
3. Zvolte číselně složky vektoru $\vec{A}$. Nalezněte libovolný vektor $\vec{B}$ tak, aby výsledek skalárního součinu $\vec{A} \cdot \vec{B}$ byl maximální. Navrhněte fyzikální jev, který takového výsledku využívá.
4. Zvolte číselně složky vektoru $\vec{A}$. Nalezněte libovolný vektor $\vec{B}$ tak, aby výsledek vektorového součinu $\vec{A} \times \vec{B}$ byl nulový vektor. Navrhněte fyzikální jev, který takového výsledku využívá.
5. Zvolte číselně složky vektoru $\vec{A}$. Nalezněte libovolný vektor $\vec{B}$ tak, aby výsledek vektorového součinu $\vec{A} \times \vec{B}$ byl vektor o maximální možné velikosti. Jaký je směr takového vektoru? Jak souvisí velikosti dílčích vektorů a s velikostí výsledného vektoru? Navrhněte fyzikální jev, který takového výsledku využívá.
6. Zvolte číselně složky vektoru $\vec{A}$. Nalezněte libovolný vektor $\vec{B}$ tak, aby výsledek skalárního součinu $\vec{A} \cdot \vec{B}$ byl roven polovině součinu velikostí vektorů $\vec{A}$ a $\vec{B}$. Jaký musí být úhel mezi vektory $\vec{A}$ a $\vec{B}$?
7. Zvolte číselně složky vektoru $\vec{A}$. Nalezněte libovolný vektor $\vec{B}$ tak, aby velikost vektorového součinu $\vec{A} \times \vec{B}$ byl roven polovině součinu velikostí vektorů $\vec{A}$ a $\vec{B}$. Jaký musí být úhel mezi vektory $\vec{A}$ a $\vec{B}$?
8. Odvoďte a nakreslete závislost velikosti výsledku skalárního součinu $\vec{A} \cdot \vec{B}$ na úhlu mezi dílčími vektory $\vec{A}$ a $\vec{B}$.
9. Odvoďte a nakreslete závislost velikosti výsledku vektorového součinu $\vec{A} \times \vec{B}$ na úhlu mezi dílčími vektory $\vec{A}$ a $\vec{B}$.
10. Vektor $\vec{A}$ leží v rovině xy a s oběma osami svírá úhel 45° . Navrhněte složky vektoru $\vec{A}$ tak, aby výsledná velikost vektoru činila 20-ti násobek jednotkové velikosti vektoru $\vec{A}$. Nalezněte složky jednotkového vektoru $\vec{B}$ tak, aby s vektorem $\vec{A}$ svíral úhel 15° a zároveň ležel v rovině xy.
11. Vektor $\vec{A}$ leží v rovině xy a s osou x svírá úhel 60° . Nalezněte složky jednotkového vektoru $\vec{B}$ tak, aby s vektorem $\vec{A}$ svíral úhel 90° a zároveň neležel v rovině xy.

12. Vektor $\vec{A}$ má složky (2;3;1). Určete velikost vektoru $\vec{A}$. Stanovte složky vektoru $\vec{A}_j$, pro který platí $\vec{A} = |\vec{A}|\vec{A}_j$. Dále nalezněte složky libovolného vektoru $\vec{B}$ tak, aby $\vec{A} \perp \vec{B}$.
13. Určete měrný náboj částice α .
14. V hmotnostním spektrometru jsou separovány jedenkrát ionizované atomy uhlíku ^{12}C . Určete náboj a hmotnost takových iontů.
15. Neutrální atom kyslíku ^{16}O získá dva elektrony navíc a stane se z něj záporný iont. Určete náboj a hmotnost takového iontu.
16. Určete měrný náboj pozitronu.
17. Jaké napětí je třeba použít k urychlení elektronů na rychlost $0,1c$?
18. Stanovte energii a rychlost protonů, které byly urychleny napětím 5 kV.
19. Jakou energii je třeba udělit částici α , aby dosáhla rychlosti $3 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$? Jaké změně potenciálu elektrostatického pole to odpovídá?
20. Do elektrostatického pole o intenzitě 20 V.m^{-1} vletí pod úhlem 30° jedenkrát ionizovaný atom bóru ^{10}B . Určete velikost síly působící na iont v elektrostatickém poli.
21. Neutrální atom vodíku vletí kolmo do homogenního elektrostatického pole o intenzitě 10 V.m^{-1} . Popište síly působící na atom vodíku v tomto poli.
22. Mějme homogenní elektrostatické pole o intenzitě 20 V.m^{-1} . Do tohoto pole vletí volný elektron, místo vletu odpovídá počátku souřadné soustavy. Určete úhel vektoru rychlosti vůči vektoru intenzity pole za podmínky, že počátkem souřadné soustavy prolétl elektron znovu po určitém čase.
23. Jak se situace v úkolu č. 22 změní, bude-li sledovanou částicí pozitron?
24. Do jaké maximální vzdálenosti pronikne elektron do homogenního elektrostatického pole, je-li známo, že $\vec{E} = (4; 2; 2) \text{ V.m}^{-1}$ a $\vec{v}_{e0} = (2; 1; 1) \cdot 10^4 \text{ m.s}^{-1}$?
25. Vznikne v homogenním magnetickém poli nějaká trajektorie nabitě částice, vložíme-li do pole nehybnou nabitou částici? Vysvětlete.
26. Jak bude v homogenním magnetickém poli o velikosti indukce 5 mT urychlen elektron, vletí-li do pole kolmo na směr indukčních čar rychlostí $3 \cdot 10^6 \text{ m.s}^{-1}$?
27. Ukažte, že obecné pohybové rovnice nabitě částice v homogenním magnetickém poli jsou soustavou diferenciálních rovnic.

28. Částice α vletí do homogenního magnetického pole o velikosti indukce 6 mT rychlostí $5 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ pod úhlem 60° . Pro zvolenou souřadnou soustavu запиšte pohybovou rovnici ve složkách a určete počáteční podmínky. Jaká bude trajektorie pohybu částice?
29. Proton a částice α vletly do homogenního magnetického pole kolmo k indukčním čarám. Srovnajte poloměry trajektorií částic v případě, že částice mají stejnou
- rychlost,
 - energii.
30. Z elektronového děla vylétávají elektrony o energii 3 keV. Ve vzdálenosti 5 cm od elektronového děla je umístěna velmi rozměrná kovová destička orientovaná tak, že elektrony na ni dopadají kolmo. V oblasti mezi dělem a destičkou začneme působit magnetickým polem tak, abychom svazek elektronů vychýlili. Stanovte mezní velikost magnetické indukce, při které přestanou elektrony na destičku dopadat. Výpočet doplňte rozбором směrů vektorů magnetické indukce, rychlosti a působící síly v libovolném bodě trajektorie.
31. Do homogenního magnetického pole definované vektorem $\vec{B} = (2; 1; -2) \text{ mT}$ vletne jedenkrát ionizovaný kladně nabitý atom bóru. Určete velikost a směr rychlosti částice, jestliže trajektorii částice je kružnice o poloměru 8 cm. Stanovte rovněž velikost a směr magnetické síly v libovolném bodě trajektorie.
32. Do homogenního magnetického pole definované vektorem $\vec{B} = (-1; 2; -2) \text{ mT}$ vletne kolmo částice α urychlená napětím 10 kV. Určete tvar a parametry trajektorie, kterou částice v poli opíše.
33. Trajektorií nabitě částice v homogenním magnetickém poli je šroubovice. Navrhněte situaci (volba typu částice, velikosti a směru rychlosti, velikosti a směru pole), při které bude velikost poloměru základny šroubovice shodná s velikostí stoupání. Pod jakým úhlem musí částice do pole vstupovat? Závisí tento úhel na měrném náboji částice?
35. Do homogenního magnetického pole definované vektorem $\vec{B} = (-1; 2; -2) \text{ mT}$ vletne kolmo částice o elementárním náboji urychlená napětím 3 kV. Určete závislost poloměru trajektorie na hmotnosti částice.
36. Jaká je obecná závislost rychlosti nabitých částic na jejich měrném náboji, budeme-li je urychlovat stejným napětím?
37. V hmotnostním spektrometru separujeme jedenkrát ionizované kladně nabitě ionty. Ionty nesou před vstupem do komory stejnou kinetickou energii, velikost příčného magnetického pole v separační komoře je konstantní. Určete závislost poloměru trajektorie na hmotnosti iontů. Je tato závislost v praxi spojitá funkce? Vysvětlete.
38. Mějme konstantní velikost rychlosti nabitě částice i velikost magnetické indukce. Jak se mění poloměr a stoupání šroubovice, bude-li směr rychlosti vůči poli nabývat hodnot od 0° do 180° ?

39. Měřicí zařízení pro stanovení měrného náboje elektronu využívá elektronů urychlených elektrickým polem vstupujících do příčného magnetického pole. Trajektorii ve tvaru kružnice lze zviditelnit a přímo měřit její poloměr. Popište dílčí závislosti poloměru trajektorie na urychlovacím napětí (při konstantní indukci B pole) a poloměru trajektorie na velikosti magnetické indukce (při konstantní rychlosti elektronů). Dále popište závislost urychlovacího napětí na magnetické indukci, budeme-li v měřené závislosti zachovávat konstantní poloměr trajektorie.
40. Lze změnou úhlu mezi vektory rychlosti částice a magnetické indukce dosáhnout změny periody pohybu částice po zakřivené dráze (kružnice, průmět pohybu po šroubovici do základny)? Pokud ano, jakou závislostí lze toto aproximovat?
41. Existuje závislost velikosti Lorentzovy síly na úhlu mezi vektory rychlosti částice a magnetické indukce? Pokud ano, lze ji matematicky popsat?
42. Do homogenního magnetického pole vstupují elektrony urychlené napětím U pod úhlem α . Trajektorií elektronů je šroubovice s hodnotou stoupání h . V určitém okamžiku úhel vstupu elektronů vzroste o $\Delta\alpha$, nicméně kompenzací urychlovacího napětí o ΔU dosáhneme toho, že stoupání h zůstane zachováno. Určete, zda je třeba napětí zvýšit, či snížit. Dále stanovte, zda je charakter změny lineární.