**Příklady – pohyb těles v gravitačním, elektrickém a magnetickém poli**

**A) Magnetické pole (homogenní)**

1. Odhadněte výpočtem maximální velikost magnetické indukce magnetického pole vychylovacích cívek televizní obrazovky. Předpokládejte, že magnetické pole je homogenní a prostorově omezené dvěma rovinami kolmými na osu obrazovky. Jejich vzájemná vzdálenost je  Elektrony jsou před vstupem do magnetického pole urychleny elektrickým polem mezi elektrodami o napětí . Maximální odchýlení trajektorie elektronů od osy obrazovky je . Hmotnost elektronu je jeho náboj pak 

*r*

*l*











*K příkladu 1*

ŘEŠENÍ: Po vstupu do magnetického pole se elektrony začnou pohybovat po kružnici. Po opuštění tohoto pole pokračují elektrony po přímce směrem ke stínítku obrazovky. Odchylku trajektorie elektronů způsobuje magnetická síla o velikosti , která se projevuje jako síla dostředivá. Z této skutečnosti jsme schopni spočítat poloměr kružnice po níž se bude elektron po dobu svého průletu magnetickým polem pohybovat. Bude platit

.

Z obrázku je zřejmé, že pro sinus úhlu , jenž udává odchýlení trajektorie elektronů od osy obrazovky platí vztah . Pro velikost magnetické indukce pole vychylovacích cívek pak můžeme psát

.

Pro rychlost elektronu urychleného napětím *U* se dá na základě zákona zachování energie odvodit následující vztah . S využitím tohoto vzorce již můžeme po dosazení vypočítat hledanou magnetickou indukci. Platí

.

Magnetická indukce magnetického pole vychylovacích cívek je zhruba .

*r*

*l*











*K příkladu 2*

2. Alfačástice vlétla ve směru normály do oblasti příčného magnetického pole o indukci . Velikost oblasti je . Najděte rychlost částice, jestliže se při průchodu magnetickým polem odklonila o úhel . Hmotnost alfa částice je  její hmotnost pak 

ŘEŠENÍ: Na alfačástici působí v průběhu jejího letu v magnetickém poli stálá magnetická síla, jenž způsobí, že se tato částice bude pohybovat po kružnici. Poloměr této kružnice určíme z toho, že magnetická síla je při tomto pohybu silou dostředivou. Platí vztah

.

Pro sinus úhlu , jenž udává odchýlení trajektorie částice od původního směru, zjevně platí vztah . Pro rychlost částice pak dostáváme

.

K tomu, abychom mohli spočítat konkrétní hodnotu rychlosti, samozřejmě musíme znát hmotnost a elektrický náboj alfačástice. Z jaderné fyziky však víme, že tato částice je tvořena dvěma protony a dvěma neutrony. Uvážíme-li, že hmotnost protonu i neutronu je přibližně rovna atomové hmotnostní konstantě a proton má kladný elementární náboj, můžeme psát . Výše odvozený vztah pro rychlost pak můžeme přepsat do tvaru

.

Alfačástice se pohybuje rychlostí zhruba .

3. Zadání i řešení na <http://reseneulohy.cz/41/vodic-v-magnetickem-poli>

**B) Elektrické pole (homogenní)**

4. Elektron se pohybuje ve směru siločar elektrického pole o intenzitě . Jakou vzdálenost proletí ve vakuu do úplného zastavení, je-li jeho počáteční rychlost rovna ? Jak dlouho přitom poletí? Náboj elektronu je  jeho hmotnost poté 

ŘEŠENÍ: Na elektron bude působit elektrická síla, jenž jej bude zbržďovat. Důležité je, že vzhledem k

homogennitě elektrického pole bude tato síla konstantní. Elektron tedy bude konat rovnoměrně zpomalený pohyb. Pro jeho dráhu platí známý vztah

.

Nyní dosadíme použitím definičního vztahu pro intenzitu elektrického pole a 2. Newtonova zákona a z definice zrychlení určíme dobu, kterou elektron potřeboval k zastavení. Musíme si uvědomit, že pro zrychlení platí vztah  kde změna rychlosti  je v našem případě přímo počáteční rychlost  a je doba *t* potřebná k úplnému zabrždění elektronu. Pak platí:

,

.

Po dosazení do vztahu pro brzdnou dráhu získáme



Elektron urazí dráhu  za čas 

5. Elektron vlétl doprostřed mezi desky kondenzátoru rovnoběžně s nimi rychlostí . Mezi deskami je homogenní elektrické pole o intenzitě , délka desek je , jejich vzdálenost . Zanedbejte tíhovou sílu a určete, zda elektron může z kondenzátoru vylétnout.







*x*

*K příkladu 5*

*y*

*l*

*d*

ŘEŠENÍ: Nejprve určíme dobu, kterou elektron potřebuje k průletu. Vzhledem k tomu, že ve směru osy *x* nepůsobí na elektron žádná síla, platí pro dobu nutnou k průletu vztah . V druhé fázi určíme, za jak dlouho dopadne elektron na desku kondenzátoru. Ve směru osy *y* na něj bude působit elektrická síla , jejíž velikost i směr budou vzhledem k homogennitě pole mezi deskami kondenzátoru stálé. Proto se bude elektron ve směru osy *y* pohybovat rovnoměrně zrychleně s nulovou počáteční rychlostí a doba, za kterou dopadne na desku bude splňovat vztah



(za zrychlení jsme dosadili z již v předchozích úlohách používaného vztahu ). Tuto dobu nyní porovnáme s již dříve vypočtenou dobou nutnou k průletu kondenzátorem. Zjišťujeme, že pro dané hodnoty platí , což znamená, že elektron dopadne na desku kondenzátoru dříve, než by z něho mohl vyletět. Elektron tedy z kondenzátoru vyletět nemůže.

**C) Radiální gravitační pole (Keplerovy zákony)**

6. Zadání i řešení najdete na

[http://reseneulohy.cz/1238/mars-v-opozici-se-sluncem](http://reseneulohy.cz/1238/mars-v-opozici-se-sluncem 7)

7. Zadání i řešení najdete na <http://reseneulohy.cz/1241/pad-zeme> (neuvažovat VŠ řešení pomocí integrálů, ale SS řešení s jednoduchým využitím 3. Keplerova zákona)

**D) Homogenní tíhové pole (vrhy)**

8. Zadání i řešení najdete na

[http://reseneulohy.cz/126/volne-padajici-kamen](http://reseneulohy.cz/126/volne-padajici-kamen 9)

9. Zadání i řešení najdete na

[http://reseneulohy.cz/130/zachranny-letoun](http://reseneulohy.cz/130/zachranny-letoun )

10. Zadání i řešení najdete na <http://reseneulohy.cz/132/basketbalista>