



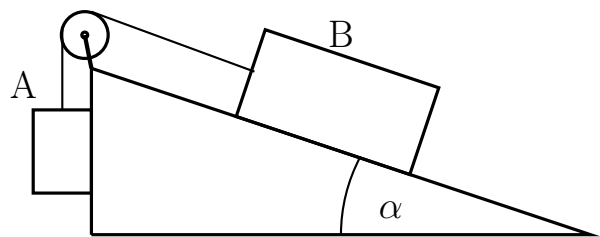
Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky  
**Úlohy krajského kola 57. ročníku FO**  
**kategorie A**

### 1. Tělesa na klínu

Tělesa A a B ze stejného materiálu jsou spojena pevnou nití přes kladku a umístěna na klín s úhlem sklonu  $\alpha$  podle obrázku. Kdyby byl klín dokonale hladký, byla by tělesa v rovnováze. Jaký musí být nejmenší součinitel  $f$  smykového tření, nemají-li se tělesa dát do pohybu, bude-li se klín pohybovat se zrychlením o velikosti  $a$

- a) vpravo,
- b) vlevo.

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty  $a = 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ,  $\alpha = 30^\circ$ . Tíhové zrychlení  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Tření v ose kladky a hmotnost kladky můžeme zanedbat.



Obr. 1

### 2. Dva plyny ve válci

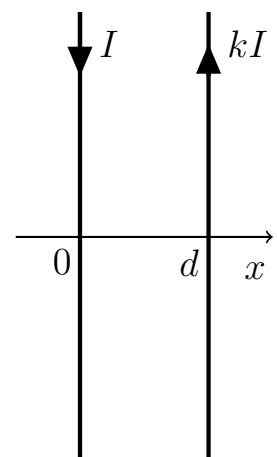
Tepelně izolovaný, uzavřený, vertikálně postavený válec je rozdělen na dvě stejné části těžkým, tepelně vodivým pístem. Nad i pod pístem, který je na počátku upevněn zarážkou, jsou stejná množství ideálního dvouatomového plynu o teplotě  $T = 300 \text{ K}$  a tlaku  $p = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Po uvolnění zarážky píst klesne a rozdíl tlaků v dolní a horní části válce bude  $\Delta p = 1,00 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ . Jak se přitom změnila teplota plynu  $\Delta T$  po dosažení rovnovážného stavu?

Tepelnou kapacitu pístu i stěn válce zanedbejte.

### 3. Magnetické pole dvou vodičů

Dvěma rovnoběžnými dlouhými vodiči umístěnými ve vzájemné vzdálenosti  $d$  ve vakuu protékají v navzájem opačných směrech proudy  $I$  a  $kI$ , kde  $k \geq 1$  (obr. 2).

- a) Určete velikost magnetické indukce  $B_0$  v místě o souřadnici  $x = d/2$ .
- b) Určete souřadnici  $x_1$  místa mezi vodiči na ose  $x$ , v němž je velikost magnetické indukce nejmenší, a velikost  $B_{\min}$  této minimální indukce.
- c) Určete souřadnici  $x_2$  místa na ose  $x$ , v němž je velikost magnetické indukce nulová.



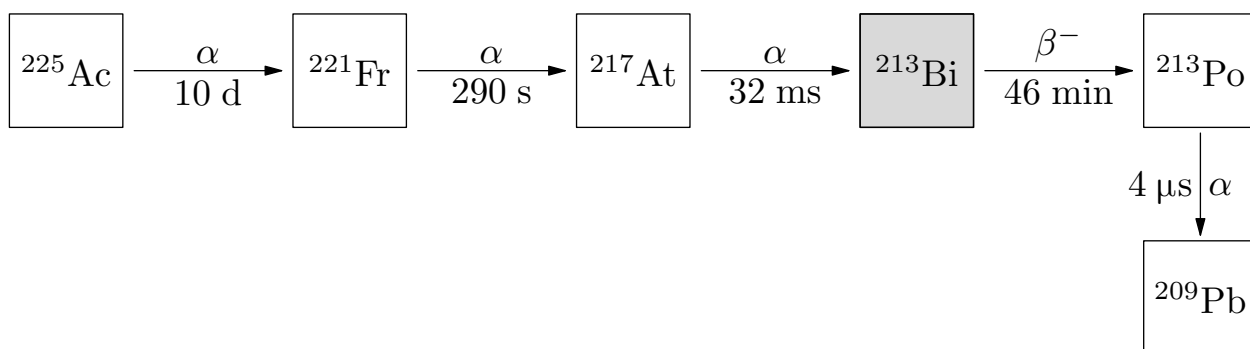
Obr. 2

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty  $k = 1$ ,  $k = 2,25$ .

#### 4. Užití izotopů bizmutu

K ničení nádorových buněk se používá záření  $\alpha$  krátkého dosahu. Důležitou roli zde hraje izotop bismutu  $^{213}\text{Bi}$ , vázaný na nosič, schopný dopravit látku do blízkosti nádorových buněk.  $^{213}\text{Bi}$  se rozpadá s poločasem rozpadu  $T_{\text{Bi}} = 46 \text{ min}$  na zdroj záření  $\alpha$  – polonium  $^{213}\text{Po}$ , které se s poločasem  $T_{\text{Po}} = 4 \mu\text{s}$  rozpadá na izotop olova  $^{209}\text{Pb}$  a ničí nádorové buňky. Vznikající částice  $\alpha$  mají kinetickou energii  $E_k = 8,38 \text{ MeV}$ .

Samotný izotop  $^{213}\text{Bi}$  se připravuje ostřelováním  $^{226}\text{Ra}$  energetickými protony v urychlovači. Přitom vzniká  $^{225}\text{Ac}$ , které podléhá přeměně  $\alpha$  s poločasem rozpadu  $T_{\text{Ac}} = 10 \text{ dní}$ . Vzniklé francium  $^{221}\text{Fr}$  se přeměnou  $\alpha$  mění s poločasem  $T_{\text{Fr}} = 290 \text{ s}$  na astat  $^{217}\text{At}$  a ten další přeměnou  $\alpha$  s poločasem rozpadu  $T_{\text{At}} = 32 \text{ ms}$  poskytuje  $^{213}\text{Bi}$  (obr. 3).



Obr. 3

- Napište rovnici vzniku izotopu  $^{225}\text{Ac}$  ostřelováním  $^{226}\text{Ra}$  energetickými protony o rychlosti  $v = 4,0 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Určete energii reakce  $E_{\text{r1}}$  a kinetickou energii protonů. Kinetickou energii protonů počítejte klasicky i relativisticky, výsledky porovnejte a určete, jaká část kinetické energie protonu se mění na jiné formy energie. Můžete použít vztah  $m = m_0 + E_k/c^2$ .
- Jak dlouho musíme ostřelování radia provádět, máme-li obdržet vzorek aktinia o aktivitě  $A = 5,0 \cdot 10^9 \text{ Bq}$ ? Rozpad atomů aktinia, které vznikají během ostřelování, zanedbejte. Proud protonů má intenzitu  $I = 100 \mu\text{A}$  a jen 1,2 % protonů vede k žádané reakci.
- Určete energii reakce  $E_{\text{r2}}$  rozpadu  $^{213}\text{Po}$  a vysvětlete rozdíl oproti kinetické energii vznikajících  $\alpha$  částic.

Při řešení vycházejte ze známých hodnot klidových hmotností neutrálních atomů, protonu a neutronu:

$$\begin{aligned}
 m(^{226}_{88}\text{Ra}) &= 226,025\,410m_{\text{u}}, & m(^{225}_{89}\text{Ac}) &= 225,023\,230m_{\text{u}}, & m(\text{p}) &= 1,007\,276m_{\text{u}}, \\
 m(\text{n}) &= 1,008\,665m_{\text{u}}, & m(^{213}_{84}\text{Po}) &= 212,992\,857m_{\text{u}}, & m(^{209}_{82}\text{Pb}) &= 208,981\,090m_{\text{u}}, \\
 m(^4_2\text{He}) &= 4,002\,603m_{\text{u}}, & m(^1_1\text{H}) &= 1,007\,825m_{\text{u}}. & & \text{Atomová hmotnostní konstanta} \\
 m_{\text{u}} &= 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, & \text{rychlost světla ve vakuu } c &= 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.
 \end{aligned}$$