

Ohlédnutí za 31. mezinárodní fyzikální olympiádou

Bohumil Vybíral, Ivo Volf**, Ústřední výbor FO, Univerzita Hradec Králové*

Když v Brně skončilo třetí kolo fyzikální olympiády, nabídli jsme z pověření Ústředního výboru fyzikální olympiády nejlepším deseti účastníkům z řad vítězů, aby se připravovali na účast na 31. mezinárodní fyzikální olympiádě. Příprava spočívala ve standardním postupu, který se v několika posledních letech osvědčil: řešení 150 úloh ze Sbírký úloh pro přípravu na MFO, dále v řešení problémů z korespondenčního semináře a potom z účasti na soustředění, které se uskutečňuje již po několik let na katedře fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové (UHK). Na soustředění jsme se věnovali jednak doplnění středoškolského učiva tak, aby účastníci měli znalosti, jež požaduje tzv. Syllabus MFO; jde o výběr témat v rozsahu osnov dřívějších matematicko-fyzikálních tříd, doplněný ještě o několik obtížnějších témat. Kromě toho bylo hlavním úkolem soustředění konání laboratorních cvičení. Je nám totiž přímo od soutěžících FO známo, že laboratorní práce se skoro nikde nedělají v rozsahu výuky fyziky konce osmdesátých let. Tehdy se v matematicko-fyzikálních třídách dělaly laboratorní práce v počtu 16 prací za školní rok. Proto účastníci soustředění měli za úkol provést denně dvě laboratorní práce a zpracovat o nich protokol. Soustředění se z první desítky nezúčastnil Jan Houštek, který absolvoval toto soustředění již dvakrát a který se podílel na přípravě a na průběhu jiného soustředění pro soutěžící z kategorie B. Dále těsně před soustředěním, na naši žádost o vyjádření, odmítli dva potenciální účastníci – Martin Kozák z gymnázia v Klatovech a Jaroslav Dobrý z gymnázia v Plzni – účast na MFO. František Němec z Dopplerova gymnázia v Praze se v době MFO účastnil mezinárodního TMF, takže se již v květnu omluvil.

Na základě dlouhodobých výsledků soutěžících (sledovali jsme jejich úspěchy za poslední dva roky) jsme navrhli Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, aby se soutěže 31. MFO zúčastnili:

- Jan Houštek**, absolvent gymnázia v Pelhřimově,
- Jiří Chaloupka**, absolvent gymnázia v Židlochovicích,
- Jan Kapitán**, student Keplerova gymnázia v Praze,
- Karel Kouřil**, absolvent gymnázia v Blansku,
- Jan Houfek**, absolvent gymnázia v Uherském Hradišti.

Vedením delegace byl pověřen Doc. RNDr. Ivo Volf, CSc., vedoucí katedry fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové a předseda ÚVFO, pedagogickým vedoucím byl prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc., prorektor UHK. Po stránce administrativní a organizační odevzdali pracovníci MŠMT dr. V. Müller a dr. E. Urbanová dobrou práci; úspěchu výjezdu napomohly pracovnice Domu zahraničních styků MŠMT (paní Smržová, Šnajdová a Kolwratová).

31. mezinárodní fyzikální olympiáda byla uspořádána ve dnech 8. až 16. července 2000 ve starobylém anglickém městě Leicester (čti lestr) ve Velké Británii. Organizace mezinárodní soutěže byla svěřena Univerzitě v Leicesteru a na její přípravě se podílel Národní komitét Britské fyzikální olympiády, katedry fyziky několika britských univerzít, Institut fyziky a řada sponzorů, včetně Královské společnosti věd, Národních fyzikálních laboratoří a několika významných podniků (např. firma Rolls-Royce). Organizační výbor vedl prof. Sir Martin Rees,

* bohumil.vybiral@uhk.cz

** ivo.volf@uhk.cz

Uvedeme text zadání první úlohy – pokuste se je jako učitelé fyziky vyřešit a udělejte si představu o obtížnosti soutěže mezinárodní fyzikální olympiáda.

Teoretická úloha 1

A) Bungee jumper je připojen k jednomu konci dlouhého pružného lana. Druhý konec pružného lana je upevněn k vysokému mostu. Skokan vykročí z mostu a padá z klidu z mostu k řece dolů. Nedopadne až do vody. Hmotnost skokana je m , délka nezatiženého lana je L , tuhost lana je k a tíhové zrychlení je g .

Předpokládejme, že

- skokana můžeme považovat za hmotný bod o hmotnosti m připevněný na konec lana,
- hmotnost lana je zanedbatelná vzhledem k m ,
- lano splňuje Hookův zákon,
- odpor vzduchu při pádu skokana lze zanedbat.

Vypočítejte výrazy pro následující veličiny a zapište do listu odpovědí:

- vzdálenost y , kterou skokan proletěl před tím, než se poprvé úplně zastavil,
- maximální rychlost v , které skokan během pádu dosáhl,
- dobu t letu skokana do jeho prvního zastavení.

B) Tepelný stroj pracuje mezi dvěma stejnými tělesy o různých teplotách T_A a T_B ($T_A > T_B$). Hmotnost každého tělesa je m a měrná tepelná kapacita s . Tělesa jsou pod stálým tlakem a nemění své skupenství.

- (a) Vypočítejte celkovou práci, určete výraz pro koncovou teplotu T_0 , kterou mají obě dvě tělesa A a B, jestliže tepelný stroj získá ze systému maximální mechanickou práci, jak je teoreticky možné. Napište výraz pro koncovou teplotu T_0 do listu odpovědí.
- (b) Vypočítejte a napište do listu odpovědí výraz pro toto maximum získané práce.

Tepelný stroj pracuje mezi dvěma nádržemi vody, každá z nich o objemu $2,50 \text{ m}^3$. Jedná nádoba má teplotu 350 K a druhá 300 K .

- (c) Vypočítejte maximum získané mechanické energie. Zapište hodnoty do listu odpovědí.

Měrná tepelná kapacita vody je $4,19 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, hustota vody je $1,00 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

C) Předpokládejte, že když se vytvářela Země, byly na ní přítomny izotopy ^{238}U a ^{235}U , avšak ne produkty jejich rozpadu. Rozpad ^{238}U a ^{235}U využijeme ke stanovení stáří T Země.

- (a) Izotop ^{238}U se rozpadá s poločasem rozpadu $4,50 \cdot 10^9$ roků. Produkty rozpadu v radioaktivních rozpadových řadách mají ve srovnání s ním poločas rozpadu kratší. Při první aproximaci můžeme jejich existence ignorovat. Rozpadová řada končí stabilním izotopem olova ^{206}Pb .

Vypočítejte a doplňte do listu odpovědí výraz pro počet atomů ^{206}Pb , vytvořených radioaktivním rozpadem za dobu t , pomocí počtu přítomných atomů ^{238}U a poločasu rozpadu ^{238}U . (Můžete využít násobky 10^9 roků.)

- (b) Podobně ^{235}U se rozpadá s poločasem rozpadu $0,710 \cdot 10^9$ roků a prostřednictvím rozpadové řady s kratším poločasem rozpadu produktu získáme stabilní izotop olova ^{207}Pb .

Napište do listu odpovědí rovnici pro ^{207}Pb pomocí ^{235}U a poločasu rozpadu ^{235}U .

- (c) Uranová ruda smíchaná s rudou olovenou je analyzovaná hmotnostním spektrometrem. Relativní koncentrace tří izotopů olova ^{204}Pb , ^{206}Pb a ^{207}Pb jsou měřena a počet atomů byl nalezen v poměru 1,00 : 29,6 : 22,6. Izotop ^{204}Pb je použit pro kalibraci, neboť není radioaktivního původu. Při analýze čisté olovené rudy máme poměr 1,00 : 17,9 : 15,5.

Jestliže je dán poměr $^{238}\text{U} : ^{235}\text{U} = 137 : 1$, určete rovnici pro T a zapište do listu odpovědí.

- (d) Předpokládejte, že T je mnohem větší než poločas rozpadu obou izotopů uranu a vypočítejte přibližnou hodnotu pro T .
- (e) Tato přibližná hodnota T je nevýznamně větší než delší poločas rozpadu, ale může se použít k získání přesnější hodnoty T . Odhadněte dobu T stáří Země s přesností na 2 %.

D) Náboj Q je rovnoměrně rozložen ve vakuu uvnitř koule o poloměru R .

- (a) Odvoďte výraz pro intenzitu elektrického pole ve vzdálenosti r od středu koule pro $r \leq R$ a $r > R$.
- (b) Určete výraz pro celkovou elektrickou energii spojenou s rozložením náboje.

Napište své odpovědi do listu odpovědí.

- E) Kruhová smyčka z tenkého měděného drátu rotuje kolem svého vertikálního průměru v bodě zemského magnetického pole. Magnetická indukce zemského magnetického pole v tomto bodě je $44,5 \mu\text{T}$ a směřuje pod úhlem 64° dolů pod horizontálu. Víme, že hustota mědi je $8,90 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a měrný odpor je $1,70 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Vypočítejte, za jak dlouhou dosáhne úhlová rychlost smyčky poloviční hodnoty. Popište kroky svých úvah a hodnotu získaného času zapište do listu odpovědí. Tento čas je mnohem delší než doba jedné otočky. Předpokládejte, že tření a odpor vzduchu můžeme zanedbat a při řešení této úlohy zanedbáme jev vlastní indukce, který je jinak zanedbatelný.

Pokuste se sami o řešení úloh, v příštím čísle Školské fyziky vám uvedeme jejich stručné řešení.