

32. mezinárodní fyzikální olympiáda – pět našich soutěžících přivezlo pět medailí

Ivo Volf, Bohumil Vybíral, ÚV FO a katedra fyziky, Univerzita Hradec Králové

Tentokrát se soutěžící, vedoucí a organizátoři sešli na Turecké Riviéře, na břehu Středozemního moře v Beleku nedaleko Antálye v jižní části Turecka. Pořadatelé 32. mezinárodní fyzikální olympiády v roce 2001 byly The Scientific and Technical Research Council of Turkey a Middle East Technical University v Ankaře, zejména pak členové katedry fyziky této vysoké školy. Letošní mezinárodní soutěže se zúčastnilo **306 soutěžících**, kteří přijeli ze **65 zemí** všech kontinentů (letos poprvé byli soutěžící i z Afriky), asi 150 vedoucích družstev a pozorovatelů, několik hostů, asi 70 průvodců družstev a stovka organizátorů. Za dobu 34 let od první MFO v roce 1967 ve Varšavě, kde bylo 15 soutěžících a 5 vedoucích z pěti zemí střední Evropy, se mezinárodní fyzikální olympiáda rozrostla nevídaně. **Ubytování a stravování bylo zajištěno ve dvou pěťhvězdičkových hotelech přímo na břehu moře** – Adora hotel pro studenty a BelConti hotel pro mezinárodní komisi –, takže kromě soutěžních a pracovních dnů a kulturně poznávacího programu bylo na denním programu ve volných chvílích i koupání.

Na 32. MFO se družstvo České republiky připravovalo tradičním způsobem – vítězům celostátního kola, kterých bylo deset, byla nabídnuta příprava na soutěž. Tři z nich přípravu vzdali (jeden se připravoval na MMO, dva považovali mezinárodní soutěž za příliš náročnou). A tak jen sedm statečných fyzikálních olympioniků dorazilo 10. června do Hradce Králové, kde na katedře fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové proběhlo soustředění. Na něm jsme se věnovali zejména laboratorním úlohám (denně olympionici měli za úkol provést a zpracovat dvě experimentální cvičení) a zevrubnému doplnění středoškolského učiva podle Syllabu MFO, který schválila Mezinárodní komise a který je základem hostitelskému státu pro volbu témat k soutěžním úlohám. Nutno na tomto místě poznamenat, že běžná výuka fyziky, kterou poskytují střední škola (dokonce i gymnázium s přírodovědným zaměřením) je pro přípravu na MFO zcela nepostačující a budoucí soutěžící musejí věnovat hodně svého volného času na to, aby získali a procvičili nové poznatky (v podstatě již na vysokoškolské úrovni) a také dovednosti. Na soustředění byli olympionici zaměstnáni po celý den, ale jak dále zjistíte, bylo to pro ně opravdu užitečné. Na základě pozorování, řešení úloh a hodnocením dosažených výsledků bylo stanoveno pořadí:

- 1. Jan Kapitán, absolvent Keplerova gymnázia v Praze (byl úspěšný již vloni v Leicesteru);**
- 2. Miroslav Hejna, žák 2. ročníku Gymnázia F. M. Pelcla v Rychnově nad Kněžnou;**
- 3. Martin Beránek, absolvent gymnázia v Praze, Ohradní ul.;**
- 4. Norbert Požár, absolvent Městského gymnázia v Bruntále;**
- 5. Jan Pipek, absolvent Keplerova gymnázia v Praze.**

Tito soutěžící byli oznámeni Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy jako účastníci 32. MFO, další dva byli náhradníky: Martin Setvín, absolvent gymnázia v Plzni, Mikulášské nám. a Zdeněk Švindrych, absolvent Městského gymnázia v Bruntále. Vedoucími delegace České republiky na 32. MFO byli prof. RNDr. Ivo Volf, CSc., předseda ÚVFO a vedoucí ka-

* ivo.volf@uhk.cz

** bohumil.vybiral@uhk.cz

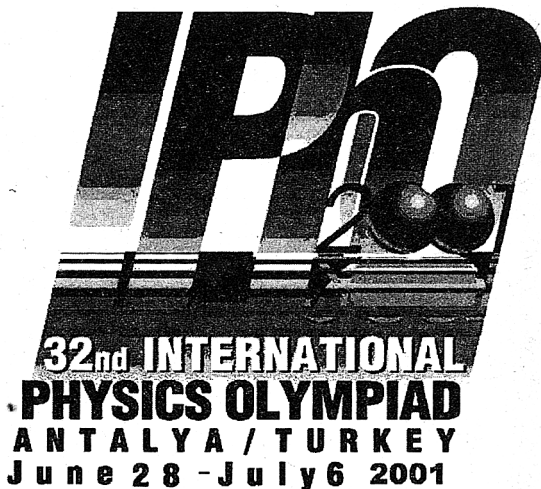
tedry fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové, a prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc., místopředseda ÚVFO a prorektor Univerzity Hradec Králové.

Členové družstva České republiky se sešli ve čtvrtek 28. června 2001 přesně v 15 hodin na letišti v Praze-Ruzyni, aby startovali v 17 hodin letadlem Tureckých aerolinií nejprve do Istanbulu a potom k půlnoci z tohoto letiště do cílové stanice – Antalya. Noční přesun do místa soutěže (Belek, asi 30 km východně od Antálie) byl komplikován zácpou na dálnici, která vznikla při hoření osobního automobilu; potom jako ve filmu vybuchla ohnivým sloupem benzinová nádrž. Od té chvíle už bylo všechno v pohodě.

V pátek 29. června proběhlo v dopoledních hodinách zahájení 32. MFO, odpoledne měli studenti volno a vedoucí se sešli na prvním zasedání Mezinárodní komise, kde byla ke schválení předložena experimentální úloha. Ta představovala soubor tří na sebe navazujících úkolů se stejnou soupravou pomůcek: Na rotujícím stolku, jehož úhlová rychlost se mohla měnit, byla nádobka s glycerínem; nejprve se studovala hladina rotující kapaliny a z ní se mělo stanovit tíhové zrychlení. Na to navazovaly úlohy z optiky – stanovení ohniskové vzdálenosti vzniklého parabolického zrcadla a určení indexu lomu glycerínu a vlnové délky používaného laserového světla užitím optické mřížky. Po bohaté diskusi byla úloha schválena a vedoucí museli přeložit text zadání do národních jazyků, přepsat na počítači a připravit tak zadání pro soutěž; to trvalo asi do 3 až 4 hodin v noci. Úloha byla náročná zejména časově, možných 20 bodů nezískal žádný řešitel.

V sobotu 30. června soutěžící buď dopoledne nebo odpoledne experimentovali a počítali, členové mezinárodní komise absolvovali exkurzi po historicky a turisticky zajímavých místech jižní Anatólie. Tato místa mají velmi slavnou historii a vedoucí měli možnost vidět mnoho památek z římské éry, které se datují ještě před začátkem našeho letopočtu. Již ve večerních hodinách obdrželi vedoucí delegaci xerokopie řešení svých soutěžících, jež museli ohodnotit nezávisle na komisi korektorů a své hodnocení předat vedení MFO.

V neděli 1. července studenti absolvovali buď dopoledne nebo odpoledne exkurzi po městských památkách v Antálii a navštívili historické museum. Členové mezinárodní komise se sešli na druhém zasedání, kde jim byly předloženy tři teoretické úlohy. Bohatá diskuse trvala do pozdního večera. Po schválení opět vedoucí každé delegace připravili překlad úloh do národního jazyka soutěžících, texty přepsali na počítači, doplnili o obrázky a „Listy odpovědí“. Končilo se opět asi ve 3 hodiny v noci. První úloha představovala čtyři na sobě nezávislé problémy z různých částí fyziky (princip činnosti klystronu podložený výpočty, stanovení vzdálenosti molekul vody a vodní páry, studium jednoduchého generátoru pilových kmitů, chování atomového svazku). Druhá úloha se zabývala dvojhvězdou, tvořenou hvězdou „obyčejnou“ a hvězdou neutronovou. Ve třetí úloze se studovaly děje spojené s magnetohydrodynamickým generátorem.



V pondělí 2. července soutěžící řešili celé dopoledne zadané teoretické úlohy a odpoledne přišel zasloužený odpočinek, zatímco vedoucí měli dopoledne volno, odpoledne třetí zasedání mezinárodní komise a večer proběhlo moderování experimentální úlohy – tj. setkání vedoucích každé delegace s týmem korektorů a nalezení konsensu v bodovém hodnocení. Současně ještě před půlnocí obdrželi vedoucí delegací xerokopie řešení teoretických úloh, jež podali jejich svěřenci a během následujícího dopoledne bylo třeba předat opravené úlohy a bodové hodnocení vedení mezinárodní komise.

Úterý 3. července věnovali soutěžící celý den exkurzi po historických a turistických zajímavostech jižní Anatólie, zatímco vedoucí delegací opravovali teoretické úlohy, některé delegace se ještě věnovaly moderování experimentální úlohy, večer pak začalo moderování úloh teoretických. Ve zbývajícím čase bylo možno strávit nezapomenutelné chvíle na mořském pobřeží, což bylo při panujících vysokých teplotách příjemné.

Ve středu 4. července se soutěžící dopoledne projeli na jachtě po moři, odpoledne strávili volný čas na moři, vedoucí delegací se dopoledne zúčastnili procesu moderování teoretických úloh, odpoledne strávili chvíli poklidu u moře a večer proběhlo závěrečné zasedání mezinárodní komise, kde byly schváleny výsledky soutěže.

Vrcholným dnem na každé mezinárodní fyzikální olympiádě je **předposlední den**, kdy se vyhláší výsledky. Také letos byly zlaté, stříbrné a bronzové medaile a čestná uznání předány soutěžícím podle jejich výsledků. Stalo se tak ve čtvrtek 5. července odpoledne na slavnostním setkání organizátorů, vedoucích a soutěžících. Večer pak byl tradiční banket, tentokrát pod širým nebem v parku hotelu Adora, při hudbě a měsíčním úplňku se soutěžící i vedoucí rozloučili se 32. MFO a s jejími organizátory.

V pátek 6. července se pak postupně všechny delegace rozloučily i s Tureckou Rivierou. Delegace České republiky nasedla v 10.00 h do letadla a přes Istanbul dorazila v 17.00 h, přesně osmý den na letiště v Praze-Ruzyni. Jen zpáteční cesta byla poněkud znepríjemněna počasím – přelet fronty s výstupnými víry nebyl příliš poklidný.

Na zasedání mezinárodní komise ve středu večer byly sděleny vedoucím výsledky. Nejlepším řešitelem se stal D. Nurgalijev z Ruské federace s celkovým výsledkem 47,55 bodu z 50 bodů možných (za experimentální úlohu lze získat nejvýše 20 bodů, za každou ze tří teoretických úloh po 10 bodech), na dalších místech byli A. Farahanchi z Iránu se 46,80 bodu a A. Jermalicki z Běloruska se 46,10 body, průměrný výsledek těchto tří soutěžících (46,82 bodu, zaokrouhleno na 46 bodů) stanovil hranice úspěšnosti na 32. MFO – úspěšným řešitelem se stal každý, kdo dosáhl 23 a více bodů, při bodovém hodnocení 30 až 35,95 bodu získal soutěžící bronzovou medaili, při zisku 36 až 41,95 bodu stříbrnou a při dosažení 42 a více bodů obdržel zlatou medaili. Tak bylo předáno na slavnostním zakončení 32. MFO celkem 22 zlatých (G) medailí, 40 stříbrných (S) a 52 bronzových (B) a 48 soutěžících obdrželo čestné uznání (HM), tedy celkem 162 soutěžících (53 %) se stalo úspěšnými řešiteli, 144 soutěžících bylo na soutěži neúspěšných. Takto byli soutěžící hodnoceni na MFO naposledy. Na základě změny organizačního řádu budou od příští 33. MFO počty medailí a čestných uznání stanoveny na základě procentuálního klíče. Organizátoři tak při přípravě medailí nebudou vázání bodovými výsledky soutěže ani náročností zadaných úloh, ale počtem soutěžících, kteří se na soutěži přihlásí.

Podívejme se, jak dopadli naši soutěžící. Tabulka ukazuje, že účastníci z České republiky byli na soutěži velmi vyrovnaní a že ve všech úlohách podali také vyrovnaný výkon, představující zhruba 68 % maximálně dosažitelného bodového hodnocení (nejlepší družstvo získalo 217,25 bodu, tj. 87 %). Vynikajícím úspěchu dosáhl Miroslav Hejna, který jako „druhák“ podal výkon nejlepší. Celkovým výsledkem 169,5 bodů čeští olympionici přidali další úspěch do řady startů na mezinárodních fyzikálních olympiádách, jichž se samostatně zúčastní od roku 1993.

Soutěžící	Exp.	T1	T2	T3	Teor.	Σ	%
Jan Kapitán	12,45	5,0	6,0	7,2	18,2	30,65	61,3
Míroslav Hejna	14,15	7,6	8,5	8,4	24,5	38,65	77,3
Martin Beránek	12,50	6,7	6,5	7,2	20,4	32,90	65,8
Jan Pipek	12,05	6,2	9,9	5,4	21,5	33,55	67,1
Norbert Požár	13,65	7,2	5,5	7,4	20,1	33,75	67,5
Celkem	64,80	32,7	36,4	35,6	104,7	169,5	
Průměr na soutěžícího	12,96	6,54	7,28	7,12	20,94	33,90	67,8

Na mezinárodní fyzikální olympiády jsou zvány delegace z různých států, které mohou vyslat na soutěž maximálně pět účastníků, nezávisle na počtu obyvatelstva – tak tedy Čína nebo Indie ($1,23 \cdot 10^9$, resp. $0,97 \cdot 10^9$ obyvatel) mohou vyslat stejný počet účastníků jako Lichtenštejnsko, Island nebo Kuvajt – omezení bývají spíše ekonomická, když vysílající stát (ministerstvo vzdělávání či sponzoři) neposkytne příslušnou částku na dopravu. MFO jsou však individuální soutěže, ne soutěže družstev. Vedoucí delegací však sumují výsledky svých účastníků a v žebříčku úspěchů porovnávají výsledky péče o fyzikální talenty. Proto jsme sestavili neoficiální tabulku států podle získaných medailí (tak jako se to dělá ve sportu): zlaté medaili jsme přiřadili 4 body, stříbrné 3 body, bronzové 2 body, získanému čestnému uznání 1 bod. Pak pořadí států vypadá takto:

1. Čínská lidová republika (4G+1S) 19 bodů,
- 2.–4. Ruská federace, Indie a USA (3G+2S) 18 bodů,
- 5.–7. Čína-Tchajwan (2G+1S+2B), Irán a Ukrajina (1G+3S+1B) 15 bodů,
- 8.–10. Bělorusko (1G+1S+3B), Maďarsko a Německo (3S+2B) 13 bodů,
- 11.–13. Turecko, Indonésie a Jižní Korea (2S+3B) 12 bodů,
- 14.–15. Polsko (1G+1S+1B+2HM) a Česká republika (1S+4B) 11 bodů,
- 16.–19. Vietnam a Singapur (1G+2B+2HM), Austrálie a Bulharsko (2S+2B) 10 bodů,
20. Nizozemsko (4B+1HM) 9 bodů,
- 21.–23. Velká Británie a Estonsko (1S+2B), Rumunsko (2B+3HM) 7 bodů,
24. Slovinsko (1S+3HM) 6 bodů,
25. Thajsko (1B+3HM) 5 bodů,
- 26.–31. Rakousko a Litva (1S+1HM), Izrael a Lotyšsko (1B+2HM), Slovensko a Jugoslávie (4HM) 4 body,
- 32.–34. Portugalsko (1S), Itálie (1B+1HM), Finsko (3HM) 3 body.

Celkem 44 států mělo alespoň jednoho úspěšného účastníka z celkového počtu 65 družstev na 32. MFO v Turecku.

Česká republika nepatří tedy mezi „silnou sedmičku“, avšak svým umístěním a především tím, že všichni účastníci byli úspěšnými řešiteli, zůstala věrná své tradici – umístit se v první čtvrtině zúčastněných států.

Na závěr byly všechny zúčastněné delegace pozvány na 33. mezinárodní fyzikální olympiádu, která proběhne ve dnech 14. 7. až 23. 7. 2002 v Bandungu (Indonésie). Vedoucí družstev byli pozváni na První světový kongres Federace fyzikálních soutěží, který uspořádá v návaznosti na 33. MFO také Indonéská republika.

Chtěli bychom vyjádřit poděkování účastníkům 32. MFO za dobrou reprezentaci České republiky mezi mladými fyziky z celého světa, jejich vyučujícím, organizátorům národní soutě-

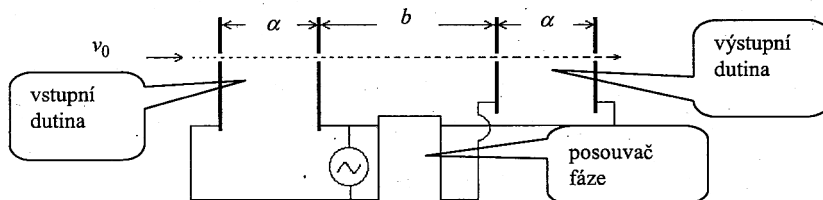
že Fyzikální olympiáda a členům katedry fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové za přínos při přípravě soutěžících, pracovníkům MŠMT České republiky za vybavení služební cesty.

Již tradičně jsme vybrali jednu úlohu, kterou byste si mohli vyzkoušet – natáhněte si časoměr na 90 minut a pusťte se do čtení následujících řádků, které vám přinášejí první úlohu: čtyři na sebe navazující „dílků“ úlohy 1A, 1B, 1C, 1D. Pamatujte, že v této době museli soutěžící úlohu nejen prostudovat a vyřešit, ale také přepsat tak, aby nejen čeští vedoucí, ale i turečtí korektoři mohli řešení porozumět a bodově ho ohodnotit.

ÚLOHA 1

1A Klystron

Klystrony jsou zařízení, která se používají pro zesilování signálů velmi vysokých frekvencí. Klystron se v podstatě skládá ze dvou identických párů paralelních destiček (dutin), oddělených od sebe mezerou o šířce b , jak ukazuje obrázek.



Elektronový svazek s počáteční rychlostí v_0 protíná celou soustavu a přitom prochází malými otvory v destičkách. Vysokofrekvenční napětí, které musí být zesilováno, se přivede k oběma párům destiček s jistým fázovým rozdílem (kde perioda T odpovídá fázovému rozdílu $2 \cdot \pi$) mezi nimi, vytváří ve vodorovném směru v dutinách střídavá elektrická pole. Když elektrické pole směřuje vpravo, elektrony vstupující do vstupní dutiny se opožďují, a když směřuje vlevo, tak se urychlují, takže elektrony vytvářejí svazky (shluky) o určité vzdálenosti. Jestliže výstupní dutina je umístěna do místa vytváření svazků, elektrické pole v této dutině bude pohlcovat energii tohoto svazku za podmínky, že jeho fáze je zvolena odpovídajícím způsobem. Nechť signál napětí má tvar obdélníkových kmitů s periodou $T = 1,0 \cdot 10^{-9}$ s a mění se mezi hodnotami $U = \pm 0,5$ V. Počáteční rychlost elektronů je $v_0 = 2,0 \cdot 10^6$ m \cdot s $^{-1}$ a měrný náboj elektronu je $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11}$ C \cdot kg $^{-1}$. Vzdálenost α je tak malá, že dobu přechodu elektronu můžeme zanedbat.

S přesností na 4 platné číslice vypočítejte následující veličiny:

- a) Vzdálenost b , ve které elektrony vytvářejí shluky. (1,5 b.)

[rychlosti 1956 km \cdot s $^{-1}$, 2044 km \cdot s $^{-1}$, vzdálenost 22,7 mm]

- b) Nutný fázový rozdíl, který musí zajistit „posouvač“ fáze. (1,0 b.) [220° nebo 140°]

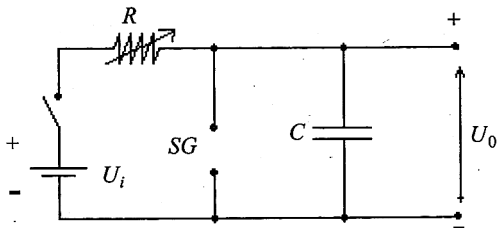
1B Vzdálenosti mezi molekulami

Necht' d_L a d_V jsou postupně střední vzdálenosti mezi molekulami vody v kapalně fázi a ve vodní páře. Předpokládejme, že obě tyto fáze jsou při teplotě $100\text{ }^\circ\text{C}$ a atmosférickém tlaku a pára se chová jako ideální plyn. Použijte následující data a vypočítejte poměr $\frac{d_V}{d_L}$. (2,5 b.)

Hustota vody v kapalně fázi je $\rho_L = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, atmosférický tlak $p_a = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, molární hmotnost vody $M = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, plynová konstanta $R = 8,3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, Avogadrova konstanta $N_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. [podíl vzdáleností je 12]

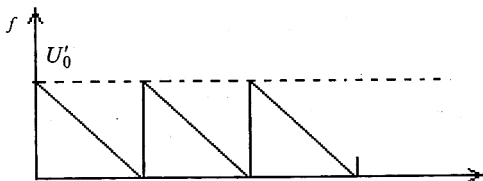
1C Jednoduchý generátor pilových kmitů

Pilové kmity napětí U_0 můžeme získat mezi deskami kondenzátoru C na obr. Zde R je rezistor s proměnným odporem, U_i je ideální baterie a SG je jiskřiště, přičemž mezera mezi elektrodami může mít regulovatelnou vzdálenost. Když napětí přiváděné na elektrody přesáhne probíjecí napětí U_f ,



vzduch mezi elektrodami se ionizuje a v jiskřišti dojde ke krátkému spojení. V tomto stavu zůstane až do té doby, než se napětí se stane dostatečně malým.

- Nakreslete graf závislosti tvaru kmitů napětí U_0 na čase t po sepnutí spínače. (0,5 b.)
[pilové kmity]
- Jaká podmínka musí být splněna, abychom získali téměř lineární průběh pilových kmitů napětí? (0,2 b.)
[$U_i \gg U_f$]
- V případě, je-li tato podmínka splněna, získáte zjednodušený výraz pro periodu T kmitů. (0,4 b.)
[$T = \frac{U_f}{U_i} \cdot R \cdot C$]
- Co musíte změnit (R nebo SG či oboje), aby se změnila pouze perioda? (0,2 b.) [R]
- Co musíte změnit (R nebo SG či oboje), aby se změnila pouze amplituda? (0,2 b.) [R a SG]
- Dostanete k dispozici dodatkový zdroj proměnného napětí. Vymyslete a načrtněte nové schéma obvodu, na něm zvýrazněte svorky, kde obdržíte pilové kmity podle následujícího obr. (1,0 b.).

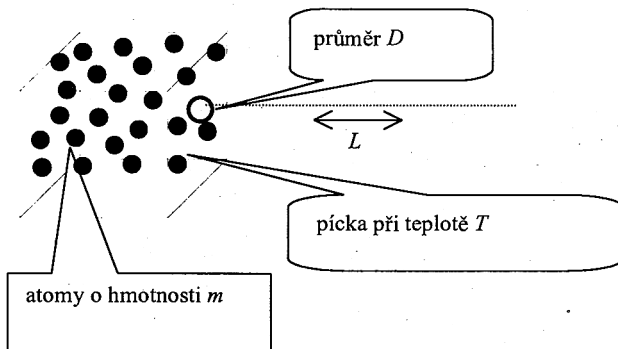


1D Atomový svazek

Atomový svazek připravíme zahřátím souboru atomů na teplotu T v píčce a necháme je vycházet malým otvorem (atomových rozměrů) o průměru D na jedné straně píčky. Odhadněte průměr svazku poté, co projde ve vodorovném směru vzdálenost L na své trajektorii.

Hmotnost atomů je m . (2,5 b.)

$$\left[D + \frac{L \cdot h}{D \cdot \sqrt{3 \cdot m \cdot k \cdot T}} \right]$$



Ohlédnutí za 31. mezinárodní fyzikální olympiádou – výsledky 1. úlohy 31. MFO v Leicesteru v roce 2000^{***}

Bohumil Vybíral^{**}, Ivo Volf^{*}, ÚV FO a katedra fyziky, Univerzita Hradec Králové

A Bungee Jumper

- a) Vzdálenost, kterou skokan proletěl: $y = \frac{k \cdot L + m \cdot g \pm \sqrt{2 \cdot m \cdot g \cdot k \cdot L + m^2 \cdot g^2}}{k}$.
- b) Maximální rychlost, které při pádu dosáhl: $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot L + \frac{m \cdot g^2}{k}}$.
- c) Doba letu skokana do jeho prvního zastavení: $\tau = \sqrt{\frac{2 \cdot L}{g}} + \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \operatorname{arctg} \left(-\sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot L}{m \cdot g}} \right)$.

B Tepelný stroj

- a) Koncová teplota: $T_0 = \sqrt{T_A \cdot T_B}$.
- b) Celková maximální práce, kterou stroj vykoná: $W = 20 \text{ MJ}$.

^{***} Úloha byla otištěna v minulém čísle Školské fyziky v článku Vybíral, Volf: *Ohlédnutí za 31. mezinárodní fyzikální olympiádou*. Školská fyzika VII, č. 1 (2001) 95.

^{**} bohumil.vybiral@uhk.cz

^{*} ivo.volf@uhk.cz