

## Na 35. mezinárodní fyzikální olympiádě v Korejské republice

Ivo Volf\*, Bohumil Vybíral\*\*, ÚVFO, Univerzita Hradec Králové



Tak jako začátkem každého kalendářního roku, i v lednu 2004 dorazilo na adresu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky pozvání na mezinárodní fyzikální olympiádu, prestižní světovou soutěž středoškoláků v řešení fyzikálních problémů. Pořadatelství v pořadí již 35. mezinárodní fyzikální olympiády bylo svěřeno ministerstvu osvěty Korejské republiky. Organizačně zajišťoval soutěž organizační výbor, složený z významných fyziků – vědec-

kých pracovníků a vysokoškolských učitelů Korejské republiky. O stavu příprav byli budoucí účastníci průběžně informováni prostřednictvím internetu (<http://www.ipho2004.or.kr>). Zde se objevovaly cirkuláře, pomocí nichž pořadatelé komunikovali s vedoucími pozvaných delegací, a další užitečné informace. Jako místo soutěže byl zvolen POSTECH, technická univerzita v Pohangu v jihovýchodní části Korejského poloostrova. POSTECH – Pohang University of Science and Technology je vysokou školou s velkou tradicí vědeckého výzkumu a přípravou studentů na deseti fakultách. Univerzitní městečko bylo speciálně vystavěno pro studijní a vědeckou činnost. Například v roce 2002 měl POSTECH zapsáno 1 197 studentů prezenčního inženýrského a magisterského studia a 1 567 doktorandů, z nichž řada je ze zahraničí. POSTECH je úzce spojen s velkými průmyslovými podniky, jejichž příspěvky umožňují značný rozvoj této vysoké školy.



Soutěž probíhala v prostorách této univerzity, soutěžící byli ubytováni společně s částí organizátorů ve vysokoškolských kolejích a stravovali se v univerzitní jídelně této školy. Vedoucí a další část organizátorů měli své sídlo v hotelu Hilton v Gyeongju, starém sídelním městě dynastie Shilla s bohatou historií. V hotelu byli ubytováni a stravovali se vedoucí delegací, pozorovatelé a hosté i část štábu, která byla spojena s péčí o vedoucí a zajišťovala přípravné činnosti pro obsahovou část soutěže. V hotelu probíhala i všechna jednání, neboť je vybaven konferenčním sálem a možností zřídit počítačové středisko s dostatečným počtem počítačů pro všechny delegace. Koncentrace v prostoru a čase vedla i ke koncentraci práce vedoucích delegací. Hotel, třebaže pětihvězdičkový, poskytl fyzikální olympiádě zřejmě speciální ceny, takže platba za ubytování a stravování byla únosná (např. jedna noc v dvoulůžkovém pokoji byla účtována za 40 \$ za osobu, ačkoli hned v sousedství ve stejně moderním hotelu byla uvedena cena 160 \$). To vysvětluje i skutečnost, že jsme za dodatkové noclehy, jež nám pořadatelé soutěže zajistili v hotelu Hilton dva dny před soutěží a jeden den po ní, platili v podstatě velmi rozumnou cenu.

Družstvo České republiky bylo nominováno po soustředění, které proběhlo ve dnech 8.–18. června na Katedře fyziky a informatiky Univerzity Hradec Králové. Soustředění se zúčastnilo všech devět pozvaných nejlepších řešitelů z řad vítězů celostátního kola fyzikální olympiády. Výběr každým rokem začínáme dohodou s vedením delegace na Mezinárodní matematickou olympiádu, protože část soutěžících středoškoláků se účastní obou soutěží a vítězové si potom sami zvolí, které soutěži dají přednost. Na předních místech se letos ocitli na-

\* ivo.volf@uhk.cz

\*\* bohumil.vybiral@uhk.cz

příklad Alexandr Kazda, který v obou soutěžích zvítězil, nebo Jan Moláček. Na základě výběrového řízení, jež je založeno na dlouholetými zkušenostmi ověřené metodice a do něhož započítáváme jako pozitiva konkrétní výsledky kandidátů v soutěži FO, hodnocení jejich písemných projevů, hodnocení vedoucích cvičení, experimentální přípravy účastníků, byli vybráni k reprezentaci:

1. **Matouš Ringel**, absolvent gymnázia v Broumově,
2. **Jan Moláček**, absolvent gymnázia v Hradci Králové,
3. **Petr Houšťek**, žák gymnázia v Pelhřimově,
4. **Petr Morávek**, žák gymnázia v Pardubicích,
5. **Václav Potoček**, absolvent SPŠ v Praze.

Dále byli vybráni dva náhradníci:

6. **Jana Matějová**, absolventka technického lycea v Chrudimi,
7. **Václav Římal**, absolvent gymnázia v Praze.

Další dva účastníci soustředění – Štěpán Uxa a Pavel Motloch – se do výběru neprobojovali. Problémy měl Jan Moláček, který byl jmenován i členem delegace na mezinárodní matematickou olympiádu, přičemž se tyto soutěže mírně, i když ne co do soutěžních dnů, překrývaly. Účast Moláčka byla reálná, potřeboval jen vhodně zajistit přesun z Athén do Prahy nebo přímo do Pohangu. Nakonec všechno bylo rozhodnuto termínem odletu delegace České republiky na MFO – ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy při zajišťování cesty zvolilo levnější cestu – přímou linku Praha–Seoul s návazností na Pohang, kdy delegace musela odletět již v pondělí 12. července večer a 13. červenec byl ještě pro Moláčka soutěžní den na MMO. A tak místo vynikajícího teoretika, jímž Jan Moláček bezesporu je a vkládali jsme do něj značné naděje, nastoupila první náhradnice – Jana Matějová.

Vedoucími delegace České republiky byli již tradičně ministerstvem jmenováni: prof. RNDr. Ivo Volf, CSc., předseda Ústředního výboru fyzikální olympiády a člen Advisory Committee IPhO, vedoucí katedry fyziky a informatiky na Univerzitě v Hradci Králové, pedagogickým vedoucím byl prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc., místopředseda ÚVFO a prorektor Univerzity Hradec Králové.

Delegace se sešla v pondělí 12. července 2004 po 17. hodině na letišti Praha-Ruzyně, následující den ve 12.30 h přistálo letadlo na letišti Incheon v Seoulu, kde již čekali organizátoři, delegace byla autobusem přesunuta na letiště Gimpo v Seoulu, odkud pak odletěla do Pohangu. I tam čekala – dva dny před soutěží – služba, která nás pomohla dopravit nájemním mikrobusem do hotelu Hilton v Gyeongju. Protože delegace přiletěla o dva dny dříve, strávili soutěžící i vedoucí oba dny v hotelu; studenti využili času ke studiu úloh z předcházejících mezinárodních olympiád a k časové aklimatizaci, která byla spojena s časovým rozdílem sedm hodin.

Dne 15. července v dopoledních hodinách se studenti přemístili do Pohangu a všem – studentům i vedoucím – nastal běžný časový pracovní program. 16. 7. 2004 v dopoledních hodinách proběhl úvodní ceremoniál. 35. mezinárodní fyzikální olympiády se zúčastnilo 332 soutěžících z 71 zemí, další dva státy (Japonsko, Srí Lanka) vyslaly na soutěž své pozorovatele. Odpoledne a pozdě večer proběhlo první zasedání Mezinárodní komise, věnované diskusi tří teoretických úloh; vedoucí delegací potom dlouho do noci připravovali překlady textů úloh do mateřských jazyků pro své studenty. 17. července soutěžící řešili teoretické úlohy, pro vedoucí a pozorovatele byla uspořádána kulturně historická exkurze po okolí města Gyeongju. 18. července dostali vedoucí xerokopie řešení svých studentů, která byli povinni opravit a své hodnocení předat akademické komisi soutěže, soutěžící měli den odpočinku. Dvojitá nezávislá oprava, kterou provádí dvojice vedoucích a dvojice místních korektorů, se osvědčila a provádí se již po řadu let. Opravy usnadňuje skutečnost, že ke každé úloze je autory vytvořen tzv. Answer form – list odpovědí, do něhož jsou soutěžící povinni shrnout výsledky svých

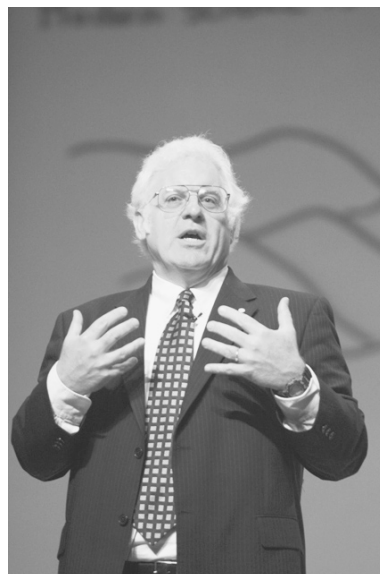
úvah, závěrečné obecné vztahy a číselná řešení. Odpoledne téhož dne probíhala diskuse vedoucích delegací v Mezinárodní komisi o experimentální úloze, pozdě večer a v noci vedoucí překládali 19 stran textu do mateřských jazyků soutěžících. Také v experimentální úloze byl vytvořen Answer form, do něhož soutěžící sumovali naměřené výsledky, sestrojené grafy a výsledky svých úvah.

19. červenec byl věnován řešení experimentální úlohy – soutěžící byli rozděleni do dvou skupin, jedna prováděla úlohu dopoledne, druhá odpoledne. Organizátoři museli připravit 175 souprav, obsahujících elektronické váhy, elektronický měřič času, speciální soupravu pro rotaci trubice, snímače polohy a času aj. Zatímco soutěžící se věnovali řešení, vedoucí navštívili muzeum a keramickou dílnu.

V úterý 20. července probíhal pro vedoucí delegací den v Pohangu – šlo o návštěvu ocelářského závodu POSCO a exkurzi do Pohang Accelerator Laboratory, která je vědeckým pracovištěm Univerzity (informace je možno získat na adrese <http://pal.postech.ac.kr>). Večer se poprvé od slavnostního zahájení měli možnost setkat vedoucí a soutěžící na společné večeři, uspořádané primátorem Gyeongju – slavnostní večer Shilla Night. Středa 21. července byla věnována moderování opravených řešení, tj. dosažení shody v hodnocení řešení úloh vedoucími delegací a skupinou korejských korektorů. Zajímavé je, že hodnocení korektorů a naše se výrazně od sebe nelišila. Probíhala dvě zasedání Mezinárodní Jury, jako příprava k vyhodnocení výsledků soutěže, na večerním zasedání byli vedoucí delegací informováni s průběhem vyhodnocení MFO. Ve čtvrtek 22. července v aule Univerzity byly vyhlášeny výsledky a na ně navázala slavnostní večeře, uspořádaná primátorem města Pohang. Pátek byl dnem odjezdu většiny delegací, naše delegace čekala opět na přímý spoj Seoul–Praha, takže odlétala až v sobotu 24. července v časných ranních hodinách.

Přípravu soutěže a průběh 35. mezinárodní fyzikální olympiády vzali korejští organizátoři velmi vážně a zodpovědně. Program byl nejen velmi podrobně rozpracován, ale jeho rozložení bylo dodržováno až s minutovou přesností a s velkou důkladností. Na jeho uskutečnění se podílel štáb zejména dobrovolných pracovníků (několik desítek), s vypracovanou hierarchií úkolů i poslušnosti. Např. transport autobusů doprovázela policejní hlídka, která zajišťovala volný průjezd sedmi autobusů při přemísťování vedoucích delegací (obdobně tomu bylo i s přesunem soutěžících, ale počet autobusů byl skoro dvojnásobný). Při přesunech se všude pohybovalo mnoho studentů ve snadno viditelných červených tričkách (oblečení štábu). Samotné soutěžní úlohy byly zpracovány velmi pěkně, jejich výběr byl sice zvolen úměrně talentovaným studentům, kteří přijeli na soutěž, úlohy byly dostatečně náročné, ale řešitelné pro soutěžící, což je možno vidět z počtu úspěšných řešitelů. Dvojitá oprava a na ni navazující moderování vedly k tomu, že proces hodnocení byl objektivní a spravedlivý. Je nutno konstatovat, že lépe organizovanou MFO jsme v posledních letech ještě nezažili. To patřilo k našim velkým překvapením.

Velmi důležitá byla společenská stránka soutěže. Například při zahájení bylo přítomno mnoho místních významných osobností, pracovníci z vysokých škol a vědeckých pracovišť. Krásný byl nástup všech soutěžících podle jednotlivých delegací, doprovázený dalšími informacemi z dataprojektoru. Vedoucí a soutěžící přišel pozdravit Moo-hyun Roh, prezident Korejské republiky. Přítomen byl samozřejmě prezident Mezinárodních fyzikálních olympiád dr. Waldemar Gorzkowski, dále dr. Robert B. Laughlin, nositel Nobelovy ceny za fyziku 1998, prezident Asia Pacific Center for Theoretical Physics, žijící a pracující v Korejské republice. Přítomnost nositelů Nobelových cen



*dr. Robert B. Laughlin, nositel Nobelovy ceny za fyziku 1998*

na MFO se stala jedním z velkých ocenění této soutěže talentovaných středoškoláků. Vedoucí a soutěžící byli pozváni na setkání od primátorů měst Gyeongju a Pohang, s předsedou Korejské vědecké nadace, na setkání s prezidentem POSTECH. Dr. Lauglin, nositel Nobelovy ceny, přednesl studentům speciální přednášku o fyzice. Pořádat mezinárodní fyzikální olympiády se stalo velmi prestižní záležitostí, na jejíž organizaci se nejen po obsahové stránce, ale i na průběhu podílí mnoho vysokoškolských a středoškolských učitelů, vědeckých pracovníků i mnoho sponzorů. Hlavními sponzory 35. MFO byli: POSCO, Samsung-Electronics, DAEKYO, TriGem Computer, DAEYANG Education & Communication, Microsoft, samozřejmě POSTECH, ministerstvo pro vědu a ministerstvo školství a řada dalších.

Zadané úlohy byly poměrně hodně obtížné. První byla věnována elektrostatice a měla název Ping-pong rezistor; soutěžící měli popsat chování malé nabitě destičky mezi deskami rovinného kondenzátoru. Druhá se zabývala pohybem nafukovacího balonku v atmosféře – Rising balloon, přičemž skutečná zemská atmosféra byla vhodně nahrazena modelem. Soutěžící měli za úkol uvážit nejen výškový gradient tlaku vzduchu, ale i gradient teplotní. Třetí úloha se zabývala problémy elektroniky – Atomic Probe Microscope. V experimentu soutěžící studovali mechanickou černou schránku – Mechanical Black Box – trubici, v níž byla umístěna kulička neznámé hmotnosti a dvě pružiny o neznámých tuhostech, přičemž trubice se nesměla otevřít.

Celkově bylo možné získat za každou teoretickou úlohu 10 bodů, 20 bodů za experimentální úlohu. tj. maximální dosažitelný počet bodů byl 50. Nejvyšší hodnocení dopadlo takto: za teoretické úlohy 29,3 bodu ze třiceti možných, za experimentální úlohu 18,7 bodu ze dvaceti možných, nejlepší hodnocení bylo 47,7 bodu z padesáti možných.

Podle statutu mezinárodních fyzikálních olympiád probíhá již druhým rokem jiný způsob hodnocení. Z celkového počtu 332 soutěžících musí být nejméně 60 %, tj. 200 studentů, ohodnoceno jako úspěšní řešitelé, přičemž nejméně 6 %, tj. 20 soutěžících, může dostat zlatou medaili, dalších 12 %, tj. 40, stříbrnou (přesněji celkově 60 soutěžících, tj. 18 %, zlatou nebo stříbrnou), dalších 18 %, tj. 60, bronzovou a posledních 24 %, tj. 80 soutěžících, může získat čestné uznání (HM, tj. Honorary Mention). Na základě předběžných úvah, s nimiž je Mezinárodní Jury seznámena, se potom stanoví bodové hranice pro jednotlivé medaile, a vlivem moderování se tyto počty mírně změní (zpravidla mírně navýší, letos bylo celkově úspěšných 216 soutěžících). Absolutním vítězem se stal Aleksander Michalyčev z Běloruska, dále bylo předáno 31 zlatých, 35 stříbrných a 68 bronzových medailí a 82 čestných uznání, tj. 9,3 %, 10,5 %, 20,4 %, 24, %, takže výsledný počet byl mírně překročen. Kromě toho byly při závěrečném mítinku předány i speciální ceny – za nejlepší výsledky při řešení úloh.

Nejlépeším družstvem se stalo družstvo Čínské lidové republiky s pěti zlatými medailemi a celkovým počtem 222,1 z 250 bodů dosažitelných, tj. získalo celkem 88,8 % bodů. Družstvo ČLR se po roční přestávce vrátilo do této soutěže (v loňském roce proběhla Mezinárodní FO na Tchaj-wanu, jehož existenci jako samostatného státu vláda ČLR neuznává). Na dalších místech se umístila družstva: 2. Korea (4 zlaté, 1 bronzová), 3. Írán (3 zlaté, 1 stříbrná, 1 bronzová), 4.–5. Bělorusko a USA (2 zlaté, 2 stříbrné, 1 bronzová), 6.–8. Maďarsko, Ukrajina, Tchaj-wan, 9.–11. Rumunsko, Indie a Ruská federace, 12.–14. Thajsko, Austrálie a Vietnam, 15. Indonésie, 16.–17. Německo, Izrael, 18.–19. Singapur, Hongkong, 19.–24. **Česká republika**, Kanada, Moldávie, Turecko, Arménie, 25.–27. Srbsko a Černá Hora, Polsko, Kazachstán, 28.–29. Estonsko, Argentina, 30.–32. **Slovensko**, Velká Británie, Nizozemí. Celkem mělo 61 družstev alespoň jednoho úspěšného řešitele, posledních deset států nemělo úspěšného řešitele vůbec, všichni řešitelé byli neúspěšní.

Podíváme-li se na statistiku evropských zemí, kde mezinárodní fyzikální olympiáda před 37 lety vznikla, nejlepší výsledky mělo Bělorusko, dále jsou v pořadí 2. Maďarsko, 3. Ukrajina, 4.–5. Rumunsko a Ruská federace, 6. Německo, 7.–8. **Česká republika** a Moldávie, 9.–10. Srbsko a Černá Hora, Polsko, 11. Estonsko, 12.–14. **Slovensko**, Velká Británie, Nizo-

zemí. Z celkového počtu 38 zúčastněných států jich mělo 32 alespoň jednoho úspěšného řešitele, družstva šesti států neměla ani jednoho úspěšného řešitele. Pětice států, jejichž představitelé se v roce 1967 zúčastnili prvního ročníku MFO, zůstávají mezi úspěšnými – jde o Polsko, Maďarsko, Československo (dnes Česká republika a Slovensko), Rumunsko, Bulharsko.

Poslední porovnání je velmi zajímavé – jak si stojí družstva států Evropské unie. Z nich na prvním místě je družstvo Maďarska, 2. Německo, 3. **Česká republika**, 4. Polsko, 5. Estonsko, 6.–8. **Slovensko**, Velká Británie a Nizozemí. Neustálé kritiky, jež jsou vznášeny k českému vzdělávacímu systému zvnějška, nejsou těmito výsledky potvrzeny – domníváme se, že **naši studenti**, kteří se zúčastnili mezinárodní fyzikální olympiády (a to nejen letos, ale po celou dobu existence samostatného českého státu od roku 1993), **dosahují dost dobrých výsledků právě proto, že mají dostatečné faktografické znalosti a dovedou jich tvořivě používat při řešení obtížných fyzikálních problémů.**

Z hlediska jednotlivců získal nejlepšího výsledku Aleksander Michalyčev z Běloruska (47,7 bodů). Nejlepší účastník z České republiky – Matouš Ringel – získal 39,6 bodu, tj. 83 % nejlepšího výsledku. Nejlepší hodnocení v teoretické části bylo 29,3 bodu, náš nejlepší výsledek byl 23,3 bodu, tedy 79,5 %. V části experimentální byl nejlepší výsledek 18,7 bodu, náš nejlepší výsledek 16,3 bodu, tedy 87 %. Nejlepší dívkou ze všech 19 zúčastněných byla Elena Udínova z USA s výsledkem 39,2 bodu a zlatou medailí, naše účastnice byla v pořadí pátou dívkou ze šesti úspěšných s 18,5 bodu a čestným uznáním.



Jana Matějová přebírá ocenění

Podívejme se ještě na podrobnější výsledky jednotlivých členů družstva:

Účastník	T1	T2	T3	$\Sigma T$	Exp	Celkem	Pořadí	Výsledek
Ringel	8,5	7,8	7,0	23,3	16,3	39,6	20.–21.	zlatá
Houštěk	5,1	6,3	1,5	12,9	8,9	21,8	157.–158.	čestné uznání
Morávek	3,0	7,5	0,2	10,7	11,7	22,4	152.	čestné uznání
Potoček	2,4	4,5	10,0	16,9	9,7	26,6	109.	bronz
Matějová	2,1	4,2	4,2	10,5	8,0	18,5	199.	čestné uznání
<b>Součty</b>	<b>21,1</b>	<b>30,3</b>	<b>22,9</b>	<b>74,3</b>	<b>54,6</b>	<b>128,9</b>	<b>19.–24.</b>	
<b>Procenta</b>	<b>42,2</b>	<b>60,6</b>	<b>45,8</b>	<b>49,5</b>	<b>54,6</b>	<b>51,6</b>		

Na závěr chceme uvést několik slov:

1. Vedení delegace České republiky vyjadřuje poděkování všem pracovníkům, kteří se organizačně podíleli na zajištění účasti delegace na 35. mezinárodní fyzikální olympiádě.
2. Vedení delegace děkuje všem učitelům a dalším pracovníkům, kteří se podíleli na odborné přípravě našich účastníků, zejména učitelům fyziky na středních školách. Dovést své-

- ho svěřence až k MFO za dnešních podmínek pro výuku fyziky na středních školách představuje mnoho hodin trpělivé práce při konzultacích.
3. Vedení delegace děkuje pracovníkům Katedry fyziky a informatiky Univerzity Hradec Králové, kteří se již tradičně věnují budoucím soutěžícím po teoretické i experimentální stránce a provádějí výběr účastníkům.
  4. Bylo by vhodné, aby takové poděkování šlo i z Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, a to zejména na adresu ředitelství středních škol (Gymnázium v Broumově, Gymnázium v Pardubicích, Dašická ul., Gymnázium v Pelhřimově, SPŠE v Praze, Panská ul. a Technické lyceum v Chrudimi).
  5. Výsledky dosažené našimi soutěžícími na 35. MFO považujeme za tradiční – výjimkou je zisk zlaté medaile (zase po pěti letech). Za velký úspěch považujeme především tu skutečnost, že všichni naši soutěžící byli úspěšní, což potvrzuje na mezinárodním fóru, že české školství dosahuje trvale dobrých (i když stále se snižujících) výsledků. Domníváme se, že případná účast Jana Moláčka mohla posunout výsledky ještě více dopředu (je to dosti dobře kvalifikovaný odhad).
  6. V porovnání se státy, jejichž družstva se umístila na předních místech, však musíme konstatovat, že se věnují přípravě na MFO s větší intenzitou a získávají na soustředěnou přípravu více času i finančních prostředků.
  7. Během 35. MFO byla česká delegace pozvána s ročním předstihem na další, tj. 36. mezinárodní fyzikální olympiádu, která proběhne ve dnech 2.–12. 7. 2005 ve Španělsku, na jedné z nejstarších evropských univerzit v Salamance.
  8. V souvislosti se soutěžími jsme byli informováni o soutěži přírodovědných znalostí (pořádané letos v dubnu za účasti několika družstev z evropských zemí v Nizozemí), o mezinárodní astronomické olympiádě (proběhne v říjnu), o světové soutěži přírodovědných znalostí pro žáky do 16 let (proběhne v prosinci v Indonézii – část delegace bude sponzorována pořadatelem).
  9. Vzhledem k celkově nepříznivému stavu ve výuce přírodovědných předmětů v Evropě v posledních letech se začíná problémy zabývat i Evropská unie. Měli bychom se více zajímat o možnosti, které se v těchto souvislostech objevují.
  10. Doporučujeme posílit více elektronické metody práce s talenty, například pomocí webovské stránky [www.uhk.cz/fo](http://www.uhk.cz/fo) a dalších.

*Závěrem upozorňujeme učitele fyziky i jejich svěřence – fyzikální olympioniky, že ÚV FO vydal speciální CD-ROM pro přípravu talentovaných středoškoláků na fyzikální olympiády.*

Tabulka výsledků družstev na 35. MFO v Jižní Koreji

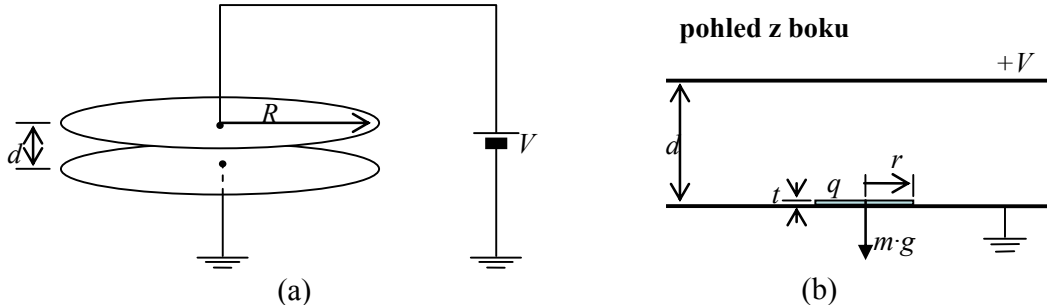
Pořadí	Stát	1.	2.	3.	4.	5.	Body
1.	Čínská lidová republika	G	G	G	G	G	20
2.	Korejská republika	G	G	G	G	B	18
3.	Írán	G	G	G	S	B	17
4.–5.	Bělorusko	G	G	S	S	B	16
	Spojené státy americké	G	G	S	S	B	16
6.–8.	Maďarsko	G	G	S	S	HM	15
	Ukrajina	G	G	S	B	B	15

	Tchaj-wan	G	S	S	S	B	15
9.–11.	Rumunsko	G	S	S	B	B	14
	Indie	G	S	S	B	B	14
	Ruská federace	S	S	S	S	B	14
12.–14.	Thajské království	G	S	B	B	B	13
	Austrálie	G	G	B	B	HM	13
	Vietnam	S	S	S	B	B	13
15.	Indonésie	G	S	B	B	HM	12
16.–17.	Německo	G	B	B	B	HM	11
	Izrael	S	S	B	B	HM	11
18.–19.	Singapur	S	S	B	HM	HM	10
	Hongkong	G	S	B	HM	x	10
20.–24.	Kanada	G	B	B	HM	x	9
	<b>Česká republika</b>	G	B	HM	HM	HM	9
	Moldávie	S	B	B	HM	HM	9
	Arménie	B	B	B	B	HM	9
	Turecko	B	B	B	B	HM	9
25.–27.	Srbsko a Černá Hora	S	B	B	HM	x	8
	Polsko	B	B	B	HM	HM	8
	Kazachstán	B	B	B	HM	HM	8
28.–29.	Argentina	S	B	HM	HM	x	7
	Estonsko	B	B	HM	HM	HM	7
30.–32.	Velká Británie	S	B	HM	x	x	6
	<b>Slovensko</b>	S	B	HM	x	x	6
	Nizozemsko	S	HM	HM	HM	x	6
33.–36.	Lotyšsko	B	HM	HM	HM	x	5
	Finsko	B	HM	HM	HM	x	5
	Slovinsko	B	B	HM	x	x	5
	Chorvatsko	B	HM	HM	HM	x	5

G – zlatá, 4 b., S – stříbrná, 3 b., B – bronzová, 2 b., HM – čestné uznání, 1 b.

## Teoretická úloha 1 („Ping-Pong“ rezistor)

Kondenzátor se skládá ze dvou kruhových rovnoběžných desek, každá o poloměru  $R$ , ve vzájemné vzdálenosti  $d$ , kde  $d \ll R$ , jak ukazuje obr. 1.1(a). Horní deska je spojena se zdrojem o stálém napětí  $V$ , zatímco dolní deska je uzemněna. Potom položíme na střed dolní desky tenký malý disk o hmotnosti  $m$ , poloměru  $r$  ( $r \ll R, d$ ) a tloušťce  $t$  ( $t \ll r$ ), jak ukazuje obrázek 1.1(b).



Obr. 1.1 Schematický náčrtek (a) ukazuje rovnoběžné desky kondenzátoru připojené ke zdroji konstantního napětí a obrázek (b) boční pohled na rovnoběžné desky s malým diskem umístěným uvnitř kondenzátoru

Předpokládejme, že v prostoru mezi deskami je vakuum, jehož permitivita je  $\epsilon_0$ . Desky a disk představují dokonalé kondenzátory. Všechny okrajové elektrické jevy můžeme zanedbat. Induktance celého obvodu a všechny relativistické jevy mohou být zanedbány. Obrazový (zrcadlový) nábojový efekt může být také zanedbán.

- (a) [1,2 b] Vypočítejte elektrickou sílu  $F_p$  mezi deskami, jež jsou ve vzdálenosti  $d$ , před vložením disku mezi desky – viz obr. 1.1(a).
- (b) [0,8 b] Když disk umístíme na spodní desku, náboj  $q$  disku dle obr. 1.1(b) závisí na napětí  $V$  podle vztahu  $q = \chi \cdot V$ . Určete  $\chi$  pomocí veličin  $r, d, \epsilon_0$ .
- (c) [0,5 b] Rovnoběžné desky leží kolmo k homogennímu silovému tíhovému poli popsanému  $g$ . Abychom zvedli disk z počátečního klidu, musíme zvyšovat připojené napětí nad určitou prahovou hodnotu  $V_{th}$ . Určete  $V_{th}$  pomocí  $m, g, d, \chi$ .
- (d) [2,3 b] Je-li  $V > V_{th}$ , disk se pohybuje nahoru a dolů mezi deskami (předpokládejme, že se disk pohybuje pouze ve vertikálním směru bez kolébání). Srážky mezi diskem a deskami jsou nepružné se součinitelem vzpruživosti  $\eta \equiv \left( \frac{v_{po}}{v_{před}} \right)$ , kde  $v_{před}$  a  $v_{po}$  jsou rychlosti disku těsně před srážkou a těsně po srážce. Desky jsou ve stacionárně fixované poloze. Rychlost disku těsně po srážce s dolní deskou nazveme rychlost v ustáleném stavu  $v_s$ , která závisí na napětí  $V$  takto:  $v_s = \sqrt{\alpha \cdot V^2 + \beta}$ . Určete koeficienty  $\alpha, \beta$  pomocí veličin  $m, g, \chi, d, \eta$ . Předpokládejte, že celý povrch disku se dotýká desky hladce a současně tak, že úplná výměna náboje nastane okamžitě při každé srážce.
- (e) [2,2 b] Po dosažení ustáleného stavu časová střední hodnota proudu  $I$  procházejícího deskami kondenzátoru může být vyjádřena aproximací  $I = \gamma \cdot V^2$ , kde  $q \cdot V \gg m \cdot g \cdot d$ . Vyjádřete součinitel  $\gamma$  pomocí veličin  $m, \chi, d, \eta$ .
- (f) [3 b] Když připojené napětí  $V$  zmenšíme (velmi pomalu), existuje kritické napětí  $V_c$ , pod nímž náboj přestane protékat. Určete  $V_c$  a odpovídající proud  $I_c$  pomocí veličin  $m, g, \chi, d, \eta$ . Porovnejte  $V_c$  s prahovým napětím  $V_{th}$  diskutovaném v úloze (c), vypočítejte jejich podíl a vhodně načrtněte graf  $I - V$  charakteristiky, když se napětí  $V$  zvětšuje a zmenšuje v mezích od  $V = 0$  do  $3 \cdot V_{th}$ .