



Krajské kolo Fyzikální olympiády – 53. ročník kategorie E

Ivo Volf, Pavel Kabrhel¹, Ústřední komise Fyzikální olympiády, Univerzita Hradec Králové

Krajské kolo Fyzikální olympiády v kategorii E je náročná soutěž, která se zaměřuje na vyhledávání nadaných žáků škol poskytujících základní vzdělání s hlubším zájmem o fyziku. Článek obsahuje texty, řešení a komentář zadaných úloh a může sloužit pro další práci s talentovanými žáky.

Fyzikální olympiáda (FO) vstoupila v tomto školním roce již do 54. ročníku své existence; na úrovni základního vzdělání má kategorii E pro 9. ročník základní školy a jemu odpovídající ročníky víceletých gymnázií. V prvním kole vybírá učitel fyziky vhodné úlohy pro své žáky z databáze, kterou připravujeme pro osmáky a deváťáky, a to šest úloh teoretických a jednu úlohu experimentální. Druhé, okresní kolo obsahuje čtyři úlohy jen teoretické a třetí, krajské kolo má zařazeny čtyři úlohy taky jen výpočtové, i když většinou již jde o obtížnější problémové situace. Protože se zabýváme vytvářením fyzikálních úloh pro soutěž FO v kategoriích určených pro žáky navštěvující školy poskytující základní vzdělání již dlouhodobě, zajímáme se i o to, jak se soutěžícím řešení problémů daří. Na druhé straně úlohy z krajského kola jsou sice publikovány na webovské stránce FO (texty a řešení viz <http://fyzikalniolympiada.cz>), ale ne každý učitel fyziky k nim najde správnou cestu. Proto považujeme za vhodné informovat čtenáře o letošních úlohách. Vede nás k tomu ještě jeden argument – mnoho soutěžících i jejich učitelé někdy nabývají dojmu, že úlohy jsou příliš obtížné, než aby byli schopni je vyřešit v předepsaném čase 4 hodin. Podívejte se tedy na úlohy, pokuste se je vyřešit a můžete nám napsat své připomínky na adresu ivo.volf@uhk.cz. V úvodu zadání úloh uvádíme základní informace:

Úlohy řešte v klidu, v pořadí, které vám vyhovuje. Řešení pište čitelně a tak, aby bylo jasné, jak jste postupovali. Úlohy jsou řešitelné, musíte se však vyznat v textu a pro řešení se snažte nakreslit vhodné obrázky. Následují texty úloh pro třetí kolo FO53E.

FO53E3 – 1: Předjíždění vozidel

Nákladní vozidlo, přepravující část mostní konstrukce o délce 32 m a šířce 6 m, je doprovázeno dvěma doprovodnými osobními automobily, z nichž jeden jede vpředu a druhý vzadu, takže vytvářejí kolonu o celkové délce 60 m. Kolona se pohybuje stálou rychlostí $45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

a) Po ulici v uzavřené obci jede týmž směrem kloubový autobus o délce 18 m stálou rychlostí $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Předjíždění začíná 25 m za soupravou a ukončí v okamžiku, kdy se zadní část autobusu dostane do vzdálenosti 15 m před první doprovodné vozidlo. Urči, jak dlouho trvá předjíždění, jakou dráhu při předjíždění urazí autobus a jakou dráhu kolona vozidel.

b) Za zcela stejných podmínek probíhá předjíždění kolony vozidel týmž kloubovým autobusem, ale v prostoru mimo uzavřenou obec, kdy autobus jede stálou rychlostí $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Urči, jak dlouho trvá předjíždění kolony vozidel a jakou dráhu urazí přitom autobus.



¹ ivo.volf@uhk.cz, pavel.kabrhel@uhk.cz



- c) Při předjíždění se stává vozovka neprůjezdnou pro vozidla jedoucí v protisměru. Jak daleko může být od kolony vozidel vezoucích mostní konstrukci protijedoucí motocykl, pohybující se rychlostí stejnou jako kloubový autobus, aby nebyl ohrožen při předjíždění kolony autobusem? Uvaž oba případy – pro pohyb v obci a mimo uzavřenou obec.

Poznámka: Malou změnu dráhy vzniklou přejížděním do levého pruhu vozovky neuvažuj.

FO53E3 – 2: Zahřívání látek

Michal se rozhodl, že při domácích experimentech začne k vážení používat ocelové matice o hmotnosti 15 g. Protože matice byly znečištěné a mastné, rozhodl se, že je vyčistí. Vzal si půl litru vody počáteční teploty 20 °C, kterou ohřál na 100 °C (ten den byl vyšší atmosférický tlak), a postupně do vody naházел 50 matic také teploty 20 °C. Potom vodu znovu ohřál na původní teplotu před vhadzováním matic a dřevěnou pinzetou (na okurky) je vyzvedával a postupně je naházел po mírném oschnutí do nádoby s chladnější vodou s trochou odmašťovače o objemu půl litru a původní teplotě 20 °C.

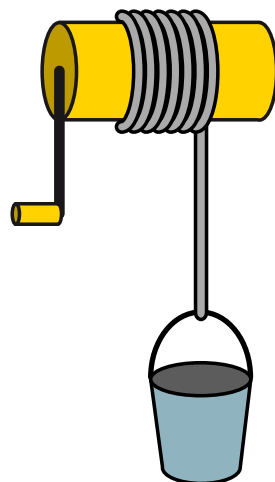


- a) Je-li měrná tepelná kapacita oceli $460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ a vody $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, jak velké teplo je třeba k zahřátí vody z počáteční teploty na teplotu varu? Jaké teplo je třeba k ohřátí jedné matice z počáteční teploty na bod varu vody?
- b) Jak klesne teplota vroucí vody při vhození jedné matice? Padesáti matic?
- c) Kolik tepla je nutno dodat soustavě voda + matice, aby získala opět teplotu 100 °C?
- d) Jak se zvýší teplota závěrečné lázně po vhození jedné, deseti, padesáti matic?

FO53E3 – 3: Zvedání nákladu na svislém laně

Dělník pracující na novostavbě ve výšce 14. podlaží zvedá smotek podlahové krytiny o hmotnosti 25 kg, upevněný na laně o délce 40,0 m, přičemž hmotnost jednoho metru lana je 400 g. Lano se postupně namotává na dřevěný válec o průměru 30 cm, dělník používá kliku o délce 60 cm (tzv. rumpál). Na počátku zvedání ležel smotek právě na zemi a lano bylo napnuté.

- a) Jakou silou musí dělník zvedat lano s krytinou, když je táhne směrem svisle vzhůru? Výsledek zakresli v grafu $F(x)$, kde F je síla, x výška zvednutí krytiny nad okolím domu.
- b) Jakou práci musí dělník přitom vykonat? Použij graf z části a).
- c) Dokážeš určit práci pomocí změny potenciální energie nákladu a lana? Kolik vyjde?
- d) Jakou silou působí dělník na kliku a jakou práci vykoná během prvního otočení válce kolem osy? Do jaké výšky přitom zvedne zvedaný náklad?
- e) Jestliže zvedání trvá 3,0 min, jaký je průměrný výkon dělníka?



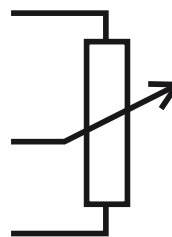
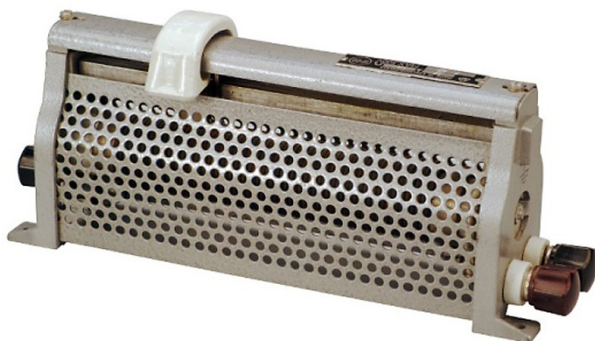
FO53E3 – 4: Napětí na potenciometru

Klasický potenciometr je sestaven z vinutí z izolovaného drátu (izolace je odstraněna pouze v místech, kde se vinutí dotýká jezdec) namotaného na keramickém válci, o celkovém odporu 1 200 ohmů. Vinutí připojené ke dvěma zdírkám, každá na jedné straně válce, spojíme se zdrojem o napětí 12,0 V. Jezdec je připojen prostřednictvím měděné tyčky zanedbatelného odporu na třetí zdířku (viz obr.). Když připojíme mezi zdířku z jezce



a zdířku z jednoho konce vinutí na válci voltmetr a jezdcem posouváme, můžeme pozorovat, jak se údaj voltmetru postupně mění – buď z hodnoty 0 V na hodnotu 12,0 V nebo opačně, z hodnoty 12,0 V klesá na nulu. Potom umístíme jezdec přesně doprostřed délky vinutí.

- Nakresli elektrické schéma obvodů, o kterých se v textu o potenciometru hovoří.
- Zjisti, jaký údaj ukazuje voltmetr, zvážíme-li, že má voltmetr velmi velký odpor.
- Vypočti, jaký údaj ukáže voltmetr, když jeho tzv. vnitřní odpor (tj. odpor voltmetru jako elektrického rezistoru) bude malý, tj. 6 000 ohmů.
- Jaké napětí bude na rezistoru o odporu 100 ohmů, když ho připojíme mezi jezdce (umístěného uprostřed vinutí) a zdířku vycházející z konce vinutí, tedy místo voltmetru.



Potenciometr a jeho schematická značka

Poznámky k charakteru a hodnocení úloh

První úloha je poměrně snadná, je však založena na dobré představivosti řešitele. K řešení může zvolit jednak obrázek, v němž vyznačí počáteční a koncovou situaci při předjíždění. Z obrázku plyne závěr, že přední část autobusu musí kromě dráhy, kterou ujede předjížděná kolona, urazit ještě další dráhu tak, aby se zadní část autobusu dostala do bezpečné vzdálenosti před předjížděná vozidla. Lze volit i řešení, kdy vztažnou soustavu spojíme s předjížděnou kolonou a kloubový autobus má vzhledem ke koloně relativní rychlost, která je rovna rozdílu rychlostí. Toto platí jednak v obci, ale i mimo uzavřenou obec. Poslední problém je určen pro nejlepší řešitele – zde musí zapracovat dobrá představivost a již dříve získaná zkušenost cestujícího v osobním automobilu. Má také výchovný aspekt – neriskovat zbytečně jednak při předjíždění, jednak při jízdě v protisměru.

Při řešení druhé úlohy je třeba, aby řešitel znal dobře kalorimetrickou rovnici v základním tvaru, dovedl dobře označit veličiny a správně dosadit potřebné hodnoty. Zdánlivě jde o několik stejných úloh, ale pro každou z nich je třeba najít správnou úvahu. Pro účastníky krajského kola by řešení nemělo činit problémy.

Třetí úloha je pak obtížnější – je třeba, aby řešitel zvážil, jak se mění tahová síla s ohledem na to, že se při zvedání zkracuje „aktivně působící“ část lana, tím se zmenšuje síla, působící při zvedání. Výsledkem je to, že na začátku musí dělník působit větší silou při zvedání než na jeho konci. V grafickém záznamu vznikne v prvním kvadrantu lichoběžník závislosti síly F na výšce x krytiny nad zemí. K výpočtu práce pak lze využít obsahu lichoběžníka. K výsledku lze dospět také ze změny potenciální energie soustavy těleso + lano. Vypočítaný výkon představuje střední hodnotu.

Čtvrtá úloha byla asi nejobtížnější, a to proto, že šlo o potenciometr. Zatímco tuto součástku v moderní podobě používá pravděpodobně každý žák, poučení o principu činnosti potenciometru se každému nedostává. Zdá se nám však, že popis konstrukce této elektrotechnické součástky je docela srozumitelný, také elektrické schéma naznačuje, že pro řešení je nutno rozdělit vodič na dvě části o stejném odporu, přičemž se mezi konec potenciometru a jezdce umístí voltmetr, který je ovšem také rezistorem. Cílem zařazení úlohy bylo umožnit větší rozdělení soutěžících.

Každá úloha obsahovala jakousi základní část, kterou by soutěžící z krajského kola vyřešit měl a mohl, takže získat základních 5 bodů nebylo nemožné; dále obsahovala každá úloha i část, jež umožňovala vznik dobrého



rozptylu k oddělení dobrých a vynikajících soutěžících. Konkrétní rozdělení bodů, které mělo sloužit v daném kraji k porovnávání výsledků s ohledem na určité srovnání celostátní, uvádíme dále.

Návrh hodnocení:

E1: a) 4 body, b) 3 body, c) 3 body, celkem 10 bodů;

E2: a) 3 body, b) 2 body, c) 3 body, d) 2 body, celkem 10 bodů;

E3: a) 2 body, b) 2 body, c) 2 body, d) 2 body, e) 2 body, celkem 10 bodů;

E4: a) 3 body, b) 2 body, c) 2 body, d) 3 body, celkem 10 bodů.

Zopakujme ještě na závěr, že účastník 3. kola se stává úspěšným řešitelem, dosáhne-li v celkovém součtu nejméně 14 bodů a současně aspoň ve dvou úlohách nejméně 5 bodů.

Podívejme se ještě na stručné řešení úloh. Přitom se předpokládá, že opravující učitel si všechny úlohy (anebo alespoň opravovanou úlohu) pečlivě vyřešil, že opravuje s rozvahou, snaží se porozumět zpracovanému protokolu o vyřešení úlohy a nesnaží se pouze porovnávat řešení předložené účastníkem soutěže s řešením, které předložil autor úlohy nebo komise pro výběr úloh.

Poznámka: V textu úloh byly provedeny drobné stylizační úpravy navržené recenzenty článku.

FO53E3 – Řešení

V úvodu je poznámka: Opravujícím doporučujeme, aby si úlohu pečlivě vyřešili a s úlohou se dobře seznámili, pak výsledek zkontrolovali s níže uvedenými výpočty.

FO53E3 – 1

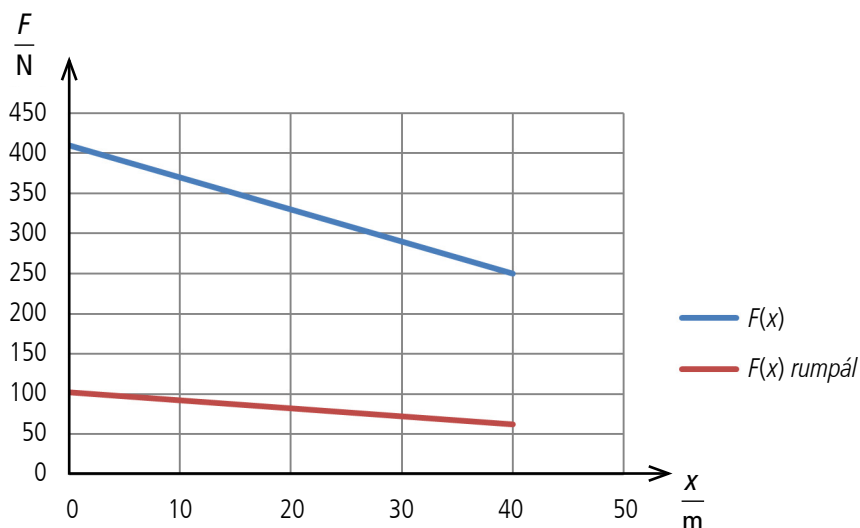
- Doba předjíždění je $t = 47,2$ s, autobus za tuto dobu urazí vzdálenost $s_1 = 708$ m, souprava urazí vzdálenost $s_2 = 590$ m.
- Doba předjíždění je $t = 9,44$ s, autobus za tuto dobu urazí vzdálenost $s_1 = 236$ m, souprava urazí vzdálenost $s_2 = 118$ m.
- V 1. případě autobus při předjíždění urazí vzdálenost 708 m, ve 2. případě 236 m. Protijedoucí motocykl musí být minimálně ve dvojnásobné vzdálenosti od autobusu, než je dráha, kterou autobus urazí. Od začátku soupravy musí být minimálně v 1. případě ve vzdálenosti 1 416 m, ve 2. případě 472 m.

FO53E3 – 2

- K ohřátí vody je třeba teplo 168 kJ, k ohřátí jedné matice 552 J.
- Po vhození jedné matice klesne teplota vody na $99,7$ °C, po vhození padesáti matic klesne teplota vody na $88,7$ °C.
- K opětovnému ohřátí vody s maticemi na 100 °C je třeba teplo 27,6 kJ.
- Teplota závěrečné lázně po vhození jedné matice se zvýší na $20,3$ °C, po vhození deseti matic na $22,5$ °C a po vhození padesáti matic na $31,2$ °C.

FO53E3 – 3

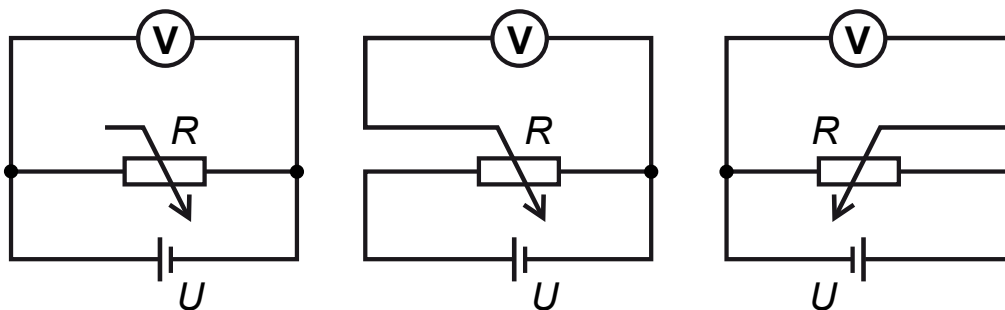
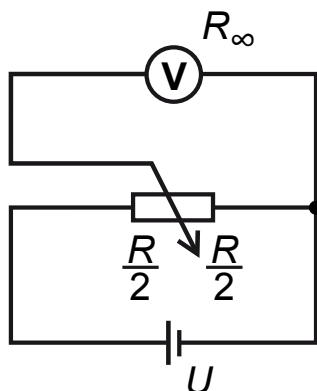
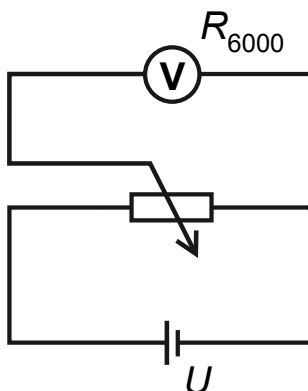
- Bez pomoci rumpálu by musel dělník zvedat lano ze začátku silou 410 N a na konci silou 250 N. Jestliže použije rumpál, poté na začátku bude zvedat lano silou 102,5 N a na konci bude zvedat lano silou 62,5 N.



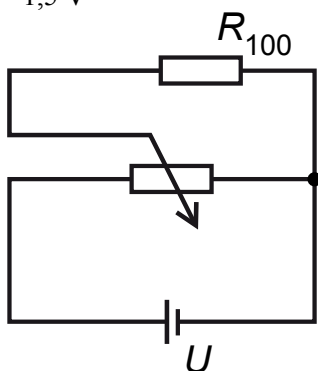
- b) Dělník musí vykonat práci 13,2 kJ.
 c) Změna potenciální energie lana a krytiny je 13,2 kJ.
 d) Během prvního otočení se náklad zvedne o 0,94 m. Na začátku musí dělník působit na kliku silou 102,5 N, na konci musí působit silou 101,6 N. Průměrná síla, kterou dělník musí působit je 102 N. Vykoná při tom práci 385 J.
 e) Výkon dělníka je 73,3 W.

FO53E3 – 4

a)

b) $U = 6 \text{ V}$ c) $U = 5,7 \text{ V}$ 

V případě b) voltmetrem proud skoro neprochází

d) $U = 1,5 \text{ V}$ 

Závěrem

Naše zkušenost nám říká, že není možno vytvořit úlohy, které by se zalíbily všem. Vůbec problematika vytváření úloh, vhodných pro soutěž, je velmi složitá. Pokud se vám zdá, že úlohy jsou příliš obtížné, můžeme zadávat jednodušší – ale jak potom odhalovat žáky, kteří mohou projevit své nadání a hlubší zájem o fyziku a její aplikace?

Jestliže se vám zdají být úlohy málo zajímavé, vytvořte a pošlete nám úlohy a my je zařadíme do soutěže. Kritizovat, to umí a někdy i musí skoro každý. Ale horší je to, má-li předložit nějaký reálný nápad pro řešení. Připomíná mi to jednoho známého, který nebyl spokojen s žádnou učebnicí fyziky, protože měl ke všemu (často velmi oprávněnou, nebo i nutnou) připomínku. Když však byl vyzván k tomu, aby zkusil napsat učebnici lepší, říkal – napsat dobrou učebnici, to je velmi těžké. Zrovna tak je obtížné vytvořit vhodné úlohy pro soutěž Fyzikální olympiáda. Ale bez úloh tato soutěž existovat nemůže, takže se musíme spokojit s tím, co se nám podaří vytvořit.