



Okresní kolo Fyzikální olympiády pro žáky, kteří navštěvují školy poskytující základní vzdělání

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

Fyzikální olympiáda pro soutěžící, navštěvující školy poskytující základní vzdělání, má v kategoriích E a F školní (domácí) kolo, na něž navazuje kolo okresní. V článku jsou uvedeny texty úloh okresního kola (2012) a na ně navazující řešení a komentáře jako pomůcka pro další práci s fyzikálními olympioniky.

V loňském školním roce probíhal na školách, později v okresním a krajském měřítku, již 53. ročník Fyzikální olympiády, soutěže pro zájemce o hlubší studium fyziky. Po splnění podmínek školního (domácího) kola může být účastník pozván do vyššího, okresního kola soutěže, v němž mu jsou zadány čtyři teoretické úlohy. Podmínkou je, že si účastník soutěže vybere a následně správně vyřeší alespoň pět úloh ze sedmi, které mu navrhl jeho učitel fyziky (příčemž mezi řešenými úlohami musí být úloha experimentální, již vyřeší třeba i neúspěšně), a to na základě učiva, které již bylo ve výuce fyziky probíráno. Protože se soutěže mají účastnit žáci s hlubším zájmem o fyziku, bývají jak ve školním, tak i v okresním kole zadávány úlohy mnohem obtížnější, než jsou ty, s nimiž se běžně setkávají na hodinách fyziky. Na řešení sedmi úloh prvního kola má účastník v podstatě neomezený čas (musí jen začít co nejdříve po začátku školního roku a zároveň včas odevzdávat vyřešené úlohy svému učiteli fyziky). V okresním i krajském kole je na řešení čtyř teoretických úloh vymezen čistý čas 4 hodiny, a to nejen pro jejich vyřešení, ale následně i pro „inteligentní“ přepsání do čistopisu. Je totiž důležité, aby byl jasný postup řešení a opravující si mohl o způsobu a postupu jeho myšlení udělat jasnou představu, kterou potřebuje pro objektivní a spravedlivé hodnocení.

Zatímco řešení úloh z 1. kola je publikováno na stránkách Fyzikální olympiády – viz webová stránka <http://fyzikalniolympiada.cz> –, a tak se dostane ke všem řešitelům prostřednictvím jejich učitelů fyziky, úlohy okresního a krajského kola a jejich řešení tak přímočarou cestu nemají (i když jsou také zveřejňovány na webových stránkách), často jim chybí komentář k řešení, který by měli vytvořit autoři úloh, nebo jejich řešení. Školská fyzika na začátku své existence dokonce doplňovala úlohy 1. kola řešením tzv. návodných úloh, k čemuž bychom se velmi rádi z metodických důvodů vrátili. Jakožto autoři úloh chceme ukázat, že bez ohledu na reálné výsledky oprav v jednotlivých okresech nebyly úlohy okresního kola 53. ročníku FO obtížné a úlohy byly řešitelné. Bodování protokolů o řešení úloh jsme zvolili tak, že za každou úlohu mohl řešitel získat 10 bodů, přičemž 5 bodů postačovalo k úspěšnému řešení (a současně tohoto výsledku bylo možno dosáhnout při řešení přibližně poloviny zadaných problémů).

Úlohy okresního kola byly tedy zvoleny tak, že byly určeny pro zájemce o fyziku, tj. aby mohl skoro každý soutěžící získat alespoň polovinu bodů za každou úlohu, ale měly také část náročnější, aby bylo možno vytipovat ty nejlepší soutěžící pro účast v krajském kole.

První úloha se zabývá mechanickým pohybem a výpočtem rychlostí (bylo přidáno grafické stanovení dráhy tělesa). Druhá úloha vychází z výpočtu objemu a hmotnosti tělesa, na to navazuje stanovení práce a výkonu při zvedání. Třetí úloha využívá k řešení problému zákonů hydrostatiky, čtvrtá úloha se zaměřuje na stanovení tepla, nutného k roztátí ledu a na použití kalorimetrické rovnice. Tyto úlohy byly určeny pro soutěžící z kategorie F (žáky 8. ročníků). Pro kategorii E lze vynechat úlohu první a na konec zařadit úlohu pátou, zaměřenou na jednoduché a větvené elektrické obvody. Za řešení úloh v okresním kole může řešitel získat celkem 40 bodů, přičemž úspěšným řešitelem se stává ten soutěžící, který bude hodnocen alespoň ve dvou úlohách nejméně 5 body a v celkovém hodnocení dosáhne alespoň 14 bodů.

Pokuste se vyřešit dále uvedené pět úloh; budou-li se vám zdát obtížné, napište nám o tom, ale včetně analýzy řešení a argumentů pro diskusi.

Poznámka: Úlohy před zadáním procházejí několikerou kontrolou. Přesto však recenzenti článku navrhli několik úprav v samotném textu úloh, které jsme v zájmu zlepšení textu a jeho lepší srozumitelnosti přijali. Proto se texty úloh mírně liší od těch, které dostali k řešení soutěžící.

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



Úloha 1: Rychlíky a vysokorychlostní vlaky

Na trati Moskva–Petrohrad v Ruské federaci, která má délku 660 km, jezdí několik typů vlaků. Z jízdního řádu vyjímáme:

Číslo vlaku	INT152	INT158	INT268	INT162	INT164	INT166	INT135	INT52
Moskva odjezd	6:45	13:30	13:44	16:30	19:30	19:45	20:19	21:20
Tver příj.		14:33	15:25	17:30	20:30		23:14	23:36
Tver odj.		14:35	15:26	17:32	20:31		23:15	23:37
Petrohrad příjezd	10:30	17:45	21:57	20:29	23:19	23:30	5:11	4:40

- Urči, jak dlouho projíždějí vlaky uvedenou trasou; krátká zastavení neber do úvahy.
- Urči průměrnou rychlost vlaků na trati Moskva–Petrohrad.
- Nejrychlejší vlaky na trati se nazývají vysokorychlostní vlaky Sapsan. Které to jsou?
- Do grafu $s(t)$ vyznač začátky a konce pohybu. Úsečkami vyznač pohyb všech vlaků. Předpokládej, že se vlaky z Moskvy až do Petrohradu pohybují stálou rychlostí bez zastavení ve stanici Tver.
- Doba zastavení ve stanici Tver trvá 1–2 minuty; jakou trasu by urazil za tuto dobu zmíněný vlak? K výpočtu využij průměrnou rychlost vlaku na příslušné trati.
- Jeden z vlaků – Sapsan – dosáhl při rychlostní zkoušce nejvyšší rychlosti $290 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Předpokládejme, že se rychlostní vlak rozjížděl po dobu 3,0 min, poté jel touto rychlostí 6,0 min a po dobu 5,0 min pomalu zpomaloval, až zastavil. Nakresli graf $v(t)$ rychlosti na čase a urči dráhu, kterou vlak při této zkoušce urazil.

Úloha 2: Cihly na stavbě

Běžná klasická pálená cihla má rozměry 290 mm, 140 mm, 65 mm a podle stavu vypálení má hustotu 1 800 až 2 400 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; k výpočtům vezmi střední hodnotu. Dutá cihla z téhož materiálu a téže kvality má ve směru největší délky (tedy v ploše nejmenší stěny) dva odlehčující otvory, každý o rozměrech 35 mm $\times$ 35 mm.



- Načrtni, jak vypadá plná i dutá cihla, vyznač její rozměry v obrázku. Zvol měřítko 5:1.
- Urči objem a hmotnost plné cihly. Spočti totéž pro dutou cihlu.
- Cihly se převážejí na paletách tak, že v jedné vrstvě je 24 cihel ležících na největší stěně, na sobě je složeno 12 vrstev cihel. Jaká je hmotnost jedné palety s cihlami (dřevěná kostra palety má hmotnost 48 kg) a jakou silou musí paletu s cihlami zvedat jeřáb? Použij $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.
- Jakou práci vykoná jeřáb, zvedá-li paletu s cihlami do 12. podlaží ve výšce 30 m? Jakého výkonu dosahuje, je-li doba zvedání 2,5 min?
- Jestliže přijmeme, že účinnost zvedání celého mechanismu je 80 %, stanov skutečný výkon jeřábu.

Úloha 3: Pokusy se sudem v bazénu

Žáci se ve škole učili v zeměpise o nákladních lodích s velkým výtlakem (tankery), které se používají při dopravě ropy z místa čerpání do míst, kde jsou rafinerie a kde se ropa používá v dopravě a v chemickém průmyslu. Ve fyzice zase měli za sebou problematiku využití Archimédova zákona. Proto se chlapci rozhodli, že provedou několik pokusů. Jako model tankeru jim posloužil starý sud o plošném obsahu dna $0,80 \text{ m}^2$, který je prázdný udržován „ve stojící poloze“ na rybníku a ponořil se do hloubky 8,0 cm. Když do něj nalili vodu o určitém objemu, hloubka ponoru sudu se zvětšila o 24,0 cm. Předpokládej, že hustota vody ve vodní nádrži je $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



- Z údajů urči, jaká je hmotnost sudu v našem modelu.
- Z dalších údajů stanov, jaká je hmotnost vody, která byla nalita do sudu (modelujeme tak hmotnost nákladu).
- Představ si, že stojíš se sudem na mělčině; na čem asi závisí stabilita polohy sudu, tedy modelově: na čem závisí stabilita tankeru? Svě tvrzení teoreticky zdůvodni.
- Kdybychom neznali plošný obsah dna sudu, museli bychom ho stanovit. Navrhni způsob, jak jen pomocí délkového měřidla a kbelíku s vyznačenou stupnicí objemu určíš tento plošný obsah. Svůj nápad teoreticky zdůvodni.

Úloha 4: Voda a led v sudu na zahradě

Na jaře přijeli rodiče jedné rodiny i s dětmi na chalupu, kde zjistili, že na podzim zapomněli uklidit plastový válcový sud o průměru 60 cm a o výšce 90 cm. Protože sud byl ve stínu, kam nedopadají sluneční paprsky, zůstala v něm na dně vrstva právě tajícího ledu o tloušťce asi 20 cm. Děti, dvojčata, devátáci Michal a Katka, se rozhodly, že na led nalijí horkou vodu o teplotě 90 °C.

- Urči hmotnost ledu v plastovém sudu.
- Kolik horké vody bylo potřeba, aby právě roztál všechn led?
- Kolik volného místa ještě zůstalo v sudu?
- Kdyby nalily děti do sudu horkou vodu tak, že by ho právě zaplnily, tak by roztál všechn led a teplota vody by se ustálila na určité hodnotě nad 0 °C. Jaká by byla výsledná teplota vody v sudu?

Hustota ledu je $920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, měrná tepelná kapacita vody je rovna $4\,200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, měrné skupenské teplo tání ledu je $330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.



Úloha 5: Laboratorní práce s rezistory

Při laboratorní práci z fyziky měli žáci připojovat ke zdroji stejnosměrného proudu o stálém napětí 12 V postupně tři rezistory, každý o odporu 120 ohmů. Katka a Michal provedli postupně všechny možnosti – připojili nejprve jeden, potom dva a nakonec všechny tři rezistory, samozřejmě různými způsoby.

- Nakresli všechna možná připojení rezistorů ke zdroji.
- Pro každé zapojení urči výsledný odpor sítě, tedy jaký by musel mít odpor rezistor, kterým bychom dané zapojení mohli nahradit.
- V kterém zapojení bude procházet přírodnými vodiči od zdroje největší a v kterém nejmenší proud? Odhad doplň příslušným zdůvodněním a výpočtem.
- Na kterém rezistoru a v kterém zapojení bude největší napětí?
- Který rezistor a v kterém zapojení bude mít největší výkon?

Samozřejmě ti čtenáři, kteří se rozhodli k řešení uvedených soutěžních úloh, na tomto místě přeruší čtení článku a pokusí se o samostatnou činnost. Ti, kterým se zdají úlohy obtížné, se mohou pustit do studia řešení. Toto řešení je jen zkratkovité, takže tužka a papír jsou velmi důležitou pomůckou. Řešení obsahuje nejdůležitější kroky řetězce kroků nutných k vyřešení zadaných problémů a pro dané hodnoty jsou uvedeny číselné výsledky; při řešení se nezaměříme na obecné řešení (jde o úlohy, zadávané žákům osmých a devátých ročníků škol, poskytujících základní vzdělání).

Úloha 1

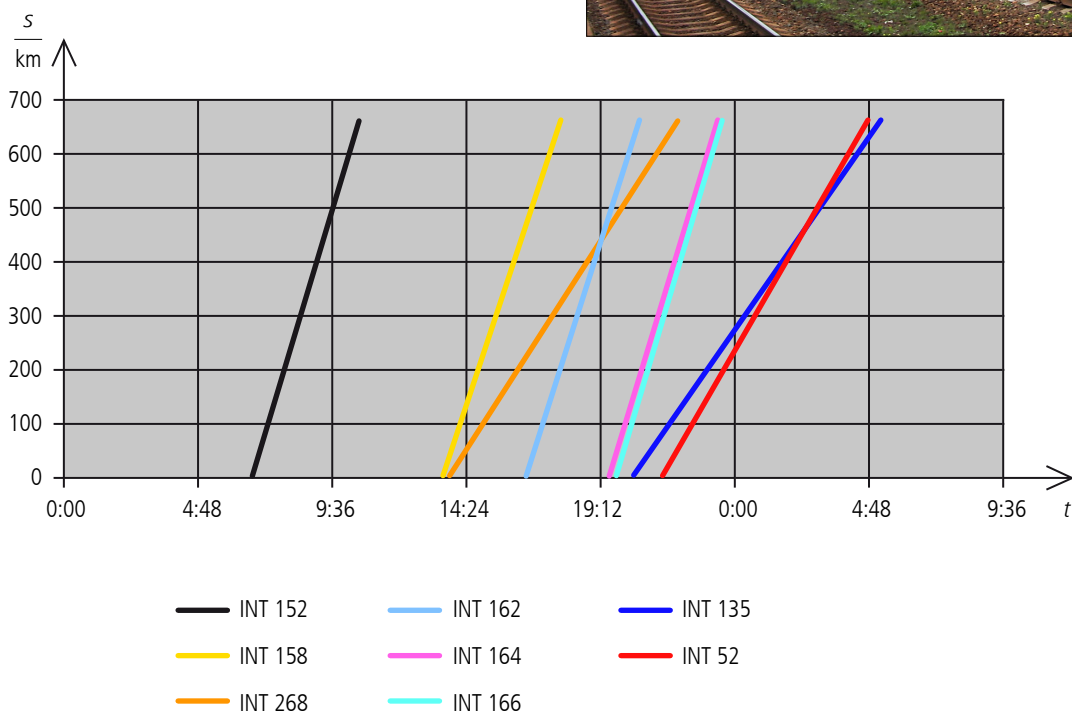
Části a)–c) a e) dané úlohy můžeme řešit postupně, ale výsledky zapíšeme hromadně do tabulky.



Číslo vlaku	INT152	INT158	INT268	INT162	INT164	INT166	INT135	INT52
Moskva odjezd	6:45	13:30	13:44	16:30	19:30	19:45	20:19	21:20
Tver příjezd		14:33	15:25	17:30	20:30		23:14	23:36
Tver odjezd		14:35	15:26	17:32	20:31		23:15	23:37
Petrohrad příjezd	10:30	17:45	21:57	20:29	23:19	23:30	5:11	4:40
t	3:45	4:15	8:13	3:59	3:49	3:45	8:52	7:20
t (h)	3,75	4,25	8,22	3,98	3,82	3,75	8,87	7,33
s (km)	660	660	660	660	660	660	660	660
v (km/h)	176	155	80,3	166	173	176	74,4	90,0
Název vlaku	Sapsan	*		*	*	Sapsan		
Dráha, kterou by urazil vlak za dobu zastávky (km)	–	5,2	1,3	5,5	2,9	–	1,2	1,5

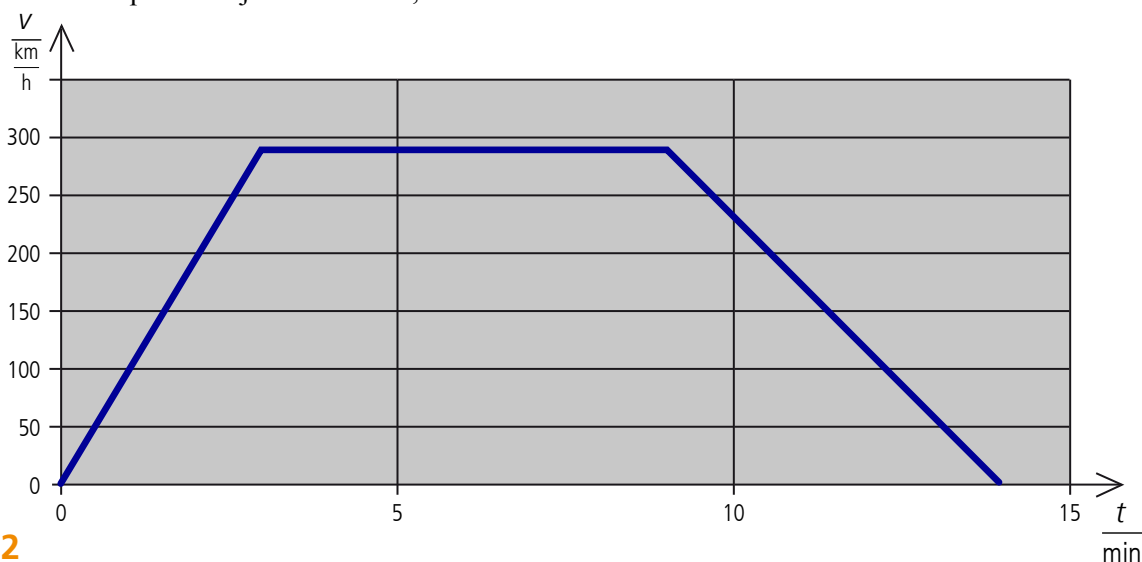
* Tyto vlaky nejsou označeny jako Sapsan (jde o zvláštní soupravu), ale pokud je žáci uvedou, může to být uznáno za správné řešení.

d) Pohyb vlaků nahradíme pohybem bez zastavení ve stanici Tver; sklon grafu daného vlaku vyjadřuje rychlost. Vlaky Sapsan jsou ty, které mají nejvyšší rychlost, tedy graf má největší sklon.





f) Zkušební trasa představuje dráhu $s = 48,3$ km.



Úloha 2

Budeme počítat s následujícími hodnotami: průměrná hustota cihly $\rho = 2\,100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

- Plná cihla je kvádr o daných rozměrech, dutá cihla má v podélném směru dva otvory čtvercového průřezu o délce 290 mm. Je vhodné nakreslit kvádr ve volné rovnoběžné projekci.
- Plná cihla: $V_1 = 2\,639 \text{ cm}^3$, $m_1 = 5,54 \text{ kg}$, dutá cihla: $V_2 = 1\,929 \text{ cm}^3$, $m_2 = 4,05 \text{ kg}$.
Získané údaje musíme zaokrouhlit na menší počet číslic, než vychází na kalkulátoru.
- Paleta s plnými cihlami – $m_1 = 1\,644 \text{ kg}$, $F_1 = 16\,400 \text{ N}$, paleta s dutými cihlami – $m_2 = 1\,214 \text{ kg}$, $F_2 = 12\,100 \text{ N}$.
Paleta s plnými cihlami – $W_1 = 493 \text{ kJ}$, $P_1 = 3,3 \text{ kW}$, paleta s dutými cihlami – $W_2 = 364 \text{ kJ}$, $P_2 = 2,4 \text{ kW}$.
- Paleta s plnými cihlami – $P_1 = 4,1 \text{ kW}$, paleta s dutými cihlami – $P_2 = 3,0 \text{ kW}$.

Úloha 3

- Hmotnost sudu určíme z hydrostatické vztlakové síly, $m = 64 \text{ kg}$.
- Hmotnost „nákladu“ stanovíme $m_v = 192 \text{ kg}$.
- Stabilita sudu závisí na naplnění sudu. Je-li sud prázdný, snadno se převrátí, neboť těžiště je vysoko a sud je „lehký“. Je-li sud částečně naplněn, jeho těžiště je nižší, než v případě prázdného sudu, a proto je ve stabilnější poloze vzhledem k převrácení, než v předchozím případě. Jestliže do sudu budeme dolévat další vodu, těžiště bude stále výš, ale sud bude ve vodě klesat a jeho poloha bude stabilnější. V této poloze zůstává až do okamžiku potopení sudu. Stabilita nákladních lodí je tedy velmi obtížný fyzikální problém, který je při nakládání nutno řešit.
- Do sudu nalijeme vodu, jejíž objem známe díky objemu kbelíku. Poté již jen stačí změřit výšku hladiny nad dnem a vypočítat ze známého objemu a výšky vodního sloupce obsah dna sudu.



Úloha 4

Z textu úlohy hustota ledu $\rho = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, měrné skupenské teplo tání ledu $l_t = 330\,000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

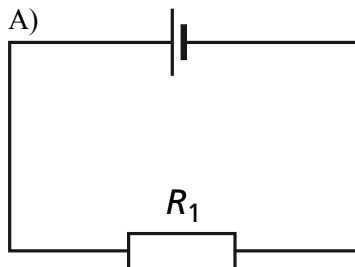
- Objem a hmotnost ledu v sudu $V = 0,0565 \text{ m}^3$, $m = 52 \text{ kg}$.
- Hmotnost přidané vody $m_v = 45,4 \text{ kg}$.
- Objem volného prostoru $V_2 = 0,156 \text{ m}^3$, zůstalo ještě 54 cm do výšky, tj. $0,15 \text{ m}^3$.
- 55°C .



Úloha 5

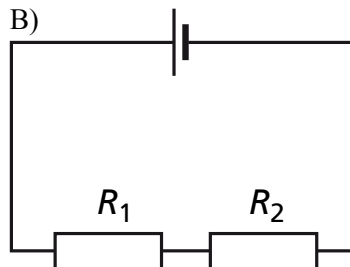
a)–b), e)

A)



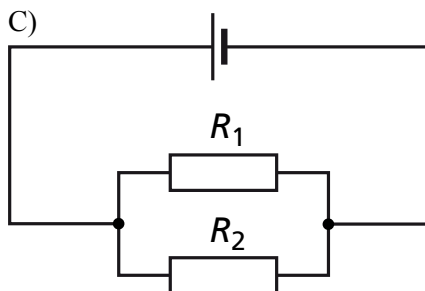
$$R = 120 \, \Omega$$
$$P_1 = 1,2 \, \text{W}$$

B)



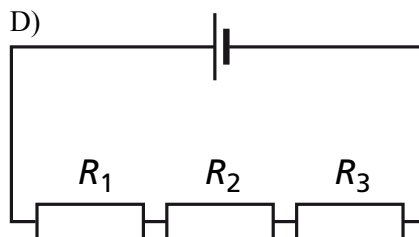
$$R = 240 \, \Omega$$
$$P_1 = P_2 = 0,3 \, \text{W}$$

C)



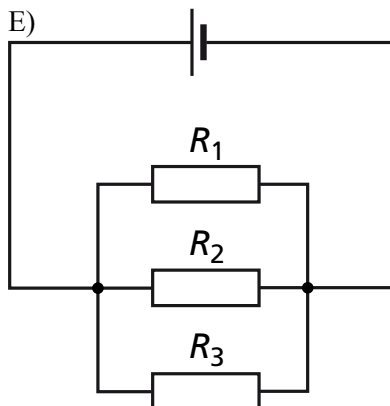
$$R = 60 \, \Omega$$
$$P_1 = P_2 = 1,2 \, \text{W}$$

D)



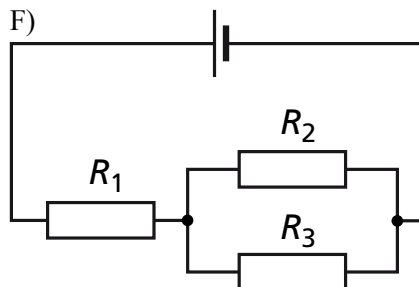
$$R = 360 \, \Omega$$
$$P_1 = P_2 = P_3 \doteq 0,13 \, \text{W}$$

E)



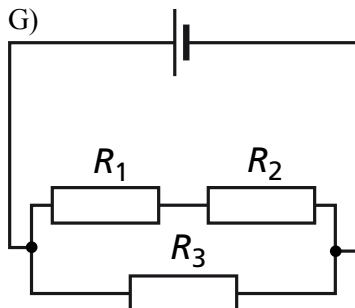
$$R = 40 \, \Omega$$
$$P_1 = P_2 = P_3 = 1,2 \, \text{W}$$

F)



$$R = 180 \, \Omega$$
$$P_1 = 0,53 \, \text{W}$$
$$P_2 = P_3 \doteq 0,13 \, \text{W}$$

G)



$$R = 80 \, \Omega$$
$$P_1 = P_2 = 0,3 \, \text{W}$$
$$P_3 = 1,2 \, \text{W}$$

c) Největší proud přívodními vodiči poteče v zapojení E (0,3 A), nejmenší v zapojení D (0,033 A).

d) Největší napětí bude na rezistoru R_1 v zapojení A, na rezistorech R_1 , R_2 a R_3 v zapojení E a na rezistoru R_3 v zapojení G.

e) Největší výkon bude na rezistoru R_1 v zapojení A, na rezistorech R_1 a R_2 v zapojení C, na rezistorech R_1 , R_2 a R_3 v zapojení E a na rezistoru R_3 v zapojení G.

Tak jak jste dopadli? Získal někdo plných 40 (či 50) bodů? Byly úlohy z okresního kola Fyzikální olympiády opravdu příliš náročné? Byly alespoň trochu zajímavé? Očekáváme připomínky, ale nestačí jenom kritizovat – je nutno připojit vlastní konkrétní poznámky a návrhy na zlepšení námětu, formulaci textu, na úpravu řešení. A to hlavní – nezapomeňte se podepsat nebo připomínky poslat na kontaktní adresu ivo.volf@uhk.cz. Kritiku samozřejmě vítáme a přijmeme, ale rána zkaženým rajčetem od anonyma z davu – to se přece od učitele fyziky a zejména do Fyzikální olympiády nehodí.