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

Ivo Volf, Pavel Kabrhel[1], 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 (přičemž mezi řešenými úlohami musí být úloha experimentální, již vyřeší třeba i neúspěšně), a to na základě učiva, které již bylo ve výuce fyziky probráno. 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 řešícího 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 webové stránce), 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 uvedených 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

a) Urči, jak dlouho projíždějí vlaky uvedenou trasou; krátká zastavení neber do úvahy.
b) Urči průměrnou rychlost vlaků na trati Moskva–Petrohrad.
c) Nejrychlejší vlaky na trati se nazývají vysokorychlostní vlaky Sapsan. Které to jsou?
d) 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.
e) 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.
f) 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 × 35 mm.

a) Načrtni, jak vypadá plná i dutá cihla, vyznač její rozměry v obrázku. Zvol měřítko 5:1.
b) Urči objem a hmotnost plné cihly. Spočti totéž pro dutou cihlu.
c) 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 $g = 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.
d) 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?
e) 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 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 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

a) Z údajů urči, jaká je hmotnost sudu v našem modelu.
b) Z dalších údajů stanov, jaká je hmotnost vody, která byla nalita do sudu (modelujeme tak hmotnost nákladu).
c) Představ si, že stojíš se sudem na mělčině; na čem asi závisí stabilita polohy sudu, tedy modelově: na čem závisí stabilita tankeru? Své tvrzení teoreticky zdůvodni.
d) 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, deváťáci Michal a Katka, se rozhodly, že na led nalijí horkou vodu o teplotě 90 °C.

a) Urči hmotnost ledu v plastovém sudu.
b) Kolik horké vody bylo potřeba, aby právě roztál všechen led?
c) Kolik volného místa ještě zůstalo v sudu?
d) Kdyby nalily děti do sudu horkou vodu tak, že by ho právě zaplnily, tak by roztál všechen 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 $\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot°\text{C}}$, 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.

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

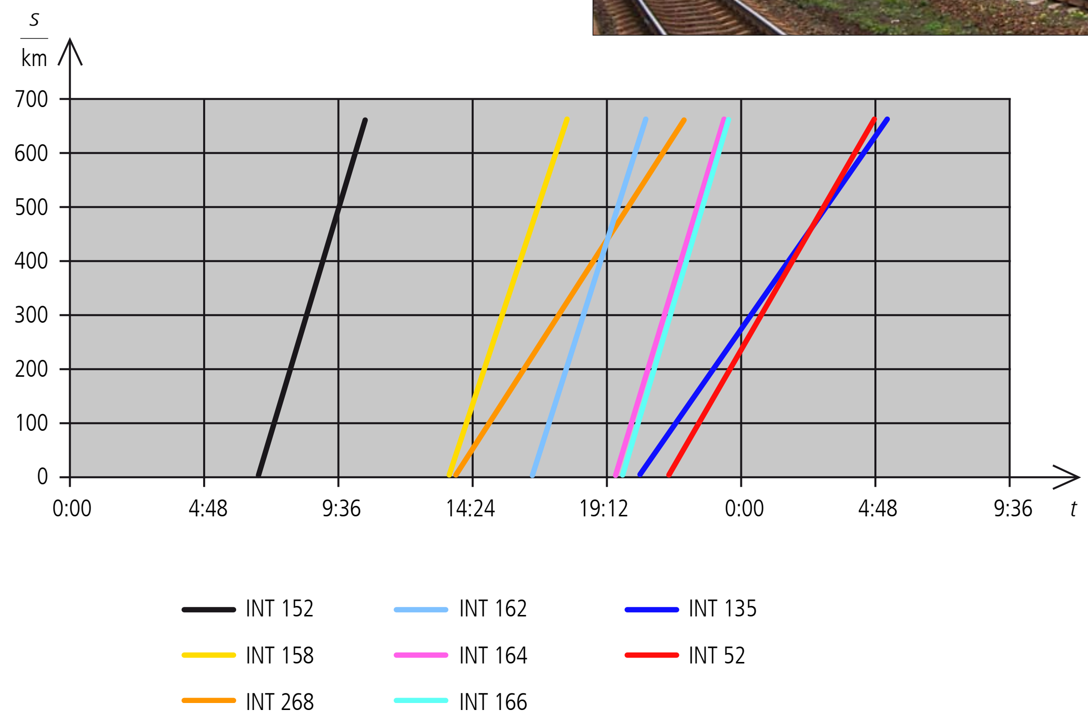
Úloha 1

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

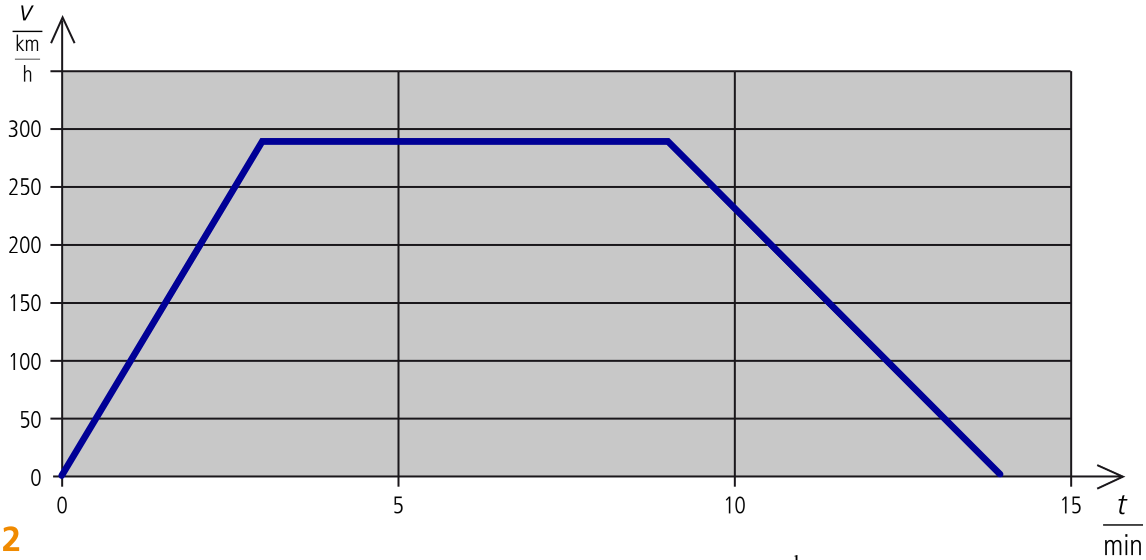
Číslo vlaku	INT152	INT158	INT268	INT162	INT164	INT166	INT135	INT52
Moskva odjezd	6:45	13:30	13:44	16:30	19:30	19:45	20:19	21:20
Tver příjezd		14:33	15:25	17:30	20:30		23:14	23:36
Tver odjezd		14:35	15:26	17:32	20:31		23:15	23:37
Petrohrad příjezd	10:30	17:45	21:57	20:29	23:19	23:30	5:11	4:40
t	3:45	4:15	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 $s = 48{,}3\,\text{km}$.



Úloha 2

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

a) 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.

b) 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.

c) 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 – $W_1 = 493\ \text{kJ}$, $\text{P}_1 = 3{,}3\ \text{kW}$, paleta s dutými cihlami – $W_2 = 364\ \text{kJ}$, $P_2 = 2{,}4\ \text{kW}$.

d) Paleta s plnými cihlami – $\text{P}_1 = 4{,}1\ \text{kW}$, paleta s dutými cihlami – $P_2 = 3{,}0\ \text{kW}$.

Úloha 3

a) Hmotnost sudu určíme z hydrostatické vztlakové síly, $m = 64\ \text{kg}$.

b) Hmotnost „nákladu“ stanovíme $m_v = 192\ \text{kg}$.

c) 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 níž, 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.

d) 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 $l_t = 330\,000\ \frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

a) Objem a hmotnost ledu v sudu $V = 0{,}0565\ \text{m}^3$, $m = 52\ \text{kg}$.

b) Hmotnost přidané vody $m_v = 45{,}4\ \text{kg}$.

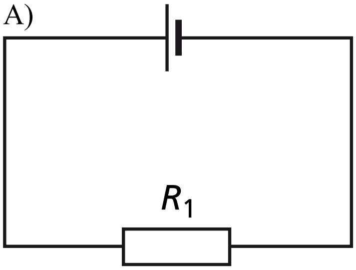
c) Objem volného prostoru $V_2 = 0{,}156\ \text{m}^3$, zůstalo ještě 54 cm do výšky, tj. $0{,}15\ \text{m}^3$.

d) 55 °C.

Úloha 5

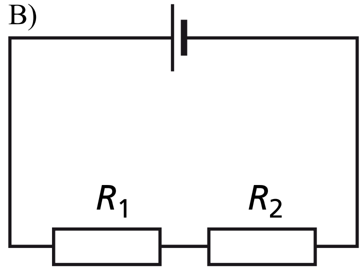
a) – b), e)

A)



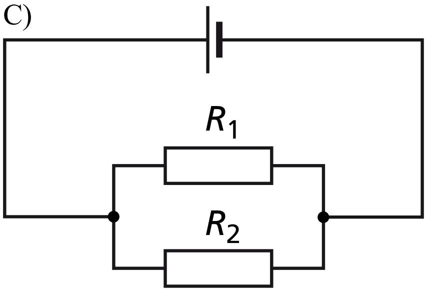
$R = 120\ \Omega$
$P_1 = 1{,}2$ W

B)



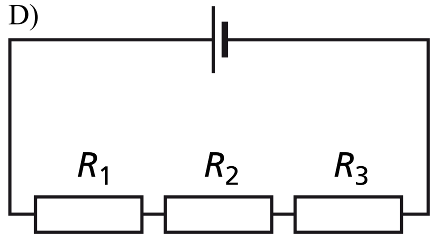
$R = 240\ \Omega$
$P_1 = P_2 = 0{,}3$ W

C)



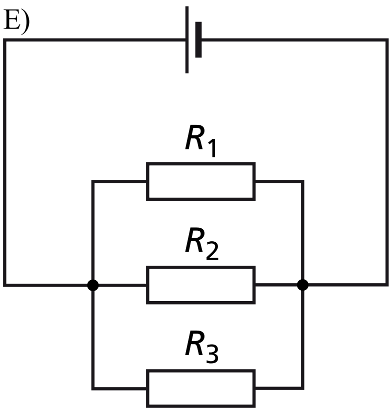
$R = 60\ \Omega$
$P_1 = P_2 = 1{,}2$ W

D)



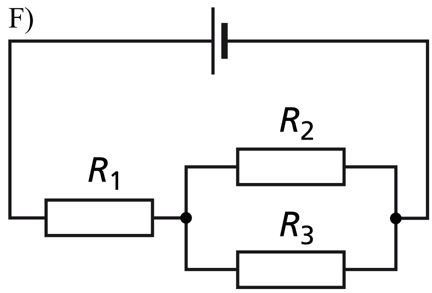
$R = 360\ \Omega$
$P_1 = P_2 = P_3 \doteq$ 0,13 W

E)



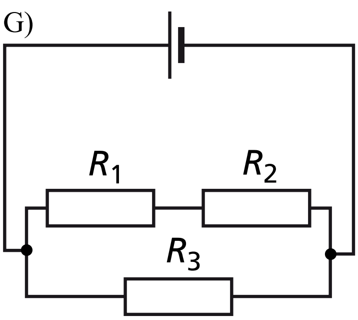
$R = 40\ \Omega$
$P_1 = P_2 = P_3 = 1{,}2$ W

F)



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

G)



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