

Jubilejní 60. ročník

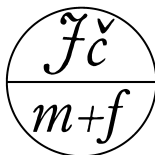
# FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDY

ve školním roce 2018 – 2019

Úlohy pro kategorie E a F



<http://fyzikalniolympiada.cz>



Hradec Králové 2018

# FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA – leták pro kategorie E a F

60. ročník soutěže ve školním roce 2018 – 2019

Předmětovou soutěž Fyzikální olympiáda organizuje MŠMT ČR ve spolupráci s JČMF. Soutěž je dobrovolná, probíhá na území ČR jednotně a řídí se platným organizačním řádem (<http://fyzikalniolympiada.cz/dokumenty/organizacni-rad-fo.pdf>). Kategorie E je určena žákům 9. tříd základních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií, kategorie F je určena žákům 8. ročníků základních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií.

## Termíny pro školní rok 2018 – 2019

Ukončení školního kola kategorií E a F:	středa 13. 3. 2019
Okresní kola kategorií E a F:	středa 3. 4. 2019
Krajská kola kategorie E:	středa 24. 4. 2019

## První (školní) kolo soutěže

- Soutěžící mají za úkol vyřešit **sedm** úloh. Doporučujeme, aby část podle dohody s učitelem odevzdali dříve (např. dvě úlohy do konce roku 2018).
- **Za úspěšného řešitele prvního kola je považován soutěžící, který byl hodnocen alespoň v 5 úlohách nejméně 5 body za každou úlohu a zároveň řešil experimentální úlohu** (třeba i neúspěšně; při jejím úspěšném vyřešení může být jednou z 5 uznaných úloh).
- Za každou úlohu lze získat nejvýše 10 bodů, bodování jednotlivých kroků je uvedeno v autorském řešení, které učitelé získají od referenta FO na škole, případně od okresní komise FO (v případě potřeby je možné se obrátit i na krajskou nebo ústřední komisi).
- Plný počet bodů dostává řešitel, jestliže je úloha či její část řešena bez chyb, nebo se v řešení vyskytují pouze drobné nedostatky; při neúplném nebo nesprávném řešení je přidělena odpovídající část bodů. Protokol o řešení má obsahovat vysvětlení, z něhož jasně vyplývá myšlenkový postup při řešení.
- Řešení úloh prvního kola opraví učitel fyziky společně s referentem FO na škole. Referent navrhne úspěšné řešitele k postupu do druhého (okresního) kola a odešle opravené úlohy všech řešitelů společně s návrhem postupujících příslušné okresní komisi FO.

## Druhé (okresní) kolo soutěže

- Druhé kolo se uskuteční v místě určeném příslušnou okresní komisí FO.
- O zařazení řešitele do druhého kola soutěže rozhodne okresní komise FO po kontrole opravených úloh školního kola a sjednocení klasifikace.
- Pozvánku do druhého kola soutěže dostanou soutěžící prostřednictvím školy.
- Ve druhém kole je úkolem soutěžících vyřešit čtyři teoretické úlohy, které zajišťuje jednotně pro celou republiku ústřední komise FO. Na jejich vyřešení mají soutěžící 4 hodiny.

## Třetí (krajské) kolo soutěže kategorie E

- Do třetího kola, které je organizováno pouze v kategorii E, jsou vybráni nejlepší účastníci druhého kola; o jejich zařazení rozhoduje pořadatel třetího kola (většinou krajská komise FO) a žáci jsou pozváni prostřednictvím školy. Úkolem soutěžících je opět vyřešit čtyři teoretické úlohy, na které mají 4 hodiny času.

## Kontakty a podpora on-line

Texty úloh všech kol soutěže a po ukončení kol i instruktážní řešení lze nalézt na stránkách soutěže: [fyzikalniolympiada.cz](http://fyzikalniolympiada.cz). Součástí stránek je i diskusní fórum a seznam adres krajských komisí FO s odkazy na jejich internetové stránky. V případě potřeby nás můžete také kontaktovat e-mailem na adrese [fo@uhk.cz](mailto:fo@uhk.cz).

## Doporučení pro vypracování úloh

- Na každý list napište své jméno, příjmení, školu, třídu, kategorii, číslo řešené úlohy a stránku protokolu o řešení. Řešení úloh pište čitelně a úhledně.
- Texty zadání úloh neopisujte, k označení veličin používejte obvyklé značky, které užíváte ve výuce fyziky.
- Nezapomeňte, že z protokolu musí být jasný myšlenkový postup při řešení úlohy. Naučte se, že podat dobrou zprávu o řešení problému je stejně důležité jako jeho vyřešení.
- Úlohy řešte pokud možno nejprve obecně, až potom dosadte číselné hodnoty.
- Nezapomínejte, že číselná hodnota fyzikální veličiny je vždy doprovázena jednotkou. Uvědomte si, že ve fyzice pracujeme často s čísly, která neznáme přesně; výsledek je proto třeba zaokrouhlovat s ohledem na přijatelný počet platných míst daných veličin.

## Tematické okruhy

Kvůli různorodosti ve školních vzdělávacích programech zadáváme pro školní kolo kategorií E a F společně sadu úloh, z nichž učitel fyziky nebo předmětová komise vybere 7 úloh pro každou kategorii podle učiva, které bude ve škole probráno a procvičeno do konce února. Vyšší kola soutěže (okresní, krajská) mají v celé republice jednotné zadání a je pro ně nutné stanovit závazná témata:

- kategorie F:   mechanika (pohyby, síly, práce, výkon, energie)  
                  hydromechanika (statika a dynamika kapalin, aerostatika)  
                  termika (výměna tepla, teplo a práce, změny skupenství)  
                  optika (jen paprsková optika – geometrická řešení)
- kategorie E:   k výše uvedeným závazným tématům připojíme oblast  
                  elektrina (stejnoseměrný proud, obvody, účinky proudu)

**Přejeme vám hodně zdaru a radosti při řešení fyzikálních úloh!**

# Úlohy 1. kola 60. ročníku Fyzikální olympiády

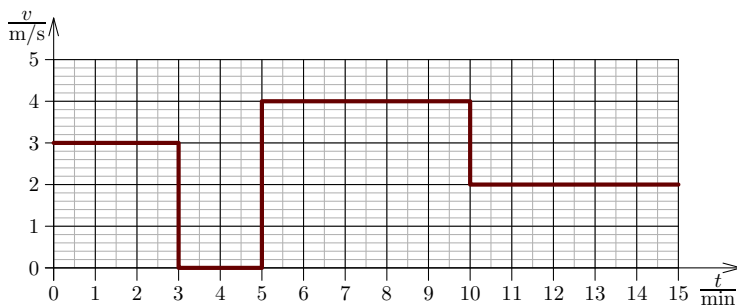
## Databáze pro kategorie E a F

Ve všech úlohách uvažujte tíhové zrychlení  $g = 9,8 \text{ N/kg} = 9,8 \text{ m/s}^2$  a hustotu vody  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$ .

### FO60EF1–1: Grafy pohybu

Na grafu je znázorněna závislost rychlosti  $v$  na čase  $t$  při jízdě na koloběžce.

- Nakreslete graf závislosti dráhy  $s$ , kterou urazil koloběžkář, na čase  $t$  a graf závislosti rychlosti  $v$  koloběžkáře na uražené dráze  $s$ .
- Jakou vzdálenost urazil koloběžkář za prvních 9 minut?



### FO60EF1–2: Vlak na mostě

Přes most dlouhý  $l = 240 \text{ m}$  přejezdí vlak stálou rychlostí za dobu  $t_1 = 21 \text{ s}$ . Kolem semaforu na kraji mostu projede vlak stejnou rychlostí za dobu  $t_2 = 9 \text{ s}$ .

- Jakou rychlostí  $v$  jel vlak?
- Jak dlouho trvala cesta přes most strojvůdci ve vlaku?
- Jaká je délka  $L$  vlaku?
- Jak dlouho bude trvat, než vlak předjede jiný vlak, který jede stejným směrem, má stejnou délku, ale poloviční rychlost?
- Jak dlouho bude trvat, než vlak mine jiný vlak, který jede opačným směrem, má stejnou délku, ale poloviční rychlost?



### FO60EF1–3: Vodní elektrárna Orlick

Vodní elektrárnu Orlick vybudovanou v letech 1954–1961 tvoří čtyři Kaplanovy turbíny. Ke každé z nich je potrubím se spádem  $h = 70,5 \text{ m}$  při plném výkonu přiváděna voda s objemovým průtokem  $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ .



- Jaký je celkový instalovaný výkon elektrárny při účinnosti  $\eta = 87\%$ ?
- K rychlému nabití elektromobilů přes noc je zapotřebí příkon až  $P_0 = 11 \text{ kW}$ . Kolik současně nabíjených elektromobilů by pokryl výkon elektrárny?
- Kolika dnům provozu na plný výkon odpovídá energie  $E = 398 \text{ GWh}$  dodaná průměrně elektrárnou do sítě za jeden rok?

### FO60EF1–4: Zahřívání bezbarvé kapaliny

Bezbarvá kapalina o hmotnosti  $m = 200$  g, je za stálého míchání zahřívána na vařiči o příkonu  $P_0 = 600$  W, na zahřívání kapaliny se z dodané energie využije 80 %. Vybrané naměřené hodnoty teploty kapaliny v závislosti na čase jsou zaznamenány v tabulce.

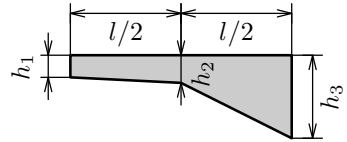


$\tau/s$	0	10	20	30	40	50	60
$t/^\circ\text{C}$	18,0	23,7	29,4	35,1	40,8	46,5	52,2

- Nakreslete graf závislosti teploty kapaliny na čase a z grafu určete, kdy bude mít kapalina teplotu  $30^\circ\text{C}$ .
  - Jaká bude teplota kapaliny po 70 s?
  - Do stejného grafu zaznamenejte závislost teploty na čase, zvětšíme-li množství kapaliny  $1,5\times$ .
  - Jaká je měrná tepelná kapacita kapaliny?
- Během zahřívání se kapalina nevypařuje ani nedojde k jejímu varu.

### FO60EF1–5: Padesátimetrový bazén

Bazén o délce  $l = 50$  m a šířce  $s = 15$  m má u stěny v nejmělké části hloubku  $h_1 = 1,2$  m. Hloubka se pak plynule zvětšuje do hloubky  $h_2 = 1,5$  m uprostřed bazénu a dále se opět plynule zvětšuje do hloubky  $h_3 = 4,5$  m u stěny v nejhlubší části bazénu. Uvažujte měrnou tepelnou kapacitu vody  $c = 4200$  J/(kg  $\cdot$   $^\circ\text{C}$ ).



- Jaký je objem vody v bazénu?
- Jak dlouho trvá napouštění bazénu dvěma přírůdky, přitéká-li každým  $A = 5$  litrů/s?
- Kolik GJ tepla je zapotřebí na ohřátí vody v bazénu o  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ ?
- Při prvním napouštění bazénu požadujeme, aby voda měla teplotu  $t = 25^\circ\text{C}$ . Kolik teplé a kolik studené vody na to budeme potřebovat, je-li teplota studené vody  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  a teplé vody  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ ?

### FO60EF1–6: Dvacet tisíc mil pod mořem

Ve slavném románu Julese Verne „Dvacet tisíc mil pod mořem“ zažijí tři hrdinové – profesor Aronnax se svým sluhou Conseilem a harpunářem Nedem Landem – cestu ponorkou Nautilus pod vedením kapitána Nema. Předpokládejme, že průměrná hustota mořské vody po celou cestu byla  $\rho_m = 1,028$  g/cm<sup>3</sup>.



- Jakou vzdálenost  $d$  měl Verne na mysli, když originální francouzské „lieues“ odpovídalo místo míli tzv. „pěší hodině“, tj. vzdálenosti 4 km?
- Ponorka Nautilus měla podle popisu v knize objem  $V = 1500$  m<sup>3</sup>. Jaká musí být hmotnost  $m$  ponorky zcela ponořené pod hladinou, aby neklesala ke dnu ani nestoupala k hladině?
- Jaká byla hmotnost  $m_1$  ponorky s prázdnými vyrovnávacími nádržemi, jestliže po vynoření byla nad hladinou  $1/10$  objemu ponorky?

- d) V jedné části knihy se Nautilus ponořil do hloubky  $h = 16\,000\text{ m}$ . O kolik větší tlak než na hladině by při tom naměřily manometry ponorky? Mohla se ponořit tak hluboko?
- e) Krátce nato se Nautilus vynořil z hloubky  $h_1 = 13\,000\text{ m}$  na hladinu za čas  $t = 4\text{ minuty}$ . Jakou průměrnou rychlostí  $v$  by se musel pohybovat? Je to pravděpodobné?

### FO60EF1–7: Nerovnoramenné váhy

Na konci jednoho ramena nerovnoramenných vah, které jsou v rovnováze, je na vzduchu zavěšené olovené těleso o objemu  $V_1$ , na konci druhého ramena hliníkové těleso o objemu  $V_2$ . Ramena vah mají velikost  $l_1$  a  $l_2$ , hustota olova  $\rho_1 = 11\,340\text{ kg/m}^3$ , hustota hliníku  $\rho_2 = 2\,700\text{ kg/m}^3$ . Zaměníme-li polohu těles a ponoříme je do vody, nastane opět rovnováha. Vztakovou sílu vzduchu neuvažujte.

- a) Jaký je poměr velikostí ramen vah  $l_1 : l_2$ ?
- b) Jaký je poměr objemů těles  $V_2 : V_1$ ?

### FO60EF1–8: Atletický trénink

Trenér obchází po atletické dráze stadiónu rychlostí  $v_1 = 1\text{ m/s}$  ve stejném směru, ve kterém běhá po atletické dráze sportovec stálou rychlostí  $v_2 = 3\text{ m/s}$ . Délka atletického oválu  $L = 400\text{ m}$ . Když sportovec vyběhává z místa startu, je trenér už ve čtvrtině oválu, tedy ve vzdálenosti  $d = 100\text{ m}$  od místa startu.



- a) Za jak dlouho po odstartování sportovce atlet doběhne k trenérovi? V jaké vzdálenosti od místa startu a cíle to bude?
- b) Kdy atlet doběhne k trenérovi podruhé a kde to bude? Kde se bude nacházet atlet v okamžiku, kdy trenér poprvé prochází cílem?
- c) Jeden den udělal trenér změnu. Atlet se po doběhnutí k trenérovi otočí a běží bez prodlení zpět k místu startu stejnou rychlostí. V místě startu se obrátí a běží zase k trenérovi, kde se obrátí a běží zpět k místu startu. Tak trénuje do chvíle, kdy se oba setkají v místě startu a cíle. Kdy se tak stane a kolik metrů každý z nich urazí?

### FO60EF1–9: Led ve sklenici

Sklenice má tvar válce s vnějším poloměrem  $r = 32,0\text{ mm}$ . Tloušťka skla stěn i dna je  $d = 1,0\text{ mm}$ . Výška sklenice (včetně dna) je  $v = 10,5\text{ cm}$ . V nádobě je objem  $V_v = 150\text{ ml}$  vody, jejíž teplota je stejná jako teplota sklenice  $t = 21\text{ }^\circ\text{C}$ . Do sklenice vhodíme led o teplotě  $t_0 = 0,0\text{ }^\circ\text{C}$ . Sklenice je pak po okraj plná, část ledu při tom vyčnívá nad hladinu.

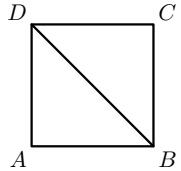


- a) Jaká je hmotnost sklenice?
- b) Kolik gramů ledu jsme do sklenice vhodili?
- c) Jaká bude výsledná teplota vody ve sklenici? Zbude ve sklenici nějaký led? Pokud ano, kolik gramů ho bude? Nezapomeňte, že led ochladí nejen vodu, ale i sklenici.

Hustota vody  $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$ , hustota skla  $\rho_s = 2500 \text{ kg/m}^3$ , hustota ledu  $\rho_L = 920 \text{ kg/m}^3$ . Měrná tepelná kapacita vody  $c_v = 4,2 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ , měrná tepelná kapacita skla je  $c_s = 1,0 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ , skupenské teplo tání ledu  $t_t = 332 \text{ kJ/kg}$ . Tepelné ztráty do okolí zanedbejte.

### FO60EF1–10: Odporový drát

Petr a Pavel zkoumali odpory. Po obvodu desky stolu tvaru čtverce  $ABCD$  o straně délky  $a = 108 \text{ cm}$  natáhli odporový drát a poté stejným drátem vodivě spojili dvojici protilehlých vrcholů  $BD$  po úhlopříčce. Ohmmetrem změřili, že odporový drát délky právě  $108 \text{ cm}$  má odpor  $R_a = 12 \Omega$ .



- Vypočtete odpor  $R_{AC}$  útvaru mezi body  $AC$ .
- Vypočtete odpor  $R_{BD}$  útvaru mezi body  $BD$ .
- Vypočtete odpor  $R_{AB}$  útvaru mezi body  $AB$ .

### FO60EF1–11: Experimentální úloha: hustota

Určete hustotu kamene, polystyrenu a oleje na vaření. Navrhněte vhodný způsob měření, zvolte vhodné pomůcky, запиšte postup měření, naměřené hodnoty a výslednou vypočtenou hustotu. Získané hodnoty hustoty porovnejte s tabulkovými hodnotami daného materiálu. Popište případné nepřesnosti, které mohly výsledkem měření ovlivnit.

### FO60EF1–12: Experimentální úloha: radioaktivita

Některé druhy atomových jader jsou nestabilní a samovolně se přeměňují na jádra jiná, přičemž vyzařují částice alfa, nebo částice beta. Tomuto ději říkáme radioaktivita. Jde o pravděpodobnostní proces, to znamená, že nemůžeme předpovědět, kdy k přeměně daného jádra dojde, ale můžeme změřit dobu, za níž se ve vzorku radioaktivní látky přemění právě polovina jader. Tuto dobu nazýváme poločas přeměny (rozpadu) a značíme  $T$ . Ze zbylého počtu jader se poté za stejnou dobu přemění opět polovina, to znamená, že od počátku procesu za dobu  $2T$  zůstane pouze čtvrtina jader z původního počtu, za dobu  $3T$  pak budeme mít už jen osminu původního počtu jader atd.

- Rychlost přeměny jader budeme simulovat pomocí házení mincí. Na počátku máme 64 mincí, které představují 64 jader. Mince vložíme do širší nádoby, protřepeme a obsah vysypeme na stůl nebo např. do víka velké krabice z kartonu. Spočteme ty mince, které dopadly např. lícovou stranou nahoru a ostatní odložíme. Provedený vrh mincí představuje jeden poločas přeměny a počet mincí dopadnuvších lícovou stranou nahoru znamená počet nepřeměněných jader po uplynutí tohoto poločasu přeměny. Mince s lícovou stranou nahoře opět vložíme do nádoby, protřepeme, mince vysypeme a spočteme mince s lícovou stranou nahoře. Celý pokus opakujeme do okamžiku, kdy nemáme k dispozici žádnou minci, která dopadla lícovou stranou nahoru. Takovou popsanou sérii vrhů provedeme aspoň  $5 \times$  a výsledky zapíšeme do tabulky:

	1. série	2. série	3. série	4. série	5. série	Aritmetický průměr	Teoretický předpoklad
0	64	64	64	64	64	64,0	64
$T$	30						
$2T$	18						
$3T$	8						
$4T$	7						
$5T$	5						
$6T$	1						
$7T$	1						
$8T$	0						
$9T$	–						
$10T$	–						

V tabulce je pro ukázkou vyplněn výsledek jedné série hodů. V případě, že v některé sérii nestačí deset hodů, je možné buď další řádky přidat, nebo v házení nepokračovat. Po provedení všech pěti sérií vypočtete s přesností na desetiny aritmetický průměr. V posledním sloupci vyplňte příslušný předpokládaný teoretický počet mincí dopadnutých lícem nahoru po každém hodu, tedy teoretický počet zbývajících nepřeměněných jader. Porovnejte výsledky v posledních dvou sloupcích tabulky.

b) Máme 4 vzorky obsahující radioaktivní látky. První obsahuje aktinium  ${}_{89}^{225}\text{Ac}$  s poločasem přeměny 10 dní, druhý plynný radon  ${}_{86}^{222}\text{Rn}$  s poločasem přeměny 3,8 dne, třetí polonium  ${}_{84}^{218}\text{Po}$  s poločasem přeměny 3 minuty a čtvrtý radium  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  s poločasem přeměny 1 600 roků. Kolik poločasů přeměny proběhne u jednotlivých radioaktivních látek za dobu 30 dnů? Spočtete nebo odhadnete, kolik přibližně procent jader za dobu 30 dnů zůstalo nepřeměněných.

---

Leták pro kategorie E a F připravila komise pro výběr úloh při ÚKFO České republiky ve složení Dagmar Kaštilová, Věra Koudelková, Michaela Křížová, Richard Polma, Jindřich Pulíček a Lukáš Richterek ve spolupráci s autory úloh Josefem Jírů a Janem Thomasem. V ilustracích byly použity volně šiřitelné obrázky z Wikipedie, serverů [clipartxttras.com](http://clipartxttras.com), [www.coolclips.com](http://www.coolclips.com), [www.mall.cz](http://www.mall.cz), [www.eva.cz](http://www.eva.cz) a Wikipedie.