

# Přijímací zkouška pro NMgr. studium

## FYZIKA 2018

**Datum:**

**Přidělené číslo:**

**Počet získaných bodů:**

Pište na orazítkované papíry, na každém uveďte své přidělené číslo. (Nepodepisujte se jménem.)

Maximální počet bodů celkem je 100, jejich rozdělení pro jednotlivé úlohy najdete v zadání. Celková doba na vypracování testu je 60 minut. Finální výsledky zřetelně vyznačte rámečkem, u kterého bude napsáno číslo a písmeno příslušné části úlohy - kupříkladu 2 a), ...

Ve všech příkladech považujte za zadané: gravitační zrychlení  $g$ , Boltzmannovu konstantu  $k_B$ , Avogadrovu konstantu  $N_A$ , molární tepelnou kapacitu při stálém objemu  $C_{mV}$ , universální plynovou konstantu  $R_m$ , permitivitu vakua  $\epsilon_0$ . Tyto symboly se tedy mohou vyskytnout ve výsledcích spolu s ostatními, které jsou prezentovány jako součást zadání v jednotlivých úlohách. Je potřeba zkontrolovat, zda Vaše finální řešení neobsahuje i symboly jiných veličin, které jste si možná zavedli v rámci pomocných průběžných výpočtů. Jestliže ano, je potřeba všechno ještě vyjádřit pomocí zadaných veličin.

Všechny úlohy je potřeba řešit obecně. U úloh [1] a [3] je kromě odvození požadovaných vzorců třeba provést také numerický výpočet.

### Úloha [1] (28 bodů)

---

Řidič auta jede rovnoměrným přímočarým pohybem ve směru osy  $x$  rychlostí  $v_0$ . V čase  $t_0 = 0$  s (ať je jeho souřadnice  $x(0)=0$  m) spatří překážku.

Jeho reakční doba je  $t_1$ , (tedy v časovém intervalu  $t \in (0, t_1)$  jede pořád stejnou rychlostí), od okamžiku  $t_1$  brzdí s konstantním zrychlením  $a$  ( $a < 0$ ) až do času  $t_2$ , kdy zastaví (zastaví bez naražení do překážky).

Vyjádřete:

- $s_1$ , dráhu, kterou projel v intervalu  $(0, t_1)$  [3 body]
- $t_b$ , dobu brždění, a  $t_2$ , čas, kdy zastaví [5 bodů]
- $s_b$ , dráhu, kterou projel od začátku brždění do okamžiku zastavení [5 bodů]
- $s_2$ , celkovou dráhu projetou od okamžiku, kdy spatřil překážku, až do zastavení [5 bodů]
- Uvažujte situaci, kdy řidič by měl 2-krát rychlejší reakci ( $t_1' = 0,5 t_1$ ), brzdné zrychlení by bylo 2-krát lepší ( $a' = 2a$ ), ale počáteční rychlost by byla 2-krát větší ( $v_0' = 2 v_0$ ). Porovnejte  $s_2'$  a  $s_2$  (určete, která je větší a o kolik). [5 bodů]

(Každou otázku řešte nejdřív obecně, pak taky číselně pro hodnoty  $t_1 = 0,75$  s,  $v_0 = 60$  km/h,  $a = -8$  m/s<sup>2</sup>) [5 bodů]

**Řešení:**

**Na intervalu  $t \in (0, t_1)$  jde o rovnoměrný přímočarý pohyb, na intervalu  $(t_1, t_2)$  je rovnoměrně zrychlený se záporným zrychlením.**

a)  $s_1 = v_0 t_1 = 12,5$  m

b)  $t_b$ :  $0 = v_0 + at_b$ , tedy  $t_b = -\frac{v_0}{a} = 2,083$  s,  $t_2 = t_1 + t_b = t_1 - \frac{v_0}{a} = 2,833$  s

c)  $s_b = v_0 t_b + \frac{1}{2} at_b^2 = -\frac{v_0^2}{2a} = 17,361$  m

d)  $s_2 = s_1 + s_b = v_0 t_1 - \frac{v_0^2}{2a} = 29,861$  m

e)  $s_2' = 2 v_0 \frac{t_1}{2} - \frac{(2v_0)^2}{4a} = v_0 t_1 - \frac{v_0^2}{a} = s_2 - \frac{v_0^2}{2a} = s_2 + 17,361$  m = 47,222 m

## Úloha [2] (24 bodů)

---

Uvažujte  $n=1$  mol ideálního plynu v uzavřené nádobě. Plyn projde jedním cyklem vratných dějů (popsané níže), po kterém je v opět v počátečním stavu. Jeho stav v každém okamžiku může být charakterizován dvojicí veličin tlak a objem  $(p, V)$ . Označme jednotlivé stavy  $(p_1, V_1)=A$ ,  $(p_1, V_2)=B$ ,  $(p_2, V_2)=C$ ,  $(p_2, V_1)=D$ .

Uvedený cyklus probíhá v následujícím pořadí:  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ . Děje  $A \rightarrow B$ ,  $C \rightarrow D$  jsou tedy izobarické, děje  $B \rightarrow C$ ,  $D \rightarrow A$  izochorické. Plynovou konstantu  $R_m$  a molární tepelnou kapacitu při stálém objemu  $C_{mV}$ , jako i veličiny  $p_1, V_1$ ,  $p_2, V_2$  považujte za zadané. Nechť  $p_1 > p_2$  a  $V_1 < V_2$ .

a) Na každém úseku děje ( $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow C$ ,  $C \rightarrow D$ ,  $D \rightarrow A$ ) vyjádřete vykonanou práci v průběhu daného děje a určete, zda ji koná plyn nebo vnější síla. [6 bodů]

b) Najděte teploty  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  odpovídající stavům A,B,C,D. [6 bodů]

c) Jaké teplo bylo potřeba dodat / odebrat plynu v průběhu jednotlivých izochorických dějů, tedy  $B \rightarrow C$ ,  $D \rightarrow A$ ? [6 bodů]

d) Jakým změnám vnitřní energie plynu pro děje  $B \rightarrow C$ ,  $D \rightarrow A$  to odpovídá? [6 bodů]

(Úlohu řešte obecně.)

### Řešení:

a) Práce se koná pouze na  $A \rightarrow B$ ,  $C \rightarrow D$ . Na  $A \rightarrow B$  je práce rovna  $p_1 (V_2 - V_1)$  a koná ji plyn. Na  $C \rightarrow D$  pracuje vnější síla a práce je rovna  $p_2 (V_1 - V_2)$ .

b) Použijeme stavovou rovnici  $pV = nR_m T$  pro jednotlivé případy:

$$T_A = \frac{p_1 V_1}{nR_m} \quad T_B = \frac{p_1 V_2}{nR_m} \quad T_C = \frac{p_2 V_2}{nR_m} \quad T_D = \frac{p_2 V_1}{nR_m}$$

c) V průběhu  $B \rightarrow C$  teplo je  $nC_{mV}(T_C - T_B) < 0$ , tedy ho odebíráme. V průběhu  $D \rightarrow A$  teplo je  $nC_{mV}(T_A - T_D) > 0$ , tedy ho dodáváme.

d) Pro izochorický děj je teplo přímo rovno změně vnitřní energie, protože práce se nekoná.

### Úloha [3] (26 bodů)

---

Uvažujte spojnou čočku neznámé optické mohutnosti. Jestliže je předmět o výšce  $y$  umístěn na optické ose ve vzdálenosti  $a$  před spojkou, ostrý obraz vznikne ve vzdálenosti  $b$  za ní.

- Popište vlastnosti obrazu. (skutečný/ zdánlivý, přímý/převrácený). [3 body]  
Vyjádřete pomocí zadaných veličin:
- ohniskovou vzdálenost spojky  $f$ . [5 bodů]
- optickou mohutnost spojky  $\varphi$ . [5 bodů]
- výšku obrazu  $y'$ . [5 bodů]
- V jakém rozmezí vzdáleností před čočkou musí stát předmět, aby obraz vznikl taky před ní, pro tuhle konkrétní spojku? [5 bodů]

(Úlohu řešte obecně, číselně pak pro hodnoty  $a = 20$  cm,  $b = 25$  cm,  $y = 5$  cm) [3 body]

**Řešení:**

**a) Obraz je skutečný převrácený.**

$$\text{b) } \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad f = \frac{ab}{a+b} = \frac{1}{9} \text{ m} = 11,1 \text{ cm}$$

$$\text{c) } \varphi = \frac{1}{f} = 9D.$$

$$\text{d) } y' = -\frac{b}{a}y = -6,25 \text{ cm} \quad (\text{mínus znamená jenom převrácený obraz})$$

**e) Předmět musí stát ve vzdálenosti menší než ohnisková vzdálenost, tedy pro tuhle spojnu čočku méně než  $1/9$  m.**

### Úloha [4] (22 bodů)

---

Dva náboje  $Q_1, Q_2$  jsou ve vakuu ve vzdálenosti  $l$  od sebe. Jestliže na jejich spojnici mezi ně ve vzdálenosti  $\frac{2}{3}l$  od  $Q_1$  (a tedy  $\frac{1}{3}l$  od  $Q_2$ ) umístíme kladný testovací náboj  $Q_3$ , bude výsledná síla na něj nulová.

- Co víme na základě uvedených informací o znaménkách nábojů  $Q_1, Q_2$ ? [5 bodů]
- Změnila by se odpověď na předchozí otázku, kdyby byl náboj  $Q_3$  záporný? [5 bodů]
- Označme poměr velikostí nábojů  $p = Q_1 : Q_2$ . Vyjádřete  $p$  pomocí zadaných veličin. [12 bodů]

(Úlohu řešte obecně.)

**Řešení:**

**a) Oba mají stejné znaménko.**

**b) Ne.**

$$\text{c) } \frac{Q_1 Q_3}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{(2l/3)^2} = \frac{Q_1 Q_3}{p^4 \pi\epsilon_0} \frac{1}{(l/3)^2}, \text{ odtud } p=4.$$