

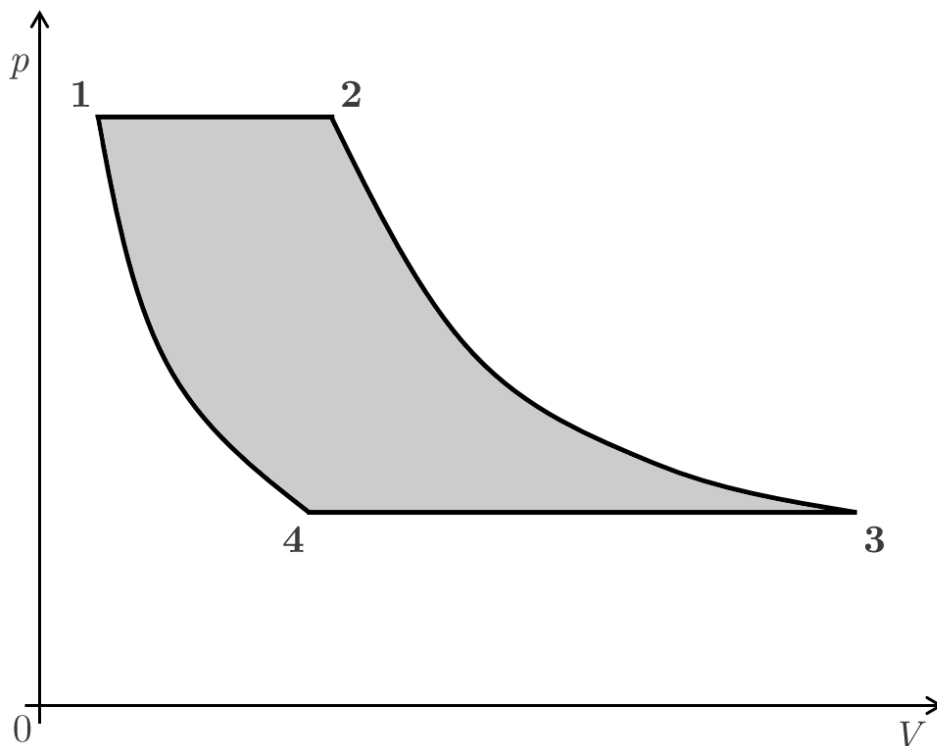


Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky  
Úlohy krajského kola 64. ročníku FO  
kategorie C

### 1. Kruhový děj

Vzduch, který budeme považovat za ideální dvouatomový plyn, prošel kruhovým dějem, který se skládal z izobarické expanze při tlaku  $p_1$ , adiabatické expanze, izobarické komprese při tlaku  $p_2$  a adiabatické komprese (viz obr. 1). Poměr  $p_1/p_2$  je roven 10. Poissonova konstanta pro dvouatomový ideální plyn je  $\kappa = 1,4$ .

- Napište pro všechny děje obecně 1. termodynamický zákon ve tvaru  $\Delta U_{i-j} = W_{i-j} + Q_{i-j}$  (dbejte na správné znaménko před symbolem pro práci a teplo).
- Vyjádřete dodaná i odebraná tepla obecně pomocí změny teploty a pomocí změny objemu.
- Napište vztah pro účinnost tohoto děje pomocí dodaných a odebraných tepel a dosaďte vyjádření z úlohy b) pomocí změny objemů.
- Pomocí Poissonova zákona vyjádřete vztah pro účinnost tohoto děje nejdříve obecně (pomocí konstanty  $\kappa$  a poměru  $p_1/p_2$ ) a potom číselně.



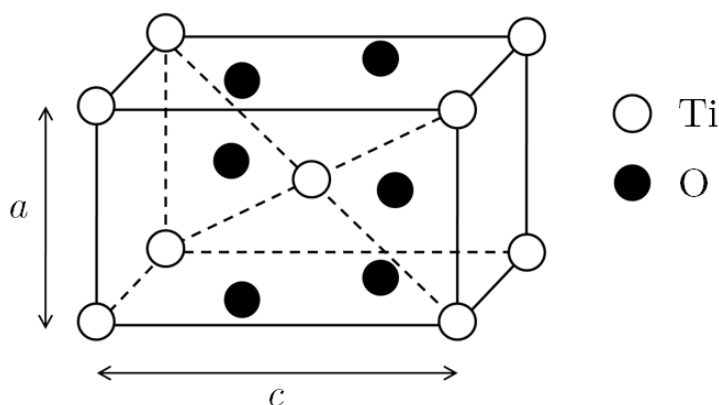
Obr. 1

## 2. Rutil

Základní buňka krystalu rutilu má tvar kvádru s rozměry  $a, a, c$  (viz obr. 2). Atomy titanu jsou umístěny v jeho vrcholech a jeden je navíc v průsečíku tělesových úhlopříček. Čtyři atomy kyslíku se nachází v horní a dolní stěně, další dva atomy kyslíku se nachází uvnitř buňky a nedotýkají se stěn. Při teplotě  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  má mřížkový parametr  $a$  hodnotu  $a = 2,9575 \cdot 10^{-10}$  m, mřížkový parametr  $c$  je pak  $c = 4,5924 \cdot 10^{-10}$  m. Určete:

- kolik atomů titanu a kolik atomů kyslíku připadá na jednu základní buňku,
- kolik základních buněk se nachází ve vzorku rutilu o hmotnosti 10 gramů,
- jaká je hustota rutilu při teplotě  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- o kolik procent poklesne hustota rutilu při zahřátí na  $1480\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pokud víme, že mřížkový parametr  $a$  naroste o  $1,63\%$  a mřížkový parametr  $c$  o  $1,25\%$  (výsledek uveďte na 3 platné cifry).

Relativní atomová hmotnost titanu je  $47,867$ , relativní atomová hmotnost kyslíku je  $15,999$ , atomová hmotnostní konstanta má hodnotu  $m_u = 1,6605 \cdot 10^{-27}$  kg.

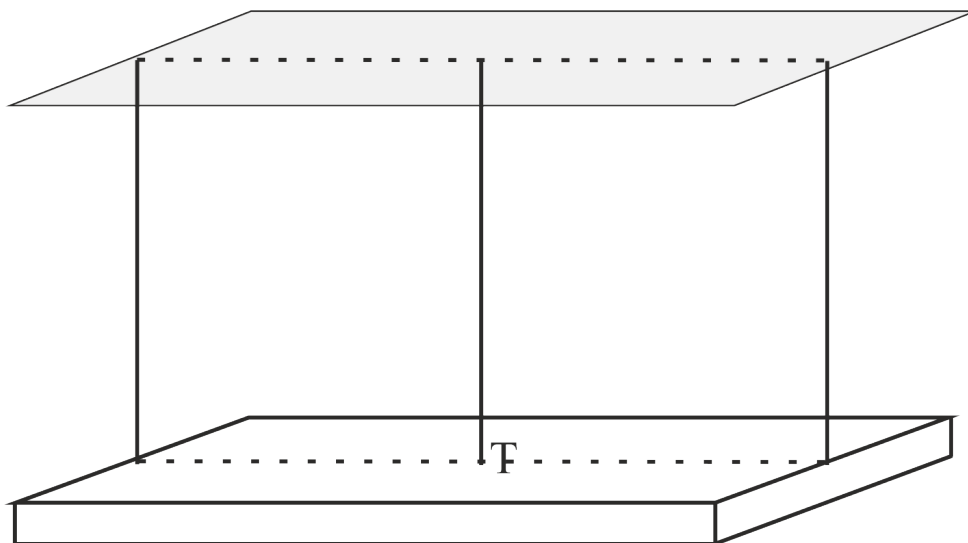


Obr. 2

### 3. Nosník

Ocelový nosník o hmotnosti  $1,60 \cdot 10^3$  kg je zavěšen na třech stejně dlouhých lanech upevněných na obou koncích v jedné rovině (viz obr. 3). Krajní lana jsou měděná (Youngův modul pružnosti v tahu  $E_1 = 1,20 \cdot 10^{11}$  Pa), prostřední lano je ocelové ( $E_2 = 2,00 \cdot 10^{11}$  Pa), je připevněno v těžišti nosníku a má průřez o polovičním obsahu než měděná lana. Tíhové zrychlení  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , deformaci nosníku zanedbejte. Předpokládejte, že lana mají stejná relativní prodloužení.

- Určete tahové síly v lanech.
- Vypočítejte poměr normálového napětí v měděném lanu  $\sigma_{n,\text{Cu}}$  a ocelovém lanu  $\sigma_{n,\text{O}}$ .
- Krajní lana nahradíme ocelovými. Zjistěte, zda se jedná o pružnou deformaci: U oceli se považuje deformace za pružnou, je-li relativní prodloužení  $\varepsilon \leq 0,15 \%$ . Průřez všech lan je stejný,  $S = 78 \text{ mm}^2$ .
- Jaká by musela být hmotnost ocelového nosníku, aby normálové napětí v lanech dosáhlo meze pevnosti oceli  $\sigma_p = 1,3 \text{ GPa}$ ? Řešte pro zavěšení zadané v úloze c).



Obr. 3

#### 4. Hasičská stříkačka

Motorová hasičská stříkačka má na výstupu čerpadla hadici o vnitřním poloměru  $r_1 = 26,0$  mm. Výstup čerpadla je opatřen tlakoměrem, který ukazuje přetlak vody  $\Delta p = 300$  kPa. Hadice je ukončena hubicí s výstupním otvorem o poloměru  $r_2 = 6,20$  mm. Čerpadlo je umístěno ve výšce  $h = 2,00$  m nad povrchem země. Hustota vody je  $\rho = 1,00 \cdot 10^3$  kg  $\cdot$  m<sup>-3</sup>, tíhové zrychlení  $g = 9,81$  m  $\cdot$  s<sup>-2</sup>. Za předpokladu, že voda je ideální kapalina, vypočtete:

- velikost rychlosti  $v_2$ , kterou voda proudí z hubice, jestliže je ve stejné výši jako výstup čerpadla,
- velikost rychlosti  $v'_2$ , kterou proudí voda z hubice, je-li její ústí ve výšce  $h' = 15$  m nad výstupem čerpadla,
- vzdálenost  $s_1$  a  $s_2$ , do které voda dostříkne v případech a) a b), jestliže vytéká z hubice ve vodorovném směru.