

Ponorka se potopí do 50 m. Na dně ponorky je výstupní tunel o průměru 70 cm a délce 1,3 m. Tunel je napojen na uzavřenou komoru o objemu 4 m³. Po otevření vnějšího poklopu vnikne z části voda tunelem do komory.

Do jaké výšky v tunelu vystoupí voda v hloubce 50 m ?

Kolik kg vzduchu je třeba doplnit do hermetické výstupní komory, aby voda dosahovala maximálně k ústí tohoto tunelu ?

Hustota vody je 1000 kgm⁻³. Teplotu vzduchu ve výstupní komoře je konstantních 17 °C. Plynová konstanta vzduchu je $r = 287 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Atmosférický tlak nad hladinou moře je 0,1 MPa.

Návod na řešení:

Určí se tlak v hloubce h.

Pro konstantní hmotnost vzduchu určíme objem stlačeného vzduchu.

Požítím stavové rovnice určíme hmotnost vzduchu ...

(**22,961 kg**)

Kompresor nasává 1 kg vzduchu ($\kappa = 1,4$, $r = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) o teplotě 20 °C a tlaku 101325 Pa a stlačuje ho polytropicky na sedminásobek původního tlaku. Vzduch se ohřál na 300 °C.

a) Jaká je hodnota **polytropického** exponentu ?

(**1,5257**)

b) Jaká by byla teplota stlačeného vzduchu, jestliže by stlačování vzduchu probíhalo **adiabaticky** ?

(**238 °C**)

Ve válci s pohyblivým pístem je vodík ($M = 2 \text{ kg kmol}^{-1}$, $\kappa = 1,4$) z tlaku 0,4 MPa stlačen na 5,375x větší tlak. Na jeho stlačení byla vynaložena práce 150 kJ. Vodík se ohřál na teplotu 250 °C.

Současně bylo odebráno teplo $Q = 60 \text{ kJ}$. Po stlačení pak zabíral vodík třetinu původního objemu.

Vypočítejte teplotu vodíku na počátku a hmotnost stlačovaného vodíku.

(**291,99 K ; 37,5 g**)

1 kg plynu při izobarickém ohřevu o 710 °C z teploty 40 °C vykonal práci 184,5 kJ kg⁻¹.

Stanovte molekulovou hmotu tohoto plynu (co je to asi za plyn ?), množství přivedeného tepla a změnu vnitřní energie.

Plyn je dvouatomový.

(31,995 kg kmol⁻¹ ... kyslík O₂ : 2x16=32 kg kmol⁻¹)
(přivedené teplo: 645,752 . 10³ J kg⁻¹,
 změna vnitřní energie: 461,252 kJ kg⁻¹)

V válci o objemu 30 litrů je vzduch o tlaku 0,1 MPa.

Po stlačení je objem vzduchu roven 0,002 m³ a jeho tlak je 3 MPa.

Určete exponent polytropy n, kompresní práci, množství tepla, které je odvedeno stěnami válce a změnu vnitřní energie vzduchu.

(1,256 ; - 11 718,75 J ; - 4 218,75 J ; 7 500 J)

Stěna místnosti o ploše 15 m² je z cihel, jejichž součinitel tepelné vodivosti má hodnotu 0,3 Wm⁻¹K⁻¹. Stěna má tloušťku 0,5 m. Na venkovní stěnu je umístěno 5 cm izolace, jejíž souč. tepelné vodivosti je 0,05 Wm⁻¹K⁻¹. Teplota v místnosti je 20 °C, souč. přestupu tepla je 10 Wm⁻²K⁻¹. Venkovní teplota je - 10 °C a souč. přestupu tepla je 20 Wm⁻²K⁻¹.

- a)** V jaké hloubce pod vnějším povrchem u stěny bez izolace bude teplota 0 °C ? **(0,167 m)**
- b)** Jak se změní původní tepelné ztráty stěnou jejím zaizolováním ? **(Q_{izol.} = 65 % Q)**
- c)** V jaké hloubce pod vnějším povrchem u stěny pokryté danou izolací bude nyní teplota 0 °C ? **(0,0445 m)**

Vnitřní průměr potrubí je 100 mm, tloušťka stěny je 5 mm a tepelná vodivost materiálu potrubí je $37 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Teplota vnitřního povrchu potrubí je $130 \text{ }^\circ\text{C}$, teplota vnější stěny je $128 \text{ }^\circ\text{C}$. Uvažujte délku potrubí 1 m.

- a) Určete součinitel tepelné vodivosti izolace, aby po zaizolování potrubí klesly tepelné ztráty na 5% ztrát z nezaizolovaného potrubí. Vnější průměr izolovaného potrubí je 150 mm. Teplota vnější stěny izolace je 30°C .

(0,15756 $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

- b) Jaký stačí nyní vnější průměr izolovaného potrubí, použije-li se nyní nový izolátor s 2x menším součinitelem tepelné vodivosti? Ostatní parametry se nezmění.

(134,72 mm)

Tepelná ztráta izolovaného parního potrubí: $q = 100 \text{ Wm}^{-1}$.

Parametry potrubí:	trubka o průměrech:	50 / 60 mm
	souč. tepel. vodivosti materiálu trubky:	$35 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
	teplota páry:	$200 \text{ }^\circ\text{C}$
	souč. přestupu tepla uvnitř trubky:	$30 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
	izolace má průměry:	60 / 140 mm
	souč. tepel. vodivosti materiálu izolace:	$0,1 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
	teplota v okolí parovodu:	$25 \text{ }^\circ\text{C}$

- a) Určete hodnotu součinitele přestupu tepla na vnější straně parovodu.

(12,065 $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$)

- b) Jaká je teplota na vnějším povrchu izolátoru?

(43,8 $^\circ\text{C}$)

Parní turbína pohání generátor, který dodává do sítě 200 MW. Pára vstupuje do turbíny o tlaku 25 MPa a teplotě 823 K. V kondenzátoru je teplota 302 K. Uvažme termodynamickou účinnost turbíny 0,90, účinnost kotle je 0,80 a generátoru 0,97.

Jak dlouhá bude řada vagónů uhlí (1 vagón : 28 t, délka 23,15 m) jestli musí obsahovat uhlí na týden nepřetržitého provozu, je-li výhřevnost uhlí $15,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$?

(20 km)

Potrubí je pokryto izolační vrstvou o tloušťce 50 mm. Vnitřní průměr potrubí je 45 mm, vnější 50 mm, jeho tepelná vodivost $35 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Tepelná vodivost izolace je $0,08 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Teplota vnitřního povrchu potrubí je 200 K, teplota vnější stěny je 30 K.

a) Jak se změní tepelná ztráta z 1 m délky potrubí při nahrazení původní izolace izolací novou s novými parametry (tepelná vodivost je $0,02 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, tloušťka izolace 30 mm) ?

(Poklesne ze $77,76 \text{ Wm}^{-1}$ na $27,09 \text{ Wm}^{-1}$)

b) Jaký musí být vnější průměr nové izolace, aby došlo použitím nové izolace k 50% snížení tepelných ztrát ?

($86,608 \text{ mm}$)

Potrubí je pokryto dvěma izolačními vrstvami o stejné tloušťce 25 mm. Vnitřní průměr potrubí je 45 mm, vnější 51 mm, jeho tepelná vodivost $39 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Tepelná vodivost vrstvy přiléhající k potrubí (1. izolace) je $0,6 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, druhé vrstvy (2. izolace) je $0,03 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Teplota vnitřního povrchu potrubí je $200 \text{ }^\circ\text{C}$, teplota vnější stěny druhé vrstvy je $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

a) Jaká je procentuální změna tepelných ztrát z 1 m délky potrubí při pouhé záměně materiálů izolačních vrstev ? (tzn. na potrubí bude nejdříve 2. izolace, na ní pak 1. izolace)

(38%)

b) Napište podmínku, kterou musí splňovat součinitelé tepelné vodivosti jednotlivých izolací, aby při této záměně materiálů izolačních vrstev došlo ke zlepšení tepelných ztrát o 50%?

$$2 \left(\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} \right) = \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_4}{d_3}$$

Nádoba o objemu 3 m^3 je rozdělena na tři části.

V první části o objemu $1,5 \text{ m}^3$ je CO_2 ($M_1 = 44 \text{ kg kmol}^{-1}$) pod tlakem $0,5 \text{ MPa}$ při teplotě $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

V druhé části nádoby o objemu $1,0 \text{ m}^3$ je při teplotě $60 \text{ }^\circ\text{C}$ stlačen kyslík ($M_2 = 32 \text{ kg kmol}^{-1}$) na $0,2 \text{ MPa}$.

Třetí část je naplněna dusíkem ($M_3 = 28 \text{ kg kmol}^{-1}$) pod tlakem $0,3 \text{ MPa}$ při teplotě $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

a) Určete hmotnostní složení směsi, která vznikne propojením všech částí nádoby.

($13,093 \text{ kg}$; $2,311 \text{ kg}$; $1,430 \text{ kg}$)

b) Dále vypočtěte plynovou konstantu směsi, teplotu a tlak směsi.

($207,85 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$; $302,23 \text{ K}$; $352,5 \text{ kPa}$)

V nádobě o objemu $V = 400$ litrů je CO_2 při tlaku $p_1 = 2$ b.

$$c_v \int_0^{100} = 683 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ kg/kmol}$$

Stanovte hmotnost plynu v nádobě a $c_v \int_0^{200}$,

jestliže plyn k svému ohřátí z teploty $t_1 = 100$ °C na $t_2 = 200$ °C, spotřebuje $Q = 86300$ J .

$$(m = 1,134 \text{ kg} , c_v \int_0^{200} = 722 \text{ J/kg} \cdot \text{K})$$

Pístový kompresor nasává vzduch a dodává do zásobníku.

1 - objemový průtok kompresorem : $\dot{V} = 0,05 \text{ m}^3 / \text{s}$

2 - teplota vzduchu v sání : $t_1 = 17$ °C

3 - tlak vzduchu v sání : $p_1 = p_b = 0,98 \text{ bar}$

4 - objem zásobníku : $V = 8,5 \text{ m}^3$

5 - počáteční teplota a tlak vzduchu v zásobníku jsou stejné jako v sání $t_1 = 17$ °C ; $p_1 = 0,98 \text{ bar}$

6 - údaj manometru na konci stlačování : $p_2 = 0,702 \text{ MPa}$

7 – plynová konstanta $r = 287 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

8 - teplota na konci stlačování : $t_2 = 26$ °C

Stanovte dobu chodu kompresoru τ .

$$(\tau = 1176,87 \text{ [s] })$$

Jakou tloušťku δ_3 musí mít korková izolační deska

na zdi tloušťky $\delta_2 = 70 \text{ mm}$, aby byla tepelná izolace stejná jako u holé zdi tloušťky $\delta_1 = 450 \text{ mm}$.

Pro cihly : $\lambda_1 = 0,9 \text{ [W/m} \cdot \text{K]}$

Pro korek : $\lambda_2 = 0,03 \text{ [W/m} \cdot \text{K]}$

Podmínky stejné tepelné vlastnosti :

1 - rozdíly teplot na obou stranách zdi pro oba případy jsou stejné

$$\Delta t_1 (u \text{ holé zdi }) = \Delta t_2 (u \text{ zdi s korkem }) = \Delta t$$

2 – hustoty tepelného toku jsou stejné pro oba případy

$$q_{s,1} = q_{s,2} = q_s$$

$$(\delta_3 = 12,7 \text{ mm })$$

Alt.1: Potápěčský zvon o vnitřním objemu 5m^3 je ponořen v hloubce 20m a je celý naplněn vzduchem ($r=287\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\kappa=1,4$). Určete hmotnost vzduchu, který unikne ze zvonu při jeho vystoupení do hloubky 9m . Teplota vody ve hloubce 20m je 5°C , ve hloubce 9m pak 10°C . Určete objem, který zaujme uniklý vzduch v atmosféře nad hladinou, kde je $p_A=10^5\text{Pa}$, $t_A=20^\circ\text{C}$.

($m_{\text{uniklý}}=6,97\text{kg}$, $V_{\text{v atmosféře}}=5,86\text{m}^3$)

Alt.3: Kompresor stlačuje polytropicky vzduch ($r=287\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\kappa=1,4$) z tlaku 95kPa a teploty 30°C na teplotu 370°C . Při stlačení je dodáno měrné teplo 81260J kg^{-1} . Nejdříve určete měrnou polytropickou tepelnou kapacitu (c_n), dále určete polytropický koeficient (n) a konečný tlak.

($c_n=239\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $n=1,6$, $p_2=706,5\text{kPa}$)

Alt.5: V uzavřené nádobě o objemu 7m^3 se nacházela pára o tlaku 1MPa a teplotě 200°C . Určete její hmotnost. Poté byla pára ochlazena na 70°C . Určete konečný tlak, množství odvedeného tepla a konečný stav páry (suchost).

($m=34\text{kg}$, $p_2=0,0311\text{MPa}$, $Q=-76,2\text{MJ}$, $x_2=0,04$)

Alt.6: Při škrcení páry ventilem klesl její tlak z $0,36\text{MPa}$ na $0,2\text{MPa}$. Za ventilem byla naměřena teplota 130°C . Určete teplotu, entropii, entalpii a měrný objem před ventilem. ($t_1=140^\circ\text{C}$, $s_1=6,909\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $v_1=0,507\text{m}^3\text{kg}^{-1}$)

Alt.7: Pracovní látkou stacionárního čtyřdobého Dieselova motoru je vzduch ($r=287\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\kappa=1,4$) a při nasávání má teplotu 25°C a tlak 95kPa . Motor má kompresní poměr 15 , objem válců $1,8$ litru a pracuje při 3000 otáčkách za minutu. Spotřeba motoru činí 7 litrů nafty za hodinu. Výhřevnost nafty je 42MJ kg^{-1} a její hustota je 866kg m^{-3} . Určete výkon motoru a jeho termickou účinnost.

(účinnost= $57,6\%$, $P=40,7\text{kW}$)

Alt.7: Motor pracuje podle Dieselova oběhu. Pracovní látkou je vzduch ($r=287\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\kappa=1,4$), který je nasáván při tlaku 10^5Pa a teplotě 30°C . Kompresní poměr válců je 14 a jejich objem je $1,6$ litru. Při jednom pracovním cyklu je přivedeno teplo 1MJ kg^{-1} . Určete účinnost oběhu a práci vykonanou při jednom pracovním cyklu.

Alt.13: Parní turbína pracuje podle Rankinova cyklu. Před turbínou je tlak 10MPa a teplota 350°C . V kondenzátoru je teplota 50°C . Vliv čerpadla zanedbejte. Hmotnostní průtok páry je 10kg s^{-1} . Určete výkon turbíny a účinnost oběhu.

(účinnost= $37,6\%$, $P=10,2\text{MW}$)

Alt.14: Motor pracuje podle Ottova cyklu. Pracovní látkou je vzduch ($r=287\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\kappa=1,4$), který je nasáván při tlaku 10^5Pa a teplotě 20°C . Válec má objem $0,8$ litru a jeho kompresní poměr je 5 . Při jednom pracovním cyklu je přivedeno teplo 700kJ kg^{-1} . Určete účinnost, měrnou práci vykonanou při jednom pracovním cyklu a práci vykonanou při jednom pracovním cyklu.

(účinnost= $47,5\%$, $a=332\text{kJ kg}^{-1}$, $A=316\text{J}$)

Alt.14: Motor pracuje podle Ottova cyklu. Pracovní látkou je vzduch ($r=287\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $\kappa=1,4$), který je nasáván při tlaku 10^5Pa . Při jednom pracovním cyklu je nasáto $1,6 \cdot 10^{-3}\text{kg}$ vzduchu.

Objem válců je 1,4 litru a jejich kompresní poměr je 5. Maximální tlak, dosažený v průběhu cyklu je $20 \cdot 10^5$ Pa. Určete účinnost oběhu a práci vykonanou při jednom pracovním cyklu. (účinnost= 47,5%, $A=348J$)

Alt.15: V uzavřené nádobě se nachází dvouatomový ideální plyn. Plynu bylo dodáno teplo $194859J kg^{-1}$, čímž se jeho teplota zvýšila o $300^{\circ}C$. Určete molární hmotnost plynu, změnu jeho měrné vnitřní energie a hodnotu měrné tepelné kapacity při konstantním tlaku. ($M=32 \cdot 10^{-3}kg mol^{-1}$, $c_p=909Jkg^{-1}K^{-1}$)

Alt.20:Kompresor stlačuje polytropicky vzduch ($r=287Jkg^{-1}K^{-1}$, $\kappa=1,4$) z tlaku $0,1MPa$ a teploty $30^{\circ}C$ na tlak $1MPa$ a teplotu $515K$. Kompresor nasává $100m^3$ vzduchu za hodinu. Určete polytropický koeficient a celkovou tlakovou práci vykonanou za hodinu. ($n=1,3$, $A_{v/hod}=-30,39MJ/hod$)

Alt.20: Kompresor nasává $10m^3$ vzduchu za minutu a adiabaticky ho stlačuje na tlak $0,5MPa$. Nasávaný vzduch ($r=287Jkg^{-1}K^{-1}$, $\kappa=1,4$) má parametry $p_A=10^5Pa$, $t_A=15^{\circ}C$. Určete teplotu vzduchu po stlačení a celkovou technickou práci vykonanou za hodinu.

Alt.21: Mějme dvě tepelně izolované nádoby, které obsahují metan ($M(CH_4)=16 \cdot 10^{-3}kg mol^{-1}$) a kyslík ($M(O_2)=32 \cdot 10^{-3}kg mol^{-1}$), teplota v obou nádobách je stejná. První nádoba má obsah $3m^3$ a je v ní $4kg$ metanu, druhá nádoba má obsah $2m^3$ a jsou v ní $2kg$ kyslíku. Stanovte změnu entropie po spojení nádob. ($\Delta S=1537,9JK^{-1}$)

Alt.22: Ve dvou nádobách se nacházejí dva odlišné ideální plyny. Objemy obou nádob jsou stejné ($3m^3$), stejné jsou rovněž tlaky ($0,2MPa$) a teploty ($293K$). Stanovte celkovou změnu entropie, došlo-li k propojení obou nádob. Během směšování nedošlo k odvodu tepla. ($\Delta S=2839JK^{-1}$)

Alt.23: V uzavřené válcové nádobě se svislou osou jsou $2kg$ mokré páry o teplotě $200^{\circ}C$. Kapalná fáze na počátku děje sahá do poloviny výšky nádoby. Určete teplo, které se uvolní při vychladnutí páry na $120^{\circ}C$. ($\Delta Q=-720kJ$)

Alt.25: Dýzou má protékat $0,08kg$ vzduchu ($r=287Jkg^{-1}K^{-1}$, $\kappa=1,4$) za sekundu. Před dýzou je tlak $10^6 Pa$ a teplota $200^{\circ}C$, za ní je tlak $0,1MPa$. Určete minimální průměr dýzy, její průměr na výtoku (koncový) a výtokovou rychlost. Proudění vzduchu považujte za adiabatické. ($d_{min}=7,4mm$, $d_2=10,3mm$, $w_2=676,8ms^{-1}$)

Alt.37: V uzavřené nádobě je $25kg$ mokré páry o teplotě $70^{\circ}C$. Nádoba byla roztopena na tlak $0,9MPa$ a teplotu $520^{\circ}C$. Určete suchost páry na počátku děje a teplo potřebné k roztopení kotle. ($x_1=0,08$, $\Delta Q=67,3MJ$)

Alt.45: Kompresor před plynovou turbínou nasává $2m^3$ vzduchu za sekundu o teplotě $20^{\circ}C$ a tlaku $0,1MPa$ a stlačuje ho adiabaticky na tlak, který je roven šestinásobku původní hodnoty. Za kompresorem je vzduchu ($r=287Jkg^{-1}K^{-1}$, $\kappa=1,4$) dodáváno teplo $300kJ kg^{-1}$. Určete účinnost cyklu a výkon turbíny.

Alt.56:(Poněkud více odlišný)Ve válci s pístem se nachází 3kg CO₂ ($M(\text{CO}_2)=44 \cdot 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}$, $a=188,5 \text{ Nm}^4 \text{ kg}^{-2}$, $b=9,72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Objem válce je 100litrů a tlak ve válci je 2,9MPa. Plyn byl izotermicky stlačen na třetinu původního objemu. Určete teplotu, při které stlačení probíhalo a konečný tlak.

Úlohu řešte podle a) stavové rovnice ideálního plynu

b) Van der Waalsovy stavové rovnice

(a)T=512K, p₂=8,7MPa

b)T=526K, p₂=8,28MPa)

Alt. 62: Kyslík ($r=260 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $\kappa=1,4$) vytéká dýzou o minimálním průměru 1 cm do prostředí tlaku 0,1MPa. Počáteční hustota kyslíku je $3,85 \text{ kg m}^{-3}$ a teplota 80°C. Určete dobu, za kterou vyteče 10kg kyslíku. Určete rychlost výtoku z dýzy při využití celého tlakového spádu. ($\tau = 159 \text{ s}$, $w_2=441 \text{ ms}^{-1}$)