

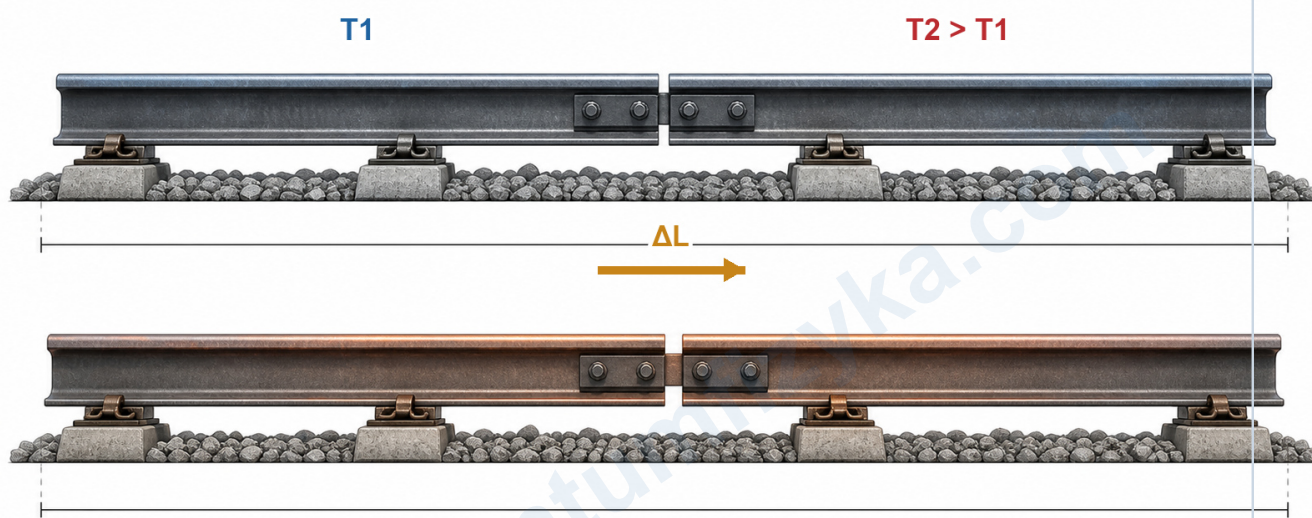
# Termodynamika, zestaw numer 1

1

## Szyna wydłużona przez słońce

**rozszerzalność liniowa**

Stalowa szyna ma długość 2,00 m w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ . Jak bardzo wydłuży się po ogrzaniu do  $130^{\circ}\text{C}$ ? Przyjmij współczynnik rozszerzalności liniowej stali  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .



2

## Zegar z wahadłem w upalny dzień

**rozszerzalność i okres wahadła**

Długość stalowego wahadła zegara wzrasta wskutek ogrzania o 30 K. Przyjmij  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Oblicz względną zmianę okresu i opóźnienie zegara po jednej dobie, zakładając  $T \propto \sqrt{L}$ .

3

**Otwór w rozgrzanej płycie****rozszerzalność powierzchniowa**

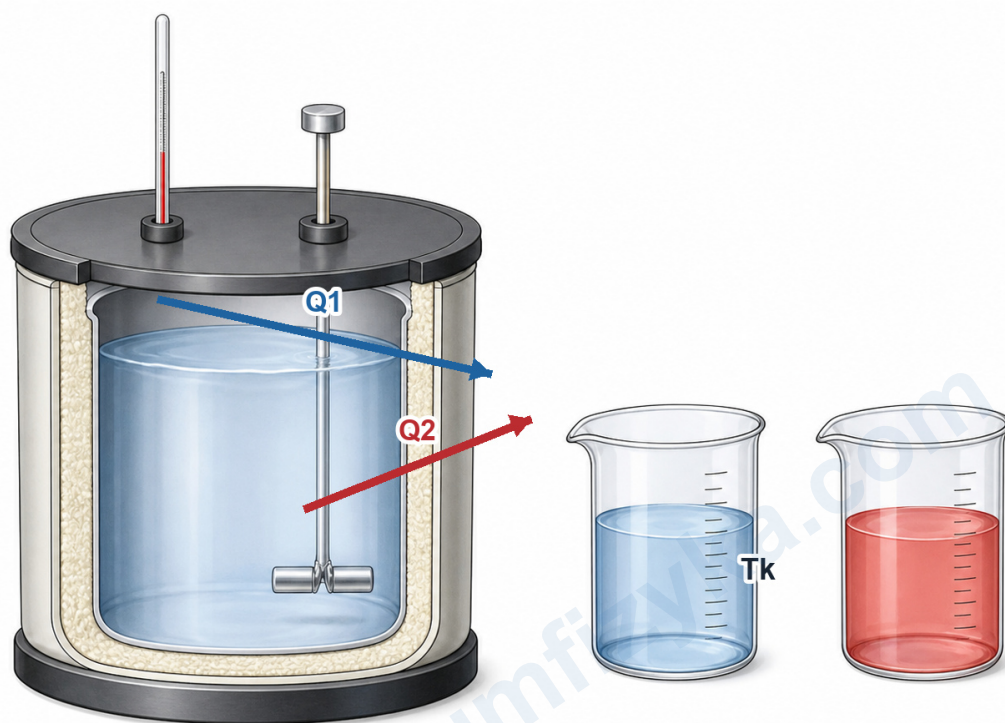
W aluminiowej płycie znajduje się okrągły otwór o średnicy 20,00 mm w 20°C. Płytę ogrzano do 220°C. Oblicz nową średnicę otworu. Przyjmij  $\alpha_{Al} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .



4

**Mieszanie dwóch porcji wody****bilans cieplny**

Zmieszano 0,50 kg wody o temperaturze  $80^{\circ}\text{C}$  z 1,00 kg wody o temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  w izolowanym naczyniu. Oblicz temperaturę końcową.



5

**Lód wrzucony do wody****topnienie i bilans cieplny**

Do 0,50 kg wody o temperaturze 20°C wrzucono 0,10 kg lodu o temperaturze 0°C. Oblicz stan końcowy i temperaturę mieszaniny. Przyjmij  $c_W = 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ , a ciepło topnienia lodu 334 kJ/kg.



6

**Para ogrzewa wodę****skraplanie i bilans cieplny**

Do 0,50 kg wody o temperaturze 20°C wprowadzono 0,020 kg pary wodnej o temperaturze 100°C. Naczynie jest izolowane. Oblicz temperaturę końcową. Przyjmij  $c_W = 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ , ciepło parowania 2,26 MJ/kg.

7

**Grzałka z utratami energii****moc, sprawność i ciepło właściwe**

Grzałka o mocy 1,0 kW grzewa 2,0 kg wody od 20°C do 80°C. Tylko 80% energii elektrycznej trafia do wody. Oblicz czas grzewania. Przyjmij  $c_W = 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ .

8

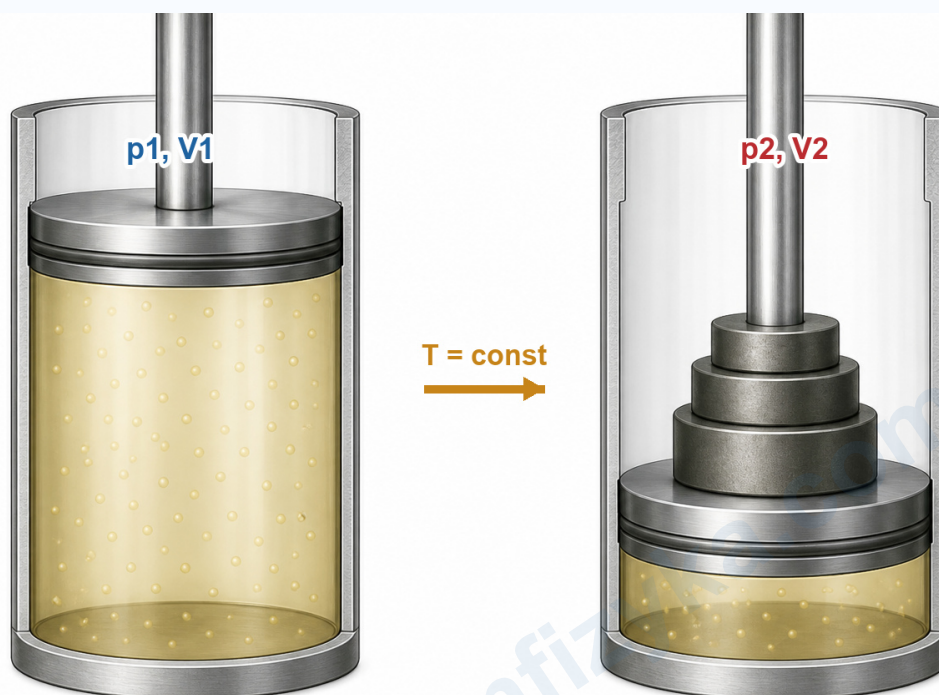
**Wyznaczanie ciepła właściwego metalu****kalorymetria**

Próbkę metalu o masie 0,20 kg i temperaturze 100°C wrzucono do 0,30 kg wody o temperaturze 20°C. Temperatura końcowa wyniosła 24°C. Pomijając pojemność cieplną naczynia, oblicz ciepło właściwe metalu. Przyjmij  $c_W = 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ .

9

**Sprężanie izotermiczne****prawo Boyle'a-Mariotte'a**

Gaz zajmuje  $2,0 \text{ dm}^3$  pod ciśnieniem  $100 \text{ kPa}$ . Zostaje izotermicznie sprężony do  $0,50 \text{ dm}^3$ . Oblicz ciśnienie końcowe.



10

**Balon ogrzany przy stałym ciśnieniu****prawo Charles'a**

Elastyczny balon ma objętość  $2,0 \text{ dm}^3$  w temperaturze  $300 \text{ K}$ . Ogrzano go do  $450 \text{ K}$  przy stałym ciśnieniu. Oblicz objętość końcową.

11

**Jednoczesna zmiana  $p$ ,  $V$  i  $T$** **równanie stanu dla stałej masy gazu**

Gaz ma początkowo  $p_1 = 100 \text{ kPa}$ ,  $V_1 = 2,0 \text{ dm}^3$  i  $T_1 = 300 \text{ K}$ . Po przemianie ma  $V_2 = 1,50 \text{ dm}^3$  i  $T_2 = 360 \text{ K}$ . Oblicz  $p_2$ .

12

**Ile moli mieści zbiornik?****równanie Clapeyrona**

W zbiorniku o objętości  $10 \text{ dm}^3$  znajduje się gaz doskonały pod ciśnieniem  $200 \text{ kPa}$  i w temperaturze  $300 \text{ K}$ . Oblicz liczbę moli. Przyjmij  $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ .

13

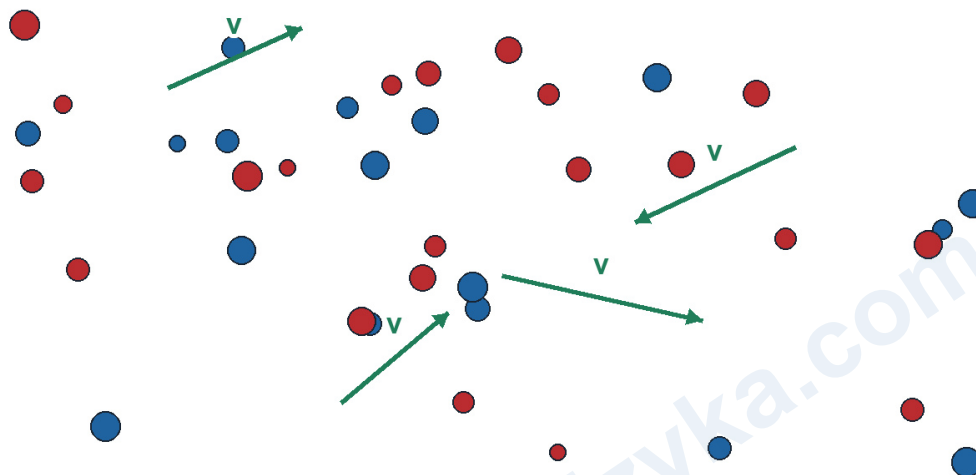
**Gęstość powietrza z równania gazu****równanie stanu gazu doskonałego**

Oblicz gęstość suchego powietrza przy ciśnieniu  $101,3 \text{ kPa}$  i temperaturze  $293 \text{ K}$ . Przyjmij masę molową  $0,029 \text{ kg/mol}$  oraz  $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ .

14

**Prędkość cząsteczek azotu****średnia prędkość kwadratowa**

Oblicz średnią prędkość kwadratową cząsteczek azotu  $N_2$  w temperaturze 300 K. Przyjmij masę molową 0,028 kg/mol i  $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ .

**rozkład prędkości cząsteczek gazu**

15

**Energia pojedynczej cząsteczki****interpretacja mikroskopowa temperatury**

Oblicz średnią energię kinetyczną ruchu postępowego jednej cząsteczki gazu doskonałego w temperaturze 500 K. Przyjmij  $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ .

16

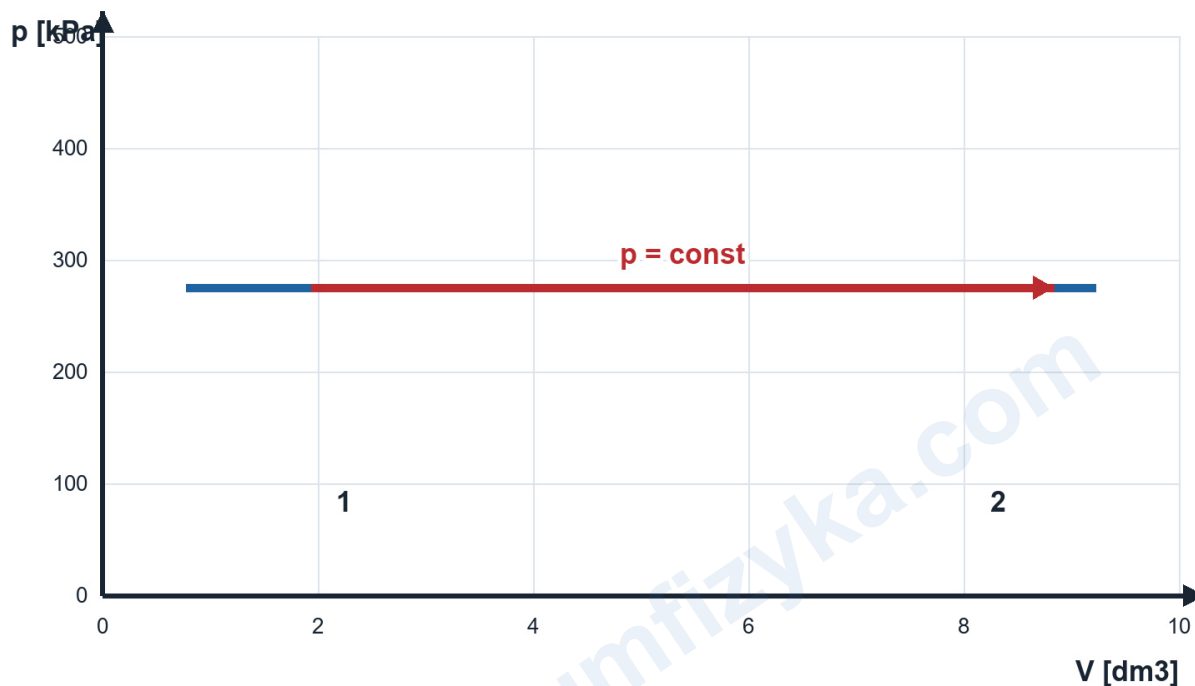
**Ciśnienie z ruchu cząsteczek****kinetyczna teoria gazów**

Gaz ma gęstość  $1,20 \text{ kg/m}^3$ , a średnia prędkość kwadratowa jego cząsteczek wynosi 500 m/s. Oblicz ciśnienie, korzystając z  $p = \rho v_{rms}^2/3$ .

17

**Rozprężanie przy stałym ciśnieniu****praca i pierwsza zasada termodynamiki**

Jednoatomowy gaz rozpręża się izobarycznie pod ciśnieniem 150 kPa od 4,0 dm<sup>3</sup> do 12,0 dm<sup>3</sup>. Oblicz pracę gazu, zmianę energii wewnętrznej i pobrane ciepło.



18

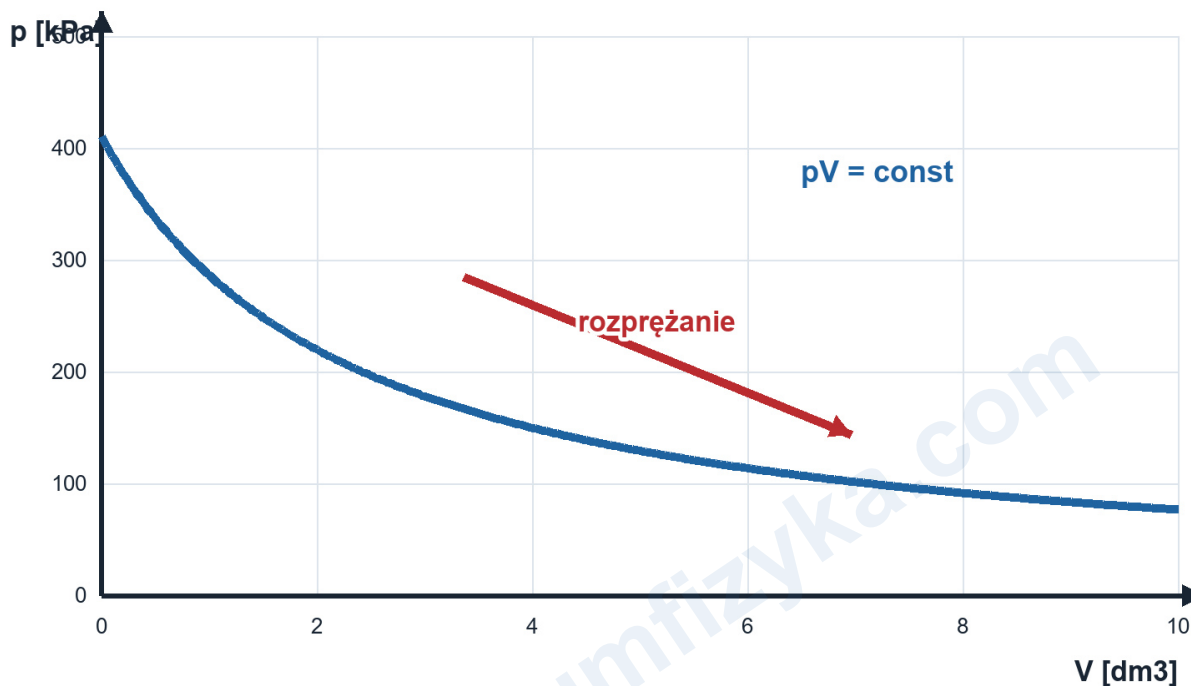
**Ogrzewanie przy stałej objętości****przemiana izochoryczna**

Dwa mole jednoatomowego gazu ogrzano od 300 K do 500 K przy stałej objętości. Oblicz pracę, zmianę energii wewnętrznej i pobrane ciepło. Przyjmij  $R = 8,31$  J/(mol·K).

19

**Izotermiczne podwojenie objętości****praca gazu w przemianie izotermicznej**

Jeden mol gazu doskonałego o temperaturze 300 K rozpręża się izotermicznie do dwukrotnie większej objętości. Oblicz pracę i pobrane ciepło. Przyjmij  $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ .



20

**Silne sprężanie adiabatyczne****przemiana adiabatyczna**

Gaz dwuatomowy o temperaturze 300 K zostaje adiabatycznie sprężony do czterokrotnie mniejszej objętości. Oblicz temperaturę i stosunek ciśnień. Przyjmij  $\gamma = 1,40$ .

21

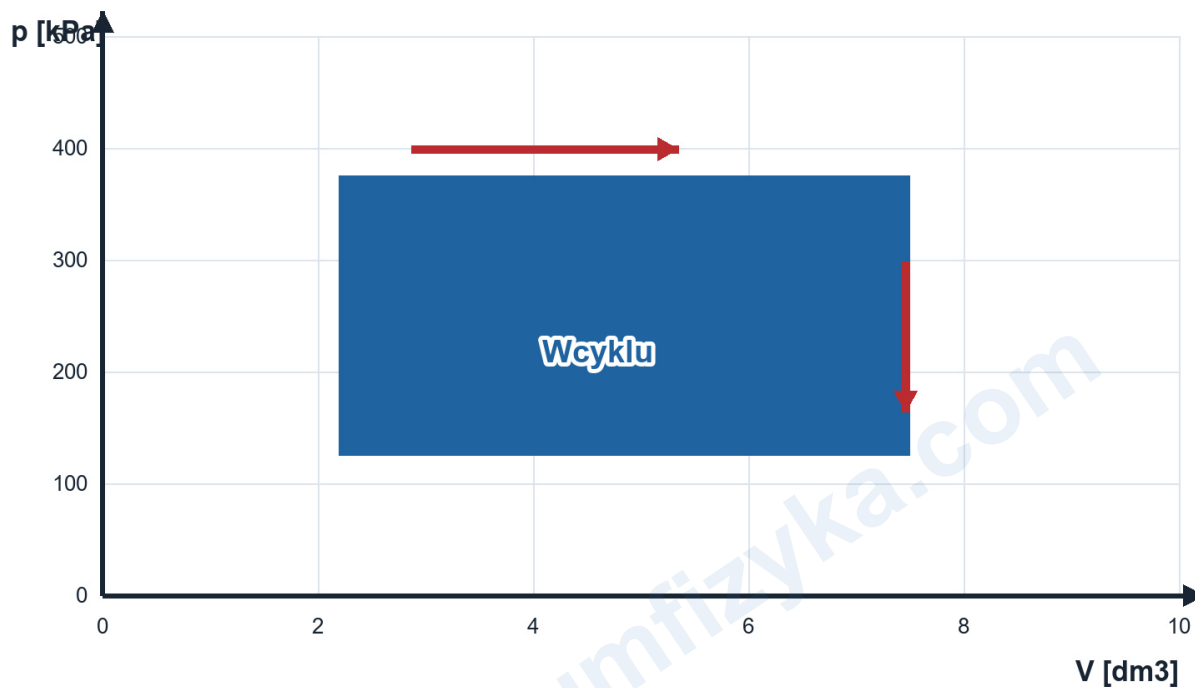
**Ciepło i praca wykonywana na gazie****znaki w pierwszej zasadzie termodynamiki**

Gaz pobiera 600 J ciepła, a siły zewnętrzne wykonują nad nim pracę 250 J. Oblicz zmianę energii wewnętrznej gazu.

22

**Prostokątny cykl na wykresie p-V****praca w cyklu termodynamicznym**

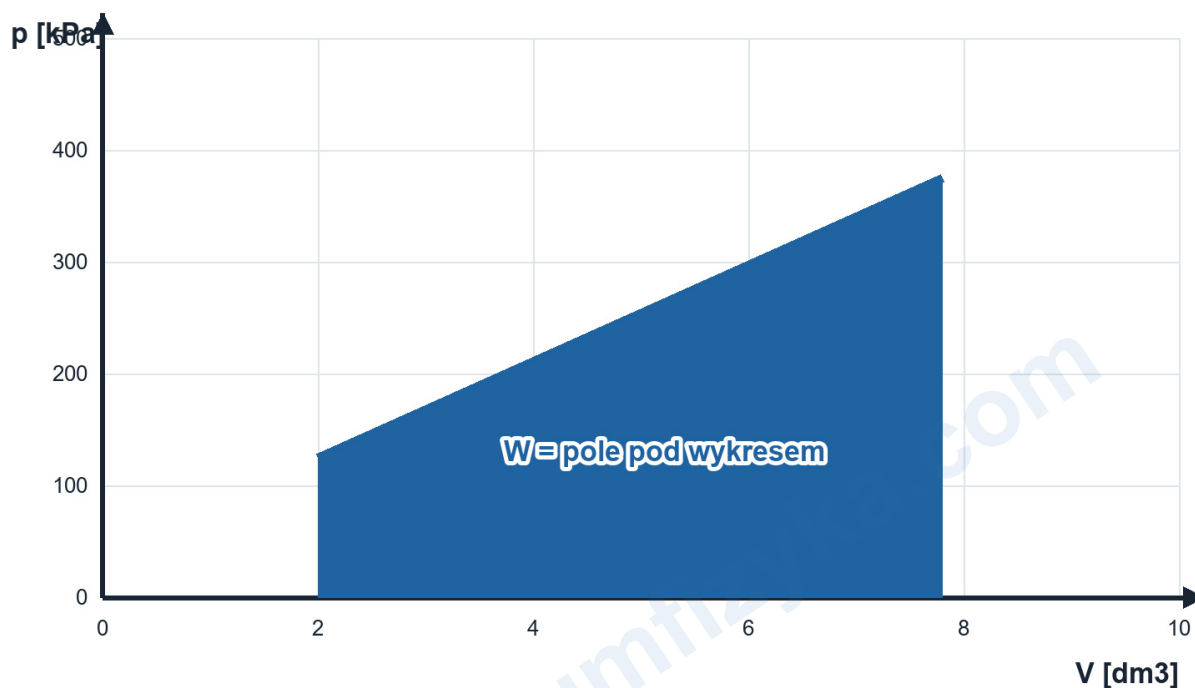
Gaz wykonuje cykl zgodny z ruchem wskazówek zegara między ciśnieniami 100 kPa i 300 kPa oraz objętościami 2,0 dm<sup>3</sup> i 5,0 dm<sup>3</sup>. Oblicz pracę netto w jednym cyklu.



23

**Praca pod liniowym wykresem****praca w przemianie gazowej**

Podczas rozprężania ciśnienie gazu rośnie liniowo ze 100 kPa przy 2,0 dm<sup>3</sup> do 300 kPa przy 6,0 dm<sup>3</sup>. Oblicz pracę wykonaną przez gaz.



24

**Ciepło molowe gazu jednoatomowego****przemiana izobaryczna i stopnie swobody**

Dwa mole jednoatomowego gazu ogrzano o 100 K przy stałym ciśnieniu. Oblicz zmianę energii wewnętrznej, pracę i pobrane ciepło. Przyjmij  $R = 8,31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ .

25

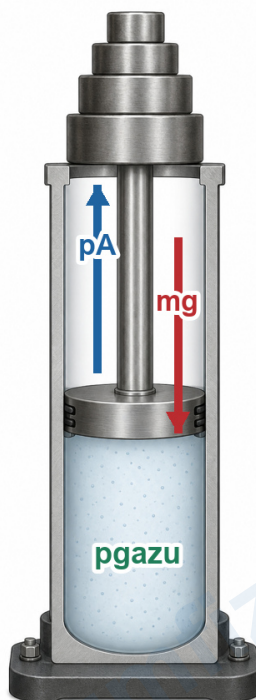
**Ciśnienia cząstkowe w mieszaninie****prawo Daltona**

W zbiorniku znajdują się 2,0 mole azotu i 1,0 mol tlenu. Całkowite ciśnienie wynosi 300 kPa. Oblicz ciśnienia cząstkowe obu gazów.

26

**Gaz pod tłokiem z obciążeniem****równowaga mechaniczna tłoka**

Pionowy tłok o polu  $0,010 \text{ m}^2$  i masie  $20 \text{ kg}$  zamyka gaz w cylindrze. Na tłoku położono dodatkowe  $30 \text{ kg}$ . Ciśnienie atmosferyczne wynosi  $100 \text{ kPa}$ . Oblicz ciśnienie gazu w równowadze. Przyjmij  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



27

**Tłok połączony ze sprężyną****zmienne ciśnienie zewnętrzne**

Tłok o polu  $0,010 \text{ m}^2$  przesuwa się o  $5,0 \text{ cm}$ , ściskając sprężynę o stałej  $1000 \text{ N/m}$ . O ile wzrasta ciśnienie gazu potrzebne do utrzymania równowagi? Pomiń tarcie.

28

**Udźwig balonu na ogrzane powietrze****wypór gazu i gęstość**

Balon ma objętość  $1000 \text{ m}^3$ . Gęstość powietrza na zewnątrz wynosi  $1,20 \text{ kg/m}^3$ , a ogrzanego powietrza wewnątrz  $1,00 \text{ kg/m}^3$ . Oblicz maksymalną masę gondoli, pasażerów i powłoki, którą balon może unieść.



29

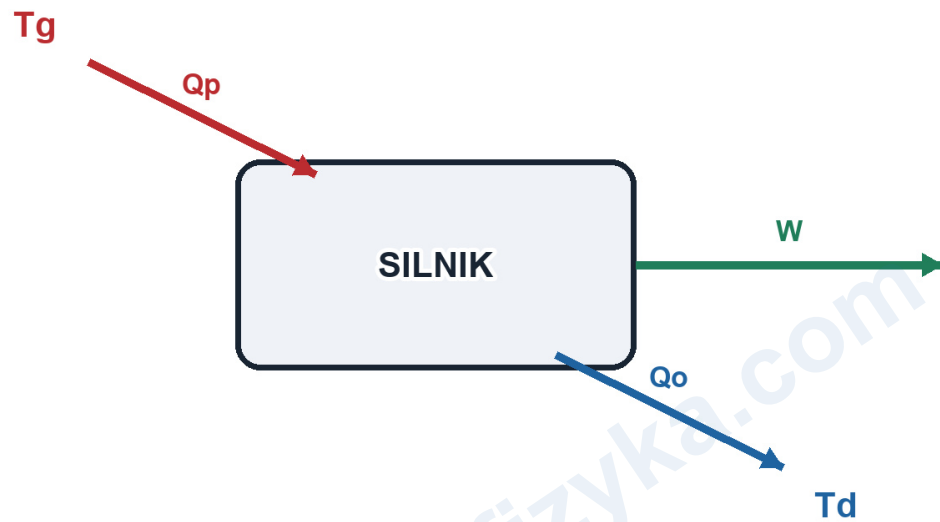
**Bilans silnika cieplnego****sprawność silnika**

Silnik w jednym cyklu pobiera  $2000 \text{ J}$  ciepła ze źródła gorącego i oddaje  $1200 \text{ J}$  do chłodnicy. Oblicz pracę i sprawność.

30

**Granica wyznaczona przez Carnota****maksymalna sprawność silnika**

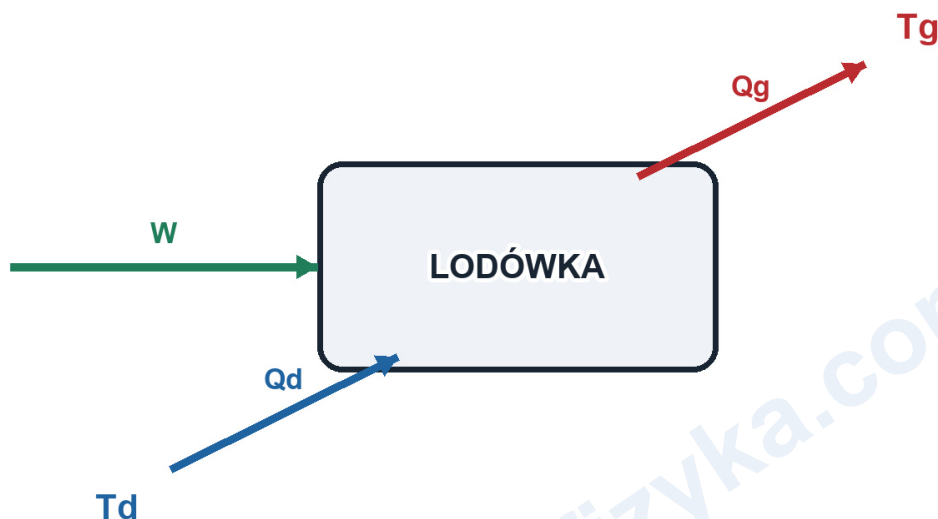
Silnik pracuje między temperaturami 600 K i 300 K. Oblicz maksymalną możliwą sprawność. Ile maksymalnie pracy może uzyskać z 5,0 kJ ciepła?



31

**Współczynnik wydajności lodówki****chłodziarka**

Lodówka odbiera z wnętrza 600 J ciepła, zużywając 200 J pracy. Oblicz współczynnik wydajności chłodniczej i ciepło oddane do otoczenia.



32

**Idealna pompa ciepła****pompa ciepła Carnota**

Idealna pompa ciepła ogrzewa pomieszczenie o temperaturze 300 K, pobierając energię z otoczenia o temperaturze 270 K. Oblicz maksymalny współczynnik wydajności grzewczej.

33

**Entropia topniejącego lodu****zmiana entropii w przemianie fazowej**

Oblicz zmianę entropii 0,10 kg lodu topniejącego odwracalnie w temperaturze 273 K. Przyjmij ciepło topnienia 334 kJ/kg.

34

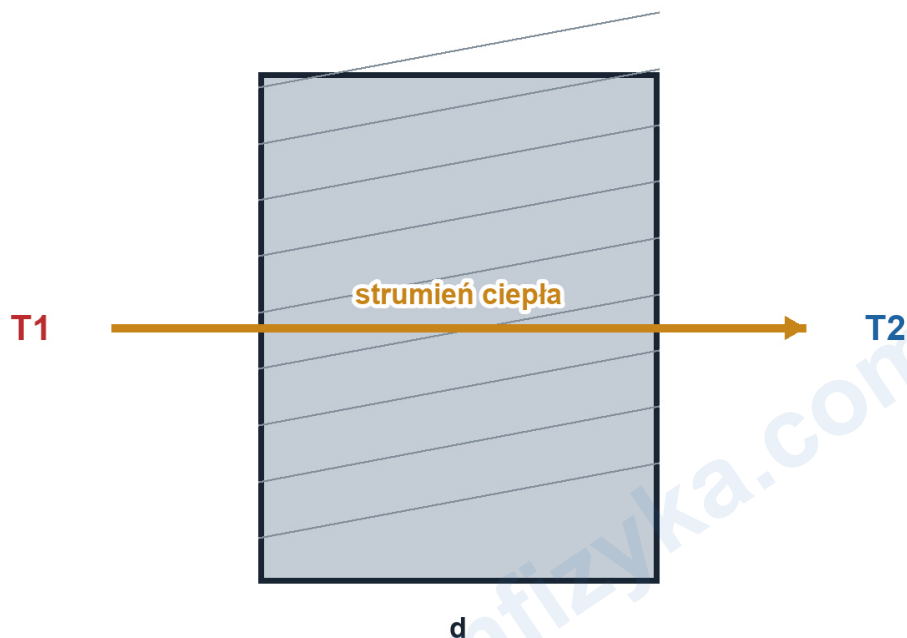
**Entropia ogrzewanej wody****zmiana entropii przy zmianie temperatury**

Jeden kilogram wody ogrzewano od 300 K do 350 K w sposób odwracalny. Oblicz zmianę entropii. Przyjmij  $c = 4200 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ .

35

**Strumień ciepła przez ścianę**  
przewodzenie ciepła

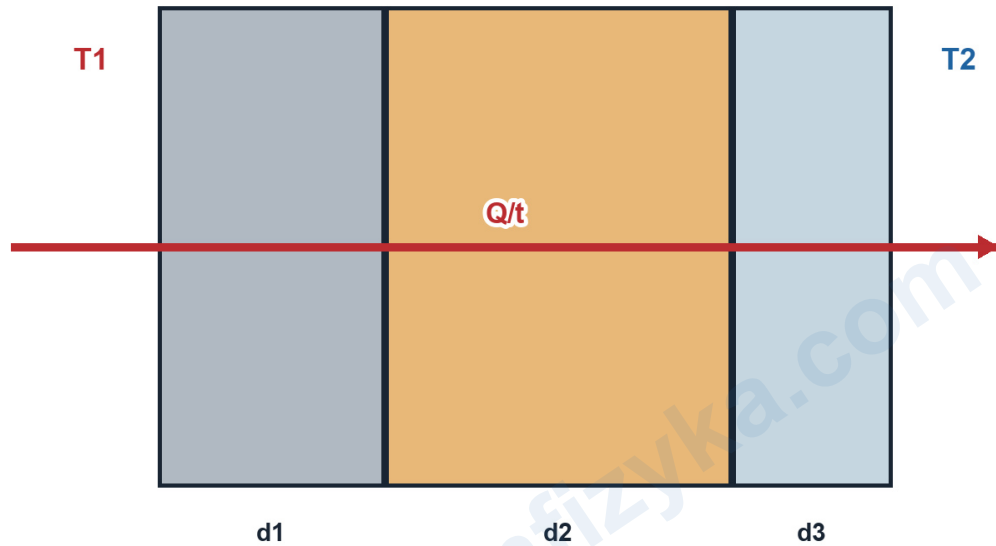
Ściana ma pole  $10 \text{ m}^2$ , grubość  $0,20 \text{ m}$  i współczynnik przewodzenia  $0,80 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Różnica temperatur wynosi  $20 \text{ K}$ . Oblicz moc strat ciepłych.



36

**Cegła i izolacja w jednej przegrodzie****opory cieplne warstw**

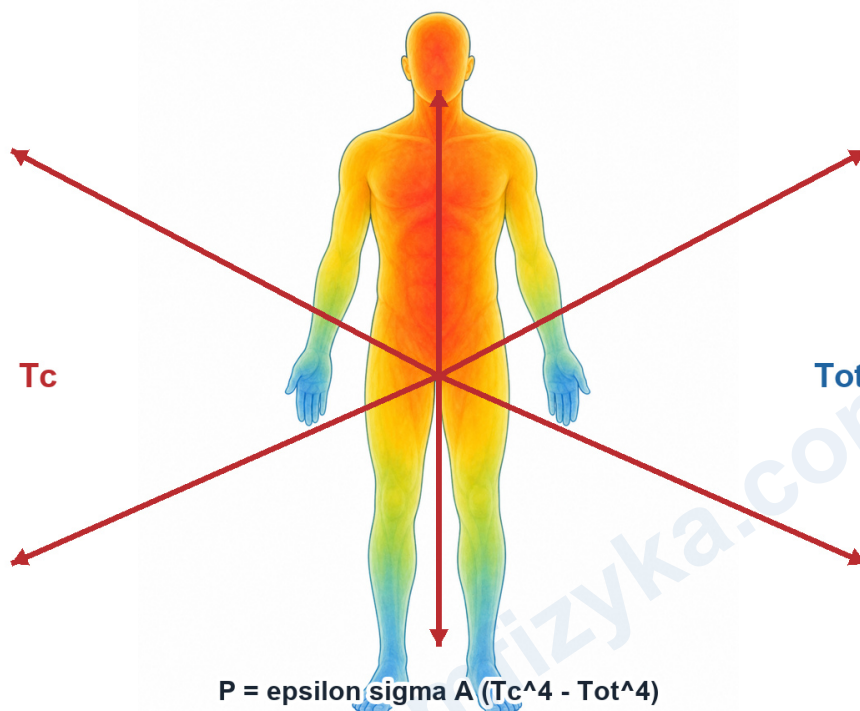
Ściana o polu  $10 \text{ m}^2$  składa się z  $0,20 \text{ m}$  cegły o  $k = 0,60 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  i  $0,080 \text{ m}$  izolacji o  $k = 0,040 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Przy różnicy temperatur  $25 \text{ K}$  oblicz moc przepływu ciepła.



37

**Promieniowanie człowieka do otoczenia****prawo Stefana-Boltzmann**

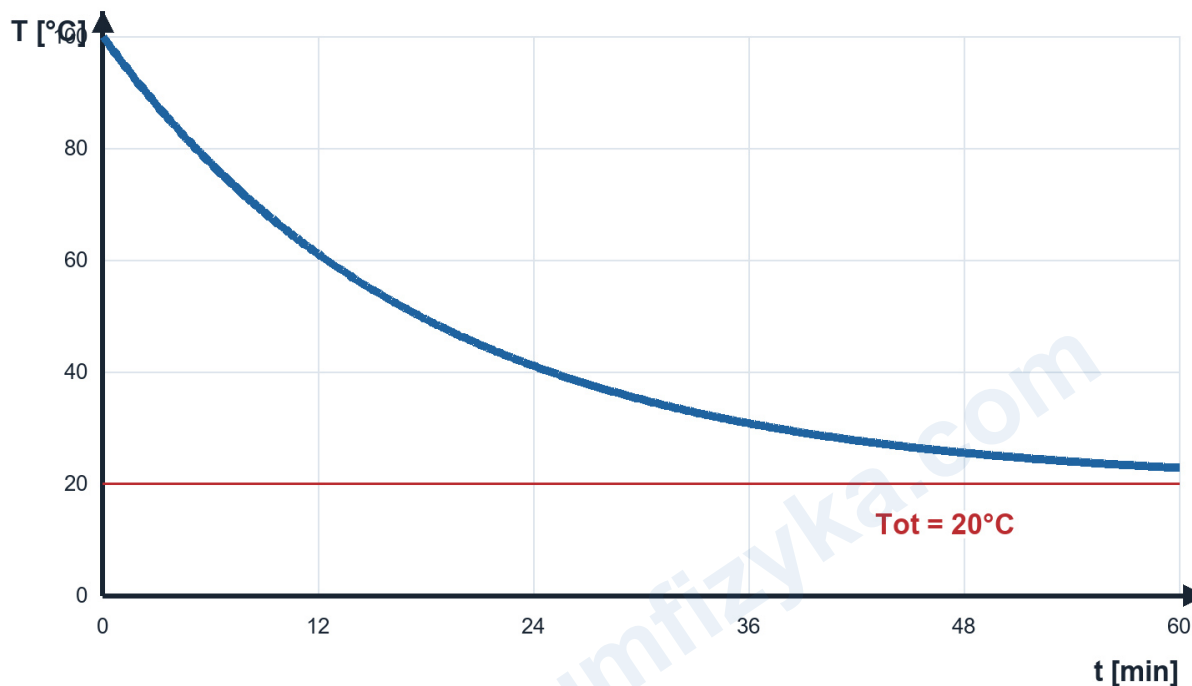
Człowiek ma efektywną powierzchnię  $1,8 \text{ m}^2$ , emisyjność  $0,95$  i temperaturę skóry  $310 \text{ K}$ . Otoczenie ma  $293 \text{ K}$ . Oblicz netto moc wypromieniowaną. Przyjmij  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ .



38

**Stygnięcie według prawa Newtona****wykładnicze chłodzenie**

Ciało o temperaturze  $90^{\circ}\text{C}$  stygnie w otoczeniu  $20^{\circ}\text{C}$ . Po 10 min ma  $50^{\circ}\text{C}$ . Po jakim czasie od początku osiągnie  $30^{\circ}\text{C}$ , jeśli obowiązuje prawo stygnięcia Newtona?



39

**Napężenie w zablokowanym pręcie****rozszerzalność cieplna i sprężystość**

Stalowy pręt jest całkowicie unieruchomiony i ogrzano go o 50 K. Oblicz napężenie termiczne. Przyjmij  $E = 200$  GPa i  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

40

**Prędkość dźwięku z własności gazu****przemiana adiabatyczna w gazie**

Oblicz prędkość dźwięku w powietrzu o temperaturze 300 K ze wzoru  $v = \sqrt{\gamma RT}$ , gdzie  $\gamma = 1,40$ , a indywidualna stała gazowa powietrza  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .