

Termodynamika

studia stacjonarne – wszystkie kierunki rok akad. 2018/2019

INFORMACJE ORGANIZACYJNE

1. Wykłady i ćwiczenia poprowadzi prof. dr hab. inż. Leszek Malinowski; pok. **420**; Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki.
2. Wykłady kończą się egzaminem.
3. Ćwiczenia kończą się zaliczeniem.
4. Zaliczenie ćwiczeń należy uzyskać do ostatniego dnia semestru. Kto nie uzyska zaliczenia ćwiczeń do ostatniego dnia semestru otrzymuje z zaliczenia ocenę ndst.
5. Do egzaminu można przystąpić nie mając zaliczonych ćwiczeń.
6. Aby zdać egzamin lub zaliczyć ćwiczenia, należy zgromadzić **50%** punktów możliwych do uzyskania oraz uczestniczyć w co najmniej **80%** zajęć.
7. Egzamin składa się z dwóch części. Część pierwsza to test złożony z 20 pytań (+3,5 punktów za prawidłową odpowiedź na jedno pytanie; 0 punktów za nieprawidłową odpowiedź). Część druga to 3 pytania „otwarte” (max. 10 punktów za poprawną odpowiedź na jedno pytanie). Łącznie można więc uzyskać **100** punktów. Studenci, którzy z pierwszej części egzaminu uzyskają mniej niż 35 punktów, nie będą dopuszczeni do części drugiej. Studenci, którzy za test otrzymają co najmniej 49 punktów (14 poprawnych odpowiedzi), nie będą musieli przystępować do drugiej części egzaminu.
8. Zaliczenie ćwiczeń: 2 kolokwia, na każdym 2 zadania. Terminy kolokwiów: trzecia dekada listopada 2018 r. i druga dekada stycznia 2019 r. Na kolokwium można mieć kartki z wzorami pobrane z mojej strony www oraz jedną własną kartkę, formatu nie większego niż A3, z wzorami, rysunkami, wykresami, komentarzami, itp. Na tej kartce nie może być rozwiązań konkretnych zadań.
9. Waga wykładów 0,6, waga ćwiczeń 0,4. Ocena za przedmiot = $0,6 \cdot \text{ocena z egzaminu} + 0,4 \cdot \text{ocena z ćwiczeń}$.
10. Po zakończeniu semestru studentowi przysługują po dwa terminy poprawkowe egzaminu i zaliczenia ćwiczeń.
11. Obecność na **wykładach i ćwiczeniach** jest **obowiązkowa** i będzie kontrolowana. Na listy obecności należy się wpisywać osobiście i zawsze tak samo.
12. Student, który opuści **więcej niż 20%** zajęć (z powodów nieusprawiedliwionych lub usprawiedliwionych), może z tego powodu nie uzyskać zaliczenia i zostać skierowany na powtarzanie zajęć. Usprawiedliwienie należy dostarczyć w ciągu 1 tygodnia od dnia ustania przyczyny nieobecności.
13. Konsultacje: czwartki od 16⁰⁰ do 17⁰⁰.
14. Materiały pomocnicze do wykładów i ćwiczeń umieszczone są na stronie internetowej <http://lmal.zut.edu.pl/>

Podręczniki, z których można korzystać podczas nauki termodynamiki

WYKŁADY

1. Szargut J.: Termodynamika techniczna. PWN, Warszawa 1991
2. Staniszewski B.: Termodynamika. PWN, Warszawa 1982
3. Wiśniewski S.: Termodynamika techniczna. WNT, Warszawa 1980
4. Ochęduszek S.: Termodynamika stosowana. WNT, Warszawa 1970
5. Zagórski J.: Zarys techniki cieplnej. WNT, Warszawa 1976

ĆWICZENIA

1. Szargut J., Guzik A., i Górniak H.: Programowany zbiór zadań z termodynamiki technicznej. PWN, Warszawa 1979
2. Ochęduszek S., Szargut J., Górniak A. i Wilk S.: Zbiór zadań z termodynamiki technicznej. PWN, Warszawa 1968
3. Gąsiorowski J., Zagórski J. i Radwański E.: Zbiór zadań z teorii maszyn cieplnych. WNT, Warszawa 1972
4. Kurzyński J., Mańkowski S. i Rubik M.: Zbiór zadań z techniki cieplnej. Wydaw. PWarsz., Warszawa 1973
5. Guzenda R. i Olek W.: Zbiór zadań z techniki cieplnej. Materiały do ćwiczeń. Wydaw. AR Poznań 1992
6. Malinowska W. i Malinowski L.: Technika cieplna w rolnictwie. Zadania i przykłady. Wydaw. AR Szczecin 1997
7. Sikora J. i Tomeczek J.: Ćwiczenia z termodynamiki technicznej. Wydaw. PŚl., Gliwice 1966
8. Cieśliński J. i inni: Zbiór zadań z termodynamiki technicznej. Wydaw. PGdańskiej, Gdańsk 1981

Pierwsza zasada termodynamiki

$$E_d = E_{kon} - E_{pocz} + E_w \quad [J]$$

Pierwsza zasada dla układów w stanie stacjonarym

$$\dot{E}_d = \dot{E}_w \quad [W]; \quad \Delta \dot{E}_u = 0$$

Temperatura bezwzględna $T[K] = t[^\circ C] + 273,15$

Przyrost temperatury w przemianie 1-2

$$\Delta T_{1-2} = T_2 - T_1 = t_2 - t_1 = \Delta t_{1-2}$$

Termiczne równanie stanu $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$

$$p \cdot V = n \cdot (MR) \cdot T; \quad p \cdot v = R \cdot T; \quad v = \frac{V}{m} \left[\frac{m^3}{kg} \right]$$

Indywidualna stała gazowa $R = \frac{(MR)}{M} \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$

$$(MR) = 8314 \frac{J}{kmol \cdot K}$$

Przeliczenie kmol na kg $m = n \cdot M$

Przeliczenie kmol na um^3 $V_u = n \cdot (Mv_u)$

Molowa objętość właściwa w warunkach umownych (1 bar, 0°C) $(Mv_u) = 22,71 \frac{um^3}{kmol}$

Energia wewnętrzna i entalpia ciała stałego i cieczy $U = I = m \cdot c \cdot t \quad [J]$

Energia wewnętrzna gazu doskonałego

$$U = m \cdot c_v \cdot T \quad [J]$$

Entalpia gazu doskonałego $I = m \cdot c_p \cdot T \quad [J]$

Ciepło właściwe gazu doskonałego przy stałej

objętości $c_v = \frac{1}{2} \cdot f \cdot R$ $c_v = \frac{R}{\kappa - 1} \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$

Liczba stopni swobody i wykładnik izentropii dla gazów doskonałych

| Gaz | 1. atomowy (Ar, He, Ne) | 2. atomowy (CO, N ₂ , O ₂ , powietrze) | 3. i więcej atomowy (CH ₄ , C ₂ H ₆ , CO ₂) |
|-----|----------------------------|--|--|
| | | | |

Ciepło właściwe gazu dosk. przy stałym ciśnieniu

$$c_p = c_v + R \quad c_p = \kappa \cdot c_v = \frac{\kappa \cdot R}{\kappa - 1}; \quad \kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

Przemiany gazu doskonałego

Dla wszystkich przemian

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + L_{1-2}; \quad \Delta U_{1-2} = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1)$$

$$Q_{1-2} = \Delta I_{1-2} + L_{1-2}; \quad \Delta I_{1-2} = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Izobara $p = idem$; $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$$L_{1-2} = p \cdot (V_2 - V_1); \quad L_{1-2} = 0$$

$$Q_{1-2} = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$$

Izochora $V = idem$; $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

$$L_{1-2} = 0; \quad L_{1-2} = V \cdot (p_1 - p_2)$$

$$Q_{1-2} = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1)$$

Izoterma $T = idem$; $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

$$L_{1-2} = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right); \quad L_{1-2} = L_{1-2}$$

$$Q_{1-2} = L_{1-2}$$

Izentropa $s = idem$; $p_1 \cdot V_1^\kappa = p_2 \cdot V_2^\kappa$;

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1}$$

$$L_{1-2} = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_2) = \frac{p_1 \cdot V_1}{\kappa - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]$$

$$L_{1-2} = \kappa \cdot L_{1-2}$$

Termodynamika I - pytania

1. Podać definicje układów: zamkniętego, otwartego i odosobnionego. Podać przykłady takich układów.
2. Ile parametrów stanu trzeba znać, aby całkowicie określić stan 1 kg gazu doskonałego? Czym powinny się charakteryzować te parametry? Podać przykładowe parametry określające stan.
3. Dlaczego energia wewnętrzna jest parametrem stanu a ciepło nie. Czy ciepło jest rodzajem energii?
4. Czym charakteryzuje się przemiana kwazystatyczna?
5. Wymienić i zdefiniować używane w termodynamice jednostki ilości substancji oraz podać zależności pomiędzy nimi. W jakich zastosowaniach najchętniej stosuje się poszczególne jednostki i dlaczego?
6. Podać interpretację fizyczną rzeczywistego ciepła właściwego.
7. Opisać doświadczenie na urządzeniu *Gay-Lussaca* i *Joule'a* oraz wykazać, że wynik doświadczenia wskazuje na brak zależności energii wewnętrznej gazu od jego objętości.
8. Wykorzystując interpretację geometryczną pracy bezwzględnej pokazać na wykresie p - V , że praca bezwzględna pomiędzy dwoma określonymi stanami zależy od rodzaju (drogi) przemiany.
9. Kiedy układ termodynamiczny przekazuje do otoczenia pracę techniczną?
10. Omówić pierwszą zasadę termodynamiki. Napisać równanie pierwszej zasady dla przypadku zbiornika z gazem, do którego wtłoczono dodatkową ilość gazu. Podczas wtłaczania gazu przez ścianki zbiornika przepłynęła do otoczenia pewna ilość ciepła.
11. Omówić pierwszą zasadę termodynamiki. Napisać równanie pierwszej zasady dla adiatermicznego wymiennika ciepła traktując jako układ kanał z czynnikiem o wyższej temperaturze.
12. Wykorzystując ogólne wyrażenie I zasady termodynamiki napisać równanie bilansu energetycznego adiatermicznego wymiennika ciepła przyjmując za układ termodynamiczny kanał, którym płynie czynnik zimniejszy.
13. W celu wyznaczenia ciepła właściwego metalu, do kawałka metalu o masie 2 kg i temperaturze 30°C dostarczono 1,8 kJ ciepła. Temperatura metalu wzrosła do 32°C. Oblicz ciepło właściwe metalu w $J/(kg \cdot K)$. Jaką temperaturę osiągnie metal po wrzuceniu go do 1 kg wody o temperaturze 10°C i ciepłe właściwym 4190 $J/(kg \cdot K)$?
14. Narysować schemat ideowy oraz opisać zasadę działania idealnej maszyny przepływowej - pompy/sprężarki. Na wykresie p - V narysować wykres pracy jednego cyklu maszyny. Wychodząc z ogólnej postaci I zasady termodynamiki sformułować równanie bilansu energetycznego maszyny.
15. Wychodząc z pierwszej zasady termodynamiki wykazać, że energia czynnika przetłaczanego przez maszynę jest równa $W = U_2 - U_1 + pV$.

Termodynamika I - zadania

1. W zbiorniku o objętości $V = 45 \text{ m}^3$ znajduje się dwutlenek węgla CO_2 o gęstości $\rho_n = 1,2 \text{ kmol/m}^3$. Obliczyć, w kg, kmol oraz um^3 , ilość substancji CO_2 znajdującej się w zbiorniku. Odp.: 2376 kg, 54 kmol, 1226 um^3 .
2. Bijak młota mechanicznego o masie $m_1 = 185 \text{ kg}$ spada swobodnie z wysokości $h = 2 \text{ m}$ na matrycę stalową o masie $m_2 = 60 \text{ kg}$. Częstość uderzeń $n = 120 \text{ 1/min}$. Temperatura początkowa matrycy $t_1 = 45^\circ\text{C}$. Ciepło właściwe stali $c = 0,452 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$. Obliczyć czas τ [min] po jakim temperatura matrycy podniesie się do $t_2 = 520^\circ\text{C}$, przy założeniu, że 65% ciepła wydzielonego przy uderzeniach podgrzewa matrycę, reszta zaś ciepła rozprasza się do otoczenia. Odp.: $\tau = 45,5 \text{ min}$.
3. W czajniku elektrycznym z grzałką o mocy $P = 1500 \text{ W}$ zagotowano 1,5 l wody o temperaturze początkowej $t_1 = 19^\circ\text{C}$. Temperatura wrzenia wody przy danym ciśnieniu wynosi $t_2 = 99^\circ\text{C}$. Ile czasu τ [min] zajęło gotowanie wody i ile zużyto energii elektrycznej E [kWh], jeżeli strata ciepła na rzecz otoczenia wynosiła 25,5% mocy grzałki? Ciepło właściwe wody przyjąć równe $c_w = 4,1868 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, a jej gęstość $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$. Odp.: $\tau = 7,49 \text{ min}$, $E = 0,187 \text{ kWh}$.
4. Do zbiornika zawierającego wodę zimną o temperaturze $t_1 = 24^\circ\text{C}$ dolano pewną ilość wody gorącej o temperaturze $t_d = 90^\circ\text{C}$ uzyskując $V_2 = 210 \text{ l}$ wody cieplej o temperaturze $t_2 = 42^\circ\text{C}$. Ile litrów wody początkowo zawierał zbiornik? Odp.: $V_1 = 152,7 \text{ l}$.
5. Zetknięto ze sobą 2,6 kg stali o temperaturze 75°C z 4,2 kg miedzi o temperaturze 20°C , aż do wyrównania się temperatur. Obliczyć temperaturę końcową metali, jeżeli podczas wyrównywania się temperatur 15 kJ ciepła przepłynęło do otoczenia. Ciepło właściwe stali wynosi $0,45 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, ciepło właściwe miedzi jest równe $0,385 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$. Odp.: $37,7^\circ\text{C}$.
6. Jaką masę, w kg, miał kawałek metalu o ciepłe właściwym $393 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ i temperaturze 350 K , jeżeli po wrzuceniu go do 1 kg cieczy o ciepłe właściwym $3,86 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ i temperaturze 12°C ustaliła się wyrównana temperatura 17°C . Podczas wyrównywania się temperatur do otoczenia przepłynęły 4 kJ ciepła. Napisać co przyjęto za układ podczas obliczeń oraz określić E_d , E_w oraz ΔE_u dla przyjętego układu. Ponadto obliczyć ile ciepła oddał metal. Odp.: 0,819 kg, -19,3 kJ.
7. Moc silnika $N = 300 \text{ kW}$. W silniku tym 30% ciepła wydzielającego się wskutek spalania zamieniana jest w pracę, 25% zaś przechodzi do wody chłodzącej. Obliczyć strumień m_w [kg/s] wody chłodzącej silnik, jeżeli jej temperatura na dopływie $t_1 = 20^\circ\text{C}$, na wypływie $t_2 = 50^\circ\text{C}$. Ciepło właściwe wody przyjąć $c = 4187 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$. Odp.: $m_w = 1,99 \text{ kg/s}$.
8. Do wymiennika ciepła dopływa 1,5 kg/s wody o temperaturze 23°C . Woda ta ochładza 2,3 kg/s oleju od temperatury 75°C do temperatury 65°C . Jaka jest temperatura wody na wylocie z wymiennika? Ciepło właściwe wody $4,19 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, ciepło właściwe oleju $1,95 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$. Zadanie rozwiązać wychodząc z pierwszej zasady termo-

Testy

Następny test

Test z termodynamiki 15-04-2013 r.

Pokaż wszystkie pytania

1 / 10 =>

Która z podanych niżej par wielkości fizycznych ma takie same jednostki?

- A. energia i entropia
- B. praca i entalpia
- C. ciśnienie i entalpia
- D. ciepło i temperatura

Następny test

2. Który z poniższych gazów jest gazem jednoatomowym

- A. dwutlenek węgla CO_2
- B. hel He
- C. azot N_2
- D. para wodna H_2O
- E. metan CH_4

Na mocy prawa ekwipartycji energii $c_v = (6/2) \cdot R$. $c_p = c_v + R = 4 \cdot R$

OK

3. Indywidualna stała gazowa metanu CH_4 traktowanego jako gaz doskonały wynosi R [J/(kg·K)]. Ile jest równe ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu w J/(kg·K) metanu?

- A. 4·R
- B. 3,5·R
- C. 2,5·R
- D. 2·R
- E. 3·R

4. Dla przemiany *izobarycznej* wykładnik politropy jest równy