

MINISTERUL EDUCAȚIEI AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea de Stat "Alec Russo" din Bălți

Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului

Catedra de științe fizice și inginerești

C U R R I C U L U M

la disciplina **Termodinamica**

(specialitatea Fizica și informatica)

Învățământ cu frecvență la zi

Ciclul I (Licență)

Autor, dr., conf. univ., Simion Băncilă

Discutată la ședința

Catedrei **științe fizice și inginerești**

Procesul verbal nr. 3 din 18.10.2014,

Șeful catedrei

conf.univ., dr. _____ Vitalie Beșliu

Aprobată la ședința Consiliului Facultății

Științe Reale, Economice și ale Mediului

Procesul verbal nr. 7 din 13.02.2015,

Decanul facultății ȘREM

Prof. univ., dr. hab. _____ Pavel Topală

BĂLȚI, 2014

Informații de identificare a cursului

Facultatea: Științe Reale, Economice și ale Mediului

Catedra: Științe fizice și inginerești

Specialitatea: Fizică și Informatică, Educația tehnologică și fizică, anul IV, studii superioare de licență

Denumirea disciplinei: Termodinamica

Codul disciplinei în planul de învățământ: S1.07.A.59

Anul de studii și semestrul în care se studiază disciplina: anul IV, semestrul VIII

Statutul de specializare: obligatorie

Domeniul general de studii: 14 Științe ale Educației

Domeniul de formare profesională la ciclul I/II : Educația și formarea profesorilor, ciclul I

Administrarea unității de curs

Codul disciplinei în planul de învăț.	Anul de studii	Sem.	Numărul de ore			Evaluarea		Limba de predare
			Prel.	Pract.	Lab.	Nr. de credite	Forma de evaluare	
S1.07.A.59	IV	VII	36	18	-	3	examen	română

Informații referitoare la la cadrul didactic

Titular de disciplină - Simion Băncilă, doctor în științe fizico - matematice, conferențiar universitar la Catedra de științe fizice și inginerești, absolvent al Institutului Pedagogic de Stat „Alec Russo” din Balți, facultatea Fizică și Matematică, Specialitatea Fizica și Disciplini tehnice generale (1958 -1963). Doctorantura în domeniul fizicii moleculare, Universitatea de Stat „M. V. Lomonosov” din Moscova (1969-1973). Suținerea tezei *Cercetarea proprietăților termice ale metalelor lichide la temperatură înalte (300 ÷ 2500K)* și conferirea gradului științific de doctor în fizică și matematică. (1973). A efectuat stagii în diverse universități.

Biroul : Aula 230, blocul II.

Telefon: 023152481

Email: bancila.simion@gmail.com

Orele de consultații: Luni, Vineri de la 12³⁰ și 14⁰⁰.

Integrarea unității de curs în programul de studii

Termodinamica este știința despre procesele termice și proprietățile termice ale substanței. Stabilirea legilor, cărora se supun fenomenele termice, și deducerea cu ajutorul lor a consecințelor calitative și cantitative alcătuiesc conținutul termodinamicii. Termodinamica este una dintre științele fundamentale ale naturii alături de chimie și biologie, științe care studiază diferite forme de mișcare ale materiei. Termodinamica este o parte componentă a cursului de

fizică teoretică și se referă la disciplinele fundamentale incluse în planurile de învățământ în corespundere cu care are loc pregătirea studenților, viitori profesori de fizică.

Aprofundarea cunoștințelor la fizică și altoirea deprinderilor de generalizare teoretică a rezultatelor experimentale, este unul din scopul termodinamicii. Termodinamica ca parte componentă a cursului de fizică teoretică presupune că, studenții au însușit fizica generală și pot aplica cunoștințele acumulate la studierea analizei matematice, metodelor fizicii matematice, geometriei analitice și cunosc experimentul demonstrativ de bază. Locul destinat studiului termodinamicii în planul de învățământ permite de a evidenția necesitatea apariției noilor teorii și a noilor metode de cercetare în fizică.

Competențe prealabile

Înainte de începerea studierii disciplinei Termodinamica, studentul trebuie să îndeplinească complet și să posede:

cunoștințe de matematică:

noțiuni de funcții, de ecuație și inecuație,
noțiuni de sistem de ecuații,
funcțiile elementare de bază și graficele lor,
calculul diferențial,
calculul integral,

cunoștințe de fizică:

noțiuni de temperatură, forță, presiune,
vitezele caracteristice,
teoria cinetică-moleculară, ecuația de bază a acestei teorii,
legile gazului ideal și ecuația de stare a acestui gaz,
noțiuni privind caracteristicile energetice, energia internă, lucrul efectuat de gaz și cantitatea de căldură cu care se face schimb în procesele termodinamice,
capacitatea termică,
principiile (legile) termodinamice,
procese ciclice. Ciclul Carnot,
tranziții de fază de speța întâi,

deprinderi:

de aplicare a cunoștințelor din cursul liceal la rezolvarea problemelor de fizică,
de determinarea experimentală a mărimilor fizice,
de demonstrare a formulelor de calcul necesare pentru rezolvarea problemelor fizice,
de explicare a fenomenelor fizice observate în condiții naturale sau în laborator,
de calcul a erorilor admise la determinarea mărimilor fizice,
de a lucra de sine stătător,

stabilirea pe cale experimentală a unor legi,
 capacitatea de a explica esența legilor și mărimilor fizice,
 capacitatea de căutare și selectare a informației necesare din sursele bibliografice.

Finalitățile cursului

După audierea cursului studenții vor fi capabili în termeni de performanță optimă să:

- valorifice principiile de bază ale termodinamicii și metodele ei de cercetare;
- reproducă din memorie definiții, legi, clasificări;
- cunoască asemănarea și deosebirea dintre noțiunile lucrului efectuat de către sistemul termodinamic și cantitatea de căldură cu care face schimb acest sistem;
- aplice principiile termodinamice la rezolvarea problemelor cu referință la gazul ideal, gazul real, radiația termică, dielectrice și paramagnetici;
- definească și să evidențieze sensul fizic al funcțiilor potențialelor termodinamice și să cunoască legătura organică dintre ele;
- deosebească formele de energie și să înțeleagă semnificația fizică a proceselor de conversie a energiei.

Competențele dezvoltate în cadrul cursului

Competența de:

- a acumula, sistematiza și de a evidenția informația privind bazele științifice a termodinamicii,
- a cunoaște aplicațiile legilor termodinamice care au un caracter universal la cercetările în diverse domenii ale fizicii (aplicarea principiului întâi la deducerea legii inducției electromagnetice; ecuației efectului fotoelectric,
- a prezenta la lecțiile practice informații (referate) privind investigațiile științifice cu referință la disciplina termodinamica, cum ar fi (temperaturi absolute, negative, efectul seră, stări metastabile etc.),
- a cunoaște legăturile termodinamicii cu alte discipline.

Conținuturi

Tematica și repartizarea orientativă a orelor la prelegeri

Nr. d/o	Conținuturi	Nr. de ore	Referințe bibliograf.
1.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 1</p> Obiectivele și metodele de cercetare a termodinamicii. Noțiunile de bază. Sistemul termodinamic, parametrii termici. Echilibru termodinamic. Principiul nul al termodinamicii. Procese echilibrate și neechilibrate. Ecuații de stare pentru gazul ideal și real. Exemple de sisteme termodinamice	4	[1] pag. 5-34 [2] pag. 4-21 [3] pag. 17-33 [4] pag. 5-9

	simple.		
2.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 2</p> <p>Primul principiu al termodinamicii. Funcții de stare și funcții de proces. Energia internă ca funcție de stare. Lucrul și cantitatea de căldură ca funcții de proces. Prezentarea lucrului în diferite procese</p>	2	<p>[1] pag. 35-46</p> <p>[2] pag. 21-26; 32-41</p> <p>[3] pag. 36-38</p> <p>[4] pag. 9-24</p>
3.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 3</p> <p>Urmări și aplicații ale I principiu al termodinamicii. Legătura dintre capacitățile termice. Energia gazului ideal. Procese termodinamice fundamentale. Ecuația adiabatei și politropei în forma diferențială și integrală pentru gazul ideal și pentru orice substanță. Izoprocesele ca cazuri particulare a procesului politropic. Procese ciclice Ciclul Carnot, Ciclurile ideale ale motoarelor termice (Otto, Diesel) și randamentele lor.</p>	4	<p>[1] pag. 47-60; 66-81</p> <p>[2] pag. 41-44; 47-56; 61-74</p> <p>[3] pag. 39-41; 42-46; 64-67</p> <p>[4] pag. 24-38</p>
4.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 4</p> <p>Principiul II al termodinamicii, diferite formulări. Teorema Carnot. Inegalitatea lui Clausius. Entropia ca funcție de stare și proprietățile ei. Legea creșterii entropiei. Interpretarea statistică a principiului II. Legătura entropiei cu probabilitatea termodinamică. Entropia și informatica. Ecuația de bază a termodinamicii pentru procesele cuazistatistice.</p>	4	<p>[1] pag. 92-98; 113-130</p> <p>[2] pag. 69-104;</p> <p>[3] pag. 49-60; 67-80</p> <p>[4] pag. 47-63; 76-82</p>
5.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 5</p> <p>Aplicații ale principiului II al termodinamicii la procese cuazistatistice. Legătura între ecuațiile de stare termice și calorice. Efectul Joule-Thomson. Temperatura de inversie. Scara termodinamicii a temperaturii. Energia internă a gazului real.</p>	4	<p>[1] pag. 98-103</p> <p>[2] pag. 44-47; 118-123</p> <p>[3] pag. 58-63; 183-187</p> <p>[4] pag. 115- 121; 63-76</p>
6.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 6</p> <p>Aplicarea principiului II al termodinamicii la studiul radiației corpului absolut negru. Legea Kirchhoff. Presiunea luminii. Legea Stefan Botzmann</p>	2	<p>[1] pag. 141- 150; 167-170</p> <p>[2] pag. 123- 128;</p> <p>[3] pag.206-214;</p>

			[4] pag. 127-136
7.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 7</p> <p>Metodele termodinamice. Metoda proceselor ciclice. Metoda funcțiilor termodinamice. Funcțiile termodinamice (U, F, Z, H) și proprietățile lor. Ecuțiile lui Maxwell. Ecuția Gibbs-Ghemgoltz și aplicarea ei la elementul galvanic.</p>	4	[1] pag. 151-168 [2] pag. 127-146; 160-163 [3] pag. 99-117; 179-181 [4] pag. 186-100
8.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 8</p> <p>Teoria echilibrului termodinamic. Temperatura și presiunea fazelor în condițiile de echilibru. Potențialele chimice. Regula fazelor.</p>		[1] pag. 180-198 [2] pag. 163-207 [3] pag.199-131; 202-206 [4] pag.138-145; 159-163
9.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 9</p> <p>Tranziții de fază de speța I-a. Diagrama de echilibru. Curbele de echilibru a fazelor. Ecuția Claiperon-Clausius. Punctul triplu. Starea critică. Tranziții de fază de speța a II-a. Punctul critic. Ecuțiile lui Erenfest.</p>	2	[1] pag. 207-123 [2] pag. 214-222 [3] pag.233-239; [4] pag.164-176
10.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 10</p> <p>Termodinamica temperaturilor joase. Postulatul lui Nerst. Inaccesibilitatea temperaturilor $T=0K$. Principiul al III-ea al termodinamicii. Capacitatea termică molară și coeficienții λ_v și λ_p în apropierea temperaturii $0K$. Posibilitatea existenței sistemelor cu temperature absolute negative.</p>		[1] pag. 228-239 [2] pag.238-249; 249-258 [3] pag. 91-97; 136-146 [4] pag.207-218
11.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 11</p> <p>Termodinamica dielectricilor.</p>	2	[2] pag. 56-57 [3] pag. 24-29; 187-192 [4] pag. 16-17
12.	<p style="text-align: center;">Tema nr. 12</p> <p>Termodinamica paramagneticilor. Primul principiu al termodinamicii aplicat la paramagneticul aflat în câmpul magnetic.</p>	2	[3] pag. 89-192 [4] pag. 17-18
	Lucrare de control	2	

Activități de lucru individual

Conținuturi	Referințe bibliografice
Istoria dezvoltării termodinamicii.	[3] pag. 8-13, (RIO)
Metodele matematice ale termodinamicii.	[3] pag. 58-63; 67-72, (RIO)
Reieșind din definiția procesului politropic se vor determina capacitățile molare pentru fiecare din izoprocese. De construit pentru gazul ideal graficul dependenței $C=C_x=C_n$.	[4] pag. 41-44, (RIO)
De conspectat tema „Scara termodinamică a temperaturii utilizând manualul de Termodinamică, autor, Nozdreov.	[1] pag. 96-103, (RIO)
Utilizând legile radiației termice se va determina entropia acestui sistem și se vor stabili legăturile dintre parametrii acestui sistem în procesul adiabatic: $P \cdot V^{4/3} = \text{const}_1$ $VT^3 = \text{const}_2$ $T = \text{const}_3 \rho^{1/4}$	[1] pag. 148-150; 167-170, (RIO) [2] pag. 123-128, (RIO) [3] pag. 141-149, (RIO)
De dedus ecuațiile lui Erenfest reieșind din condițiile că la tranzițiile de fază de ordinul II derivatele de ordinul I de la potențialul lui Gibbs nu se schimbă prin salt: $\Delta\left(\frac{\partial z}{\partial T}\right)_p = 0$ și $\Delta\left(\frac{\partial z}{\partial p}\right)_T = 0$	[2] pag. 214-222, (RIO)

Tematica și repartizarea orientativă a orelor la seminar

Nr. d/o	Tema	Numărul de ore
1.	Coeficienții λ_v , λ_p și β_t , β_s .	2
2.	Ecuațiile de stare a gazului perfect și gazului real.	2
3.	Primul principiu al termodinamicii.	2
4.	Izoprocese.	2
5.	Procese ciclice. Randamentele ciclurilor ideale. Termodinamica radiației echilibrate.	2
6.	Principiul II al termodinamicii – Entropia.	2
7.	Metodele de cercetare. Metoda proceselor ciclice. Metoda funcțiilor caracteristice.	2
8.	Tranzițiile de fază. Ecuația Clapeyron- Clausius și ecuațiile lui Erenfest.	2
9.	Termodinamica temperaturilor joase.	2
	În total	18 ore

Evaluarea disciplinei

Evaluarea curentă se practică:

- periodic la prelegeri, când răspunsurile la întrebările frontale și răspunsurile la întrebările teoretice pot fi apreciate cu note la orele de rezolvări de probleme;
- în baza a două lucrări scrise, când fiecare din student primește un test care conține o întrebare teoretică și 2-3 probleme.

Mostre de probe de evaluare curentă

- Formulați trei enunțuri a principiului I al termodinamicii.
- Argumentați ca randamentul Ciclului Carnot $\eta \leq 1$.
- Deduceți ecuația politropei în forma diferențială.
- Deduceți ca pentru $n \rightarrow \infty$; $c \rightarrow C_v$ (n – exponenta politropei; c – capacitatea molară în procesul politropiei, c – capacitatea molară la volum constant)

Rezolvați problemele:

- Se va scrie ecuația adiabatei unui gaz, ecuația de stare a căruia este:
 $P = P_0 (1 + \lambda T - \beta V)$; $C_p = \text{const.}$ (P_0 , λ , β - mărimi constante).
- Utilizând metoda funcțiilor termodinamice se va determina dependența coeficientului tensiunii superficiale de temperatură.

Explicați și deduceți:

- În care din procesele termodinamice energia internă nu se schimbă.
- În care starea, coeficientul tensiunii superficiale este egal cu zero.

Rezolvați problemele:

- Se vor determina parametrii critici a gazului real prin două metode. Ecuația de stare a gazului fiind $(\rho + \frac{a}{v^2})(v-b) = RT$
- Comprimarea unei mase date de gaz are loc în procesul politropic cu exponenta $n=0,9$. Cum se va schimba energia internă în acest caz?

Evaluarea finală

Evaluarea finală se realizează în formă de examen scris. Mostrele de probe de evaluare finale sunt prezentate în curriculum. Nota finală se determină în corespundere cu Regulamentul în vigoare (Nota finală = 0,6 x Nota reușitei curente x 0,4 x Nota de la examen).

CHESTIONAR la disciplina Termodinamica

1. Obiectul și metodele de cercetare în termodinamică.
2. Procese termice echilibrate (cwazistatice) și neechilibrate. Parametrii de stare.
3. Ecuația de stare. Coeficienții termici α_v , α_p , β .
4. Prima lege a termodinamicii. Energia internă. Lucrul și căldura.
5. Legătura între capacitățile termice. Ecuația lui Mayer.
6. Izoprocese. Procesul adiabat pentru gazul ideal.
7. Ecuația adiabatei și politropei în formă diferențială.
8. Procese politropice. Ecuația politropei. Capacitatea termică în aceste procese.
9. Ciclul Carnot și c.a.f. al lui.

10. Ciclurile ideale ale motoarelor cu ardere internă.
11. Procese reversibile și ireversibile. Legea a doua a termodinamicii. Diferite formulări a acestei legi și echivalența lor. Caracterul statistic al principiului II al Termodinamicii.
12. Teorema Carnot. Formularea matematică a legii a doua.
13. Entropia ca funcție de stare și proprietățile ei.
14. Legătura entropiei cu probabilitatea termică.
15. Temperatura absolută.
16. Legătura dintre ecuația calorică și termică. Aplicații.
17. Efectul Joule-Thomson.
18. Metoda ciclurilor. Aplicații.
19. Metoda funcțiilor termodinamice (U, F).
20. Metoda funcțiilor termodinamice (Z, H).
21. Legătura dintre funcțiile termodinamice. Ecuațiile Gibbs-Helmholtz.
22. Echilibrul termodinamic. Temperatura și presiunea fazelor în condițiile de echilibru.
23. Potențialii chimici. Regula gazelor.
24. Tranziții de fază de primul ordin. Ecuația Clayperon-Clausius. Punctul triplu.
25. Tranziții de fază de ordinul doi. Ecuația Ehrenfest.
26. Termodinamica temperaturilor joase.

Mostre de probe de evaluare finală

UNIVERSITATEA DE STAT “ALECU RUSSO” DIN BĂLȚI

Aprob
 Șeful Catedrei de științe fizice și ingineresti
 Dr., conf. univ. _____ Vitalie Beșliu

BILET DE EXAMINARE Nr. 1

La disciplina **Termodinamica**

Facultatea Științe Reale, Economice și ale Mediului ciclul I (licență), anul IV, semestrul VII, specialitatea Fizică și informatică.

1. Ecuația adiabatei în formă diferențială și integrală. _____
2. Metoda funcțiilor termodinamice (Z, H).
3. Problema: Să se determine cantitatea de căldură care trebuie comunicată unui mol de gaz real (Van der- Waals) pentru mărimea volumului de la V_1 pînă la V_2 în condițiile cînd presiunea nu se schimbă. Ecuația calorică în acest caz are forma $U=C_vT - \frac{a}{v} + U_0$. _____

“ _____ ” _____

Examinator _____ S. Băncilă

UNIVERSITATEA DE STAT "ALECU RUSSO" DIN BĂLȚI

Aprob
Șeful Catedrei de științe fizice și ingineresti
Dr., conf. univ. _____ Vitalie Beșliu

BILET DE EXAMINARE Nr. 2

La disciplina **Termodinamica**

Facultatea Științe Reale, Economice și ale Mediului ciclul I (licență), anul IV, semestrul VII,
specialitatea Fizică și informatică.

1. Ciclurile ideale ale motoarelor cu arderea internă.
2. Temperatura absolută.
3. Problema: De argumentat că gazul care se supune ecuației Van-der-Waals cu coeficientul $b=0$ în procesul dilatării Joule-Thomson întotdeauna se răcește. Se va determina variația temperaturii la dilatarea gazului în acest caz.

“ _____ ”

Examinator _____ S. Băncilă

UNIVERSITATEA DE STAT "ALECU RUSSO" DIN BĂLȚI

Aprob
Șeful Catedrei de științe fizice și ingineresti
Dr., conf. univ. _____ Vitalie Beșliu

BILET DE EXAMINARE Nr. 3

La disciplina **Termodinamica**

Facultatea Științe Reale, Economice și ale Mediului ciclul I (licență), anul IV, semestrul VII,
specialitatea Fizică și informatică.

1. Teorema Carnot. Formularea analitică a principiului II al termodinamicii.
2. Efectul Joule-Thomson.
3. Problema: Se vor stabili dependențele dintre parametrii termodinamici a radiației termice echilibrate a corpului absolut negru, care efectuează un proces adiabatic reversibil.

“ _____ ”

Examinator _____ S. Băncilă

Resurse informaționale obligatorii (RIO)

1. Ноздрев, В. Ф. Курс термодинамики : учеб. пособие для пед. ин-тов / В. Ноздрев. - 2-е изд., испр. - М.: Просвещение, 1967. - 247 p.
2. Радушкевич, Л. В. Курс термодинамики : учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / Л. В. Радушкевич. - М.: Просвещение, 1971. - 288 p.

3. Базаров, И. П. Термодинамика : Учеб. для ун-тов по спец. "Физика" / И. П. Базаров. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М.: Высш. шк., 1991. - 376 p.: - ISBN 5-06-000626-3.
4. Микрюков, В. Е. Курс термодинамики : Учеб. пособие для вузов / В. Е. Микрюков. - 3-е изд.. - М. : Учпедгиз , 1960. - 236 p.
5. Rusu, Ioan. Termodinamica sistemelor de aliaje : considerații teoretice / I. Rusu. - Iași : Ed. PIM, 2007. - 135 p.: fig. - ISBN 978-973-716-3. - Bibliogr. p. 135.
6. Задачи по термодинамике и статистической физике : Пер. с англ. / под. ред.: П. Ландсберга, И. П. Базарова. - М. : Мир , 1974. - 640 p. : graf.
7. Серова, Ф. Г. Сборник задач по термодинамике : [Для физ.-мат. фак. пед. ин-тов] / Ф. Г. Серова, А. А. Янкина. - М. : Просвещение , 1976. - 160 p.

Bibliografie suplimentară (BS)

1. Baban, Cristian-Ioan. Fizică generală. Vol.1 : Mecanică și termodinamică / Cristian-Ioan Baban. - Iași : Ed. Stef., 2007. – 212 p.: fig. - (STEF Academic). - ISBN 978-973-8961-98-2. - Bibliogr. p. 209-211.
2. Bejan, Adrian. Termodinamică tehnică avansată / A. Bejan ; coord. S. Petrescu ; trad. din lb. engleză de M. Costea. - București : Ed. Tehnică, 1996. - 848 p. - ISBN 973-31-0994-0.
3. Fizică / E. Luca, Gh. Zet, C. Ciubotariu.... Vol.1 : Mecanică, fizică statistică și termodinamică - București : Știința, 1995. – 354 p. - (Col. Colocvii). - ISBN 973-44-0153-X. - Bibliogr. p.354.
4. Gabos, Z. Termodinamica și fizica statistică / Z. Gabos, O. Gherman. - București : Ed. Didactică și Pedagogică, 1967. - 290 p. - Bibliogr. p.285.
5. Georgescu, Sever Iosif. Fundamentele termodinamicii clasice : Teorie, aplicații, probleme (sistem clasic, sistem grilă), extensii, lucrări de lab. / Sever Georgescu, Daniel-Sever Georgescu. - București : Ars Docendi , 2008. - 416 p.: fig.- ISBN 978-973-558-325-5. - Bibliogr. p. 411-413.
6. Hristev, Anatolie. Probleme de fizică : Termodinamică. Fizică moleculară și căldură : Pentru licee, bacalaureat și admitere în facultăți / A. Hristev. - București : Ed. APH , 1992. - 152 p. - ISBN 973-95175-1-X. - Bibliogr. p.148.
7. Kirillin, V. A. Termodinamica : trad. din lb. rusă / V. A. Kirillin, V. V. Sîcev, A. E. Șeindlin; cuv. înainte de I. Ursu. - Ed. a 2-a. - București : Ed. Șt. și encicl., 1985. - 541 p.
8. Moisil, George C. Termodinamica. - București : Ed. Acad. R.S.R., 1988. - 296 p. - (Bibl. profesorului de fizică).
9. Plăvițu, Constantin N. Termodinamica / C. N. Plăvițu ; Soc. Acad. Hyperion. - București : Ed. Victor, 2000. - 396 p. - ISBN 973-8128-01-3. - Bibliogr. p. 395-396.
10. Popescu, Ion M. Fizica : Termodinamica / Ion M. Popescu. - București : Ed. Politehnica Press, 2002. - 519 p. : il. - ISBN 973-85238-6-9. - Bibliogr. p. 517-519.

11. Popovici, Mircea-Mihail. Fenomene termice : Fizică moleculară, termodinamică și căldură: Fizică mediu 10-11-12. - București : Ed. Nemira, 1995. - 191 p. - ISBN 973-9144-62-4. - Bibliogr.: p.189.
12. Radcenco, Vsevolod. Termodinamica generalizată / V. T. Radcenco. - București : Ed. Tehnică, 1994. - 396 p. - ISBN 973-31-0646-1. - Bibliogr. p. 390-396.
13. Tănase, Dumitru. Probleme de fizică : Termodinamică, fizică moleculară și căldură / D. Tănase. - București : Teora , 1996. - 208 p. - ISBN 973-601-440-1
14. Țițeica, Șerban. Termodinamica / Ș. Țițeica. - București : Ed. Acad. R.S.R. , 1982. - 233 p.
15. Вукалович, М. П. Термодинамика : [Учеб. пособие для вузов] / М. П. Вукалович, И. И. Новиков. - М. : Машиностроение, 1972. - 670 p.
16. Задачи по термодинамике и статистической физике : Пер. с англ. / под. ред.: П. Ландсберга, И. П. Базарова. - М. : Мир , 1974. - 640 p. : graf.
17. Кубо, Риого. Термодинамика : Соврем. курс с задачами и решениями / Риого Кубо ; сост.: Х. Ичимура,...; пер. с англ. А. Г. Башкирова, Е. Е. Тареева; под ред. Д. Н. Зубарева, Н. М. Плакиды. - М. : Мир , 1970. - 304 p. : graf.:
18. Микрюков, В. Е. Курс термодинамики : Учеб. пособие для вузов / В. Е. Микрюков. - 3-е изд.. - М. : Учпедгиз , 1960. - 236 p.
19. Радушкевич, Л. В. Курс термодинамики : учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / Л. В. Радушкевич. - М.: Просвещение, 1971. - 288 p.
20. Сборник задач по общему курсу физики : Термодинамика и молекулярная физика : [Для физ. спец. вузов] / В. Л. Гинзбург, Л. М. Левин, Д. В. Сивухин (ред.), И. А. Яковлев. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Наука, 1976. - 207 p.
21. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Т.2 : Термодинамика и молекулярная физика : Для физ. спец. вузов / Д. В. Сивухин. - Изд. 3-е, испр. -М. : Наука, 1990 - 591 p.