

Ministerul Educației al Republicii Moldova
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți
Facultatea de Științe Reale
Catedra de științe fizice și ingineresti

CURRICULUM
la disciplina
FIZICĂ STATISTICĂ
(specialitatea *Fizică și Informatică*)

Autor: dr., conf. univ. Mihail Popa

Discutată la ședința Catedrei de
fizică și metodică predării fizicii
din **14 noiembrie 2011**,
proces-verbal Nr. **4**

Aprobată la ședința Consiliului Facultății de
Tehnică, Fizică, Matematică și Informatică
din **20 noiembrie 2012**
proces-verbal Nr. **3**

Bălți, 2011

I. DESCRIEREA UNITĂȚII DE CURS

Ia. Preliminarii

Fizica statistică reprezintă un curs de fizică teoretică și aparține științelor fundamentale care constituie baza pregătirii teoretice a viitorilor fizicieni și profesori de fizică.

Obiectul *fizicii statistice* este studiul legilor specifice care dictează comportarea și proprietățile corpurilor macroscopice, adică ale corpurilor formate dintr-un număr foarte mare de particule – atomi și molecule. Importanța *fizicii statistice* în cadrul fizicii teoretice provine din faptul că, cel mai adesea, în natură avem de-a face cu corpuri macroscopice a căror comportare nu poate fi complet descrisă prin metode pur mecanice, aceste corpuri se supun legilor statistice.

Fizică statistică este o disciplină aplicabilă numeroaselor probleme practice cu care se confruntă societatea noastră și trebuie să arătăm destulă pricepere în studiul său pentru a o aplica cu folos oriunde, în lumea reală în care trăim. Fie că problema ar fi menținerea calității aerului pe care-l inspirăm, a apei pe care o bem, a integrității resurselor naturale, producerea hranei, reciclarea nenumăratelor produse și resurse minerale, producerea directă și utilizarea combustibililor nucleari, geotermali, fosili, a energiei geotermale sau solare, etc. Termodinamica intervine chiar și în probleme de comunicații, prin intermediul entropiei.

Cursul de *FIZICĂ STATISTICĂ* are următoarele scopuri. În primul rând, de a comunica studenților principiile și legile de bază ale fizicii statistice, de a-i familiariza cu fenomenele fizice de bază, cu metodele de observare și studiere experimentală a lor. În al doilea rând, de a deprinde studentul cu sistemul deductiv al fizicii statistice și cu aplicarea acestuia la alte sisteme termodinamice din alte compartimente ale fizicii. În al treilea rând, de a crea o concepție corectă despre rolul fizicii statistice în progresul tehnico-științific și de a dezvolta curiozitatea, priceperea și interesul pentru soluționarea problemelor cu caracter tehnico-științific sau aplicativ.

Cunoștințele acumulate în cadrul acestui curs vor contribui la pregătirea temeinică a specialiștilor de la specialitatea „Fizică și Informatică”.

Ib. Administrarea disciplinei

Codul disciplinei în planul de învățământ	Anul de studii	Semestrul	Numărul de ore			Evaluarea		Numele cadrului didactic care predă unitatea de curs
			prelegeri	seminare	laborator	Nr. de credite	Forma de evaluare finală	
S1.08.A.070	IV	VIII	32	24	-	3	Examen	Mihail Popa, dr., conf. univ.

Metode de predare și învățare utilizate: conversația didactică, explicația, prelegerea, problematizarea, demonstrația, modelarea, algoritmizarea, exercițiul etc.

Limba de predare: româna. Unitatea de curs poate fi predată și în limba rusă (după necesitate).

Ic. Obiectivele cursului exprimate în finalități de studiu și competențe

Finalități de studii:

La finele cursului studenții vor fi capabili:

- să definească principiile, postulatele și legile de bază a fizicii statistice;
- să explice științific corect fenomenele fizice, modelele fizice și teoriile fizicii statistice;
- să cunoască sistemul deductiv al fizicii statistice;

- să aplice expresiile matematice ale legilor fizicii statistice la rezolvarea problemelor specifice, să posede priceperi și deprinderi de a rezolva de sine stătător probleme de fizică statistică;
- să înțeleagă conexiunile intra- și interdisciplinare ale fizicii statistice cu alte ramuri ale fizicii;
- să aplice sistemul deductiv al fizicii statistice în cazul gazelor ideale, radiației termice, soluțiilor, elementelor galvanice, sistemelor elastice, dielectrice, magnetice și supraconductoare etc.

Competențele vizate:

- Recunoașterea, explicarea, ilustrarea, prelucrarea și esențializarea conținutului științific specific teoriilor fizicii statistice;
- Descrierea, înțelegerea, construirea și aplicarea modelelor fizice;
- Rezolvarea de probleme cu grad sporit de dificultate, calitative și cantitative, utilizând conținutul cursului respectiv;
- Evidențierea conexiunilor intra- și interdisciplinare ale fizicii statistice;
- Capacitatea de a căuta, prelucra și analiza informații dintr-o varietate de surse bibliografice și întocmirea unor referate științifice;
- Capacitatea de a aplica cunoștințele din fizica statistică la rezolvarea unor probleme concrete din alte domenii ale fizicii, cum ar fi: fizica stării solide, electricitate și magnetism, optică etc.

Id. Condiționările și exigențele prealabile

Înainte de începerea studiilor cursului dat studentul trebuie să îndeplinească planul de învățământ (să susțină toate probele de evaluare preconizate, să efectueze și să susțină lucrările de laborator, să susțină examene) la toate cursurile de *Fizică generală* (Mecanică și bazele acusticii, Fizică moleculară și bazele termodinamicii, Electricitate și Magnetism, Optica, Fizica atomului și nucleului), precum și la unele cursuri de *Fizică teoretică* (Mecanica teoretică, Modelele fizicii matematice, Electrodinamica și Teoria specială a relativității, Mecanica cuantică și Termodinamică).

De asemenea, studentul trebuie să îndeplinească planul de învățământ la *Matematică superioară* și *Informatica generală*.

II. CONȚINUTUL CURSULUI

IIa. Tematica și repartizarea orelor la prelegeri

Conținuturi	Nr. de ore	Referințe bibliografice
Tema 1. Obiectul de studiu, metoda și metodologia fizicii statistice.	1	[1], pag. 5-15; [2], pag. 3-6; [3], pag. 11-12; [4], pag. 9 -13; [5], pag. 11-20.
Tema 2. Modelul clasic al gazului ideal. Distribuția Maxwell a moleculelor gazului după viteze.	2	[1], pag. 49-58; [2], pag.22-24,27-34; [3], pag. 83-85; [4], pag. 30-31; [5], pag.41-45,57-59.
Tema 3. Dependența de temperatura a distribuției Maxwell a moleculelor gazului după viteze.	2	[1], pag. 58-63; [2], pag. 7-9, 21-26, ; [3], pag. 35-41, 44; [4], pag. 31 - 41; [5], pag. 20-24, 59;

Conținuturi	Nr. de ore	Referințe bibliografice
Tema 4. Vitezele caracteristice ale distribuției maxwelliene (viteza cea mai probabilă, viteza medie aritmetică și viteza pătratică medie)	2	[1], pag.64-68; [2], pag. 35-38; [3], pag. 47-50; [4], pag. 28-30, 128; [5], pag. 61-67.
Tema 5. Ciocnirea moleculelor cu pereții vasului. Legătura dintre presiunea gazului și energia cinetică medie a moleculelor. -	2	[1], pag. 68; [2], pag. 41-50; [3], pag. 112-113; [4], pag. 47-54.
Tema 6. Distribuția Maxwell-Boltzmann. Formula barometrică. Difuzia atmosferei în spațiu.	2	[1], pag. 131-134; [2], pag. 195-203; [3], pag. 108-112; [4], pag. 16-22; [5], pag. 75-79.
Tema 7. Noțiuni fundamentale ale teoriei cinetice: secțiunea transversală, lungimea drumului liber mediu, număr mediu de ciocniri pe secundă, timp de relaxare. Legea de distribuție a drumurilor libere.	2	[1], pag. 79-86; [2], pag. 62-71; [3], pag. 25-29; [5], pag. 123-127.
Tema 8. Fenomene de transport în gaze (viscozitatea, conductivitatea termică și difuzia) și legile acestora. Coeficienții de transport și legătura dintre ei.	3	[1], pag. 87-94; [2], pag. 71-81; [3], pag. 80-87; [4], pag. 32-49; [5], pag. 86-88.
Tema 9. Concepțiile fundamentale ale fizicii statistice. Descrierea macroscopică și microscopică a unui sistem aflat în echilibru termodinamic. Reprezentarea sistemului în spațiul fazic. Teorema despre conservarea spațiului fazic (teorema Liouville).	2	[1], pag. 97-114; [2], pag. 109-114, 157-179; [3], pag. 12-13, 18-19; [4], pag. 46-50.
Tema 10. Distribuția microcanonică și cea canonică (distribuția Gibbs). Proprietățile distribuției canonice. Sensul fizic al parametrilor distribuției canonice.	2	[1], pag. 116-128; [2], pag. 185-195; [3], pag. 80-83; [4], pag. 65-69, 74-78; [5], pag. 86-93, 100.
Tema 11. Entropia și legătura ei cu probabilitatea. Principiul Boltzmann. Interpretarea statistică a principiului doi al termodinamicii. Legătura principiului doi al termodinamicii cu teoria informației.	2	[1], pag. 128-131; [2], pag. 114-131, 223-230; [3], pag. 31-39.
Tema 12. Integrala stărilor. Determinarea funcțiilor termodinamice ale gazului ideal. Ecuația de stare a gazului ideal.	2	[1], pag. 139-145; [2], pag. 230-237; [3], pag. 117-119; [4], pag. 94-100; [5], pag. 165-169.
Tema 13. Interpretarea statistică a sistemului de particule ce interacționează reciproc. Deducerea ecuației de stare a gazului real.	2	[1], pag. 145-154; [2], pag. 244-257; [3], pag. 142-144, [4], pag. 101-107, [5], pag. 122-134.
Tema 14. Teorema despre distribuția uniformă a energiei cinetice după gradele de libertate. Teoria clasică a capacității termice a solidelor.	2	[1], pag. 159-166; [2], pag. 81-91, 237-244; [3], pag. 184-186; [4], pag. 107-111.

Conținuturi	Nr. de ore	Referințe bibliografice
Tema 15. Bazele teoriei cuantice a capacității termice a solidelor. Temperatura Debay.	2	[1], pag. 236-240; [2], pag. 244-257; [3], pag. 187-191; [4], pag. 144-149; [5], pag. 104-111.
Tema 16. Statistica sistemelor formate din particule identice. Statistica Fermi-Dirac și statistica Bose-Einstein. Condiția de trecere a statisticilor cuantice în statistica clasică. Criteriul de degenerare.	2	[1], pag. 205-219; [2], pag. 332-349; [3], pag. 150-157; [4], pag. 126-134.

Total 32h

Ib. Repartizarea temelor pentru studiu individual

Conținuturi	Referințe bibliografice
Tema 17. Elemente din teoria probabilităților. Fenomene aleatorii. Evenimente aleatorii. Mărimi aleatorii. Probabilitatea evenimentului. Funcția de distribuție. Proprietățile probabilităților. Teorema de adunare și scădere a probabilităților.	[1], pag. 16-27; [2], pag. 6-21; [3], pag. 66-72; [4], pag. 54-61,
Tema 18. Valori medii ale mărimilor aleatorii. Deviații de la valorile medii. Exemple de legi de distribuție a mărimilor aleatorii.	[1], pag. 27-39; [2], pag. 74-75; [3], pag. 14-15; [4], pag. 50-58; [5], pag. 93-97.
Tema 19. Confirmarea experimentală a distribuției Maxwell a moleculelor gazului după viteze (experiențele lui Sten, Compton, Smith, Costa, Eltridge).	[1], pag. 74-75; [2], pag. 38-41; [3], pag. 98-103; [4], pag. 73-87; [5], pag. 38-41.
Tema 20. Elemente din teoria fluctuațiilor. Calculul mărimilor medii și a dispersiei mărimilor termodinamice. Fluctuații ale densității în gaze și lichide. Difuzia moleculară a luminii și opalescența critică. Mișcarea browniană.	[1], pag. 176-191; [2], pag. 138-156; [3], pag. 16-18; [4], pag. 114-134.
Tema 21. Statistica radiației termice. Formulele Stefan-Boltzmann, Rayleigh-Jeans și Planck. Legea de deplasare a lui Wien.	[1], pag. 167-171, 241-243; [2], pag. 286-300; [3], pag. 173-179; [4], pag. 3-40, 111-113. [5], pag. 140-145.

Ic. Tematica și repartizarea orelor la seminare

Nr. d/o.	Temă	Numărul de ore
1	Distribuția Maxwell a moleculelor gazului după viteze	2
2	Vitezele caracteristice ale distribuției maxwelliene	2
3	Legătura dintre presiunea gazului și energia cinetică medie a moleculelor. Distribuția Maxwell-Boltzmann. Formula barometrică	2
4	Fenomene de transport în gaze	2
5	Probă de evaluare nr. 1	2

6	Spațiul fazic. Teorema Liouville despre conservarea spațiului fazic	2
7	Distribuția microcanonică și canonică a lui Gibbs	2
8	Entropia și legătura ei cu probabilitatea. Principiul Boltzmann	2
9	Integrals stărilor. Ecuația de stare a gazului ideal. Ecuația de stare a gazului real	2
10	Elemente din teoria fluctuațiilor și mișcarea browniană	2
11	Statistica Fermi-Dirac și statistica Bose-Einstein.	2
12	<i>Probă de evaluare nr. 2</i>	2

Total 24h

III. EVALUAREA DISCIPLINII

IIIa. Evaluarea curentă:

La prelegeri se realizează evaluări formative, care exclud aprecierea prin note.

La seminare studentul rezolvă probleme, face demonstrații și deduceri și acumulează note. Tot aici se susțin *două probe de evaluare*, care conțin însărcinări atât teoretice, cât și practice. Media aritmetică a notelor de la seminare reprezintă *nota reușitei curente*.

IIIb. Mostre de probe de evaluare curentă:

Mostra nr. 1:

Explicați și deduceți:

1. Explicați termenii: secțiune efectivă de ciocnire, lungimea drumului liber mediu, numărul mediu de ciocniri pe secundă;
2. Deduceți legătura dintre presiunea gazului și energia cinetică medie a moleculelor;
3. Descrieți experiența lui Stern (scopul, instalația experimentală, rezultate și concluzii).

Rezolvați problemele:

4. Să se calculeze:
 - a) raportul concentrațiilor hidrogenului ($M_1 = 2 \text{ kg/kmol}$) față de bioxidul de carbon ($M_2 = 44 \text{ kg/kmol}$) funcție de înălțime;
 - b) înălțimea la care acest raport se triplează, presupunând că la nivelul solului cele două gaze au aceleași concentrații. Se consideră că temperatura $T = 280\text{K}$, accelerația gravitațională $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ și că acestea nu variază cu înălțimea. Se cunoaște: $R = 8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.
5. Să se calculeze procentul de molecule ale căror viteze sunt cuprinse între viteza cea mai probabilă și viteză a pătratică medie.

Mostra nr. 2:

Explicați și deduceți:

1. Explicați termenii din teoria fluctuațiilor: deviația de la valoarea medie, pătratul deviației, pătratul mediu al deviației, fluctuația mărimii fizice, fluctuația pătratică a mărimii fizice.
2. Deduceți teorema lui Liouville cu privire la conservarea spațiului fazic.
3. Deduceți legea lui Diulong-Peti.

Rezolvați problemele:

1. Considerând că oscilațiile atomilor corpului solid sunt anarmonice cu ecuația potențială $U = ax^2 - bx^4$, determinați capacitatea termică.
2. Determinați constanta β pentru distribuția Bose-Einstein și Fermi-Dirac.

IIIc. Evaluarea finală:

Evaluarea finală se realizează în formă de examen scris. Durata desfășurării examenului – 2 ore astronomice. Biletele de examinare cuprind două subiecte teoretice și o problemă. Nota finală = $0.6 \times \text{Nota reușitei curente} + 0.4 \times \text{Nota de la examen}$

IIIId. Chestionar:

1. Obiectul de studiu, metoda și metodologia fizicii statistice.
2. Elemente din teoria probabilităților. Fenomene aleatorii. Evenimente aleatorii. Mărimi aleatorii. Probabilitatea evenimentului. Funcția de distribuție. Proprietățile probabilităților. Teorema de adunare și scădere a probabilităților.
3. Valori medii ale mărimilor aleatorii. Deviații de la valorile medii. Exemple de legi de distribuție a mărimilor aleatorii.
4. Modelul clasic al gazului ideal. Distribuția Maxwell a moleculelor gazului după viteze.
5. Dependența de temperatura a distribuției Maxwell a moleculelor gazului după viteze.
6. Vitezele caracteristice ale distribuției maxwelliene (viteza cea mai probabilă, viteza medie aritmetică și viteza pătratică medie)
7. Confirmarea experimentală a distribuției Maxwell a moleculelor gazului după viteze (experiențele lui Sten, Compton, Smith, Costa, Eltridge).
8. Ciocnirea moleculelor cu pereții vasului. Legătura dintre presiunea gazului și energia cinetică medie a moleculelor.
9. Distribuția Maxwell-Boltzmann. Formula barometrică. Difuzia atmosferei în spațiu.
10. Noțiuni fundamentale ale teoriei cinetice: secțiunea transversală, lungimea drumului liber mediu, număr mediu de ciocniri pe secundă, timp de relaxare. Legea de distribuție a drumurilor libere.
11. Fenomene de transport în gaze (viscozitatea, conductivitatea termică și difuzia) și legile acestora. Coeficienții de transport și legătura dintre ei.
12. Concepțiile fundamentale ale fizicii statistice. Descrierea macroscopică și microscopică a unui sistem aflat în echilibru termodinamic. Reprezentarea sistemului în spațiul fazic. Teorema despre conservarea spațiului fazic (teorema Liouville).
13. Distribuția microcanonică și cea canonică (distribuția Gibbs). Proprietățile distribuției canonice. Sensul fizic al parametrilor distribuției canonice.
14. Entropia și legătura ei cu probabilitatea. Principiul Boltzmann. Interpretarea statistică a principiului doi al termodinamicii. Legătura principiului doi al termodinamicii cu teoria informației.
15. Integrala stărilor. Determinarea funcțiilor termodinamice ale gazului ideal. Ecuația de stare a gazului ideal.
16. Interpretarea statistică a sistemului de particule ce interacționează reciproc. Deducerea ecuației de stare a gazului real.
17. Teorema despre distribuția uniformă a energiei cinetice după gradele de libertate. Teoria clasică a capacității termice a solidelor.
18. Elemente din teoria fluctuațiilor. Calculul mărimilor medii și a dispersiei mărimilor termodinamice. Fluctuații ale densității în gaze și lichide. Difuzia moleculară a luminii și opalescența critică. Mișcarea browniană.
19. Bazele teoriei cuantice a capacității termice a solidelor. Temperatura Debay.
20. Statistica sistemelor formate din particule identice. Statistica Fermi-Dirac și statistica Bose-Einstein. Condiția de trecere a statisticelor cuantice în statistica clasică. Criteriul de degenerare.
21. Statistica radiației termice. Formulele Stefan-Boltzmann, Rayleigh-Jeans și Planck. Legea de deplasare a lui Wien.

IIIe. Mostre de probe de evaluare finală:

Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți
Facultatea de Științe Reale
Catedra de științe fizice și inginerești

Bilet de examinare Nr. 1

Examen la *Fizică statistică* (specialitatea *Fizică și Informatică*)

Aprob:

Sef de catedră _____

Expuneți temele:

1. Modelul clasic al gazului ideal. Distribuția Maxwell a moleculelor gazului după viteze.
2. Entropia și legătura ei cu probabilitatea. Principiul Boltzmann. Interpretarea statistică a principiului doi al termodinamicii. Legătura principiului doi al termodinamicii cu teoria informației.

Rezolvați problema:

3. Într-un vas de volum $V = 2l$ se află $N = 4 \cdot 10^{22}$ molecule a unui gaz biatomic. Coeficientul de conductibilitate termică al gazului $\chi = 0,014W / m \cdot K$. Determinați coeficientul de difuziune al gazului în aceste condiții.

Data _____

Examinator _____

Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți
Facultatea de Științe Reale
Catedra de științe fizice și inginerești

Bilet de examinare Nr. 2

Examen la *Fizică statistică* (specialitatea *Fizică și Informatică*)

Aprob

Sef de catedră _____

Expuneți temele:

1. Fenomene de transport în gaze (viscozitatea, conductivitatea termică și difuzia) și legile acestora. Coeficienții de transport și legătura dintre ei.
2. Statistica sistemelor formate din particule identice. Statistica Fermi-Dirac și statistica Bose-Einstein. Condiția de trecere a statisticelor cuantice în statistica clasică. Criteriul de degenerare.

Rezolvați problema:

3. Să se afle raportul $\frac{\Delta N_1}{\Delta N_2}$ dintre numărul de molecule cu vitezele cuprinse în intervalul $(v_p, v_p + \Delta v)$ și numărul de molecule cu vitezele cuprinse în intervalul $(\sqrt{\langle v^2 \rangle}, \sqrt{\langle v^2 \rangle} + \Delta v)$, unde v_p și $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ reprezintă viteza cea mai probabilă și respectiv viteza pătratică medie.

Data _____

Examinator _____

IV. BIBLIOGRAFIE

- *obligatorie:*

1. Ноздрев, В. Ф., Сенкевич, А.А., *Курс статистической физики*, Москва, Высшая школа, 1975, 288с.;
2. Радужкевич, Л. В., *Курс статистической физики*, Москва, Просвещение, 1976, 288с.;
3. Landau, L.D., Lifșitș, E.M., *Fizica statistică*, București, Editura Tehnică, 1988, 486p. (în rusă: Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М., *Статистическая физика*, Москва, Наука, 1978, 234с.);
4. Țițeica, Ș., *Curs de fizică statistică și teoria cuantelor*, 2000, București, ALL Educațional, 2000, 326 p.;
5. Gabos, Z., Gherman, O., *Termodinamica și fizica statistică*, București, Editura didactică și pedagogică, 1967, 290 p.;
6. Серова, Ф. Г., Янкина, А. А., *Сборник задач по теоретической физики (квантовая механика, статистическая физика)*, Москва, Просвещение, 1977, 192с. .

- *suplimentară:*

7. Luca, E., Zet, Gh., Ciubotariu, C., Jeflea A., Pasnicu C., *Fizică, vol. 1, Mecanică, fizică statistică și termodinamică*, București, Editura științifică, 1995, 354 p.
8. Анселм, А.И., *Основы статистической физики и термодинамике*, Москва, Наука, 1973, 268с.;
9. Василевский, А.С., Мултановский, В.В., *Статистическая физика и термодинамика*, Москва, Наука, 1985, 198с.;
10. Квасников, И. А., *Термодинамика и статистическая физика*, Москва, Изд-во МГУ, 1991, 422 с.;
11. Румер, Ю.Б., Рывкин, М.С., *Термодинамика, статистическая физика и кинетика*, Москва, Наука, 1977, 552 с.;
12. Терлецкий, Я.П., *Статистическая физика*, Москва, Наука, 1966, 258с.
13. Толпыго, К. Б., *Термодинамика и статистическая физика*, Киев, Издательство Киевского Университета, 1966, 364 с.;
14. Варикаш, В.М., Болсун, А.И., Аксенов, В.В., *Сборник задач по статистической физики*, Москва, Высшая школа, 1979, 221 с.
15. *Задачи по термодинамике и статистической физике*, под редакцией П. Ландсберга., Москва, Наука, 1974.