

UNIVERSITATEA DE STAT „ALECU RUSSO” DIN BĂLȚI
FACULTATEA DE ȘTIINȚE REALE, ECONOMICE ȘI ALE MEDIULUI
CATEDRA DE ȘTIINȚE FIZICE ȘI INGINEREȘTI

Discutat în ședința
Catedrei de științe fizice și ingineresti

din 23. 10. 2014

proces-verbal nr. 3

Aprobat în ședința
Consiliului Facultății de Științe Reale,
Economice și ale Mediului

din 24. 11. 2014

proces-verbal nr. 3

Fizică generală II

Curriculum disciplinar
(*ciclul I, specialitatea Educație tehnologică*)

Autor: Mihail Popa,
conf. univ., dr.

I. Informații de identificare a cursului

Facultatea: *Științe Reale, Economice și ale Mediului*

Catedra: *Științe fizice și inginerești*

Domeniul general de studiu: *14. Științe ale educației*

Domeniul de formare profesională la ciclul I: *141. Educație și formarea profesorilor*

Denumirea specialității / specializării: *141.14. Educație tehnologică*

Administrarea unității de curs:

| Codul unității de curs | Credite ECTS | Total ore | Repartizarea orelor | | | | Forma de evaluare | Limba de predare |
|------------------------|--------------|-----------|---------------------|------|------|------------|-------------------|------------------|
| | | | Prel. | Sem. | Lab. | Lucr. ind. | | |
| F.02.O.012 | 5 | 150 | 30 | 15 | 30 | 75 | Examen | Română |

Statutul: *disciplină fundamentală*

II. Informații referitoare la cadrul didactic



Titularul cursului – Popa Mihail, doctor în științe fizico-matematice, conferențiar universitar;

– Licențiat în Fizică și Tehnică, Facultatea de Tehnică, Fizică și Matematică, Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți (1993);

– Stagiunea de doctorat, Facultatea de Fizică, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași Romania (1999–2003);

– Stagiunea de post-doctorat, Nanobiomedical Centre, Adam Mickiewicz University of Poznan, Poland (2013– 2014).

Biroul: Blocul II, aula 240

Nr. telefon de contact: 068020395

Adresa e-mail: miheugpopa@yahoo.com

Ore de consultații: joi, 14.00-16.00. Pot oferi consultații și în orele libere de la facultate, pot răspunde la întrebări utilizând și alte surse informaționale.

III. Integrarea cursului în programul de studii

Fizica aparține științelor fundamentale care constituie baza pregătirii teoretice a inginerilor și joacă rolul unei temelii fără de care este imposibilă activitatea rodnică a inginerului în orice domeniu al tehnicii moderne. Pe parcursul ultimelor trei secole dezvoltarea tehnicii a mers pas cu pas cu dezvoltarea fizicii, care anticipa și argumenta științific direcții noi ale tehnicii.

Cursul de *FIZICĂ GENERALĂ II* include două compartimente importante ale fizicii: *Fizica moleculară și Optica*.

Sub titlul *Fizică moleculară* sunt cuprinse, după cum ne-o confirmă literatura de specialitate, studiul fenomenelor și proprietăților corpurilor determinate de caracteristicile moleculelor constituente, precum și de interacțiunile lor. Este un domeniu foarte vast al fizicii clasice cuprinzând în primul rând caracteristicile mecanice și termice ale corpurilor, dar și legile generale care le guvernează, legile termodinamicii și ale fizicii statistice care sunt esențiale în studiul tuturor proceselor fizice. Stabilirea unor relații corecte între lumea microscopică și cea macroscopică face posibilă înțelegerea fenomenelor fizice și permite utilizarea rezultatelor teoretice în domeniul aplicativ.

În prezent materialul factic din *Optică și Spectroscopie* este inimaginabil de bogat. Importanța cunoașterii acestor domenii din fizică rezultă imediat dacă ne gândim la multiplele aplicații ale opticii și spectroscopiei în transportul informațiilor, în cercetarea cosmosului, a oceanului, în stabilirea compoziției sau a structurii substanțelor.

Cursul de *FIZICĂ GENERALĂ II* are următoarele scopuri. În primul rând, de a comunica studenților cu profil tehnic principiile și legile de bază ale fizicii; 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 metodele principale de măsurare exactă a mărimilor fizice, precum și cu cele mai simple metode de prelucrare a datelor experimentale. În al treilea rând, de a crea o concepție corectă despre rolul fizicii moleculare în progresul tehnico-științific și de a dezvolta curiozitatea, pricepera și interesul pentru soluționarea problemelor cu caracter tehnico-științific sau aplicativ.

Cunoștințele acumulate în cadrul acestui curs vor contribui la studierea cu succes a științelor tehnico-tehnologice: mecanicii mașinilor, electronicii, termotehnicii, radiotehnicii etc.

IV. Competențe prealabile

Înainte de începerea studierii cursului dat studentul trebuie să îndeplinească planul de învățământ la cursurile de *Fizică generală I* și *Matematică superioară I* (să susțină toate probele de evaluare preconizate, să efectueze și să susțină lucrările de laborator, să susțină examenele).

V. Competențe dezvoltate în cadrul cursului

- Cunoașterea legilor fundamentale și a sistemului deductiv al fizicii generale;
- Tratarea științifică corectă a fenomenelor fizice din natură și laborator;
- Cunoașterea aplicațiilor directe ale legilor fizicii și ale fenomenelor fizice în diferite dispozitive tehnice;
- Descrierea, înțelegerea, construirea și aplicarea modelelor fizice;
- Aplicarea corectă a aparatului matematic la rezolvarea problemelor fizice;
- Cunoașterea transformărilor în unități SI ale unităților de măsură ale mărimilor fizice în problemele de fizică;
- Dezvoltarea capacității de a prelucra și interpreta datele experimentale;
- Dezvoltarea capacității de a căuta, prelucra și analiza informații dintr-o varietate de surse bibliografice, de elaborare a unor referate științifice;
- Evidențierea conexiunilor intra- și interdisciplinare ale fizicii;
- Capacitatea de a aplica cunoștințele din fizica generală rezolvarea unor probleme concrete din alte domenii ale fizicii aplicate și tehnicii.

VI. Finalități de studii

La finele cursului studenții vor fi capabili:

- să definească principiile, postulatele și legile de bază ale fizicii generale;
- să înțeleagă și să explice științific corect fenomenele fizice din natură și laborator;
- să cunoască deducerea (demonstrarea) legilor fizice și a formulelor de calcul ale mărimilor fizice;
- să aplice expresiile matematice ale legilor fizicii la rezolvarea problemelor de fizică generală;

- să cunoască transformările în unități SI ale unităților de măsură ale mărimilor fizice și să le aplice la rezolvarea problemelor de fizică;
- să cunoască metodele de rezolvare ale problemelor de fizică;
- să poată alege cea mai rațională metodă de rezolvare a fiecărei probleme;
- să poată aplica diferite metode de rezolvare pentru aceeași problemă de fizică;
- să înțeleagă conexiunile intra- și interdisciplinare ale fizicii cu alte ramuri ale științei.

VII. Conținuturi

| <i>Nr. ord.</i> | <i>Teme predate</i> | <i>Nr. de ore</i> |
|---------------------------------|---|-------------------|
| <i>FIZICA MOLECULARA</i> | | |
| 1. | Obiectul fizicii moleculare. Metodele statistică (cinetico-moleculară) și termodinamică de cercetare a proprietăților fizice ale sistemelor macroscopice. Sisteme termodinamice. Parametri și procese termodinamice. Gazul ideal. Ecuația fundamentală a teoriei cinetico-moleculare. Ecuația de stare a gazului ideal. | 2 |
| 2. | Legea de distribuție a moleculelor gazului după viteze (legea lui Maxwell). Viteza cea mai probabilă. Viteza medie aritmetică. Viteza pătratică medie. Experiența lui Stern. | 2 |
| 3. | Formula barometrică. Legea lui Boltzmann pentru distribuția particulelor într-un câmp potențial exterior. Determinarea numărului lui Avogadro de către J. Perrin. | 2 |
| 4. | Ciocniri intermoleculare. Drumul (parcursul) liber mediu al moleculelor. Secțiunea efectivă de ciocnire. Formula lui Maxwell pentru drumul liber mediu. Dependența de temperatură și presiune a drumului liber mediu. | 2 |
| 5. | Fenomene de transport în gaze (difuziunea, conductivitatea termică și viscozitatea). Legile lui Fick, Fourier și Newton. Coeficienții fenomenelor de transport și relațiile dintre ei. | 2 |
| 6. | Primul principiu al termodinamicii. Energia internă a sistemului termodinamic. Lucrul și căldura. Capacitatea termică (capacitatea calorică), capacitatea termică specifică (căldura specifică), capacitatea termică molară (căldura molară). | 2 |
| 7. | Aplicații ale primului principiu al termodinamicii la diferite izoprocese. Ecuația lui Mayer. Procesul adiabatic. Ecuația lui Poisson. Exponentul adiabatic. Lucrul efectuat de gazul ideal în procesul adiabatic. | 2 |
| 8. | Procese reversibile și ireversibile. Procese ciclice. Ciclul Carnot. Randamentul ciclului Carnot. Ciclul Carnot invers și coeficientul frigorific al acestuia. | 2 |
| 9. | Entropia. Entropia gazului ideal. Inegalitatea lui Clausius. Principiul al doilea al termodinamicii. | 2 |
| <i>OPTICA</i> | | |
| 10. | Obiect de studiu al Opticii. Dualismul unda-corpusul privind natura luminii. Legile fundamentale ale opticii. Elemente din teoria electromagnetică a luminii. Presiunea luminii. | 2 |
| 11. | Interferența luminii. Coerența. Condițiile de interferență. Metode de obținere a undelor coerente în optică. Aplicații practice ale interferenței. | 2 |

| | | |
|-----|---|---|
| 12. | Difracția luminii. Principiul Huygens-Fresnel. Metoda zonelor Fresnel. Difracția Fresnel de la un orificiu circular și de la un disc mic. Difracția Fraunhofer de la o fantă. Rețeaua de difracție. | 2 |
| 13. | Polarizarea luminii. Lumina naturală și polarizată. Transversalitatea undelor de lumină. Polarizator și analizor. Legea lui Malus. Gradul de polarizare. Polarizarea luminii prin reflexie. Legea lui Brewster. | |
| 14. | Lentile subțiri : clasificarea, mărimile caracteristice, formula și construcția de imagini. Instrumente (aparate) optice: aparatul fotografic, aparatul de proiecție, luneta, microscopul. | 2 |
| 15. | Radiația termică. Mărimi caracteristice radiației termice. Legile radiației corpului absolut negru (Kirchhoff, Stefan-Boltzmann, Wien, Rayleigh-Jeans și Planck). Pirometria optica. | 2 |

Total 30 ore

| <i>Nr. ord.</i> | <i>Teme pentru studiu individual</i> |
|-----------------|---|
| 1. | Izoprocese. Legile gazului ideal (Boyle-Mariotte, Gay-Lusac, Charles, Avogadro, Clapeyron și Dalton). Reprezentarea grafică a izoproceselor. |
| 2. | Ciclul de funcționare al motorului Otto și al motorului Diesel. Randamentul motoarelor termice. |
| 3. | Gazele reale. Ecuația lui Van der Waals. Izotermele gazelor reale. Starea critică. Parametrii critici. |
| 4. | Structura lichidelor. Tensiunea superficială. Energia liberă a stratului superficial. Formula lui Laplace. Fenomene capilare. Unghi de racordare. Legea lui Jurin. |
| 5. | Mărimi fotometrice. Unități energetice și fotometrice. Curba de vizibilitate. Fotometria. Fotometre. |
| 6. | Dispersia luminii. Viteza de grup. Teoria electronică clasică a dispersiei luminii. Absorbția luminii. Legea Bouguer-Lambert. |
| 7. | Birefrința. Prisma Nicol și polarizorul Drace. Birefrința provocată (fotoelasticitate, efectul fotooptic și efectul magneto optic). Polarizarea rotatorie. Aplicații. |

| <i>Nr. ord.</i> | <i>Tematica seminarelor</i> | <i>Nr. de ore</i> |
|-----------------|--|-------------------|
| | <i>FIZICA MOLECULARA</i> | |
| 1. | Bazele teoriei cinetico-moleculare a gazului ideal | 2 |
| 2. | Fenomene de transport în gaze | 2 |
| 3. | Bazele termodinamicii | 2 |
| | <i>OPTICA</i> | |
| 4. | Optica ondulatorie | 4 |
| 5. | Optica geometrică | 2 |
| 6. | Optica cuantică | 1 |
| 7. | <i>Probă de evaluate la Fizică generală I</i> | 2 |

Total 15 ore

Tematica lucrărilor de laborator la *Fizică moleculară*

1. Determinarea umidității aerului prin diferite metode;
2. Determinarea coeficientului de viscozitate a lichidelor cu ajutorul viscozimetrului Ostwald-Pinchevici;
3. Determinarea coeficientului de dilatare liniară a solidului;
4. Determinarea caldurii specifice a lichidelor și a caldurii latente de vaporizare cu ajutorul electrocalorimetrului;
5. Determinarea coeficientului de conductibilitate termică a metalelor;
6. Determinarea raportului căldurilor specifice ale gazului după metoda lui Clement – Desormes;
7. Determinarea coeficientului de tensiune superficială a lichidelor;
8. Determinarea coeficientului de frecare interioară a gazului;
9. Determinarea capacității termice a metalelor prin metoda răcirii.

Tematica lucrărilor de laborator la *Optică*

1. Determinarea iluminării cu ajutorul luxmetrului;
2. Determinarea razei de curbură a lentilei și lungimii de undă a luminii cu ajutorul inelelor lui Newton;
3. Determinarea indicelui de refracție a sticlei și lichidului cu ajutorul microscopului și refractometrului;
4. Determinarea măririi microscopului;
5. Studiarea birefrinței luminii cu ajutorul polariscopului;
6. Determinarea concentrației bioxidului de carbon în aer cu ajutorul interferometrului;
7. Determinarea unghiului de rotație a planului de polarizare și a concentrației soluției de zahăr cu ajutorul zaharimetrului;
8. Determinarea constantei lui Stefan - Boltzmann cu ajutorul pirometrului de radiație;
9. Determinarea constantei lui Planck cu ajutorul pirometrului optic.

| <i>Nr.</i> | <i>Activitate de laborator</i> | <i>Nr. de ore</i> |
|------------|--|-------------------|
| 1. | Introducere. Regulile tehnicii securității în laboratorul didactic. | 2 |
| 2. | Efectuarea a 6 lucrări de laborator la <i>Fizică moleculară</i> . Susținerea lucrărilor de laborator. | 12 |
| 3. | Efectuarea a 6 lucrări de laborator la <i>Optică</i> . Susținerea lucrărilor de laborator. | 12 |
| 4. | Susținerea finală a lucrărilor de laborator. | 4 |

Total 30 ore

VIII. Activități de lucru individual și Evaluarea

1. La prelegeri se realizează evaluări formative, care exclud aprecierea cu note.
2. La fiecare seminar cadrul didactic prezintă studenților *sarcina la ore* (problemele care urmează fi rezolvate în cadrul unei sau mai multe ore de seminar) și *sarcina pentru acasă* (probleme care trebuie rezolvate individual). Fiecare student care iese la tablă prezintă sarcina pentru acasă, care este verificată de cadrul didactic. La apreciere 50% pondere din notă

constituie sarcina pentru acasă, iar alte 50% pondere reprezintă cunoașterea materialului teoretic și competențele de aplicare la rezolvarea problemelor. Tot aici se susțineo *probă de evaluare*. Media notelor acumulate la seminare reprezintă *media I*.

3. Fiecare lucrările de laborator se susține oral și se apreciază cu notă, iar media aritmetică a notelor de laborator reprezintă *media II*.

4. Media aritmetică dintre mediile I și II reprezintă *nota reușitei curente*.

5. Titularul de curs oferă consultații săptămânale pentru a ajuta studentul în realizarea sarcinilor propuse.

6. Nota finală la disciplina *Fizică fenerală II* se calculează conform formulei:

$$\text{Nota finală} = 0,6 \times \text{Nota reușitei curente} + 0,4 \times \text{Nota de la examen.}$$

7. Examenul final se susține în scris. Notele de la examen se anunță în ziua desfășurării examenului, după cel mult 2 ore de la finisarea examenului (timp de verificare a lucrărilor). În cazul în care studentul nu este de acord cu nota acumulată, el are dreptul să tragă un alt bilet de examinare și să rezolve la tablă toate subiectele din bilet.

VIII.I. Mostre de probe de evaluare:

Probă de evaluare la FIZICĂ GENERALĂ II

(specialitatea *Educație tehnologică*)

Aprob

Șef de catedră _____

Varianta I

Rezolvați problemele:

- (4p.) Viteza medie pătratică a moleculelor unui anumit gaz în condiții normale de temperatură și presiune este de 461m/s. Determinați numărul de molecule ce se conțin într-un gram din acest gaz.
- (4p.) Să se afle coeficientul de conductibilitate termică al aerului la temperatura de 10°C și presiunea de 10⁵ N/cm². Diametrul moleculei de aer se consideră egal cu 3×10⁻⁸cm.
- (5p.) O figură de difracție se observă la distanța *l* de la o sursă punctiformă de lumină monocromatică ($\lambda = 6 \times 10^{-5}$ cm). La o distanță de 0.5*l* de sursă este situat un obstacol rotund netransparent cu diametrul de 1 cm. Care este distanța *l*, dacă obstacolul acoperă numai zona centrală Fresnel?
- (5p.) Lumina naturală trece printr-un polarizor și un analizor, situate astfel, încît unghiul dintre planele lor principale să fie egal cu α . Atît polarizorul, cît și analizorul absoarbe și reflectă 8% din lumina ce cade pe el. S-a constatat, că intensitatea razei, care a ieșit din analizor, reprezintă 9% din intensitatea luminii naturale, ce cade pe polarizor. Să se afle unghiul α .

Barem de evaluare

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nr. puncte | 18 | 16-17 | 14-15 | 12-13 | 10-11 | 8-9 | 6-7 | 4-5 | 2-3 | 1 |
| Nota | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

15.V. 2013

dr., conf. univ. Mihail Popa _____

Probă de evaluare la FIZICĂ GENERALĂ II

(specialitatea *Educație tehnologică*)

Aprob
Șef de catedră _____

Varianta II

Rezolvați problemele:

1. (4p.) La ce înălțime densitatea unui gaz reprezintă 50% din densitatea acestuia la nivelul mării? Temperatura se consideră constantă și egală cu 0°C . Să se rezolve problema pentru: 1) aer; 2) oxigen.
2. (4p.) O masă de 10g de oxigen se află la presiunea de $3 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ și temperatura de 10°C . După încălzire la presiune constantă gazul a ocupat un volum de 10l. Să se afle: 1) cantitatea de căldură, primită de gaz, 2) variația energiei interne a gazului, 3) lucrul, efectuat de gaz la dilatare.
3. (5p.) O rază monocromatică cade normal pe suprafața laterală a unei prisme și este din aceasta, fiind abătută cu 25° de la direcția inițială. Indicele de refracție al materialului prisme pentru această rază este 1.7. Să se afle unghiul de refracție al prisme.
4. (5p.) Distanța dintre cel de-al cincilea și cel de-al douăzeci și cincilea inele ale lui Newton este egală cu 9 mm. Raza de curbură a lentilei este egală cu 15 m. Să se afle lungimea de undă a luminii monocromatice, ce cade normal pe instalație. Observările se fac în lumina reflectată.

Barem de evaluare

| | | | | | | | | | | |
|------------|----|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|---|
| Nr. puncte | 18 | 16-17 | 14-15 | 12-13 | 10-11 | 8-9 | 6-7 | 4-5 | 2-3 | 1 |
| Nota | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

15.V. 2013

dr., conf. univ. Mihail Popa _____

VIII.II. Mostre de bilete pentru examen:

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

Aprob
Șef de catedră _____

Bilet de examinare Nr. 1

Examen la *FIZICĂ GENERALĂ II*, specialitatea *Educație tehnologică*

Expuneți temele:

1. (7p.) Legea de distribuție a moleculelor gazului după viteze (legea lui Maxwell). Viteza cea mai probabilă. Viteza medie aritmetică. Viteza pătratică medie. Experiența lui Stern.
2. (7p.) Interferența luminii. Coerența. Condițiile de interferență. Metode de obținere a undelor coerente în optică. Aplicații practice ale interferenței.

Rezolvați problemele:

1. (5p.) O masă de 10g de oxigen, ce se află în condiții normale, se comprimă pînă la volumul

de $1.4 \times 10^{-3} \text{m}^3$. Să se afle presiunea și temperatura oxigenului după comprimare, dacă oxigenul se comprimă adiabetic. Determinați, de asemenea, lucrul efectuat la comprimare oxigenului.

2. (5p.) O rază de lumină trece printr-un lichid turnat într-un vas de sticlă ($n = 1,5$), și se reflectă de fund. Raza reflectată este total polarizată, când ea cade pe fundul vasului sub un unghi de $42^{\circ}37'$. Să se afle: 1) indicele de refracție al lichidului; 2) sub ce unghi trebuie să cadă pe fundul vasului raza de lumină, care merge în acest lichid, pentru ca să aibă loc reflexia totală.

Barem de evaluare

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nr. puncte | 24 | 22-23 | 19-21 | 16-18 | 13-15 | 10-12 | 7-9 | 5-6 | 3-4 | 1-2 |
| Nota | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

23. VI. 2013 Examinator: dr., conf. univ. Mihail Popa _____

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

Aprob
Șef de catedră _____

Bilet de examinare Nr. 2

Examen la *FIZICĂ GENERALĂ II*, specialitatea *Educație tehnologică*

Expuneți temele:

- (7p.) Aplicații ale primului principiu al termodinamicii la izoprocese gazului ideal. Ecuația lui Mayer. Procesul adiabetic. Ecuația lui Poisson. Exponentul adiabetic. Lucrul efectuat de gazul ideal în procesul adiabetic.
- (7p.) Difracția luminii. Principiul Huygens-Fresnel. Metoda zonelor Fresnel. Difracția Fresnel de la un orificiu circular și de la un disc mic. Difracția Fraunhofer de la o fantă. Rețeaua de difracție.

Rezolvați problemele:

- (5p.) De câte ori este mai mare coeficientul de frecare interioară al oxigenului decât coeficientul de frecare interioară al azotului? Temperatura gazelor este aceeași.
- (5p.) Filamentul spiral al unui bec electric cu intensitatea luminoasă de 100 lm este situată într-un balon sferic mat cu diametrul de: 1) 5 cm și 2) 10 cm. Să se determine radianța luminoasă și strălucirea becului în ambele cazuri. Pierderile de lumină învelișul balonului se neglijează.

Barem de evaluare

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nr. puncte | 24 | 22-23 | 19-21 | 16-18 | 13-15 | 10-12 | 7-9 | 5-6 | 3-4 | 1-2 |
| Nota | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

23. VI. 2013 Examinator: dr., conf. univ. Mihail Popa _____

IX. Bibliografie

1. DETLAF, A. A., IAVORSKI, B. M., *Curs de fizică*, Chişinău, „Lumina”, 1991, 564 p.;
2. PASNICU, C., ISTRATE M., URSU D., MATEESCU, N., *Curs de fizică (pentru ingineri)*, vol. I-II, Institutul Politehnic Iaşi, Facultatea de Mecanică, 1987, 493 p.;
3. CREȚU, TR. I., *Fizica. Curs universitar*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1996, 308 p.;
4. САВЕЛЪЕВ, И. В., *Курс де физикэ женеералэ*, вол. I şi II, Кишинэу, Едитура «Лумина», 1992, 380p / 360 p.;
5. SEARS, F. W., ZEMANSKY, M., YOUNG, H. D., *University Physics*, New-York, Addison-Wesley, 1992, 380 p.;
6. HALLIDAY, D., RESNICK, R., *Fundamentals of Physics*, 4th. Ed., London, Wiley, 1993, 340 p.;
7. ТРОФИМОВА, Т. И., *Курс физики*, том. I, Москва, «Высшая школа», 1990, 432 с.;
8. КИКОИН, А.К., КИКОИН, И.К., *Молекулярная физика*, Москва, «Наука», 1976, 480с.
9. ЛАНДСБЕРГ, Г.С., *Оптика*, Москва, «Наука», 1976, 926 с.
10. ВОЛКЕНШТЕЙН, В. С., *Кулежере де проблеме де физикэ женеералэ*, Кишинэу, «Лумина», 1981.