

IULIAN STANCU

CULEGERE DE PROBLEME DE FIZICĂ PENTRU CLASA A XII-A



eDidactica

CUPRINS

Prefață	5
CAPITOLUL 1 TEORIA RELATIVITĂȚII RESTRÂNSE.....	9
1.1 Bazele teoriei relativității restrânse.....	9
1.2. Postulatele teoriei relativității restrânse. Transformările Lorentz. Consecințe.....	12
1.3. Elemente de cinematică și dinamică relativistă	18
CAPITOLUL 2 ELEMENTE DE FIZICĂ CUANTICĂ	24
2.1. Efectul fotoelectric extern.....	24
2.2. Efectul Compton	36
2.3. Ipoteza de Broglie. Difracția electronilor. Aplicații	39
2.4. Dualismul undă-corpusul	42
CAPITOLUL 3 FIZICĂ ATOMICĂ.....	44
3.1. Spectre.....	44
3.2. Experimentul Rutherford. Modelul planetar al atomului.....	46
3.3. Experimentul Franck-Hertz	49
3.4. Modelul Bohr	50
3.5. Atomii cu mai mulți electroni	55
3.6. Radiații X.....	58
3.7. Efectul LASER	62
CAPITOLUL 4 SEMICONDUCTOARE. APLICAȚII ÎN ELECTRONICĂ.....	65
4.1. Conducția electrică în metale și semiconductori. Semiconductori intrinseci și extrinseci	65
4.2. Dioda semiconductoare. Redresarea curentului alternativ.....	69
4.3. Tranzistorul cu efect de câmp. Aplicații	73
4.4. Circuite integrate.....	76
CAPITOLUL 5 FIZICĂ NUCLEARĂ.....	81
5.1. Proprietăți generale ale nucleului.....	81
5.2. Energia de legătură a nucleului. Stabilitatea nucleului	87
5.3. Radioactivitatea. Legile dezintegrării radioactive	99
5.4. Interacțiunea radiației nucleare cu substanța. Detecția radiațiilor nucleare. Dozimetrie	105

5.5. Fiziunea nucleară. Reactorul nuclear	108
5.6. Fuziunea nucleară.....	113
5.7. Acceleratoare de particule.....	117
5.8. Particule elementare	122
Bibliografie	127

CAPITOLUL 1 TEORIA RELATIVITĂȚII RESTRÂNSE

1.1 Bazele teoriei relativității restrânse

1. Nava școală bricul Mircea pleacă într-un voiaj de practică în Marea Mediterană. Ajunsă în apele Mării Mediterane din nava școală, care merge cu viteza de 54km/h, sunt trase proiectile în sensul de mers, în sens opus și pe direcție perpendiculară. Dacă viteza proiectilului față de navă este de 200m/s calculați viteza rezultantă în toate cele trei cazuri.

a) *sens de mers* $v = 215m/s$;

R: b) *sens opus* $v = 185m/s$;

c) *perpendicular* $v = 200,56m/s$

2. Un Airbus A318 decolează de pe Aeroportul Aurel Vlaicu din Băneasa și zboară spre Antalya Havalimani Airport (Turcia) cu o viteză de 600km/h, trecând printr-un curent de aer care se deplasează spre vest cu viteza de 300km/h.

a) În ce direcție se deplasează avionul față de sol?

b) Care este viteza avionului față de sol?

c) Ce distanță deasupra solului străbate avionul în 10 minute?

R: a) $\alpha = 63^{\circ}10'$; b) $v = 670,82km/h$; c) $d = 335,4km$

3. La un miting aviatic organizat pe Aeroportul Internațional "Henri Coandă" a participat și un avion de vânătoare aparținând Republicii Dominicane din America Centrală. Avionul zboară cu o viteză de 300km/h. Cunoscând lungimea paletei elicei avionului de 1,5m scrieți ecuațiile de mișcare ale unui vârf al paletei elicei în sistemul de referință legat de:

a) elice; b) avion; c) Pământ.

R: a) *punct*; b) $z = 0$; c) $z = vt$

4. Vaporul de croazieră Star Clipper se află într-un voiaj pe Marea Ionică. Viteza apei este de 10m/s iar a vaporului față de apă de 5m/s. Calculați viteza vaporului față de portul Zakynthos, (Grecia) în sensul curgerii apei și în sens opus.

R: $v_1 = 15m/s$; $v_2 = 5m/s$

5. O barjă încărcată cu fosfați a fost observată pe Dunăre în dreptul localității Orșova. Viteza în sensul curgerii apei este de 72 km/h și de 50,4km/h în sens opus curgerii apei. Calculați viteza de curgere a Dunării și viteza barjei față de apă.

R: $v = 17m/s$; $u = 3m/s$

6. Un avion de linie Heavy Executive Jets înaintează spre nord cu viteza de 100 m/s. Știind că unghiul făcut de axa longitudinală a avionului cu meridianul terestru are $\sin \alpha = 0,2$, calculați viteza avionului față de aer și viteza vântului care suflă de la vest la est.

R: $v_0 = 102,06m/s$; $v = 20,41m/s$

7. Un avion realizează zilnic cursa București (Otopeni) Suceava (Salcea). Viteza avionului față de aer este de 400km/h iar vântul suflă de la vest la est cu viteza de 15m/s. Calculați viteza avionului față de sol și unghiul făcut de axa longitudinală a avionului cu meridianul terestru.

R: $v = 112,12m/s$; $\alpha = \arcsin 0,9$

8. Pe puntea unui transatlantic un pasager se îndreaptă spre pupa vaporului (partea din spate) cu o viteză de 21,6 km/h. După parcurgerea a 30 de metri se întoarce spre dreapta și merge încă 10m. Dacă viteza transatlanticului este de 28,8 km/h calculați:

- viteza pasagerului față de apă în timp ce merge spre pupă;
- viteza pasagerului față de apă în timp ce merge spre balustradă;
- deplasarea totală față de punctul de pornire.

R: a) $v = 2m/s$; b) $v = 10m/s$; c) $\alpha = \arctg 0,6$

9. În cursa București-Chișinău care zboară cu viteza de 250m/s față de sol se transmite o informație din cabina piloților prin două difuzoare aflate în fața și în spatele avionului. Viteza semnalului este de 340m/s față de sol. Calculați viteza relativă față de avion a sunetului recepționat de un pasager aflat la jumătatea avionului?

R: $v = 90m/s$

10. După 2s de la trecerea unei patruli militare în Afganistan la o distanță de 14m explodează o mină iar după alte 4s explodează a doua mină la distanța de 28m. Calculați coordonatele și momentele în care cele două explozii sunt observate dintr-un blindat militar care se deplasează cu viteza de 5m/s față de sol.

R: $x_1 = 4m, t_1 = 2s; x_2 = 12m, t_2 = 6s$

11. Pe pârtia Poiana Poplacii din Păltiniș se realizează un concurs de săniuș. De pe o sanie un copil aruncă un bulgăre de zăpadă cu viteza de 10 m/s. Dacă viteza saniei față de pârtie este de 18 km/h, calculați viteza bulgărelui de zăpadă față de sol în condițiile în care acesta este aruncat:

a) înainte;

b) înapoi;

c) în lateral, perpendicular pe direcția de deplasare.

R: a) $v = 15m/s$; b) $v = -5m/s$; c) $v = 11,18m/s$

12. O bilă de biliard cu masa de 10g lovește o bilă de bowling cu masa de 1 kg aflată în repaus. Calculați vitezele celor două bile după ciocnire.

R: $v_1' = -0,98 - v_1; v_2' = 0,02 - v_2$

13. Calculați vitezele celor două bile de la problema precedentă în situația în care sistemul de referință în care se găsesc cele două bile se deplasează cu viteza de 32,4 km/h.

R: $v_1' = 9,98 + v_1; v_2' = 8,98 + v_2$

14. Calculați diferența de timp necesar unu fascicul de lumină pentru a parcurge cele două brațe ale interferometrului Michelson de lungime 27,3 m. Viteza fascicolului de lumină este $u=0,75c$.

R: $\Delta t = 5,12 \cdot 10^{-8} s$

15. Un sistem de referință inerțial S' legat de Pământ, în care se află interferometrul Michelson se află în mișcare, față de un alt sistem de referință inerțial S legat de stelele fixe, cu viteza orbitală a Pământului $v(\approx 30km/s)$. Dacă lungimea brațelor interferometrului este $l=11m$, iar lungimea de undă a fascicolului luminos este $\lambda = 5,9 \cdot 10^{-7} m$, determinați numărul de franje detectate.

R: $n = 0,37 \text{ franje}$

1.2. Postulatele teoriei relativității restrânse. Transformările Lorentz. Consecințe

1. Un sistem de referință inerțial S' , având Ox axă comună cu S , se deplasează față de acesta cu viteza $v_0=4m/s$. Un observator din sistemul fix înregistrează două evenimente A și B având coordonatele $x_A=2cm$ și $x_B=6cm$ la momentele de timp $t_A=2s$ și $t_B=8s$. Stabiliți în ce ordine se succed cele două evenimente.

R: în ordine inversă $\Delta t < \Delta x \cdot v_0 / c^2$

2. În timpul invaziei coaliției din Irak avioanele de luptă au lansat rachete cu lungimea de 2m cu viteza $v=0,64c$. Care a fost lungimea rachetei măsurată de inspectorul Hans aflat la sol într-o bază americană?

R: $l = 1,54m$

3. Pe lateralul unei rachete este desenat un triunghi dreptunghic cu catetele de 3cm și 4 cm. În timpul zborului rachetei pe direcția catetei mici viteza acesteia este $v=0,65c$ față de Pământ. Care este aria determinată de Mihai aflat la sol?

R: $S = 4,56 \cdot 10^{-4} m^2$

4. Centrul spațial Kennedy din Cape Canaveral (Florida) înregistrează 20 de ani pentru o călătorie a unei nave spațiale a cărei viteză de deplasare este $0,95c$. Ce interval de timp va înregistra căpitanul navei?

R: $\Delta t = 13,7 ani$

5. Un colet aflat într-o navă cosmică care se deplasează cu $v=0,6c$ față de centrul de control se dezintegrează în $6 \cdot 10^{-6} s$. Care este intervalul de timp înregistrat de centrul de control?

R: $\Delta t = 8,45 \cdot 10^{-6} s$

6. Durata de formare a ploii într-un nor de tip Cumulonimbus într-un punct din nor (mobil) este de 10 zile. Dacă norul se deplasează cu $v=0,95c$ față de Pământ să se calculeze durata formării ploii pentru un senzor plasat în nor.

R: $\Delta t = 32 zile$

7. O rachetă meteorologică pentru împrăștierea grindinei se deplasează față de Pământ cu o viteză de $0,86c$ pe o distanță de 9000km . Ce vor înregistra două ceasuri aflate pe Pământ și în rachetă?

R: $t = 14,58s$

8. Un elev plecând într-o călătorie cosmică ia cu el un ceas cu pendulă, care oscilează cu perioada $T_0=6s$. Viteza de deplasare a navei cosmice este $0,7c$ față de Pământ. Calculați perioada înregistrată de colegul elevului rămas la sol.

R: $T = 4,26s$

9. Centrul spațial NASA anunță descoperirea unei noi planete aflată la 180 ani lumină de Pământ și se decide trimiterea navei spațiale Discovery de la Cape Canaveral (Florida) joi la ora $21,53$ GMT. Naveta zboară cu o viteză de $0,9c$. Când va ajunge naveta pe noua planetă? Exprimați timpul din punct de vedere al unui observator:

a) de la centrul spațial Cape Canaveral;

b) din naveta Discovery.

R: a) $\Delta t = 200 \text{ ani}$; b) $\Delta t_0 = 87,18 \text{ ani}$

10. Mihai și Ionuț sunt frați gemeni și au vârsta de 25 ani. Mihai se hotărăște să efectueze o călătorie interplanetară cu o navă cosmică care se deplasează rectiliniu în raport cu Pământul cu viteza $v=0,8c$. După voiaj la revenirea pe Pământ Ionuț are vârsta de 35 de ani. Neglijând duratele fazelor de accelerare, de ocolire pentru întoarcere și de frânare ale navei cosmice determinați cât timp a durat călătoria lui Mihai măsurată din punctul de vedere al celor doi frați și vârsta lui Mihai la revenirea pe Pământ.

R: cu 4 ani mai tânăr

11. Lungimea unei rachete meteorologice în sistemul propriu S' , lansată de la o bază meteorologică din nordul SUA, este $l_0=2 \text{ m}$. Știind că lungimea rachetei măsurată de un observator aflat la sol este $1,25\text{m}$ calculați viteza cu care se deplasează racheta.

R: $v = 0,78c$

12. Un obuz aflat în repaus are durata de viață $\Delta t_0 = 1,2 \cdot 10^{-6} s$. Dacă obuzul este transportat cu o rachetă durata sa de viață devine $\Delta t = 3 \cdot 10^{-6} s$. Calculați viteza rachetei.

R: $v = 0,92c$

13. Calculați distanța parcursă de obuzul din problema precedentă până la dezintegrare.

R: $d = 7452m$

14. În timpul ultimului zbor al navei Discovery a fost lansat pe orbită un satelit artificial în același sens cu navea, cu viteza de $0,75c$ față de navea. Cunoscând viteza navei Discovery față de Pământ de $0,75c$, calculați viteza satelitului față de Pământ.

R: $u = 0,96c$

15. Dintr-un avion de luptă F14 este lansată o rachetă deasupra Bagdadului cu o viteză $u' = 0,6c$ față de avion. Calculați viteza avionului dacă viteza rachetei față de sol este $u = 0,9c$.

R: $v = 0,65c$

16. Un supersonic se deplasează cu viteza $v = 0,76c$. Un militar al unei bazei americane din Irak îi măsoară lungimea $l = 52m$. Care este lungimea de repaus a supersonicului?

R: $l_0 = 80m$

17. Mihai se hotărăște să plece într-o călătorie interplanetară cu o navă cosmică, care se deplasează cu viteza $v = 0,6c$ față de Pământ. Din spatele navei cosmice vine un meteorit cu viteza $u' = 0,7c$. Stabiliți viteza meteoritului față de Pământ.

R: $u = 0,92c$

18. În timpul unei nopți senine de vară Mihai observă trecând prin fața sa un OZN cu o viteză $v = 0,95c$ și măsoară intervalul de timp $\Delta t = 8s$ cât durează trecerea OZN-ului prin fața sa. Ce valoare va avea acest interval pentru un observator aflat în OZN?

R: $\Delta t_0 = 25s$

19. Dintr-un bombardier francez este lansată o rachetă sol-aer în direcția de deplasare a acestuia. Viteza bombardierului este $v = 0,5c$ iar viteza rachetei față de sol este $u = 0,6c$. Calculați viteza rachetei față de bombardier.

R: $u' = 0,14c$

20. O rachetă sol-aer se deplasează cu viteza $v=0,98c$ de la locul lansării până la cel de explozie pe o distanță $l_0=4$ km. Să se calculeze:

- a) timpul de zbor al rachetei în sistemul propriu;
- b) timpul de zbor al rachetei în sistemul fix;
- c) distanța parcursă în sistemul fix.

R: a) $\Delta t_0 = 1,36 \cdot 10^{-5} s$; b) $\Delta t = 6,8 \cdot 10^{-5} s$; c) $l = 800m$

21. Într-o rachetă cu lungimea $l_0 = 30m$ care se deplasează cu viteza $v = 0,8c$ se află o persoană cu masa de $60kg$. Determinați:

- a) lungimea rachetei măsurată în raport cu Pământul pe direcția de mișcare;
- b) timpul măsurat pe Pământ după care racheta se întoarce dacă pentru echipaj au trecut 30 de zile;
- c) masa omului în timpul mișcării rachetei.

R: a) $l = 18m$; b) $\Delta t = 50zile$; c) $m = 100kg$

22. Un mezon se deplasează cu viteza $v = 0,99c$ de la locul de formare până la cel de dezintegrare pe o orbită de $3km$. Să se calculeze:

- a) timpul de zbor în sistemul propriu;
- b) timpul de zbor în raport cu Pământul;
- c) distanța de zbor în raport cu sistemul fix.

R: a) $\Delta t_0 = 10^{-5} s$; b) $\Delta t = 7 \cdot 10^{-5} s$; c) $l = 420m$

23. O particulă care se deplasează cu viteza $v = 0,8c$ are timpul de viață de $10^{-8} s$ în sistemul propriu. Care este timpul de viață în raport cu laboratorul?

R: $\Delta t = 1,67 \cdot 10^{-8} s$

24. Particula care se deplasează cu viteza $v = 0,99c$ are timpul de viață $\Delta t_0 = 2,5 \cdot 10^{-8} s$. Dacă nu ar exista efect de dilatare relativistă a timpului distanța parcursă de particulă ar fi $l_0 = 7,4m$. Care este distanța parcursă în sistemul de referință al laboratorului?

R: $l = 53m$

25. O particulă cu diametrul mediu $d_0 = 10^{-10} m$ este accelerată cu viteza $v = 0,87c$. Calculați dimensiunea particulei pe direcția de mișcare.

R: $d = 0,5 \cdot 10^{-10} m$

26. Calculați la ce viteză relativistă, contracția relativistă a lungimii corpurilor aflate în mișcare este egală cu 25% din lungimea corpurilor aflate în repaus.

R: $v = 0,97c$

27. O navă cosmică cu lungimea $l_0 = 100m$ se depărtează de Pământ cu viteza $v = 0,8c$. Determinați lungimea navei față de Pământ.

R: $l = 60m$

28. Două nave cosmice se apropie una de alta cu vitezele $v_1 = 0,8c$ și $v_2 = 0,6c$. Determinați viteza relativă a unei nave în raport cu cealaltă.

R: $u = 0,95c$

29. O bară cu lungimea proprie l_0 se mișcă rectiliniu și uniform cu viteza v față de un observator în repaus. Direcția barei face unghiul α_0 cu direcția vitezei. Calculați:

a) lungimea cinematică a barei;

b) unghiul α dintre direcția barei și viteza sa.

$$a) l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} \cos^2 \alpha_0};$$

R: $b) \operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

30. O navă cosmică zboară spre o stea aflată la distanța $D = 1 \text{ an lumină}$ cu viteza $v = \frac{2}{3}c$. După ce ajunge la stea nava se întoarce. Să se calculeze diferența dintre timpul înregistrat de un ceasornic solidar cu Pământul și timpul înregistrat de un ceasornic identic montat pe navă de la plecare până la întoarcerea navei pe Pământ.

R: $\Delta t = 379 \text{ zile}$

31. Ce valoare trebuie să aibă viteza unui corp în mișcare pentru ca dimensiunea lui longitudinală să se micșoreze de două ori?

R: $v = 0,86c$

32. O particulă accelerată atinge o viteză de 95% din viteza luminii în vid. Să se calculeze contracția relativă a particulei.

R: $\Delta l / l_0 = 68,78\%$

33. O riglă cu lungimea proprie de 5m se depărtează cu viteza v în raport cu un sistem de referință. Calculați valoarea acestei viteze dacă lungimea riglei măsurată din sistemul de referință este de 3m.

R: $v = 0,8c$

34. O rachetă se deplasează în raport cu un observator aflat pe Pământ cu viteza $v = 0,99c$. Calculați:

a) durata zborului rachetei pentru observator dacă ceasul din rachetă indică trecerea unui an;

b) lungimea corpului din rachetă în direcția de mișcare pentru observator;

c) densitatea corpurilor din rachetă pentru observator.

R: a) $\Delta t = 7,1 \text{ ani}$; b) $l = 0,14l_0$; c) $\rho = 50,2\rho_0$

35. O stea luminoasă se află la distanța de 4 ani lumină de Pământ. O navă de cercetare pornește de pe Pământ spre acea stea cu viteza de $0,9c$. Calculați distanța măsurată de un pasager al navei.

R: $d = 16,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$

36. Un cub cu densitatea de 2600 kg/m^3 în sistemul propriu se deplasează cu viteza de $0,4c$ față de sistemul propriu. Calculați densitatea cubului măsurată de un observator aflat într-un sistem de referință în mișcare.

R: $\rho = 3095,24 \text{ kg/m}^3$

37. Dintr-un accelerator ies două particule în mișcare pe aceeași direcție dar în sensuri opuse având fiecare viteza de $0,6c$. Aflați viteza relativă a particulelor.

R: $u = 0,88c$

38. Calculați viteza pentru care durata cinematică a unui fenomen se dublează în raport cu durata sa proprie.

R: $v = 0,86c$

39. Două particule se deplasează în același sens în sistemul de referință S cu aceeași viteză $v = 0,8c$ și ciocnesc o țintă fixă în intervalul de $5 \cdot 10^{-9} s$ măsurat din S. Calculați distanța proprie dintre particule înainte de ciocnire.

R: $l_0 = 2m$

40. O sferă cu diametrul D_0 în raport cu referențialul propriu se deplasează rectiliniu și uniform cu viteza v față de un observator aflat în repaus.

a) care este diametrul sferei măsurat de observator pe direcția de mișcare a sferei?

b) ce se poate spune despre volumul sferei din punct de vedere al observatorului aflat în repaus?

a) $D = D_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}};$

R:

b) $\frac{D}{2} = \frac{D_0}{2} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

1.3. Elemente de cinematică și dinamică relativistă

1. Calculați variația relativă a diametrului protonului (nucleul de hidrogen) la trecerea printr-un câmp electric între două puncte între care există o diferență de potențial de $1MV$. Se cunoaște energia de repaus pentru protoni $m_0 c^2 = 4,7 \cdot 10^{-11} J$.

R: $\Delta l / l' = 0,21\%$

2. O particulă α (nucleu de He) se mișcă în câmp magnetic pe o traiectorie circulară de rază $R = 80cm$. Dacă energia cinetică a particulei este de $500MeV$, determinați:

- impulsul particulei;
- perioada și frecvența de rotație;
- inducția câmpului magnetic.

Se cunosc: $m_0 = 6,65 \cdot 10^{-27} kg$ și $q = 3,2 \cdot 10^{-19} C$.

R: a) $p = 10^{-19} NS$; b) $T = 5 \cdot 10^{-8} s, \nu = 0,2 \cdot 10^8 Hz$; c) $B = 3,5T$