

Teme, întrebări, probleme

Tema 1: Care este a doua teorie care a revoluționat fizica în prima jumătate a secolului trecut ?

Răspunsuri posibile: a) Mecanica cuantică; b) Teoria laserilor; c) Teoria atomilor; d)

Radioactivitatea

Răspuns corect: a) ([capitolul 7, Mecanica cuantică](#)); celelalte sunt aplicații particulare ale mecanicii cuantice.

Tema 2: Tabelul următor arată că vitezele obișnuite ale corpurilor cunoscute și studiate sunt mult mai mici decât c :

Mobil	Viteza (km/h)	Viteza (m/s)	Raportul β	Eroarea β^2
Masina de formula 1	400			
Avion de linie	900			
Avion supersonic	2000			
Prima viteza cosmica	39600			
Pământul pe orbită	108000			

Calculați vitezele în m/s; calculați raportul β , eroarea $\beta^2 = \frac{v^2}{c^2}$ și completați tabelul anterior.

Tema 3: Ce rost are să folosim o altă teorie decât cea nerelativistă ? Dați exemple de corpuri care se mișcă cu viteze comparabile sau egale cu c .

Tema 4: Căutați articole și relatări despre experimentul neutrinelor super-luminale. **A fost o eroare experimentală**

Tema 5: Demonstrați afirmația precedentă.

Tema 6: Să se descrie matricial rotațiile în jurul axei Oz , lucrând în spațiul $\mathbf{R}^3 \times \mathbf{R}$.

Rezultat: Dacă notăm cu θ unghiul de rotație, coordonata z nu se modifică, nici timpul; pentru coordonatele x și y scriem în plan $x' = x \cos \theta + y \sin \theta$, $y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$. În final se găsește:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ t' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ t \end{pmatrix}$$

Tema 7: Să se demonstreze conservarea distanței dintre două puncte.

Indicație: Calculați radicalii și folosiți proprietățile funcțiilor trigonometrice.

Tema 8: Deduceți din concluzia experienței Michelson următoarele afirmații:

- Mișcarea Pământului nu influențează viteza luminii
- Relativitatea galileeană nu se poate aplica luminii.
- Viteza luminii este invariantă față de mișcarea relativă a sursei față de observator.

Tema 9: Viteza Pământului este totuși mică față de viteza luminii în vid. Gândiți-vă la surse de lumină care să se miște cu viteze mult mai mari, apropiate de viteza luminii.

Tema 10: Ce semnale putem folosi ? Gândiți-vă la semnale acustice, electrice, luminoase. Care sunt mai convenabile ?

Tema 11: La adresa aparținând institutului american National Institute of Standards and Technology, <http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?c> se găsește valoarea acceptată din 1983 a vitezei luminii în vid:

$$c=299\,792\,458 \text{ ms}^{-1}$$

Tot acolo se precizează că valoarea anterioară este exactă. Explicați de ce această valoare nu este afectată de erori de măsură.

Indicație: corelați valoarea lui c cu definiția metrului.

Tema 12: Găsiți expresiile transformării Lorentz inverse.

Rezultate: Înlocuim în (4.6-4.8) viteza V cu viteza $-V$ și, evident, β cu $-\beta$. Rezultatele din (4.6'-4.8') sunt imediate.

Tema 13: Demonstrați afirmația.

Tema 14: Arătați că rezultatul negativ al experienței Michelson se explică prin contracția Lorentz.

Indicație: Reluați calculul care a dus la relația (12) folosind contracția data de (37).

Tema 15: Arătați că pentru $V \ll c$ relațiile (38) trec în cele obișnuite ale lui Galilei.

Tema 16: Scrieți transformarea inversă a vitezelor, de la sistemul (S') la sistemul (S).

Indicație: se înlocuiește V cu $-V$.

Tema 17: Un semnal luminos se propagă de-a lungul axei Ox , fiind emis de o sursă care se află în originea sistemului (S). Determinați viteza semnalului față de sistemul (S').

Indicații: Folosiți transformarea (38), înlocuind $v_x=c$, $v_y=0$, $v_z=0$. Se găsește $v'_x=c$, $v'_y=0$, $v'_z=0$ ceea ce confirmă invarianța vitezei luminii față de mișcarea SRI.

Tema 18: Un semnal luminos se propagă de-a lungul axei Oy , fiind emis de o sursă care se află în originea sistemului (S). Determinați viteza semnalului față de sistemul (S').

Indicații: Procedând ca mai sus, cu $v_y=c$, $v_x=0$, $v_z=0$, găsim $v'_x=-V$, $v'_y=c\sqrt{1-\beta^2}$, $v'_z=0$. Modulul vitezei în sistemul (S') este egal tot cu c .

Tema 19: Verificați afirmația anterioară pentru $v_x = c(1-10^{-4})$, $V = c(1-10^{-2})$,
 $v_y = v_z = 0$

Rezultat: $v'_x = 0,98c$, $v'_y = v'_z = 0$.

Tema 20: În acceleratorul LHC protonii sunt accelerați în sensuri opuse până la viteze egale cu 99,9999991% din viteza c . Ajunși la asemenea viteze, protonii se ciocnesc și generează jerbe de particule. Studiul produselor de ciocnire a permis detectarea *bosonului Higgs* (vezi de exemplu <http://www.jurnalul.ro/stiinta/bosonul-higgs-particula-lui-dumnezeu-gasita-cern-live-617284.htm>). Calculați viteza relativă a doi astfel de protoni care se mișcă în sensuri opuse. Folosiți compunerea nerelativistă a vitezelor și apoi transformarea (38).

Răspunsuri: Compunerea nerelativistă duce imediat la $w=1,999999982 \cdot c$. Calculul relativist se face punând în (38) $v_x = 0,999999991 \cdot c$, $v_y = 0$, $v_z = 0$, $V = -0,999999991 \cdot c$. Se găsește $v'_x = 0,9999999999999999595 \times c \approx (1-4 \times 10^{-17}) \times c$, care este o valoare foarte apropiată, dar mai mică decât c .

Tema 21: Ce presupuneri legate de condițiile experimentale trebuie făcute pentru a putea defini masele folosind relația (39) ?

Răspuns: Relația (1) se deduce ușor din legea conservării impulsului: $\Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2) = 0$. Înlocuind $\vec{p}_i = m_i \vec{v}_i$ și considerând problema unidimensională, se găsește imediat relația (1). Presupuneri sunt: ciocniri perfect elastice, sistemul celor două corpuri este izolat (în particular, frecări neglijabile).

Tema 22: Să se studieze nerelativist variația masei cu viteza în timpul ciocnirii centrale elastice dintre două bile identice, care se îndreaptă una spre cealaltă de-a lungul axei $O'x'$ din sistemul (S') cu vitezele $+v'$ și $-v'$.

Răspuns: Trecem în sistemul (S) care se mișcă cu viteza $-V$ de-a lungul axei comune xx' . Sa presupunem că masele pot să depindă de vitezele corpurilor și să notăm cu m_1 și m_2 masele celor două corpuri în sistemul (S). Notăm cu M_{tot} masa totală a celor două corpuri atunci când sunt în repaus în sistemul (S'), adică atunci când se mișcă cu viteza V față de (S). Conservarea masei și a impulsului în sistemul (S) se scriu:

$$m_1 + m_2 = M_{\text{tot}}, \quad m_1 v_1 + m_2 v_2 = M_{\text{tot}} V$$

Folosim transformarea Galilei, scriem vitezele bilelor în sistemul (S): $v_1 = v' + V$ și $v_2 = -v' + V$ și le introducem în legea conservării impulsului, unde găsim ușor $(m_1 - m_2)v' = 0$. Rezultă că $m_1 = m_2$, așadar masele nu depind de viteza.

Bibliografie

1. Albert Einstein, *Teoria relativității*, Ed. Tehnică 1957.
2. Albert Einstein, *Teoria relativității pe înțelesul tuturor*, Ed. Humanitas, 2010.
3. Ezio Vailati, *Leibniz și Clarke, corespondența filosofică*, Ed. Tehnică, 2000.
4. Max Born, *Teoria relativității a lui Einstein*, Ed. Științifică, 1969.
5. Charles Kittel, Walter D. Knight, Malvin A. Ruderman, *Mecanica*, vol.1 din Cursul de Fizică de la Berkeley, Ed. Didactică și Pedagogică, 1981.
6. Gheorghe A. Stanciu, Alexandru I. Lupașcu, *Fizica vol. I*, Ed. I.P.B., 1989.
7. Lewis Carroll Epstein, *Teoria relativității în imagini*, Ed. ALL, 1996
8. Robert Resnick, *Introduction to Special Relativity*, John Wiley & Sons, 2005
9. Foarte multe informații se găsesc în Wikipedia, în limba engleză sau pe românește; propunem titlurile:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Special_relativity,
- http://ro.wikipedia.org/wiki/Teoria_relativității_restricției
- http://en.wikipedia.org/wiki/Introduction_to_special_relativity
- http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_special_relativity.