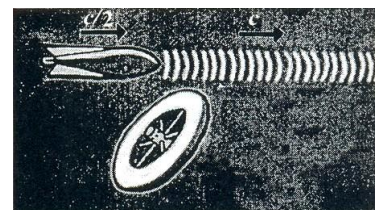


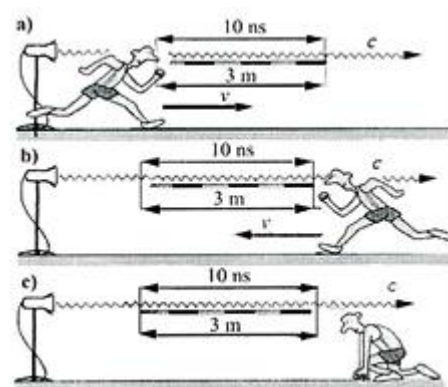
PITANJA IZ POSEBNE TEORIJE RELATIVNOSTI

1. Kako glase Galileijeve transformacije i na kojem stavu se one zasnivaju?
2. Kako glase dva načela teorije relativnosti?
3. U čemu se sastoji Michelsonov eksperiment i na što on ukazuje?
4. Napiši i objasni Lorentzove transformacije koordinata. Kada se one svode na Galileijeve?
5. U znanstvenofantastičnom filmu svemirski brod prolijeće pokraj svemirske stanice brzinom $v = c/2$ i pritom emitira svjetlosni puls u smjeru svog gibanja. Kolika je brzina tog svjetlosnog pulsa za motritelja na svemirskoj stanici?



6. Kako glasi Galileijevo, a kako Einsteinovo pravilo za zbrajanje brzina? U čemu se razlikuju? Uz koji se uvjet Einsteinova formula svodi na Galilejevu?
7. Zamislimo da se svemirski brod udaljava od Zemlje brzinom $2,5 \cdot 10^5 km/s$ i da motritelj na Zemlji usmjeri svjetlosni snop prema brodu. Brzina svjetlosti u odnosu prema motritelju na tlu je $c = 3 \cdot 10^5 km/s$. Astronaut na brodu udaljava se od izvora svjetlosnog snopa brzinom $2,5 \cdot 10^5 km/s$, pa on mjeri da je brzina te svjetlosti $c - v = 3 \cdot 10^5 km/s - 2,5 \cdot 10^5 km/s = 5 \cdot 10^4 km/s$. Što je u tom opisu pogrešno? Zašto?

8. Tri motritelja imaju različite brzine u odnosu prema svjetlosnom izvoru (na slici). No svaki od njih mjerenjem dobije istu vrijednost brzine svjetlosti iz tog izvora. Objasni to pomoću Einsteinove formule za zbrajanje brzina.



9. Što je kontrakcija duljine i kako glasi formula za relativističko skraćenje duljine?
10. Izvedite relaciju za kontrakciju duljine.
11. Možemo li uočiti relativističko skraćenje mlaznog zrakoplova u letu? Zašto?
12. Raketa se giba prema nepomičnoj motriteljici brzinom v u smjeru paralelnom duljini rakete. Nepomična motriteljica mjeri duljinu rakete i zaključuje da je ona duga $20m$. Dječak koji miruje u odnosu na raketu zaključit će da je duljina rakete:
 - a) manja od $20m$;
 - b) jednaka $20m$;
 - c) veća od $20m$;
 - d) ispravno je ili a) ili c), ovisno o tome je li motriteljica obavila mjerenje dok se raketa približavala ili dok se udaljavala.
13. Uđete u svemirski brod i izmjerite njegovu duljinu. Dug je $100m$. Kasnije, kada brod putuje brzinom $0,6c$ opet iznutra izmjerite duljinu broda. Tada je on dug:
 - a) $125m$
 - b) $80m$
 - c) $100m$
 - d) 125 ili $80m$, ovisno o tome je li duljina broda paralelna ili okomita na smjer gibanja broda.

14. Objasnimo činjenicu da dva događaja koja motritelj u jednom inercijalnom sustavu vidi kao istodobne, za motritelja u drugom sustavu nisu istodobni.
15. Što je relativističko usporeenje vremena?
16. Kako su povezani vremenski intervali između dva događaja kad se promatraju iz različitih inercijalnih sustava?
17. Što je sopstveno, a što relativističko vrijeme i kako se odnose?
18. Izvedite relaciju za dilataciju vremena.
19. Da li se vrijeme života astronauta skraćuje ili produžava, sa gledišta teorije relativnosti? Objasni.
20. Što je vlastiti vremenski interval? Može li vremenski interval između dva događaja biti veći od njihovog vlastitog intervala?
21. Kako pomoću vremenske dilatacije objašnjavamo da mioni stvoreni na velikoj visini u atmosferi u velikom broju stignu do Zemljine površine unatoč svog kratkog vremena poluraspada?
22. Što je paradoks blizanaca? Kako ga tumačimo u teoriji relativnosti?
23. Kako glasi formula za relativističku količinu gibanja? Iz kojih uvjeta je ona izvedena?
24. Zašto kažemo (objasni) da je klasična količina gibanja granični slučaj relativističke količine gibanja?
25. Nacrtajmo graf za ovisnost klasične količine gibanja o brzini i ovisnost relativističke količine gibanja o brzini.
26. Napišite i objasnite Einsteinove relacije za relativističku energiju.
27. Što je ukupna relativistička energija? Što je energija mirovanja čestice? Kojim relacijama se računaju?
28. Što se podrazumijeva pod ekvivalencijom mase i energije?
29. Kako glasi formula za relativističku kinetičku energiju?
30. Kakva je veza (razjasni) relativističke i klasične formule za kinetičku energiju?
31. Napišite i objasnite relacije koje daju vezu između količine gibanja i energije.

RAZLIČITI ZADATCI ZA VJEŽBU

32. Neki se sustav giba stalnom brzinom $0,5c$ u smjeru x -osi. Koje su vrijednosti koordinate x' i vremena t' tog sustava pridružene koordinati mirnog sustava $x = 8\text{km}$ i vremena $t = 4 \cdot 10^{-5}\text{s}$ ako su se u početnom trenutku ishodišta obaju sustava podudarala?
33. Sa svemirskog broda, koji se udaljava od zemlje brzinom $3c/4$, u smjeru gibanja broda lansirana je raketa čija je brzina s obzirom na brod $5c/6$. Kolikom se brzinom giba raketa s obzirom na Zemlju?
34. Svemirski brod giba se prema udaljenoj zvijezdi brzinom $0,8c$, s obzirom na Zemlju. Svjetlost sa zvijezde putuje prema opažaču na Zemlji brzinom $-c$. Kojom brzinom putuje svetlost sa zvijezde prema opažaču u svemirskom brodu?
35. Pokretni sustav približava se mirnom motritelju brzinom $0,5c$ a u njemu se neko tijelo giba u suprotnom smjeru brzinom $0,9c$. Kolikom se brzinom to tijelo udaljava od mirnog motritelja?
36. Neka galaktika udaljava se od Zemlje brzinom $0,3c$, a neka druga brzinom $0,7c$ u suprotnom smjeru. Kolikom brzinom dolazi svjetlost iz tih galaktika na Zemlju?

37. U zamišljenom eksperimentu dva su svemirska broda A i B gibaju jednoliko pravocrtno u istome smjeru. Relativna brzina broda A u odnosu na brod B iznosi $0,4c$, gdje c označava brzinu svjetlosti u vakuumu. Kapetan broda B pošalje laserski puls svjetlosti u smjeru gibanja broda. Koliko će iznositi brzina pulsa mjerena iz broda A ?
- a) $0,4c$ b) $0,6c$ c) c d) $1,4c$
38. Svemirski brod se udaljava od Zemlje brzinom $0,6c$ i ispali raketu brzinom $0,5c$ prema Zemlji. Kolika je brzina rakete s obzirom na Zemlju?
39. Kojom se brzinom mora gibati štap pokraj mirnog motritelja u smjeru svoje duljine da bi za njega postao dvaput kraći?
40. Uđete u svemirski brod i izmjerite njegovu duljinu. Neka je duljina broda $100m$. Kasnije, kada se zajedno s brodom gibate brzinom $0,6c$, opet iznutra izmjerite duljinu broda. Kolika je sada duljina broda?
41. Koliko će postotaka u sustavu mirnog motritelja biti kraća raketa koja se prema motritelju giba brzinom $0,6c$?
42. Kolikom se brzinom mora gibati raketa da se skрати za 20% vlastite duljine?
43. Znanstvenik i čarobnjak nabave dva jednaka stola dugačka $\ell_0 = 2m$. Znanstvenik je sa svojim stolom na Zemlji, a čarobnjak sa svojim leti na čarobnom sagu brzinom $0,9c$. Koliko se dugačkim znanstveniku čini čarobnjakov stol kada sag s čarobnjakom leti pored znanstvenika na Zemlji? A koliko se dugačkim čarobnjaku čini znanstvenikov stol?



44. Mirujući kvadrat ima opseg $12cm$. Kolika je njegova površina kada se giba brzinom $0,6c$ u smjeru stranice?
45. Ispred promatrača na Zemlji prolazi svemirski brod brzinom $0,6c$. S bočne strane broda nalazi se okno. Promatrač na brodu vidi da je okno kružno polumjera $0,5m$. Kakvo okno na brodu vidi promatrač sa Zemlje? Brzina svjetlosti u vakuumu je c .
- a) kružno polumjera $0,4m$
b) kružno polumjera $0,5m$
c) eliptično s velikom poluosi $0,5m$ položenoj okomito na smjer gibanja broda
d) eliptično s velikom poluosi $0,5m$ položenoj u smjeru gibanja broda
46. Pri brzini $0,8c$ s obzirom na sustav S, štap ima duljinu $10m$ i s osi x zatvara kut od 30° . Kolika je vlastita duljina štapa i koliki kut on zatvara s osi x ?
47. Koliku bi udaljenost prešao astronaut gibajući se brzinom $0,999c$ za vrijeme jedne godine vlastitog života:
- a) s obzirom na njegov vlastiti sustav
b) s obzirom na promatrača na Zemlji
48. Prema mirnom motritelju raketa se giba brzinom $0,99c$. Izračunajte vremenski interval u sustavu mirnog motritelja koji odgovara jednoj sekundi u raketi.

49. Astronautkinja putuje raketom koja se giba jednoliko po pravcu brzinom $c\sqrt{3}/2$, u odnosu na Zemlju. Ona je u svojem sustavu izmjerila da njezino putovanje traje 2 godine. Koliko je vremena putovanja trajalo za promatrača na Zemlji?
50. Vlastito vrijeme života neke čestice iznosi T_0 . Kolika treba biti brzina čestice u laboratorijskome sustavu da za promatrača u tome sustavu njezino vrijeme života iznosi $2T_0$?
51. Pri kojoj brzini čestice vremenski interval za mirnog motritelja postaje triput veći od vlastitog vremenskog intervala čestice?
52. Izračunajte energiju mirovanja elektrona ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$) i njegovu količinu gibanja ako se elektron giba brzinom koja iznosi 9/10 brzine svjetlosti u vakuumu.
53. Energija elektrona je 2 MeV . Kolika je njegova brzina ako se zna da je njegova masa (mirovanja) $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$?
54. Kojom se brzinom mora gibati čestica da bi joj ukupna relativistička energija postala deset puta veća od energije mirovanja.
55. Izračunajte kvocijent vremenskog intervala u sustavu mirnog motritelja i vlastitog vremenskog intervala tijela kojemu je ukupna relativistička energija deset puta veća od energije mirovanja.
56. Kolika je količina gibanja protona kinetičke energije 1 GeV ? Masa je protona $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.
57. Kolika je količina gibanja elektrona čije je vlastito vrijeme upola kraće od laboratorijskog?
58. Proton ima 1836 puta veću masu od elektrona. Pri kojoj brzini elektron ima jednaku količinu gibanja kao proton koji se giba brzinom $0,001c$?
59. Opaženo je da asteroid mase $8,2 \cdot 10^{11} \text{ kg}$ ima relativističku količinu gibanja $7,74 \cdot 10^{20} \text{ Ns}$. Kolika je brzina asteroida u odnosu na motritelja?
60. Štap se giba prema mirnom motritelju u smjeru svoje osi (na slici). Pritom za motritelja duljina štapa iznosi 50% vlastite duljine. Koliko je puta ukupna relativistička energija štapa veća od energije mirovanja E_0 ?



61. Masa protona je 1836 puta veća od mase elektrona. Pri kojoj će brzini elektrona njegova ukupna relativistička energija biti sto puta manja od energije mirovanja protona?
62. Koliki je napon potreban da bi se elektron ubrzao od brzine $0,6c$ do $0,8c$?
(Masa je elektrona $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, a njegov naboj $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.)
63. Pri kojoj će brzini čestice relativistička kinetička energija biti dvaput veća od energije mirovanja?
64. Odredimo relativističku kinetičku energiju elektrona koji se giba brzinom $v = 0,8c$?
($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)
65. Čestica ima kinetičku energiju 7 puta veću od energije mirovanja. Koliko je puta njezino vlastito vrijeme života kraće od laboratorijskog vremena?