

Moderna fizika

29. 10. 2013

1.05.PTR: Uvodni pojmi & Relativistična kinematika I

1. Zapišite kovariantni in kontravariantni vektor četverec! Kako iz enega dobimo drugega!
2. Zapišite metrični tenzor in skalarni produkt v Hilbertovem prostoru vektorjev četvercev! Kako se imenuje ta metrika!
3. Kaj je Lorentzova transformacija? Zapišite matriko Lorentzove transformacije!
4. Izračunajte matriko obratne Lorentzove transformacije!
5. Izračunajte nerelativistično limito za γ , βx , βct , $\Lambda^\mu{}_\nu, \dots!$
6. Narišite odvisnost parametra γ od hitrosti! Kakšno je funkcijsko obnašanje za majhne hitrosti? Kakšno pa za velike? Koliko je γ za $v/c = 0,01$; 0,1; 0,5; 0,8; 0,9; 0,99?
7. Iz svetila, ki se giblje s hitrostjo v glede na vzporedno zrcalo, pošljemo proti zrcalu svetlobni signal. Ta se od zrcala odbije in pride nazaj do svetila, kjer ga zazna detektor na njem. Koliko časa po oddaji signala je svetilo sprejelo odbiti signal? Kolikšen je ta čas v sistemu zrcala? Pojav imenujemo *dilatacija časa*.
8. Mioni se gibljejo s hitrostjo $0,98 c$. Lastni razpadni čas miona meri $2,2 \times 10^{-6}$ s. Kolikšen je razpadni čas v letu? Kolikšno razdaljo v povprečju prepotuje mion, preden razpade? Kolikšna je ta razdalja v lastnem sistemu miona?
9. Palica z lastno dolžino l se giblje s hitrostjo v glede na opazovalca. Kolikšno dolžino palice nameri le-ta? Pojav imenujemo *kontrakcija dolžin*.
10. Opazovalec, ki se giblje glede na palico s hitrostjo $0,8 c$, vidi palico pod kotom 30° . Lastna dolžina palice je 1 m. Kolikšno dolžino palice nameri ta opazovalec? Kolikšen je za opazovalca, za katerega palica miruje, kot med smerjo palice in smerjo gibajočega se opazovalca?

11. Opazovalec izmeri, da se vesoljsko plovilo glede na njega giblje s hitrostjo v . Kolikšno hitrost plovila izmeri opazovalec, ki se glede na prvega giblje s hitrostjo v_0 ? Smeri hitrosti plovila in drugega opazovalca so vzporedne.
12. Ko leti vesoljska ladja na poti proti Zemlji s hitrostjo $0,7 c$ mimo vesoljske postaje, pošlje postaja proti Zemlji radijski signal. Ta doseže Zemljo 2 minuti pozneje. Koliko časa traja pot vesoljske ladje od vesoljske postaje do Zemlje za opazovalca na Zemlji? Koliko časa traja pot vesoljske ladje od vesoljske postaje do Zemlje za moštvo vesoljske ladje?

Ideje za domače delo:

- I. Izračunajte Λ_{ab} , če poznate Λ^a_b !
- II. Izračunajte Λ^{ab} in Λ_a^b , če poznate Λ^a_b ! Izračunajte na dva načina, po komponentah in z množenjem matrik!
- III. Izračunajte $\Lambda^a_b \Lambda_a^c$!
- IV. Pri izvajanju enajstmetrovke na intergalaktičnem nogometnem prvenstvu leti žoga v vodoravni smeri, natančno proti prečki (enajstmetrovke se izvajajo z razdalje 11 m od gola, ki je širok 7 m), s hitrostjo $0,7 c$. V času trajanja leta žoge leti preko igrišča po njegovi dolžini vesoljska novinarska ladja s hitrostjo $0,2 c$. Kolikšna je hitrost žoge in njena smer za novinarja na ladji?
- V. Vesoljska ladja se oddaljuje od Zemlje s hitrostjo $0,8 c$. Ko se ladja nahaja v razdalji $6,6 \times 10^8$ km od Zemlje, pošljejo z Zemlje proti njej radijski signal. Po kolikšnem času doseže signal ladjo za opazovalca na Zemlji in za moštvo ladje?
- VI. Prva vesoljska ladja leti z Zemlje proti oddaljeni zvezdi in doseže za opazovalca na Zemlji po 3 mesecih vesoljsko postajo, ki miruje glede na Zemljo na razdalji $0,2$ svetlobnega leta. V tem trenutku poslano z Zemlje za njo drugo vesoljsko ladjo s hitrostjo $0,98 c$. Čez koliko časa se za opazovalca na Zemlji srečata vesoljski ladji? Na kolikšni oddaljenosti od Zemlje pride do srečanja? Koliko kaže takrat ura na drugi vesoljski ladji?

- VII. Za opazovalca na Zemlji leti mimo Zemlje vesoljska ladja s hitrostjo $0,8c$ in deset minut kasneje v isti smeri z enako hitrostjo še druga ladja. Druga ladja izstreli za prvo poštno raketo s hitrostjo $0,2c$ glede na drugo ladjo. Koliko časa traja potovanje pošte od druge do prve ladje za opazovalca na Zemlji in koliko časa za opazovalca na drugi oziroma na prvi ladji?
- VIII. Vesoljska ladja, ki se s hitrostjo $0,6c$ približuje Zemlji, odda radijski signal. Signal se na Zemlji odbije in vesoljska ladja ga sprejme čez 14 dni, merjeno po uri na ladji. Kako daleč od Zemlje je bila ladja, ko je oddala signal? Koliko časa preteče na Zemlji od trenutka, ko sprejme Zemlja signal z ladje, do trenutka, ko zleti ladja mimo Zemlje?
- IX. Potnik na vesoljski ladji naravna uro po uri na Zemlji, ko se giblje mimo nje s hitrostjo $0,4c$. Potnajst minut pozneje se sreča z drugo vesoljsko ladjo, ki se zanj giblje proti Zemlji s hitrostjo $0,6c$. Koliko časa preteče med srečanjem s prvo in z drugo ladjo za opazovalca na Zemlji?
- X. Vesoljska ladja z dolžino 50 m leti s hitrostjo $0,6c$ skozi vesoljsko postajo z lastno dolžino 200 m. Koliko časa traja let vesoljske ladje skozi vesoljsko postajo za postajenačelnika in koliko za potnika? Let ladje *skozi* postajo štejemo od trenutka, ko doseže konica ladje vhod, do trenutka, ko zapusti rep ladje izhod postaje.
- XI. Za opazovalca v galaksiji se oddaljuje prva galaksija s hitrostjo $0,6c$, druga galaksija pa s hitrostjo $0,7c$ v nasprotni smeri. S kolikšno hitrostjo se za opazovalca v prvi galaksiji oddaljuje druga galaksija?
- XII. Prva vesoljska ladja leti mimo Zemlje s hitrostjo $0,6c$, druga pa v isti smeri s hitrostjo $0,9c$. Kolikšni so časi prehitevanja obeh ladij za potnika na prvi in drugi ladji ter za opazovalca na Zemlji? Vsaka od ladij je v lastnem sistemu dolga 50 m.
- XIII. Prva vesoljska ladja se oddaljuje od Zemlje s hitrostjo $0,8c$, druga pa leti v isti smeri s hitrostjo $0,9c$. Kolikšna je hitrost druge ladje za potnika v prvi in kolikšna je hitrost prve za potnika na drugi?
- XIV. Na vesoljski ladji, ki se giblje s hitrostjo $0,6c$ naredijo naslednji poskus: S svetilom posvetijo na l oddaljeno steno. Od stene odbito svetlobo zaznajo po 2 s. Kolikšen čas mine od oddaje svetlobnega signala do prejetja odbitega signala za zunanjega mirujočega opazovalca?

- XV. Vesoljski popotnik čaka na vesoljski "avtobusni" postaji. Mimo njega se s hitrostjo $0,6c$ pelje konvoj. Kolikšno dolžino konvoja nameri vesoljski popotnik, če je njegova v mirovanju izmerjena dolžina enaka 200 m.
- XVI. Opazovalec vidi dva delca, ki se gibljeta drug proti drugemu s hitrostjo $0,99c$, glede na opazovalca. Kolikšna je hitrost drugega delca glede na prvega? Kolikšna pa hitrost prvega glede na drugega? Kakšen rezultat bi dal nerelativističen opis?
- XVII. Vesoljska ladja z dolžino 100 m se giblje mimo Zemlje s hitrostjo $0,5c$. Iz zadnjega krajišča ladje izstrelijo proti sprednjemu kroglo. Opazovalec na Zemlji izmeri, da je hitrost krogle $0,9c$ glede na Zemljo. Kolikšen čas potrebuje krogla, da preleti od prvega do zadnjega krajišča ladje, merjeno na ladji? Kolikšen čas pa potrebuje za to pot, merjeno na Zemlji?
- XVIII. Ob startu z Zemlje odda vesoljska ladja radijski signal proti 4 svetlobna leta oddaljeni vesoljski postaji, kamor je namenjena. Signal se od postaje odbije in vesoljska ladja ga sprejme po 6 tednih, merjeno po uri na ladji. Kako hitro leti ladja? V kolikšnem času, po ladijski uri, doseže ladja vesoljsko postajo?