

Tentamen Relativitetsteori

9.00 – 14.00 , 29/7 2017

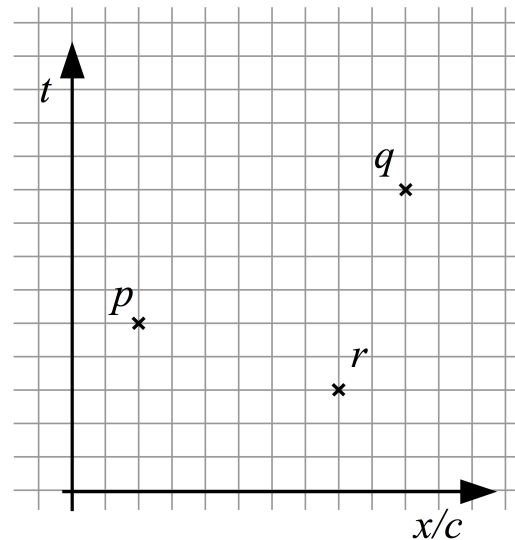
Hjälpmedel: Miniräknare, linjal och bifogad formelsamling.

Observera: Samtliga svar ska lämnas på dessa frågepapper. Det framgår ur respektive uppgift när en fullständig lösning eller ett resonemang ska presenteras, och när endast ett svar krävs.

Maxpoäng är 45 p. För godkänt krävs minst 20 p.

1.

- (a) Rita i diagrammet in världslinjen för *en* observatör som anser att händelserna p och q inträffar samtidigt, och som ser händelserna p och r samtidigt. Rita även in relevanta hjälplinjer. (2 p)
- (b) Vilken fart har observatören i (a)? (1 p)



2. Säg att vi har en yta med konstant men okänd krökning. Ange för var och en av följande geometriska konstruktioner vid vilken typ av krökning som de skulle kunna förekomma. (Fler än ett alternativ kan således vara ett möjligt svar. Alla rätt ger 3 p; 4 rätt ger 2 p; 3 rätt ger 1 p; annars 0 p.)

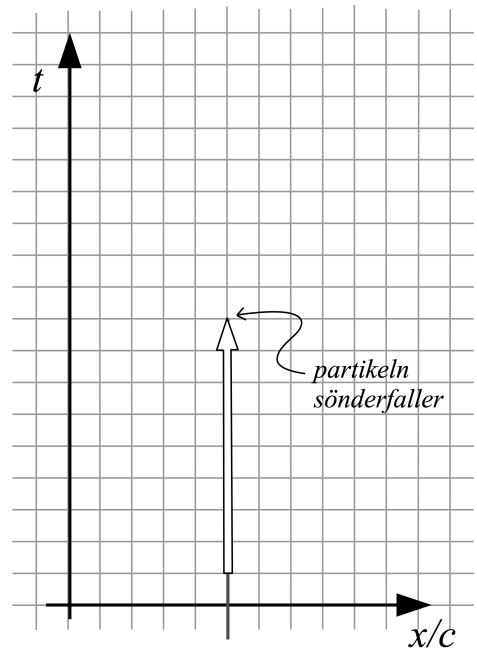
	positiv	noll	negativ
(a) En triangel med vinklarna 60° , 60° och 57° .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) En cirkel vars omkrets är <i>exakt</i> tre gånger så stor som dess diameter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(c) En liksidig triangel, dvs. en där alla tre sidor är lika långa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(d) Två geodeter som aldrig korsar varandra.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(e) Två <i>olika stora</i> cirklar vars förhållande mellan omkrets och radie är lika.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Ge kortfattade svar på följande frågor. (4 p)

- (a) Nämn två goda skäl som Einstein hade att inte tro att etern existerade!
- (b) Vad är den avgörande skillnaden mellan en vit dvärg och en neutronstjärna?
- (c) Varifrån kommer energin som får solen och alla andra stjärnor att lysa, och vad kallas processen i fråga?
- (d) Varför är Newtons gravitationsteori oförenlig med den speciella relativitetsteorin?

4. En partikel med massa $8m$ befinner sig i vila när den plötsligt sönderfaller i två nya partiklar, A och B . Diagrammet visar världslinje och världsvektor för partikeln före sönderfallet. (Inga motiveringar behövs i denna uppgift.)

- (a) Den ena av de bildade partiklarna, A , har massa $4m$ och far iväg åt vänster med farten $0,6c$. Rita in världslinje och världsvektor för denna partikel i diagrammet. (2 p)
- (b) Konstruera världsvektorn för den andra partikeln, B . (1 p)
- (c) Vad är partikel B 's fart? (1 p)
- (d) Vad är partikel B 's massa? (1 p)
- (e) Hur stor massa förintas i processen? (1 p)
- (f) Hur stor del av den ursprungliga partikelns energi går till partikel B ? (1 p)



5. Galaxia har just lämnat jorden i sitt supersnabba rymdskepp. Hon sätter rymdskeppet på turbofart – 95% av ljushastigheten – och försätter sig själv i en 10 år lång dvala. Förklara kortfattat hur du resonerar i följande frågor. Gör även en skiss av situationen i ett rumtidsdiagram, och markera där de beteckningar och avstånd du använder dig av.

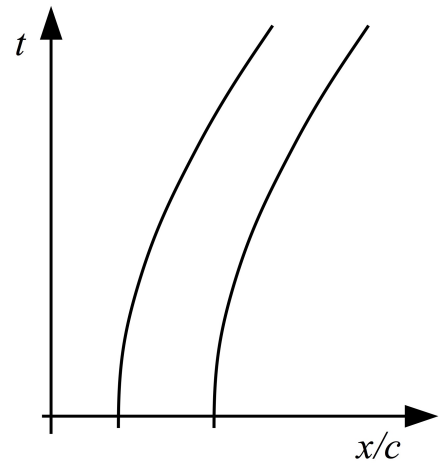
(a) Hur långt bort från jorden (mätt i jordens system) befinner sig Galaxia när hon vaknar upp ur sin 10-åriga dvala? (3 p)

(b) När hon vaknat skickar hon omedelbart en hälsning till jorden (med radiovågor som färdas med ljushastigheten). Hur lång tid har förflutit på jorden sedan Galaxia gav sig iväg när meddelandet når fram? (2 p)

6. En egenskap som alla inertialobservatörer är eniga om kallas *invariant*, medan en egenskap som olika inertialobservatörer kan ha olika uppfattning om kallas *relativ*. Vilka av följande storheter eller egenskaper är invarianta och vilka är relativa? (Alla rätt ger 3 p; 5 rätt ger 2 p; 4 rätt ger 1 p; annars 0 p.)

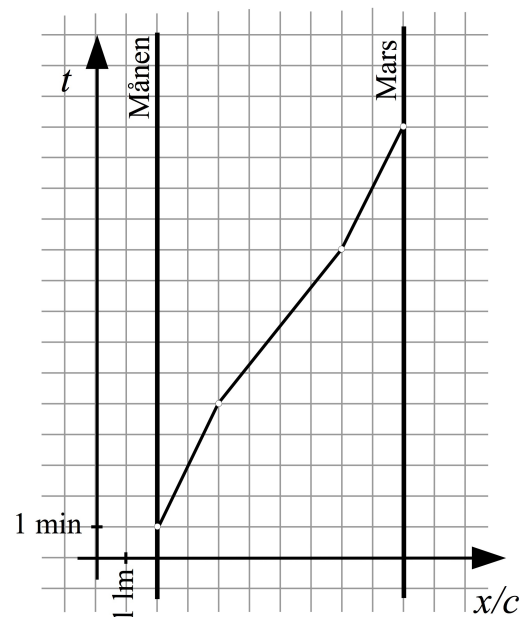
- | | | |
|---|------------------------------------|----------------------------------|
| (a) Rumtidsavståndet mellan två händelser. | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Relativ |
| (b) Världsvektorns längd. | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Relativ |
| (c) Ett föremåls kinetiska energi. | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Relativ |
| (d) Att ett föremål rör sig längs en geodet. | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Relativ |
| (e) Att två olika händelser inträffar vid samma tidpunkt. | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Relativ |
| (f) Att två olika händelser är tidslikt separerade. | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Relativ |

7. Förklara kortfattat hur det följer ur ekvivalensprincipen att klockor på olika höjd ovanför exempelvis jordens yta går olika fort. Ta hjälp av rumtidsdiagrammet till höger som visar världslinjerna för två accelererande klockor. (3 p)



8. Du företar en resa från en rymdbas på Månen till en rymdbas på Mars. Avståndet mellan rymdbaserna är 8 ljusminuter, och världslinjen för resan framgår ur diagrammet. De vita punkterna längs världslinjen markerar ändrad fart.

- (a) Hur lång tid förflyter för dig under resan? (Använd rutnätet och skalan i diagrammet för att besvara frågan.) (2 p)



- (b) Antag att de båda rymdbasernas klockor är synkroniserade (så att de visar samma tid samtidigt enligt människorna på baserna). Hur mycket och åt vilket håll måste du justera din klocka när du kommer fram till Mars för att den ska stämma med rymdbasens tid? (1 p)

9. Ange för vart och ett av följande påståenden om det är korrekt eller felaktigt. (Rätt svar ger 1 p; fel svar ger -1 p; inget svar ger 0 p. Uppgiften som helhet kan dock inte ge negativ poäng.) (10 p)

- (a) Om två klockor är synkroniserade enligt en observatör, är de med nödvändighet synkroniserade enligt alla observatörer. Rätt Fel
- (b) Den sammanlagda massan av två protoner och två neutroner är större än massan av en heliumkärna (av den vanligaste isotopen). Rätt Fel
- (c) Om man kunde klyva en järnkärna, skulle man därigenom kunna utvinna mer energi än genom att klyva en urankärna. Rätt Fel
- (d) En satellit (utan motorer) i omloppsbana kring jorden utgör ett lokalt inertialsystem enligt den allmänna relativitetsteorin. Rätt Fel
- (e) Ett laboratorium i vila på jordytan utgör ett lokalt inertialsystem enligt den allmänna relativitetsteorin. Rätt Fel
- (f) Om två observatörer accelererar i förhållande till varandra, går det enligt relativitetsprincipen inte att fastställa vem av dem det är som accelererar. Rätt Fel
- (g) En observatör som färdas mellan två händelser med konstant fart åldras mer under färden, än en som accelererar under sin färd mellan samma händelser. Rätt Fel
- (h) Maxwells teori för elektromagnetism går inte att förena med den speciella relativitetsteorin. Rätt Fel
- (i) Kärnan ${}_{11}^{23}\text{Na}$ (den vanligaste isotopen av natrium) innehåller 12 neutroner. Rätt Fel
- (j) Om A och B rör sig åt var sitt håll med farten $0,99c$ så anser A att B avlägsnar sig med en fart som är mindre än c . Rätt Fel

10. Ge kortfattade förklaringar av följande begrepp. (4 p)

(a) Ljuslik geodet

(b) Moderator (i t.ex. ett kärnkraftverk)

(c) Tidvattenkrafter

(d) Gravitationslins

Liten formelsamling

Skillnad i samtidighet: $T = \frac{vL}{c^2}$

Tidsdilatation: $T' = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Längdkontraktion: $L' = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Hastighetsaddition: $w = \frac{v \pm u}{1 \pm \frac{vu}{c^2}}$

Viloenergi: $E_0 = m c^2$

Total energi: $E = \frac{m c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Rörelseenergi: $K = E - E_0$

Rörelsemängd: $p = \frac{m v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Tidsskillnad för accelererande klockor: $T = \frac{L a}{c^2} t_{acc}$