

# Tentamen Relativitetsteori

9.00 – 14.00 , 25/7 2015

**Hjälpmedel:** Miniräknare, linjal och bifogad formelsamling.

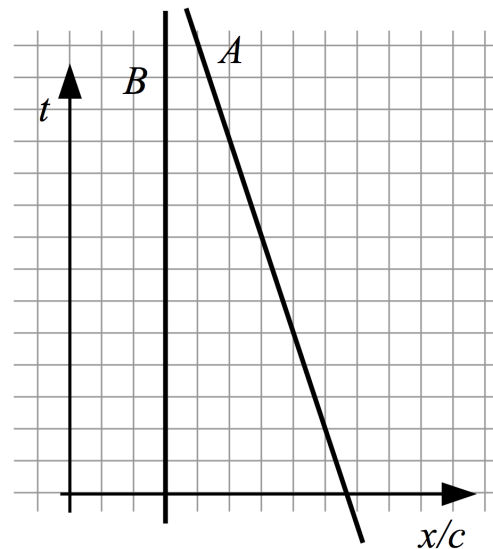
**Observera: Samtliga svar ska lämnas på dessa frågepapper.** Det framgår ur respektive uppgift när en fullständig lösning eller ett resonemang ska presenteras, och när endast ett svar krävs.

Maxpoäng är 45 p. För godkänt krävs minst 19 p.

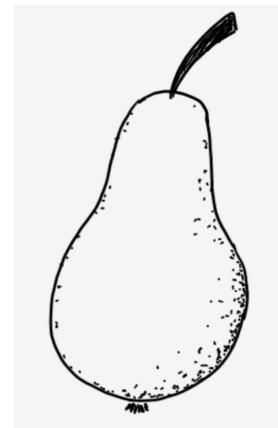
Preliminära betygsgränser:

19 – 21 p	betyg E
22 – 26 p	betyg D
27 – 33 p	betyg C
34 – 40 p	betyg B
41 – 45 p	betyg A

- Diagrammet föreställer två inertialobservatörer  $A$  och  $B$ . Rita in två händelser  $p$  och  $q$  i diagrammet sådana att  $A$  anser att de inträffar samtidigt och  $B$  ser dem samtidigt. Ta hjälp av rutnätet och rita in relevanta hjälplinjer. (2 p)



- Markera vilken krökning som gäller var på päronets yta! (2 p)
  - Beskriv din favoritmetod att avgöra vilken krökning en yta har (positiv, negativ eller noll)! Metoden ska gå att använda även av den som inte kan föreställa sig en tredje dimension. (2 p)



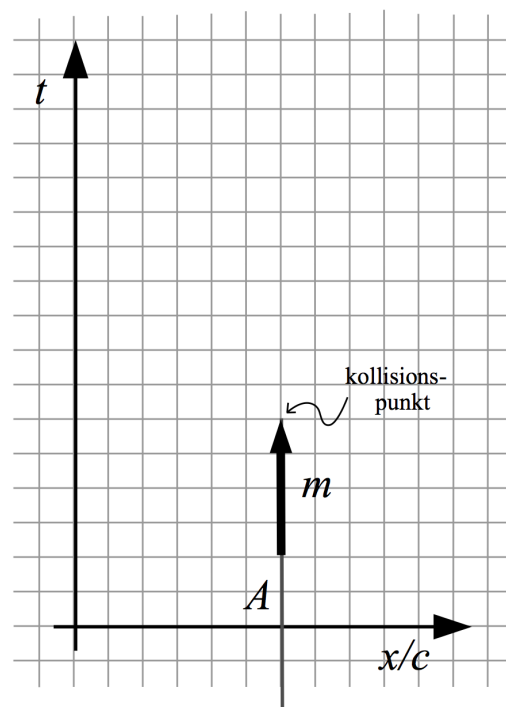
3. Ge korta svar på följande frågor – det räcker med ett eller några få ord. (4 p)
- Ge ett exempel på ett föremål som rör sig längs en tidslik geodet.
  - Vad skiljer två atomkärnor av samma grundämne men av olika isotoper?
  - Vad händer med solen när den har brunnit klart, dvs. vad blir dess sluttillstånd?
  - Vad kallas Einsteins första postulat med ett annat namn?

4. En partikel  $A$  med massa  $m$  befinner sig i vila. Den träffas av en annan partikel  $B$  som har samma massa  $m$  som den, men som kommer farande med farten  $0,6c$ . I kollisionen smälter de båda partiklarna samman till en enda partikel.

- I diagrammet till höger är världslinjen och världsvektorn för partikel  $A$  inritade. Rita in världslinjen och världsvektorn för partikel  $B$ . (2 p)

- Rita in världslinjen och världsvektorn för den partikel som skapas i kollisionen. Ange också vilken princip du använder dig av. (2 p)

Relevant princip:



- Vad är den resulterande partikeln fart? (1 p)
- Vilken massa har den resulterande partikeln uttryckt i massan  $m$  hos de ursprungliga partiklarna? (Visa hur du räknar; i övrigt behövs ingen motivering.) (2 p)

5. År 2300 ger sig en expedition iväg från jorden för att utforska stjärnan Altair i stjärnbilden Örnén, 16 ljusår bort från jorden. De färdas hela vägen med  $0,8c$ . Precis när de når fram till Altair nås de av ett radiomeddelande från jorden med det tragiska beskedet att en komet har träffat jorden och utplånat allt liv där.

(a) Gör en skiss av situationen i ett rumtidsdiagram, och beräkna den tid som hade förflutit ombord på rymdskeppet när besättningen nåddes av beskedet. (3 p)

(b) Markera i ditt diagram den tidpunkt längs rymdskeppets världslinje då jorden utplånades, enligt skeppets tidsuppfattning. (1 p)

(c) Hur lång tid hade då (dvs. vid den markerade punkten i (b)) förflutit ombord på skeppet sedan avfärden från jorden? (2 p)

6. En egenskap eller en storhet som är densamma enligt alla inertialobservatörer sägs vara invariant. Vilken eller vilka av följande egenskaper är i relativitetsteorin invarianta?

(Alla rätt ger 3 p; 4 rätt ger 2 p; 3 rätt ger 1 p; annars 0 p.)

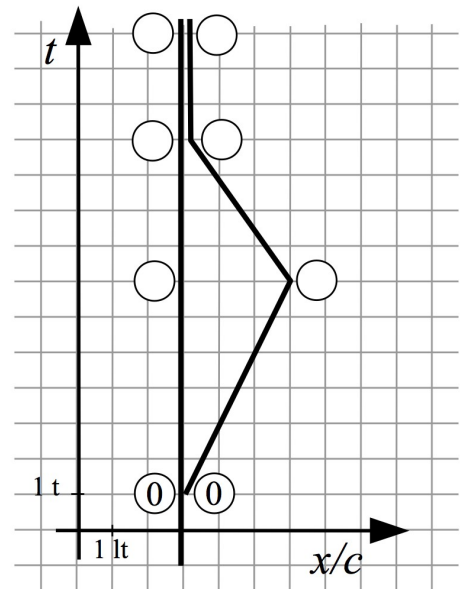
- |                                                                     |                                    |                                       |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| (a) Ljushastigheten                                                 | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Ej invariant |
| (b) Ett föremåls totala energi                                      | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Ej invariant |
| (c) Ett föremåls viloeenergi                                        | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Ej invariant |
| (d) Vilken av två rumsligt separerade händelser som inträffar först | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Ej invariant |
| (e) Det förflutna till en rumtidspunkt                              | <input type="checkbox"/> Invariant | <input type="checkbox"/> Ej invariant |

7. Redogör för ekvivalensprincipen. (3 p)

8. 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) Michelson och Morley ville med sitt berömda experiment visa att det inte existerar någon eter.                                                              | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (b) En partikel som rör sig med ljushastigheten $c$ har massa noll.                                                                                             | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (c) För att två händelser ska kunna uppfattas som samtidigt måste de vara tidslikt separerade.                                                                  | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (d) Enligt den allmänna relativitetsteorin är acceleration ett relativt begrepp.                                                                                | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (e) Ett föremål med massa $m$ som har rörelsemängden $mc$ , rör sig med farten $c$ .                                                                            | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (f) Samtidighetslinjen för en ljuspuls som färdas genom vakuum sammanfaller med pulsens egen världslinje.                                                       | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (g) Två klockor som är synkroniserade enligt dem själva får förbi oss, den ena efter den andra. Enligt oss visar den bakre klockan en senare tid än den främre. | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (h) Det ljus som sänds iväg utåt just när händelsehorisonten passeras blir kvar i händelsehorisonten för alltid.                                                | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (i) Newtons gravitationslag är förenlig med den speciella relativitetsteorin men inte med den allmänna.                                                         | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |
| (j) Om man försöker tillverka en negativt krökt yta av ett vanligt papper så spricker det.                                                                      | <input type="checkbox"/> Rätt | <input type="checkbox"/> Fel |

9. Diagrammet visar världslinjerna för två observatörer och deras respektive klockor. Klockorna nollställs i det ögonblick observatörerna lämnar varandra längst ner i diagrammet. Axlarna är graderade i timmar respektive ljustimmar. Fyll i de tider som förflutit enligt respektive klocka i de tomma urtavlor (med en decimals noggrannhet). (Ingen motivering behövs i denna uppgift.) (2 p)



10. Förklara kortfattat följande begrepp. (4 p)

(a) fission

(b) ljusrektangel

(c) Newtons gravitationslag

(d) framtiden