

## Kortsvarsoppgaver del 2C

- 1A** Hvordan kan man definere et sort hull?
- 1B** Hvis du sitter langt borte med kikkert og ser på noen som faller ned i et sort hull, hva vil du se? Forklar minst 2 rare effekter som ikke opptrer i klassisk fysikk, en setning for hver.
- 1C** Et inertialsystem er et system hvor et legeme ikke endrer hastighet så lenge du ikke virker på det med krefter. Altså hvis du tar en ball og slipper den uten å gi den fart, så blir den stående i ro i lufa. I spesiell relativitetsteori så vi på et inertialsystem som et system som er langt vekk fra alle mulige kilder til gravitasjon og andre krefter som jo vil endre hastigheten til et legeme. Men hvordan kan man lage et rom som er i et inertialsystem her på jorda? Og vil det være et perfekt inertialsystem? Forklar hvorfor/hvorfor ikke. Totalt maks 3 setninger.
- 1D** Tenk at du har en tvilling. Så skal dere begge leve 50 år separat: en av dere fortsetter å bo på jorda, den andre i et romskip i bane rundt jorda. Se bort fra spesiell relativitetsteori og alle effekter knyttet til hastighet og se kun på effekter fra tyngdefeltet. Når dere møtes igjen etter 50 år, har dere samme alder, eller er en av dere yngre enn den andre, isåfall hvem? Forklar svaret ditt med en setning.
- 1E** Tenk deg at du har en supergod kikkert og ser på noen mennesker som har slått seg ned i skall rundt et sort hull, langt, langt borte. Du ser noen mennesker på et skall  $r_1$  veldig nær hendelsehorisonten og noen på et skall  $r_2$  litt lenger ute. Hvilken påstand er sann og hvorfor, forklar med maks 3 setninger.
- (a) Du ser at menneskene på  $r_1$  eldes raskere enn de på  $r_2$
  - (b) Du ser at menneskene på  $r_2$  eldes raskere enn de på  $r_1$
  - (c) Du ser at menneskene på de to skallene eldes like fort
- 1F** Når du bruker mobilen din som GPS og finner posisjonen din, hva skjer? Beskriv prosessen veldig overordnet med maks 3 setninger. Forklar også med 1 setning hvordan det har seg at relativitetsteorien er viktig her.
- 1G** Hvilken matematisk størrelse er det som avgjør hvilken geometri et gitt rom har? Forklar denne størrelsen med en setning, ikke med likning.

- 1H** I uttrykket for Schwarzschild-geometri har vi noen ledd som går som  $1 - \frac{2M}{r}$ . Enhetsmessig ser dette ikke ut til å gå opp. Hvordan kan det forklares? Maks 3 setninger.
- 1I** Hvis du har en kule med massen  $M$ . Hva må du gjøre med den kula for å få den til å bli et sort hull?
- 1J** Hvordan kan du teste om du befinner deg i et inertialsystem? Maks en setning.
- 1K** Forklar forskjellen mellom et inertialsystem og et lokalt inertialsystem med 3 maks setninger.
- 1L** Hvis du er i en heis som faller, er du i et lokalt inertialsystem. Hvordan kunne du gjøre en test for å vise at du kun er i et lokalt inertialsystem? Forklar testen og hvorfor det blir slik med maks 3 setninger.
- 1M** Klokka i en satellitt kan gå fortere eller saktere enn klokker på jorda siden det er to effekter som kommer inn her, tyngdefeltet og hastigheter. Hvordan bidrar hver av disse til tidsforskjellen? (gjør de at satellittklokkene går fortere eller saktere enn jordklokker?)
- 1N** Skisser kort hvordan du kan gå frem for å finne hvor fort en satellittklokke går i forhold til en jordklokke. Du skal ikke bruke likninger, men kun si hvilke eventer du definerer deg og hvilke tidromsintervaller du trenger å sette lik hverandre.
- 1O** Hva er total relativistisk energi for et legeme i ro med masse  $m$  langt utenfor tyngdefelt? Angi svaret i relativistiske enheter.
- 1P** Bruk prinsippet om maksimal aldring til å resonere deg frem til Newtons første lov i Lorentz-geometri uten bruk av likninger. Maks 5 setninger.
- 1Q** Bruk prinsippet om maksimal aldring til å forklare hvorfor ting faller til bakken. Svar med maks 5 setninger, uten likninger.
- 1R** Et romskip faller fritt radielt innover mot et sort hull. Det passerer først skallet A rundt det sorte hullet og senere skallet B som ligger lenger inn. I romskipet er det en klokke som tikker en gang hvert sekund i romskipets referansesystem.

- I det romskipet passerer skallet A, så måler en skallobservatør som romskipet passerer rett forbi, hvor lang tid det tok mellom to av tikkene på romskipets klokke målt på skallobservatørens klokke.
- I det romskipet passerer skallet B, så måler også en skallobservatør (på skall B) som romskipet passerer rett forbi, hvor lang tid det tok mellom to av tikkene på romskipets klokke målt på skallobservatørens klokke.

Hvilken av de to skallobservatørene, A eller B, måler lengst tid mellom de to tikkene på romskipets klokke, evt. måler de like lang tid? Begrunn svaret med maks 3 setninger. Anta at tiden mellom de to tikkene, altså et sekund, er et svært kort tidsintervall.

**1S** Et romskip faller fritt radielt innover mot et sort hull. Det passerer først skallet A rundt det sorte hullet og senere skallet B som ligger veldig nær hendelsehorisonten. I romskipet er det en klokke som tikker en gang hvert sekund i romskipets referansesystem.

- I det romskipet passerer skallet A, så måler en observatør langt borte hvor lang tid det tok mellom to av tikkene på romskipets klokke målt på observatørens klokke.
- I det romskipet passerer skallet B, så måler igjen den samme observatøren som er langt borte hvor lang tid det tok mellom to av tikkene på romskipets klokke målt på observatørens klokke.

Ved hvilken av de to skallpasseringene, A eller B, måler observatøren lengst tid (på sin klokke) mellom de to tikkene på romskipets klokke, evt. måler hen like lang tid? Begrunn svaret med maks 3 setninger. Anta at tiden mellom de to tikkene, altså et sekund, er et svært kort tidsintervall.

**1T** Et romskip faller fritt radielt innover mot et sort hull. Det passerer først skallet A rundt det sorte hullet og senere skallet B som ligger lenger inn. Skallobservatørene på skallene A og B har fått utdelt like klokker som tikker en gang i sekundet målt i klokka sitt referansesystem.

- I det romskipet passerer skallet A så måler astronauten i romskipet som passerer rett forbi skallobservatøren, hvor lang tid det tok mellom to av tikkene på skallobservatørens klokke målt på romskipets klokke.

- I det romskipet passerer skallet B så måler astronauten i romskipet som passerer rett forbi skallobservatøren , hvor lang tid det tok mellom to av tikkene på skallobservatørens (på skallet B) klokke målt på romskipets klokke.

Ved hvilke av de to skallene, A eller B, måler astronauten lengst tid mellom de to tikkene på skallobservatørens klokker, evt. måler hen like lang tid? Begrunn svaret med maks 3 setninger. Anta at tiden mellom de to tikkene, altså et sekund, er et svært kort tidsintervall.