

Svar till instuderingsfrågor kapitel 9

1. Newtons gravitationslag förutsätter att gravitationskraften mellan två massor verkar momentant: om något händer med den ena massan så påverkar detta kraften på den andra ögonblickligen. Enligt den speciella relativitetsteorin får denna informationsöverföring inte ske snabbare än ljuset.
2. Det finns inget sätt att skilja mellan effekterna av gravitation och effekterna av acceleration. I fritt fall upplever man ingen gravitation. (Se vidare boken sid 145 – 147.)
3.
 - a) A (klockor går snabbare ju högre upp de befinner sig.)
 - b) A (Se boken sid 147 – 148.)
 - c) A och B går lika fort (Det är ju fråga om fritt fall, så enligt ekvivalensprincipen måste de gå lika fort.)
 - d) A (Tänk på tvillingparadoxen!)
 - e) B (Situationen är ju ekvivalent med den i (d), men klockornas roller är ombytta!)
 - f) A och B går lika fort (Fritt fall!)

4. Använd formeln

$$T = \frac{L a}{c^2} t_{acc}$$

med $a = g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

Om du är 30 år ($9,46 \cdot 10^8$ sekunder) blir svaret cirka $2,1 \cdot 10^{-6}$ sekunder.

5. Se boken sid 149.
6. Om vi tar ekvivalensprincipen på allvar måste vi säga att det vi upplever som en kraft nedåt i själva verket beror på att jordytan accelererar uppåt. När ett föremål "faller" är det alltså snarare jordytan som kommer rusande mot föremålet. "Priset" för detta betraktelsesätt är att vi måste säga att rumtiden är krökt – annars skulle jordens volym öka.
7. En geodet är den linje man följer om man försöker gå rakt fram. Exempelvis kommer en skalbagge som rör höger- och vänsterbenen lika mycket att röra sig längs en geodet. En geodet i rummet är också den kortaste vägen mellan två givna punkter, i den meningen att om man avviker lite grand från geodeten så kommer vägsträckan alltid bli längre.

8. **Triangelns vinkelsumma:** 180° på platt yta; större än 180° på en positivt krökt yta; mindre än 180° på en negativt krökt yta.
Omkretsen hos cirkel med radie R : $2\pi R$ på en platt yta; mindre än $2\pi R$ på en positivt krökt yta; större än $2\pi R$ på en negativt krökt yta.
Vad som händer med från början parallella geodeter: på ett plan förblir de parallella; på en positivt krökt yta börjar de konvergera; på en negativt krökt yta börjar de divergera.
- 9.
- 360°
 - större än 360°
 - mindre än 360°
- 10.
- Pappret skrynklar sig – det innehåller *för mycket* yta jämfört med sfären.
 - Pappret går sönder – det innehåller *för lite* yta jämfört med sadeln.
- 11.
- noll
 - positiv
 - positiv (tänk på de geometriska testen!)
 - negativ
 - positiv (på den sida som vetter mot marken) och negativ (på den sida som vetter mot hjulets nav)
 - noll
 - negativ
12. Rumtiden är lokalt platt (d.v.s. som den i speciell relativitetsteori), och därför märker man inte av någon krökning i hissen om den är liten: inga gravitationella effekter finns i en liten fritt fallande hiss (detta är ju egentligen innebörden i ekvivalensprincipen). I en fritt fallande *stor* hiss kan dock rumtidens krökning göra sig gällande på så sätt att de tidslika geodeterna i hissens olika delar inte riktigt är parallella – de börjar att konvergera eller divergera, precis som geodeterna på en sfär eller en sadel. När man beskriver effekterna av detta talar man om *tidvattenkrafter*. (Ekvivalensprincipen gäller alltså, strikt sett, endast i små hissar.)
13. Tidvatten uppstår på grund av att de tidslika geodeterna i det av månen krökta rum där jorden befinner sig inte är riktigt parallella: geodeterna på den sidan om jorden som vetter mot månen böjer mer av mot månen än de på jordens bortsida. Därför tenderar hela jorden att tänjas ut, men effekten märks mest på jordens vatten. I överförd bemärkelse kallas alla liknande effekter, där rumtidens krökning tenderar att deformera stora objekt, för tidvattenkrafter.

14. För att två kärnor ska smälta samman måste de komma så nära varandra att "den starka växelverkan" mellan deras nukleoner kan hålla ihop dem. Men eftersom alla kärnor är positivt laddade, och repellerar varandra, krävs att de har mycket höga hastigheter för att de ska kunna komma så nära varandra: temperaturen måste vara hög. Ju tyngre kärnorna är, desto mer positivt laddade är de, och desto högre hastigheter krävs för att övervinna repulsionen mellan dem.
- 15.
- Efter att en stjärna av ungefär solens storlek brunnit klart faller den samman till en mycket kompakt materiekulpa där atomerna ligger tätt packade, och som sedan bara kallnar. Detta är en vit dvärg.
 - När en stjärna betydligt större än solen har brunnit klart imploderar den i en våldsamt supernova. Vid denna slungas en hel del av stjärnans material ut i rymden. Men om det som blir kvar efter explosionen har en massa större än cirka en och en halv gånger solens, så kan denna materia inte bilda en vit dvärg. Då bildas i stället ett ännu kompaktare tillstånd, en neutronstjärna. Denna består av tätt packade neutroner.
 - En neutronstjärna som är tyngre än cirka 2,5 gånger solens massa kan inte stå emot det gravitationella trycket från sin egen massa. Så om resten efter supernovan är större än så blir kollapsen fullständig – ett svart hål bildas.
- 16.
- Händelsehorisonten är gränsen till det område från vilket inte ens ljus kan ta sig ut. Händelsehorisonten består av de ljuslika linjer som precis *inte* faller in i singulariteten, men inte heller lyckas fly bort från den. Det är dock bara en "tänkt" yta: den syns inte, och ingenting särskilt händer när den passeras.
 - Singulariteten är den punkt i det svarta hålets inre till vilket materia i den ursprungliga stjärnan kollapsat, och som därför har oändlig täthet. Man bör undvika att säga att singulariteten ligger i det svarta hålets centrum; för någon som trillat in i det svarta hålet ligger den snarare i framtiden.
17. Händelsehorisonten består av ljuslika linjer. Därför *kan* man inte befinna sig precis vid den, mer än man kan färdas tillsammans med en ljuspuls. Händelsehorisonten kommer alltid passera en med ljusets hastighet. *Om* man kunde sväva med fötterna nedsänkta i det svarta hålet skulle det kännas precis på samma sätt som att färdas med ljusets hastighet, eftersom det är precis vad man skulle göra i så fall.