

Dessa uppgifter behandlas 17. och 18. februari.

1. Visa att ett elektron-positron-par inte kan annihileras till en foton på grund av fyrimpulsens bevarande - reaktionen $e^+ + e^- \rightarrow \gamma$ är alltså omöjlig.
2. GPS-satelliterna kretsar kring Jorden på 20200 kilometers höjd.
 - a) Hur många mikrosekunder skiljer sig GPS-satellitens klocka i jämförelse med en klocka på jordytan under ett dygn på grund tidsdilatationen?
 - b) Går GPS-satellitens klocka snabbare eller långsammare än en observatörs klocka på Jorden? Är den här tidsdilatationen relativ eller absolut?
Jordklotets radie är 6400 km och massa 6.0×10^{24} kg. (Tidsdilatationen kan här beräknas med antagandet att rotationshastigheten är konstant.)
3. Vissa kosmiska strålar (alltså laddade partiklar som träffar Jorden) har oerhört hög rörelseenergi. Låt oss studera en proton, vars totala energi i Jordens koordinatsystem är 10^{20} eV. Protonens massa är 938 MeV/ c^2 .
 - a) Hur nära ljusets hastighet rör sig protonen i Jordens koordinatsystem?
 - b) Vi antar att protonen kolliderar i atmosfären med en syreatom, vars massa är 15 GeV/ c^2 . Vad är protonens energi i masscentrumkoordinatsystemet (alltså det koordinatsystem där summan av protonens och syreatomens rörelsemängdtrektorerna är noll)? Vad är syreatomens energi i det här koordinatsystemet? Hur förhåller sig de här energierna till LHC-protonernas kollisionsenergi i räkneövning 4:s tredje uppgift?
4. Härled den tredimensionella euklidiska rymdens metrik i sfäriska koordinater. (Tips: Skriv längdens kvadrat ds^2 i kartesiska koordinater och uttryck sedan de kartesiska koordinaterna med hjälp av de sfäriska. Kom ihåg att $dx = \frac{\partial x}{\partial r} dr + \frac{\partial x}{\partial \theta} d\theta + \frac{\partial x}{\partial \phi} d\phi$, och motsvarande för koordinaterna y och z . Det lönar sig att beräkna $\frac{\partial x}{\partial r}$ samt de övriga partialderivatorna först. Se kapitel 9 i kursboken.)