

Dessa uppgifter behandlas 10. och 11. februari.

- Låt oss studera fyrvektorerna $A = (3, 1, 0, 2)$, $B = (1, -2, 0, -1)$ och $C = (4, 2, 2, -\sqrt{8})$.
 - Beräkna vektorernas längder. Vilka av dem är tids-, ljus- och rumslika?
 - Beräkna $A \cdot B$, $B \cdot C$ och $A \cdot C$ samt $(A + B)^2$, $(B + C)^2$ och $(C + A)^2$.
- En partikels trehastighet i koordinatsystemet K är $(v_x, v_y, v_z) = (0.1, 0.2, 0)c$.
 - Beräkna partikelns fyrehastighet i K .
 - Vad är partikelns fyrehastighet i koordinatsystemet K' , som rör sig med hastigheten $0.4c$ i förhållande till K i x -axelns riktning?
 - Vad är fyrehastighetens kvadrat i K ? Vad är den i K' ?
- När LHC återupptar proton-proton-kolliderandet under våren 2015, är det meningen att höja kollisionens energi från det tidigare till en sådan nivå, att de kolliderande protonernas energi i accelerators vilokoordinatsystem är 6.5 TeV . Protonens massa är $938 \text{ MeV}/c^2$.
 - Hur nära ljusets hastighet rör sig protonerna i accelerators vilokoordinatsystem? (Tips: serieutveckling.)
 - Hur stor är energin för en proton sett från den andra protonen?
 - Hur hög hastighet har den ena protonen i den andras vilokoordinatsystem?
 - I sitt vilokoordinatsystem kan en proton beskrivas som ett sfäriskt kvark- och gluonmoln med en ungefärlig radie på 10^{-15} m . Vad är protonens bredd i hastighetens riktning sett från accelerators vilokoordinatsystem? Vad är bredden i den andra protonens vilokoordinatsystem?
 - Från ATLAS-detektorn till Geneves flygplats är det i detektorns koordinatsystem ungefär 6 km . Hur lång är sträckan enligt protonen då när dess hastighet råkar vara riktad mot flygplatsen?
- Låt oss studera en öppen sax. En sax består av metallatomer, vars avstånd till varandra är $r_A = 1 \text{ \AA}$ och har en bindningsenergi på $E_s = 10 \text{ eV}$. Atomernas massa är $m = 52 \text{ GeV}/c^2$. Saxen sluts med vinkelhastigheten $\omega = 10 \text{ s}^{-1}$, så att en atom på avståndet R från niten (som håller fast saxskären) rör sig med hastigheten $v = \omega R$. Visa att skillnaden i två intilliggande atomers rörelseenergi är

$$\Delta E_k = [\gamma(\omega R + \omega r_A) - \gamma(\omega R)]mc^2 \simeq \gamma(\omega R)^3 m \omega^2 R r_A ,$$

där som vanligt $\gamma(v) = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. Vi antar att saxen går av när $\Delta E_k > E_s$. På vilket avstånd från niten (alltså vad är R) brister saxen? Vad är atomernas hastighet vid brytpunkten? (Värdena måste tas reda på grafiskt. För att få poäng räcker det dock att härleda ekvationen varifrån man bestämmer värdena. Kom ihåg serieutveckling.)