1. Piirrä vähintään yksi alimman kertaluvun Feynmanin diagramma kullekin seuraavista prosesseista ja nimeä kyseessä oleva vuorovaikutus:

   a) $\mu^- + \mu^+ \to \gamma + \gamma$

   b) $\nu_\mu + e^- \to \mu^- + \nu_e$

2. Piirrä vähintään yksi alimman kertaluvun Feynmanin diagramma kullekin seuraavista heikon vuorovaikutuksen prosesseista:

   a) $\bar{\nu}_e + p \to e^+ + n$

   b) $\nu_\mu + p \to \nu_\mu + p$

   c) $\tau^- \to \nu_\tau + e^- + \bar{\nu}_e$

3. Piirrä prosessille $\nu_e + e^- \to \nu_e + e^-$ alimman kertaluvun Feynmanin diagrammat, joissa välittäjähiukkasena on Z^0 tai $W^\pm$ (yksi diagramma kumpaakin lajia riittää). Ovatko vastaavat diagrammat olemassa myös prosessille $\nu_\mu + e^- \to \nu_\mu + e^-$?

4. Kosmologiassa ainetta voidaan yleensä mallintaa fluidina, jonka ominaisuudet määrittää muotoa $p = w\rho$ oleva tilanyhtälö. Varhaisessa maailmankaikkeudessa energiatiheyttä dominoivat relativistiset hiukkaset, eli säteily, jolle $w = 1/3$. Säteilyn dominoimaa vaihetta seurasi epärelativistisen aineen, eli materian, dominoima jakso, jolloin $w = 0$. Nykyhetkellä maailmankaikkeutta dominoi tyhjiöenergian kaltainen pimenä energia, jolle $w = -1$. Ratkaise jatkuvuusyhtälöstä $\dot{\rho} + 3(\dot{a}/a)(\rho + p) = 0$ energiatiheyden käytös skaalatekijän funktiona $\rho(a)$ materialle, säteilylle ja tyhjiöenergialle.

5. Materian dominoima jakso maa alkoi, kun maailmankaikkeuden ikä oli $t \approx 5.0 \times 10^4$ vuotta ja päättyi, kun $t \approx 1.0 \times 10^{10}$ vuotta. Edellisen tehtävän mukaan materian dominoimassa maailmankaikkeudessa $\rho \propto a^{-3}$. Ratkaise tämän avulla skaalatekijä $a(t)$ ajan funktiona Friedmanin yhtälöstä $(\dot{a}/a)^2 = 8\pi G\rho/3$ materian dominoimassa maailmankaikkeudessa (funktionaalinen muoto, numeroarvoja ei tarvita).