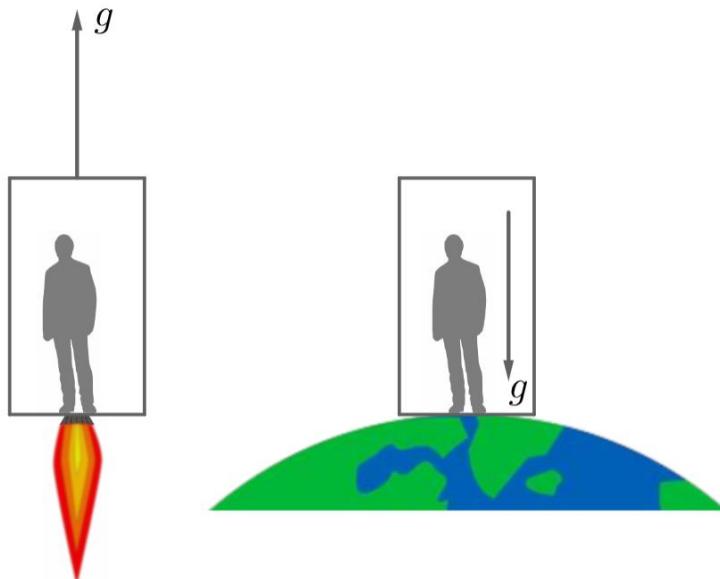


Viens no vispārīgās relativitātes teorijas pamatprincipiem ir *ekvivalences princips*. Tas saka, ka ķermēņa paātrinājums brīvā telpā nav atšķirams no paātrinājuma, ko tas “izjūt”, esot nekustīgam gravitācijas laukā.



Ja objekta masa ir m , un tā gravitācijas potenciālā enerģija ir U , tad sakām, ka tas atrodas gravitācijas potenciālā $\Phi = U/m$. Zemes gravitācijas potenciāls ir $\Phi = -GM/r$, kur M ir Zemes masa un r ir attālums līdz Zemes centram.

Apskaņsim torni, kura augstums ir z , homogēnā gravitācijas laukā, kura brīvās krišanas paātrinājums ir g . Fotons ar frekvenci f tiek izstarots torņa pakājē un ceļo uz augšu. Torņa augšā detektors izmēra fotona frekvenci kā $f + \Delta f$.

A Pēc ekvivalences principa varam uzskatīt, ka uztvērējs torņa augšā paātrinās prom no starojuma avota ar paātrinājumu g . Pierādi, ka

$$\Delta f = -f \frac{\Delta \Phi}{c^2} \quad (*)$$

kur $\Delta \Phi$ ir gravitācijas potenciāla starpība starp torņa pakāji un augšu. (2.5 p)

B Šo pašu rezultātu (*) iegūst pieņemot, ka fotons ir klasiska daļiņa, kam piemīt “gravitācijas masa” m_γ . Tad fotona kinētiskā energija ir hf . Izmantojot energijas saglabāšanās likumu, aprēķini m_γ . (1.5 p)

Vienādojumu (*) var arī interpretēt tā, ka fotona frekvence mainās, jo laiks rit lēnāk, zemākā potenciālā. Tātad pulkstenis torņa pakājē pēc ilga laika atpaliks no identiska pulksteņa torņa augšā.

C Pēc cik ilga laika pulkstenis uz zemes virsmas atpaliks no globālās pozicionēšanās sistēmas (GPS) pulksteņa par sekundi Zemes gravitācijas dēļ? Zināms, ka GPS satelīti apriņķo Zemi pa riņķveida orbītu tieši divas reizes diennaktī. Zemes rādiuss ir 6357 km un gravitācijas paātrinājums uz tās virsmas ir 9.81 m/s^2 . (6 p)

Šo efektu ir svarīgi ņemt vērā, lai nodrošinātu precīzu GPS darbību.