

## Hversu þung er jörðin?

### — Jörðin vigtuð með hjálp Hubble geimsjónaukans

**Aldurshópur** Efsta stig grunnskóla (8.-10. bekkur), framhaldsskólastig

**Námsskrá** Eðlisvísindi: Kraftur og hreyfing. Jarðvísindi: Jörðin í alheimi. Preparamarkmið 8, 9

**Markmið** Sjálfstæð hugsun, rökhugsun, eðlis- og stærðfræðileg hugtök

Á **Stjörnufræðivefnum** (<http://www.stjornuskodun.is/alheimurinn/rannsoknir/hubble-geimsjonaukinn>) kemur fram að Hubble geimsjónauki NASA og ESA hringsóli umhverfis jörðina á **96 mínútum** í **568 km** hæð yfir yfirborði jarðar. Þessar upplýsingar, auk fáeinna grundvallarjafna sem tengjast hringlaga brautum, gera okkur kleift að reikna út hversu þung jörðin er.

Sá kraftur  $F$  sem heldur fyrirbæri á hringlaga braut er lýst með eftirfarandi jöfnu:

$$F = mv^2/r \quad (1)$$

þar sem  $m$  er massi hlutarins (Hubblesjónaukans í þessu tilviki),  $v$  er brautarhraði hlutarins (Hubble) og  $r$  er fjarlægð sjónaukans frá miðju jarðar.

**Skref 1** Finnum brautarhraða Hubbles, þ.e. hve hratt hann ferðast umhverfis jörðina. Þessi óþekkt stærð er táknuð  $v$  í jöfnu 1. Manstu hvernig hraði er táknaður í SI-kerfinu?

**a** Finndu fjarlægð Hubble frá miðju jarðar. Rádíus jarðar er 6.378 km og Hubble er í 568 km hæð yfir jörðinni.

Svar: \_\_\_\_\_ m

**b** Finndu lengd brautar Hubbles í metrum. Hubble er á hringlaga braut svo hvaða formúlu þarftu að nota? Þú fannst út rádíusinn í skrefi 1.

Svar: \_\_\_\_\_ m

*Hubble geimsjónaukinn á hringsóli umhverfis jörðina. Myndina tóku geimfarar um borð í Atlantis geimferjunni þann 19. maí 2009 að loknum fimmta og seinasta viðhaldsleiðangri til sjónaukans. Hubble er í yfir 500 km hæð yfir jörðinni og nýtur stórkostlegs útsýnis á alheiminn. Mynd: NASA*



c Deildu næst þessari tölu með tímanum sem það tekur Hubble að ferðast einn hring. Fyrst þarftu að breyta umferðartíma Hubbles úr mínútum í sekúndur.

Svar: \_\_\_\_\_ s

d Brautarhraði (v) Hubbles er því:

Svar: \_\_\_\_\_ m/s (2)

Þyngdarlögmál Newtons lýsir þyngdartogi milli tveggja fyrirbæra með jöfnunni:

$$F = G M m / r^2 \quad (3)$$

þar sem G er þyngdarfastinn =  $6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \times \text{s}^2)$ , M er massi stærra fyrirbærisins (jarðarinnar í þessu tilvik), m er massi smærra fyrirbærisins (Hubblessjónaukans í þessu tilvik) og r er fjarlægðin frá miðju jarðar að Hubble.

Í þessari æfingu gerum við ráð fyrir að Hubble sé alltaf á sömu braut, þ.e.a.s. alltaf í sömu hæð yfir jörðinni (hann er samt í raun á sporöskjulaga braut). Við þurfum þar af leiðandi ekki að hafa áhyggjur af massa Hubblessjónaukans í niðurstöðum okkar.

**Skref 2a** Látum jöfnurnar tvær (1) og (3) vera jafnar. Leiddu út jöfnu fyrir massa jarðar með G, r og v — allt stærðir sem við þekkjum.

Svar: \_\_\_\_\_

**Skref 2b** Reiknaðu út massa jarðar með jöfnunni sem þú leiddir út.

Svar: \_\_\_\_\_ kg

**Skref 2c** Hvernig kemur þessi niðurstaða út í samanburði við viðurkennda gildið á massa jarðar (sjá <http://www.stjornuskodun.is/solkerfid/jordin>)?

Taktu eftir að ekki þurfti massa sjónaukans til þessara útreikninga. Niðurstaðan á þannig við um öll fylgitungl, hvort sem það eru gervitungl eða máninn sjálfur: Það nægir að þekkja hraðann til að ákvarða hæð brautarinnar en massi gervitunglsins er ekki mikilvægur.

**Skref 3** Getum við notað þessa aðferð fyrir aðrar reikistjörnur?

Kennarar geta nálgast lausnir við þessu verkefni með því að senda skeyti á [stjornuskodun@stjornuskodun.is](mailto:stjornuskodun@stjornuskodun.is)

Byggt á *Hubble: 15 Years of Discovery* — Educational Material sem Geimstofnun Evrópu (ESA) gaf út.



*Hubble geimsjónaukinn hefur verið út í geimnum frá árinu 1990. Hér svífur sjónaukinn fyrir ofan skýjaðan lofthjúp jarðar á mynd sem tekin var árið 1997. Mynd: NASA*