

$$5-7) \quad \gamma = 6.67430 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \quad r = 149.598 \cdot 10^9 \text{ m}$$

Sideerinn vuosi, kiertoaika auringon ympäri $T = 365,2564 \text{ d}$

$$\text{Maan rata nopeus } v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 149.598 \cdot 10^9 \text{ m}}{365,2564 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}} \approx 29,78 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Rataehto Newtonin toisen lain mukaan $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}_n$, missä

$$\text{gravitaatiovoima } F = \gamma \frac{mM}{r^2}, \quad \begin{array}{l} m = \text{maan massa} \\ M = \text{aurinko massa} \end{array}$$

$$\text{normaali kiihtyvyys } a_n = \frac{v^2}{r}$$

$$\text{Näistä saadaan yhtälö } \gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \parallel : m \parallel \cdot r$$

$$\gamma \frac{M}{r} = v^2 \quad \parallel : \gamma \parallel \cdot r$$

$$M = \frac{v^2 r}{\gamma}$$

$$M = \frac{(29,78 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \cdot 149,598 \cdot 10^9 \text{ m}}{6,67430 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}} = 1,9877 \cdot 10^{30} \text{ kg} \\ \approx \underline{\underline{1,988 \cdot 10^{30} \text{ kg}}}$$

$$5-8) \quad \gamma = 6.67430 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \quad \begin{array}{l} \text{maan massa } M = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg} \\ \text{radan säde } r = 384\,400 \text{ km} \end{array}$$

a)

Kiertoradalla keskeisvoimana on gravitaatiovoima $F = \gamma \frac{Mm}{r^2}$

missä $m = \text{kuun massa}$

$$\text{Normaali kiihtyvyys } a_n = \frac{v^2}{r}$$

Gravitaatiovoima sekä keskeiskiihtyvyys suuntautuvat kohti radan keskipistettä, jolloin rataehto NII:n mukaan on $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}_n$

$$\gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \parallel : m \parallel \cdot r \parallel \sqrt{\quad}$$

$$v = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}} = \sqrt{\frac{6.67430 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \cdot 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{384\,400 \cdot 10^3 \text{ m}}} = 1018,959 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \approx \underline{\underline{1,018 \frac{\text{km}}{\text{s}}}}$$

5-8) b) kiertoaika $t = \frac{S}{v} = \frac{2\pi r}{v}$

$$t = \frac{2 \cdot \pi \cdot 384\,400 \cdot 10^3 \text{ m}}{1018,46 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2371478,931 \text{ s}$$

$$\approx \underline{\underline{27,45 \text{ d}}}$$

5-11) $\gamma = 6,67430 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$ maan massa $M = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

a) Radan säde $r = 6370 \text{ km} + 590 \text{ km} = 6960 \text{ km}$
 Gravitaatiovoima $F = \gamma \frac{mM}{r^2}$ on keskeisvoima ja keskeis-
 kiihtyvyys $a_n = \frac{v^2}{r}$, suuntautuvat kohti radan keskipistettä.
 Rataehto NII:n mukaan $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}_n$

$$\gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{mistä nopeus } v = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}}$$

Kiertoaika $T = \frac{S}{v} = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{\gamma M}{r}}} = 5777,74 \text{ s}$

$$\approx \underline{\underline{1 \text{ h } 36 \text{ min}}}$$

Keskeiskiihtyvyys $a_n = \frac{v^2}{r}$

$$a_n = \frac{\sqrt{\gamma M/r}}{r} = \frac{\gamma M}{r^2} \approx \underline{\underline{8,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

Suunta kohti maan (radan) keskipistettä

b) Silloin ilmakehä ei aiheuta häiriötä kuviin.

5-13) a) Ympyräliike on etenemisliikettä, jolloin kappaleen paikka muuttuu. Pyörimisliikkeessä kappaleen asento muuttuu. Pyörimisliikkeessä kappaleen jokainen osa on ympyräliikkeessä pyörimisakselin ympäri.

b) $N = 10$, $t = 63,8723 \text{ d} = 5518\,567 \text{ s}$

i) $n = \frac{N}{\Delta t} = \frac{10}{5518567 \text{ s}} = 1,81206 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{s}} \approx 1,81 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{s}}$

ii) $\omega = 2\pi n = 2\pi \cdot 1,81206 \cdot 10^{-6} \frac{\text{rad}}{\text{s}} \approx 1,14 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

5-16) $\gamma = 6,67430 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$, Kuun massa $M = 7,348 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
 Kuun säde $R = 1738,2 \text{ km}$ Korkeus $h = 110 \text{ km}$
 Kiertoaika $\Delta t = 128 \text{ h } 3 \text{ min} - 100 \text{ h } 12 \text{ min} = 1671 \text{ min} = 100260 \text{ s}$
 Kiertoradan säde $r = R + h = 1848200 \text{ m}$

Rataehto NII:n mukaan $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}_n$, missä $F = \gamma \frac{mM}{r^2}$
 ja $a_n = \frac{v^2}{r}$

Koska gravitaatiovoima F ja keskeiskiihtyvyys a_n suuntautuvat radan keskipisteeseen, saadaan yhtälö

$$\gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{missä } m = \text{kuumoduulin massa}$$

Ratanopeus $v = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}} = 1628,969 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Kierros aika $T = \frac{s}{v} = \frac{2\pi r}{v} = 7128,79... \text{ s}$

Kierroksia kuun ympäri tuli $\frac{100260 \text{ s}}{7128,79... \text{ s}} = 14,06...$

≈ 14 kierrosta

Collins sekä kuumoduuli olivat kiertoradalla vapaassa putouksessa, jolloin Collins ei voi tuntea tukivoimia ja koki olevansa painottomassa tilassa.