

- 33 De lift waarmee de paragraaf werd begonnen staat op Calabozo. Een lichtstraal komt bij A binnen en verlaat de lift bij B. De tijdsduur voor die verplaatsing is 16 ns. Het verschil in verticale afstand is 2,3 m. De massa van Calabozo is $2,3 \cdot 10^{39}$ kg.
- a Toon aan dat de valversnelling op Calabozo gelijk is aan $1,8 \cdot 10^{16} \text{ m s}^{-2}$.
- Voor de valversnelling op Calabozo geldt:
- $g = \frac{G \cdot M}{r^2}$
- g is de valversnelling m s^{-1} .
 - G is de gravitatieconstante in $\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$.
 - M is de massa in kg.
 - R is de straal in m.
- b Leid deze formule af.
- c Ga na of Calabozo een zwart gat is.

Opgave 33

a De versnelling bereken je met de formule voor de gemiddelde versnelling.
De eindsnelheid bereken je met de formule voor gemiddelde snelheid.
De gemiddelde snelheid bereken je met de formule voor verplaatsing bij willekeurige beweging.

$s = v_{\text{gem}} \cdot t$
 $s = 2,3 \text{ m}$
 $t = 16 \text{ ns} = 16 \cdot 10^{-9} \text{ s}$
 $2,3 = v_{\text{gem}} \cdot 16 \cdot 10^{-9}$
 $v_{\text{gem}} = 1,437 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{2}$
 $v_{\text{begin}} = 0 \text{ m s}^{-1}$
 $1,437 \cdot 10^8 = \frac{v_{\text{eind}} - 0}{2}$
 $v_{\text{eind}} = 2,875 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{\Delta t}$
 $a = \frac{2,875 \cdot 10^8 - 0}{16 \cdot 10^{-9}}$
 $a = 1,79 \cdot 10^{16} \text{ m s}^{-2}$
Afgerond: $1,8 \cdot 10^{16} \text{ m s}^{-2}$

b $F_{\text{zw}} = F_{\text{g}}$
 $m \cdot g = G \frac{m \cdot M}{r^2}$
Wegstrepen m levert: $g = \frac{G \cdot M}{r^2}$

c Zwart gat dan is $R_s > r$
 $R_s = \frac{2G \cdot M}{c^2}$
 $G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{kg}^{-2}$ Zie BINAS tabel 7A.
 $M = 2,3 \cdot 10^{39} \text{ kg}$
 $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ Zie BINAS tabel 7A.
 $R_s = \frac{2 \times 6,67384 \cdot 10^{-11} \times 2,3 \cdot 10^{39}}{(2,9979 \cdot 10^8)^2} = 3,4 \cdot 10^{12} \text{ m}$
 $g = \frac{G \cdot M}{r^2}$
 $G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{kg}^{-2}$ Zie BINAS tabel 7A.
 $M = 2,3 \cdot 10^{39} \text{ kg}$
 $g = a = 1,8 \cdot 10^{16} \text{ m s}^{-2}$
 $1,8 \cdot 10^{16} = \frac{6,67384 \cdot 10^{-11} \times 2,3 \cdot 10^{39}}{r^2}$
 $r = 2,92 \cdot 10^6 \text{ m}$
 $R_s \gg r$
Dus Calabozo is een zwart gat