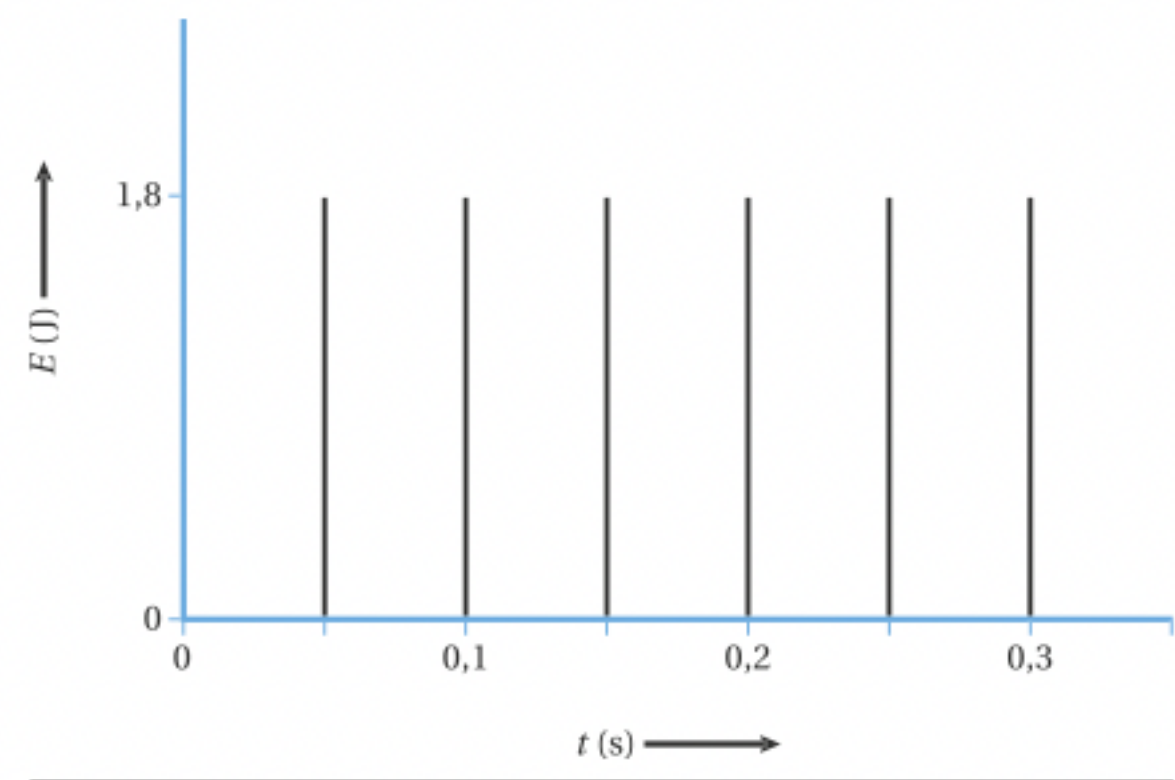


32 Astronauten hebben reflectoren op de maan geplaatst om de afstand tussen de aarde en de maan nauwkeurig te meten. Vanaf de aarde worden hele korte laserpulsen op die reflectoren gericht. Een deel van het laserlicht wordt door de reflectoren op de maan teruggekaatst en door een telescoop op de aarde weer opgevangen. In figuur 11.43 is de energie van de laserpulsen uitgezet als functie van de tijd.



Figuur 11.43

Het piekvermogen van de laser is het (constante) vermogen van de laser tijdens het uitzenden van een laserpuls. Een laserpuls duurt $9,0 \cdot 10^{-11}$ s.

a Bepaal het piekvermogen van de laser.

Tijdens een meting staat de laser een paar seconden aan.

b Bepaal het gemiddelde vermogen van de laser.

Piloten van overvliegende vliegtuigen kunnen de laserstraal zien.

c Welke golflengte zou het laserlicht kunnen hebben?

- A $5,3 \cdot 10^{-6}$ m
- B $5,3 \cdot 10^{-7}$ m
- C $5,3 \cdot 10^{-8}$ m
- D $5,3 \cdot 10^{-9}$ m

Door te meten hoelang een laserpuls onderweg is geweest, bepaal je nauwkeurig de afstand van de aarde tot de maan. Uit een meting blijkt dat er 2,5 s verstrijkt tussen het uitzenden en ontvangen van een laserpuls.

d Bereken de afstand tussen de laser en de reflector.

De tijdsduur die een laserpuls onderweg is kan heel nauwkeurig worden gemeten.

De meting heeft een onnauwkeurigheid van slechts 10 ps (picoseconde).

e Schat aan de hand van een berekening hoe groot dan de onnauwkeurigheid in de afstand van de aarde tot de maan is.

- A enkele millimeters
- B enkele centimeters
- C enkele decimeters
- D enkele meters
- E enkele kilometers
- F honderden kilometers

Uit metingen blijkt dat de maan zich langzaam van de aarde verwijdert.

f Leg uit of de gravitatiekracht die de aarde uitoefent op de maan vroeger kleiner dan, groter dan of even groot was als nu.

Voor de beweging van de maan om de aarde geldt de derde wet van Kepler:

$$\frac{r^3}{T^2} = \text{constant}$$

11.5 Afsluiting

Opgave 32

a Het piekvermogen bereken je uit de formule voor vermogen.

$$P_{\text{piek}} = \frac{E}{t}$$

$$E = 1,8 \text{ J} \quad (\text{aflezen in figuur 11.43 in het boek})$$

$$t = 9,0 \cdot 10^{-11} \text{ s}$$

$$P_{\text{piek}} = \frac{1,8}{9,0 \cdot 10^{-11}}$$

$$P_{\text{piek}} = 2,0 \cdot 10^{10} \text{ W}$$

b Het gemiddelde vermogen bereken je met de formule voor vermogen.

De gemiddelde energie bepaal je met behulp van figuur 11.43.

Uit figuur 11.43 van het boek blijkt dat de laser twee pulsen uitzendt gedurende 0,10 s.

Elke puls is 1,8 J.

$$E = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ J}$$

$$P_{\text{gem}} = \frac{E}{t}$$

$$P_{\text{gem}} = \frac{3,6}{0,10}$$

$$P_{\text{gem}} = 36 \text{ W}$$

c Als piloten de laserstraal kunnen zien, dan behoort de golflengte van het laserlicht tot het zichtbare gedeelte van het spectrum.

Volgens BINAS tabel 19A loopt het zichtbare gedeelte van 390 nm tot 760 nm.

Dus van $3,5 \cdot 10^{-7}$ m tot $7,6 \cdot 10^{-7}$ m.

Het juiste antwoord is dus B.

d De afstand tussen de laser en de reflector bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$v = c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A})$$

In de tijd tussen uitzenden en ontvangen is tweemaal de afstand aarde-maan afgelegd.

$$t = \frac{1}{2} \times 2,5 = 1,25 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert: } s = 2,99792458 \cdot 10^8 \times 1,25.$$

$$s = 3,747 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 3,7 \cdot 10^8 \text{ m.}$$

e De meetonnauwkeurigheid is 10 ps = $10 \times 10^{-12} = 1,0 \cdot 10^{-11}$ s.

$$\text{Gedurende deze tijd legt de laserpuls } 1,0 \cdot 10^{-11} \times 2,99792458 \cdot 10^8 = 2,09979 \cdot 10^{-3} \text{ m af.}$$

Dit is afgerond 3 mm.

Het juiste antwoord is A.

f De verandering van de gravitatiekracht leg je uit met de formule voor de gravitatiekracht.

$$F_g = G \cdot \frac{m_{\text{maan}} \cdot M_{\text{aarde}}}{r^2}$$

De gravitatieconstante verandert niet.

De massa van de aarde en de massa van de maan zijn niet veranderd.

De maan verwijdert zich van de aarde.

Dus r_{vroeger} is kleiner dan r_{nu} .

Dus $F_{g,\text{vroeger}}$ is groter dan $F_{g,\text{nu}}$.

g De verandering van de omlooptijd beredeneer je met de derde wet van Kepler.

$$\frac{r^3}{T^2} = \text{constant}$$

r_{vroeger} is kleiner dan r_{nu} .

Dus T_{vroeger} is kleiner dan T_{nu} .