

Opgave 1 Sprong op de maan

Astronaut Young landde in 1972 met de Apollo 16 op de maan. Daar maakte hij op een gegeven moment een sprong recht omhoog. Die sprong is gefilmd. In het filmpje is te zien dat Young eerst door zijn knieën zakt om zich te kunnen afzetten, zich vervolgens uitstrekt (de afzet), een tijd los is van de grond (de sprong) en bij het neerkomen weer door zijn knieën zakt.

Op de uitwerkbijlage staan vier beelden uit het filmpje:

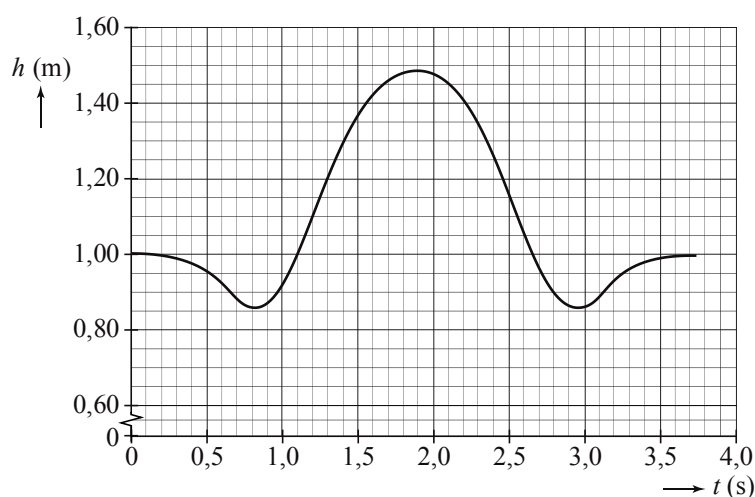
- Young is door zijn knieën gezakt;
- hij komt los van de grond;
- hij bereikt het hoogste punt;
- hij is bij het neerkomen weer door zijn knieën gezakt.

Aan de sprong is een videometing gedaan. Figuur 1 is het diagram van de hoogte h van het zwaartepunt van Young als functie van de tijd.

Figuur 2 is het bijbehorende (v,t) -diagram.

Op $t = 1,16$ s komt Young los van de grond.

figuur 1



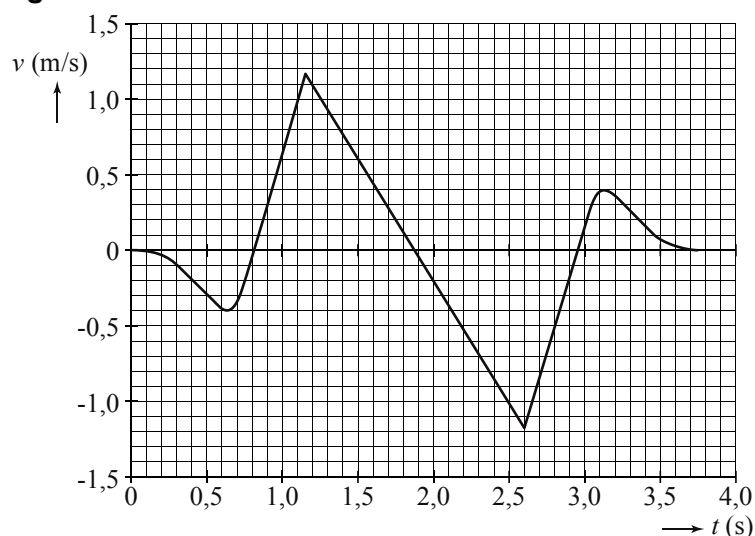
1p **1** Bepaal met behulp van het (h,t) -diagram in figuur 1 hoeveel zijn zwaartepunt na dat tijdstip nog omhoog gaat.

2p **2** Bepaal met behulp van het (v,t) -diagram in figuur 2 hoe lang hij los is van de grond.

4p **3** Voer de volgende opdrachten uit:

- Zoek op hoe groot de valversnelling g_M op de maan is.
- Toon aan dat uit het (v,t) -diagram vrijwel dezelfde waarde voor g_M volgt.

figuur 2



De massa van Young inclusief bepakking is 120 kg.
Tijdens het afzetten is zijn versnelling $3,3 \text{ m s}^{-2}$.

- 4p **4** Bereken de grootte van de kracht die hij tijdens het afzetten op het maanoppervlak uitoefent. Houd daarbij rekening met de zwaartekracht van de maan.

In het diagram van figuur 3 is de zwaarte-energie E_z van Young weergegeven als functie van de tijd.

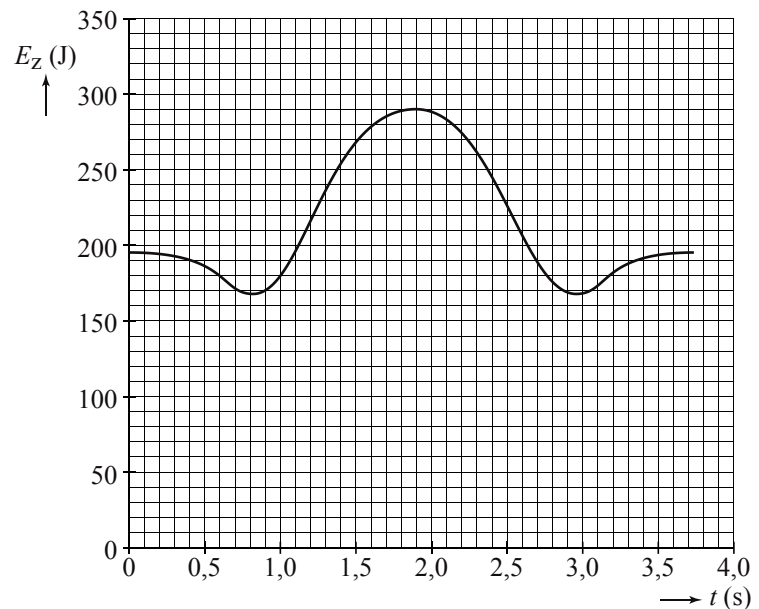
Voor de mechanische energie geldt:

$$E_{\text{mech}} = E_k + E_z.$$

- 4p **5** Bepaal de mechanische energie op de tijdstippen $t = 1,9 \text{ s}$ en $t = 2,5 \text{ s}$.

Gebruik hierbij figuur 2 en figuur 3.

figuur 3



Het is verstandig om, zoals Young doet, bij het neerkomen door de knieën te zakken. Als je dat niet doet, kan de landing vrij pijnlijk zijn.

- 2p **6** Leg uit waarom het verstandig is om bij het neerkomen door je knieën te zakken. Baseer je uitleg op de relatie $W = F_{\text{rem}}s$.