

# Blok 8 Sport en energie

## INHOUD

	<b>PRACTICUM</b>
<b>P0</b>	<b>ENERGIE-OMZETTINGEN</b>
<b>P1</b>	<b>IN TRAINING</b>
<b>P2</b>	<b>VERMOGEN</b>
<b>P3</b>	<b>TOPPRESTATIES</b>
	<b>BASISSTOF</b>
<b>TW0</b>	<b>ENERGIE-OMZETTINGEN</b>
<b>TW1</b>	<b>IN TRAINING</b>
<b>TW2</b>	<b>VERMOGEN</b>
<b>TW3</b>	<b>TOPPRESTATIES</b>
<b>TW4</b>	<b>ARBEID EN ENERGIE</b>
<b>TW5</b>	<b>HOOGSPRINGEN</b>
	<b>HERHAALSTOF</b>
<b>H1</b>	<b>BEGRIPPEN UIT DIT BLOK</b>
<b>H2</b>	<b>OEFENEN, OEFENEN, OEFENEN...</b>
<b>H3</b>	<b>OEFENEN MET EXAMENOPGAVEN</b>
	<b>EXTRASTOF</b>
	<b>ONDERZOEK AAN DE WET VAN</b>
	<b>BEHOUD VAN ENERGIE</b>

## TIJDSINDELING

<b>P0, T0, W0</b>	1 lesuur
<b>P1, T1, W1</b>	2 uren
<b>P2, T2, W2</b>	2 uren
<b>P3, T3, W3</b>	2 uren
<b>T4, W4</b>	2 uren
<b>T5, W5</b>	1 lesuur
<b>D-toets</b>	1 lesuur
<b>H-stof</b>	1 lesuur
<b>E-toets</b>	1 lesuur
<b>Totaal</b>	13 uren

## ALGEMEEN

In blok 8 wordt de mechanische energie behandeld aan de hand van voorbeelden uit de sport. Voor een deel is dit een herhaling van eerder behandelde leerstof (energie, energie-omzettingen, vermogen). Nieuw is het begrip arbeid en de wet van behoud van mechanische energie als bijzonder voorbeeld van de meer algemene wet van behoud van energie.

De leerlingen leren de formules voor arbeid, bewegingsenergie en zwaarte-energie kennen en gebruiken. Ze ontdekken dat bij energie-omzettingen arbeid wordt verricht, waardoor de energie-inhoud verandert. Bij de behandeling van de wet van mechanische energie wordt de leerlingen duidelijk gemaakt dat de zwaartekracht arbeid verricht, waardoor zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie of omgekeerd. Uit het examenprogramma komen in dit blok de volgende eindtermen aan de orde: 1, 21, 50\*, 56, 57, 58. De met \* gemarkeerde eindterm is tot nader te bepalen datum uitgesloten van het examen. Desgewenst zou van dit blok dus kunnen worden overgeslagen: PTW1 en PTW2. Dan wordt echter wel de behandeling van TW4 problematisch, omdat daarin het begrip arbeid gehanteerd wordt.

## BIJ BLOK 8

### P0

Aan de hand van een aantal vragen hernieuwen de leerlingen hun kennis over energiesoorten en energie-omzettingen.

## BIJ BLOK 8

### P1

Door de analyse van een aantal voorbeelden ontdekken de leerlingen dat bij energie-omzettingen arbeid wordt verricht en dat de verrichte arbeid afhangt van kracht en afstand (verplaatsing). Daarna moeten de leerlingen een aantal vragen beantwoorden waaruit het onderscheid blijkt tussen arbeid en vermogen.

## BIJ BLOK 8

### P2

In P2 maken de leerlingen opnieuw kennis met vermogen, nu gekoppeld aan het begrip arbeid. De leerlingen bepalen hun eigen vermogen tijdens het traplopen. Ze vergelijken dit met hun medeleerlingen.

Benodigd materiaal:

- weegschaal
- meetlint
- stopwatch

## BIJ BLOK 8

### P3

In P3 worden metingen gedaan aan een slede die over een luchtkussenbaan glijdt. Het practicum bestaat uit twee delen. In het eerste deel wordt uit de meetresultaten de formule voor de bewegingsenergie ( $E_k$ ) afgeleid. In het tweede deel gaat het om de formule voor de zwaarte-energie ( $E_z$ ). Omdat de bewerking van de meetresultaten voor leerlingen tamelijk ingewikkeld is (er wordt veel inzicht van de leerlingen vereist), lijkt het verstandig deze bewerking stap voor stap klassikaal uit te voeren en de tussenresultaten gezamenlijk te bespreken.

Benodigd materiaal:

- luchtkussenbaan met slede
- steltafeltje
- elektronische klok met twee fotocellen
- koord en katrol
- blokjes van 20 en 40 g
- blokje van 100 g dat op de slede geplaatst kan worden
- meetlat
- balans

Uitvoering:

De slede wordt door een koord via een katrol verbonden met een blokje van 20 g. Door het blokje over een bepaalde afstand ( $h$ ) te laten vallen krijgt de slede een bepaalde snelheid ( $v$ ) en dus een bepaalde bewegingsenergie. De snelheid die de slede krijgt, wordt bepaald door met een elektronische klok de tijd te meten waarin de slede een afstand van 30 cm aflegt als het blokje géén kracht meer uitoefent. De klok wordt gestart en gestopt door twee fotocellen.

Vóór of ná de metingen moet de massa van de slede bepaald worden.

De proef wordt eerst uitgevoerd voor drie verschillende waarden van  $h$  (20, 40 en 60 cm). De leerlingen krijgen dus drie passeertijden ( $t$ ).

De vierde meting is een herhaling van de derde meting met een massa van 100 g op de slede. De resultaten van deze meting gebruiken de leerlingen later ter controle.

Uitwerking:

Uit de gegevens en de meetresultaten moeten de leerlingen de bewegingsenergie en de snelheid van de slede berekenen.

Tenslotte moeten de leerlingen de formule voor de bewegingsenergie opschrijven. Wellicht is het voor veel leerlingen te moeilijk om dit zelfstandig te doen en is een klassikale aanpak beter.

In het tweede deel van het practicum gebruiken de leerlingen de meetresultaten uit het eerste deel. Er is nu nog een vijfde meting nodig. Het is een herhaling van de vierde meting maar nu met een blokje van 40 g.

Voor de laatste meting moeten de leerlingen de bewegingsenergie van de slede berekenen uit de snelheid en de formule uit het eerste deel van het practicum. Tenslotte moeten de leerlingen de formule voor de zwaarte-energie opschrijven.

## BIJ BLOK 8

### T0

In T0 wordt een aantal energiesoorten uit voorgaande blokken herhaald. Bewegingsenergie, zwaarte-energie en energie-omzettingen komen opnieuw aan de orde.

## BIJ BLOK 8

### T1

In T1 wordt het begrip arbeid behandeld. Bij energie-omzettingen verandert de energie, doordat er arbeid wordt verricht. De leerlingen leren dat de hoeveelheid arbeid die verricht wordt, afhangt van de grootte van de kracht en de afstand (verplaatsing). Door het verrichten van arbeid kan de energie toe- of afnemen; dit hangt af van de richting van de verplaatsing ten opzichte van de kracht. Een kracht verricht géén arbeid, als er geen verplaatsing is in de richting van de kracht.

## BIJ BLOK 8

### T2

Bij het begrip vermogen wordt gesproken over de energie die per seconde wordt geleverd of omgezet. Door het verrichten van arbeid neemt de energie toe of af.

Uitgelegd wordt, dat ook bij het verrichten van arbeid kan worden gesproken over vermogen als 'de arbeid die per seconde wordt verricht'.

Het is verstandig leerlingen er op te wijzen dat met het vermogen van apparaten niet altijd hetzelfde bedoeld wordt. Het vermogen bij elektrische apparaten heeft betrekking op de energie die per seconde *gebruikt* wordt; bij een automotor of c.v.-ketel gaat het om de energie die per seconde *geleverd* wordt.

## **BIJ BLOK 8**

### **T3**

In T3 leren de leerlingen de formules voor bewegings-energie en zwaarte-energie kennen en gebruiken.

## **BIJ BLOK 8**

### **T4**

In T4 wordt de leerlingen uitgelegd dat de verrichte arbeid gelijk is aan de verandering van de bewegings-energie.

## **BIJ BLOK 8**

### **T5**

T5 gaat over het verrichten van arbeid door de zwaartekracht. Door deze arbeid wordt zwaarte-energie omgezet in bewegingsenergie of omgekeerd, maar blijft de totale hoeveelheid energie gelijk. We noemen dit de wet van behoud van mechanische energie.

## **BIJ BLOK 8**

### **H1**

In dit herhaalblad hebben we de belangrijkste begrippen bij elkaar gezet die in dit blok een rol spelen. Met deze begrippen kunnen oefenopgaven gemaakt worden.

## **BIJ BLOK 8**

### **H2**

In dit herhaalblad wordt geoefend met het maken van opgaven.

## **BIJ BLOK 8**

### **H3**

Oefenen met examenopgaven.

## BLOK 8

# Samenvattingen

### SAMENVATTING T0

Er zijn verschillende soorten energie: chemische energie, warmte, elektrische energie, stralingsenergie, bewegingsenergie, zwaarte-energie, veerenergie, magnetische energie en kernenergie.

Dingen die bewegen, hebben bewegingsenergie.

Dingen die kunnen vallen, hebben zwaarte-energie.

Bewegingsenergie en zwaarte-energie zijn vormen van mechanische energie.

Energie-soorten kunnen in elkaar omgezet worden.

Bij energie-omzettingen geldt de wet van behoud van energie.

Het symbool van energie is  $E$ . De eenheid van energie is joule (J).

### SAMENVATTING T1

Arbeid verrichten is kracht ( $F$ ) uitoefenen en verplaatsen ( $s$ ).

Het symbool voor arbeid is  $W$ .

Er geldt  $W = F \cdot s$

De eenheid van arbeid is  $\text{Nm} = \text{J}$ .

Door het verrichten van arbeid verandert de energie van een voorwerp.

Als kracht en afstand dezelfde richting hebben, dan is de arbeid positief. De energie van het voorwerp neemt toe.

Als kracht en afstand tegengesteld gericht zijn, dan is de arbeid negatief. De energie van het voorwerp neemt af.

### SAMENVATTING T2

Het vermogen is gelijk aan de geleverde arbeid of de omgezette energie per seconde.

In formulevorm:

$$P = \frac{W}{t} \text{ of } P = \frac{E}{t}$$

### SAMENVATTING T3

Bewegende dingen hebben bewegingsenergie, ook wel kinetische energie genoemd:  $E_k$ .

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Dingen die kunnen vallen hebben zwaarte-energie:  $E_z$ .

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

### SAMENVATTING T4

Door het verrichten van arbeid verandert de bewegingsenergie. De bewegingsenergie kan toe- of afnemen.

De verandering van de bewegingsenergie is gelijk aan de verrichte arbeid.

In formulevorm:

$$W = \Delta E_k$$

$$F \cdot s = E_{k,\text{eind}} - E_{k,\text{begin}}$$

$$F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2$$

### SAMENVATTING T5

De totale hoeveelheid mechanische energie blijft behouden.

Je kunt de wet van behoud van mechanische energie schrijven als:

$$E_k + E_z = \text{constant}$$

of:

$$(E_k + E_z)_{\text{begin}} = (E_k + E_z)_{\text{eind}}$$

De wet van behoud van mechanische energie geldt, als alleen de *zwaartekracht* werkt. Anders gezegd: de *wrijvingskracht* moet te verwaarlozen zijn.

**ANTWOORDEN BLOK 8****P0**

- 1 **a** Chemische energie, elektrische energie, warmte, veerenergie, magnetische energie, zwaarte-energie, bewegingsenergie, kernenergie, stralingsenergie.  
**b**  $E$   
**c** joule (J)
- 2 **a** chemische energie → warmte en stralingsenergie  
**b** chemische energie → bewegingsenergie  
**c** chemische energie → zwaarte-energie  
**d** chemische energie → zwaarte-energie en warmte  
**e** bewegingsenergie → zwaarte-energie  
**f** veerenergie → bewegingsenergie  
**g** bewegingsenergie → warmte
- 3 **a** De wet van behoud van energie: de totale energie vóór de omzetting is gelijk aan de totale energie ná de omzetting; er gaat geen energie verloren.  
**b** Er wordt vaak energie omgezet in een vorm die je niet ziet (warmte).

**ANTWOORDEN BLOK 8****P1**

- 1 **a** Van de kracht op het startblok.  
**b** Van de kracht op de speer en van de lengte van de beweging van de worp.  
**c** Van de kracht van de atleet en van de lengte van de aanloop.  
**d** Van de kracht op de pees en de uitrekking van de boog.  
**e** Kracht en afstand.
- 2 **a** Bij een halter van 100 kg.  
**b** Als hij 2,0 m lang is.  
**c** Bij het optillen van de halter.  
**d** Kracht en afstand.

**ANTWOORDEN BLOK 8****P2**

- 1 **a** Eric de Bruin.  
**b** Nee, de tijd is niet bekend.
- 2 **a** Beiden evenveel arbeid.  
**b** Pantani, want hij heeft er het kortst over gedaan.

**ANTWOORDEN BLOK 8****P3**

- 1 **a** Kracht en afstand.
- 2  $s = v \cdot t$

- 3 **f** De geleverde arbeid is (bijna) gelijk aan de bewegingsenergie.  
**g** Er is wrijving waardoor energie 'verloren' gaat (wordt omgezet in warmte).
- 4 **e**  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- 5 **f** De bewegingsenergie is (bijna) gelijk aan de zwaarte-energie.  
**g** Door wrijving wordt energie omgezet in warmte.  
**h**  $E_z = m \cdot g \cdot h$

**ANTWOORDEN BLOK 8****W0**

- 1 **a** Chemische energie, warmte, elektrische energie, stralingsenergie, bewegingsenergie, zwaarte-energie, veerenergie, magnetische energie, kernenergie.  
**b** Bewegingsenergie en zwaarte-energie
- 2 **a** Een voortzovende discus, een sprintster in volle vaart, de bolide van Damon Hill bij het passeren van de eindstreep.  
**b** Een wielrenner aan het eind van een klimtijdrit, een basketballer boven de basket, een kogel op het hoogste punt van zijn baan.
- 3 **a** Wet van behoud van energie.  
**b** Vóór en ná een energie-omzetting is de hoeveelheid energie gelijk.
- 4 **a** Hoogspringen (laatste deel).  
**b** Polsstokhoogspringen.  
**c** Hoogspringen (eerste deel).  
**d** Gewichtheffen.

**ANTWOORDEN BLOK 8****W1**

- 1 **a** Arbeid verrichten is een kracht uitoefenen en verplaatsen.  
**b**  $W = F \cdot s$  met  $W$  = arbeid,  $F$  = kracht en  $s$  = afstand (verplaatsing).  
**c**  $W$  in Nm = J
- 2 In het dagelijks spraakgebruik wordt met arbeid alles bedoeld wat energie kost, dus ook lang in de rij staan, een boekentas dragen, maar ook diep nadenken (geestelijke arbeid).  
 In de natuurkunde is er alleen sprake van arbeid als er een kracht uitgeoefend wordt en er sprake is van verplaatsing in de richting van de kracht.

- 3 a De geleverde arbeid is positief, als kracht en verplaatsing dezelfde richting hebben.  
 b De geleverde arbeid is negatief, als kracht en verplaatsing tegengesteld gericht zijn.  
 c Een kogel wegstoten.  
 d Een verspringer landt in de zandbak.
- 4 a Chemische energie wordt omgezet in zwaarte-energie (en warmte).  
 b  $F = 125 \times 10 = 1250 \text{ N}$   
 c  $W = 1250 \times 2,0 = 2500 \text{ Nm} = 2500 \text{ J}$
- 5 a  $F = 135 \times 10 = 1350 \text{ N}$   
 b  $W = 1350 \times 0 = 0 \text{ J}$
- 6 a  $W = 800 \times 100 = 80\,000 \text{ J}$   
 b  $W = -2000 \times 50 = -100\,000 \text{ J}$

## ANTWOORDEN BLOK 8

### W2

- 1 De automotor levert iedere seconde 44 kJ aan energie (arbeid).
- 2 Met vermogen kunnen in het dagelijks spraakgebruik verschillende dingen bedoeld worden. Men spreekt over een vermogen aan diamanten (= geld) maar ook over een groot denkvermogen of hefvermogen. In de laatste twee voorbeelden wordt met vermogen bedoeld: tot iets in staat zijn. In de natuurkunde gaat het bij vermogen om de energie die per seconde wordt gebruikt of geleverd.
- 3 Met het vermogen van een automotor bedoelen we de energie (arbeid) die de motor per seconde *levert*. Bij een gloeilamp gaat het om de energie die de lamp per seconde *gebruikt*.
- 4 a Chemische energie wordt via bewegingsenergie omgezet in warmte.  
 b  $W = F \cdot s = 120 \times 100 = 12\,000 \text{ Nm} = 12\,000 \text{ J}$   
 c  $P = W/t = 12\,000/8,0 = 1500 \text{ W} = 1,5 \text{ kW}$
- 5 a  $W = 140 \times 60 = 8400 \text{ J}$   
 b  $P = W/t = 8400/7 = 1200 \text{ W} = 1,2 \text{ kW}$
- 6 a  $W = -800 \times 1000 = -800\,000 \text{ J}$   
 b  $W = 800\,000 \text{ J}$   
 c  $P = W/t = 800\,000/3600 = 222 \text{ W}$   
 d Danny moet ook nog de wrijvingskracht overwinnen.
- 7 a  $70 \text{ pk} = 70 \times 735 = 51\,540 \text{ W} = 51,5 \text{ kW}$   
 b  $W = P \cdot t = 51\,540 \times 3600 = 185\,220\,000 \text{ J} = 185 \text{ MJ}$   
 c Aantal liter =  $185\,220\,000/33\,000\,000 = 5,6 \text{ liter}$   
 d Slechts een klein deel van de chemische energie in de benzine (ongeveer een kwart) wordt omgezet in arbeid!

## ANTWOORDEN BLOK 8

### W3

- 1  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow E_k = \frac{1}{2} \times 5 \times 8^2 = 160 \text{ J}$
- 2  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 750 \times 80^2 = 2\,400\,000 \text{ J} = 2,4 \text{ MJ}$
- 3  $v = 54 \text{ km/u} = 54/3,6 = 15 \text{ m/s}$   
 $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 85 \times 15^2 = 9562,5 \text{ J} = 9,6 \text{ kJ}$
- 4  $E_z = m \cdot g \cdot h = 60 \times 10 \times 2500 = 1\,500\,000 \text{ J} = 1,5 \text{ MJ}$
- 5  $E_z = m \cdot g \cdot h = 80 \times 10 \times 2,36 = 1888 \text{ J}$
- 6 a  $v = 90 \text{ km/u} = 90/3,6 = 25 \text{ m/s}$   
 $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 360 \times 25^2 = 112\,500 \text{ J} = 113 \text{ kJ}$   
 b  $E_z = m \cdot g \cdot h = 360 \times 10 \times 1200 = 4\,320\,000 \text{ J} = 4,32 \text{ MJ}$   
 c  $E_k + E_z = 113 + 4320 = 4433 \text{ kJ} = 4,43 \text{ MJ}$
- 7  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow 3750 = \frac{1}{2} \times 75 \times v^2 \rightarrow$   
 $v^2 = 3750/37,5 = 100 \rightarrow v = 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/u} (\times 3,6)$

## ANTWOORDEN BLOK 8

### W4

- 1 a  $W = F \cdot s = 160 \times 20 = 3200 \text{ J}$   
 b  $W = \Delta E_k \rightarrow 3200 = \frac{1}{2} \times 64 \times v^2 \rightarrow$   
 $v^2 = 3200/32 = 100 \rightarrow v = 10 \text{ m/s}$
- 2  $F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 \rightarrow$   
 $100 \times 1,75 = \frac{1}{2} \times 0,6 \times v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} \times 0,6 \times 5^2 \rightarrow$   
 $175 = 0,3 \times v_{\text{eind}}^2 - 7,5 \rightarrow$   
 $0,3 \times v_{\text{eind}}^2 = 175 + 7,5 \rightarrow$   
 $v_{\text{eind}}^2 = 182,5/0,3 = 608,3 \rightarrow$   
 $v_{\text{eind}} = \sqrt{608,3} = 24,7 \text{ m/s}$
- 3  $v_{\text{eind}} = 90 \text{ km/u} = 90/3,6 = 25 \text{ m/s}$   
 $F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 \rightarrow$   
 $F \times 0,3 = \frac{1}{2} \times 0,150 \times 25^2 - \frac{1}{2} \times 0,150 \times 0^2 \rightarrow$   
 $F \times 0,3 = 46,875 - 0 \rightarrow$   
 $F = 46,875/0,3 = 156 \text{ N}$
- 4 a  $v = 108 \text{ km/u} = 108/3,6 = 30 \text{ m/s}$   
 $E_k = \frac{1}{2} \times 400 \times 30^2 = 180\,000 \text{ J} = 180 \text{ kJ}$   
 b  $W = \Delta E_k = 180\,000 \text{ J}$   
 $P = W/t = 180\,000/5 = 36\,000 \text{ W} = 36 \text{ kW}$   
 c rendement = geleverd vermogen/benodigd vermogen =  $36/180 \times 100\% = 20\%$   
 d  $W = F \cdot s \rightarrow 180\,000 = F \times 75 \rightarrow$   
 $F = 180\,000/75 = 2400 \text{ N}$
- 5 a  $v = 72/3,6 = 20 \text{ m/s}$   
 $E_k = \frac{1}{2} \times 80 \times 20^2 = 16\,000 \text{ J} = 16 \text{ kJ}$   
 b  $F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 \rightarrow$   
 $F \times 25 = \frac{1}{2} \times 80 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 80 \times 20^2 \rightarrow$   
 $F \times 25 = 0 - 16\,000 \rightarrow$   
 $F = -16\,000/25 = -640 \text{ N}$



$$\begin{aligned}
6 \quad v_{\text{begin}} &= 54/3,6 = 15 \text{ m/s} \\
v_{\text{eind}} &= 90/3,6 = 25 \text{ m/s} \\
Fs &= \frac{1}{2}mv_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2}mv_{\text{begin}}^2 \rightarrow \\
1000 \times s &= \frac{1}{2} \times 900 \times 25^2 - \frac{1}{2} \times 900 \times 15^2 \rightarrow \\
1000 \times s &= 281\,250 - 101\,250 \rightarrow \\
1000 \times s &= 180\,000 \rightarrow \\
s &= 180\,000/1000 = 180 \text{ m}
\end{aligned}$$

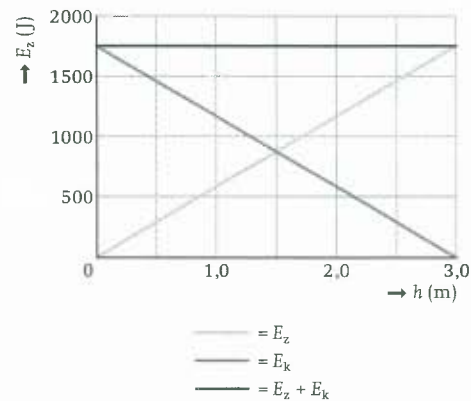
$$\begin{aligned}
7 \quad v_{\text{begin}} &= 108/3,6 = 30 \text{ m/s} \\
Fs &= \frac{1}{2}mv_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2}mv_{\text{begin}}^2 \rightarrow \\
F \times 1,0 &= \frac{1}{2} \times 60 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 60 \times 30^2 \rightarrow \\
F \times 1,0 &= 0 - 27\,000 \rightarrow \\
F &= -27\,000/1,0 = -27\,000 \text{ N}
\end{aligned}$$

## ANTWOORDEN BLOK 8

### W5

- $(E_z)_{\text{begin}} = (E_k)_{\text{eind}} \rightarrow$   
 $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow$   
 $m \times 10 \times 10 = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow$   
 $\frac{1}{2}v^2 = 100 \rightarrow$   
 $v^2 = 100 \times 2 = 200 \rightarrow$   
 $v_{\text{eind}} = 14,1 \text{ m/s}$
- $(E_k)_{\text{begin}} = (E_z)_{\text{eind}} \rightarrow$   
 $\frac{1}{2}mv^2 = m \times 10 \times 6,20 \rightarrow$   
 $\frac{1}{2}v^2 = 62 \rightarrow$   
 $v^2 = 124 \rightarrow$   
 $v_{\text{begin}} = 11,1 \text{ m/s}$
- $(E_k + E_z)_{\text{begin}} = (E_z)_{\text{eind}} \rightarrow$   
 $\frac{1}{2}m \times 5^2 + m \times 10 \times 1,9 = m \times 10 \times h \rightarrow$   
 $12,5 + 19 = 10 \times h \rightarrow$   
 $31,5 = 10 \times h \rightarrow$   
 $h_{\text{eind}} = 31,5/10 = 3,15 \text{ m}$
- $(E_k)_{\text{begin}} = (E_z)_{\text{eind}} \rightarrow$   
 $\frac{1}{2}mv^2 = m \times 10 \times 5,0 \rightarrow$   
 $\frac{1}{2} \times v^2 = 50 \rightarrow$   
 $v^2 = 50 \times 2 = 100 \rightarrow$   
 $v_{\text{begin}} = 10 \text{ m/s}$
- $(E_k)_{\text{begin}} = (E_k + E_z)_{\text{eind}} \rightarrow$   
 $\frac{1}{2}m \times 25^2 = \frac{1}{2}m \times 24^2 + m \times 10 \times h \rightarrow$   
 $312,5 = 288 + 10 \times h \rightarrow$   
 $10 \times h = 312,5 - 288 = 24,5 \rightarrow$   
 $h_{\text{eind}} = 24,5/10 = 2,45 \text{ m}$
- $(E_k + E_z)_{\text{begin}} = (E_k + E_z)_{\text{eind}} \rightarrow$   
 $\frac{1}{2}m \times 5^2 + m \times 10 \times h = \frac{1}{2}m \times 30^2 + m \times 10 \times 0 \rightarrow$   
 $12,5 + 10 \times h = 450 + 0 \rightarrow$   
 $10 \times h = 450 - 12,5 \rightarrow$   
 $h_{\text{begin}} = 437,5/10 = 44 \text{ m}$

- 7 a  $(E_z)_{\text{begin}} = 1800 \text{ J} \rightarrow m \times 10 \times 3 = 1800 \rightarrow m = 60 \text{ kg}$   
 bc Zie figuur.



## ANTWOORDEN BLOK 8

### H1

- Tekening c.
  - Tekening b.
  - Tekening a.
- $W = Fs = 5,0 \times 3,0 = 15 \text{ Nm} = 15 \text{ J}$
- De bal beweegt omhoog  $\rightarrow$  verplaatsing omhoog, zwaartekracht omlaag  $\rightarrow W = -3,0 \times 6 = -18 \text{ J}$
  - $W = 18 + (-18) = 0 \text{ J}$ .
- chemische energie  $\rightarrow$  bewegingsenergie + warmte
- spierkracht, veerkracht en zwaartekracht.
  - chemische energie  $\rightarrow$  bewegingsenergie + veerenergie  $\rightarrow$  zwaarte-energie.
- $P = W/t = 20/5,0 = 4,0 \text{ W}$
- $W = Fs = 500 \times 16 = 8000 \text{ J} = 8,0 \text{ kJ}$
  - $P = W/t = 8000/8 = 1000 \text{ W} = 1,0 \text{ kW}$
- $W = Fs = 200 \times 10 = 2000 \text{ J} = 2,0 \text{ kJ}$
  - $P = W/t = 2000/1,4 = 1429 \text{ W} = 1,4 \text{ kW}$
- $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 900 \times 30^2 = 405\,000 \text{ J} = 405 \text{ kJ}$
- $v = 54 \text{ km/u} = 54/3,6 = 15 \text{ m/s}$   
 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0,15 \times 15^2 = 17 \text{ J}$
- $E_z = m \cdot g \cdot h = 2,5 \times 10 \times 2,0 = 50 \text{ J}$
- $E_z = m \cdot g \cdot h = 0,5 \times 10 \times 0,9 = 4,5 \text{ J}$

- 13 a**  $E_z = m \cdot g \cdot h = 60 \times 10 \times 10 = 6000 \text{ J} = 6,0 \text{ kJ}$   
**b**  $E_k = 0 \text{ J}$   
**c**  $E_k + E_z = 6,0 \text{ kJ}$   
**d**  $E_z = 0 \text{ J}$   
**e**  $E_k = 6,0 \text{ kJ}$   
**f**  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v^2 = 6000 \rightarrow 30 v^2 = 6000 \rightarrow v^2 = 6000/30 = 200 \rightarrow v = 14,1 \text{ m/s}$   
**g**  $E_k$  is kleiner dan 6000 J.

- 14 a**  $(E_k)_{\text{begin}} = (E_z)_{\text{eind}} \rightarrow \frac{1}{2} \times 75 \times 7^2 = 75 \times 10 \times h \rightarrow 1837,5 = 750 \times h \rightarrow h_{\text{eind}} = 1837,5/750 = 2,45 \text{ m}$

**b**  $(E_k)_{\text{begin}} = (E_k + E_z)_{\text{eind}} \rightarrow 1837,5 = \frac{1}{2} \times 75 \times v^2 + 75 \times 10 \times 2,0 \rightarrow 1837,5 = 37,5 \times v^2 + 1500 \rightarrow 1837,5 - 1500 = 37,5 \times v^2 \rightarrow 337,5 = 37,5 \times v^2 \rightarrow v^2 = 337,5/37,5 = 9 \rightarrow v_{\text{eind}} = 3,0 \text{ m/s}$

## ANTWOORDEN BLOK 8

### H2

- 1**  $W = F s$   
**2**  $P = W/t$   
**3** De energie van een bewegend voorwerp.  
**4**  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$   
**5** De energie van een voorwerp dat hoogte heeft.  
**6**  $E_z = m \cdot g \cdot h$   
**7** Vóór en ná de omzetting van bewegingsenergie in zwaarte-energie en omgekeerd, is de totale hoeveelheid energie hetzelfde.  
**8**  $E_k + E_z = \text{constant} \rightarrow (E_k + E_z)_{\text{begin}} = (E_k + E_z)_{\text{eind}}$   
**9**  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times m \times 8,0^2 = 1600 \rightarrow 32 \times m = 1600 \rightarrow m = 1600/32 = 50 \text{ kg}$   
**10**  $F s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 \rightarrow F \times 40 = \frac{1}{2} \times 80 \times 10^2 - \frac{1}{2} \times 80 \times 0^2 \rightarrow F \times 40 = 4000 - 0 \rightarrow F = 4000/40 = 100 \text{ N}$   
**11**  $W = F s = (125 \times 10) \times 2,0 = 2500 \text{ J}$   
 $P = W/t = 2500/5,0 = 500 \text{ W}$   
**12**  $W = P t \rightarrow W = 15\,000 \times 5,0 = 75\,000 \text{ J}$   
 $W = F s \rightarrow F = W/s \rightarrow F = 75\,000/50 = 1500 \text{ N}$

- 13**  $v = 90 \text{ km/u} = 90/3,6 = 25 \text{ m/s}$   
 $(E_z)_{\text{begin}} = (E_k)_{\text{eind}} \rightarrow m \times 10 \times h = \frac{1}{2} \times m \times 25^2 \rightarrow 10 \times h = 312,5 \rightarrow h_{\text{begin}} = 312,5/10 = 31 \text{ m}$

- 14**  $(E_k)_{\text{begin}} = (E_z)_{\text{eind}} \rightarrow 1200 = 60 \times 10 \times h \rightarrow 1200 = 600 \times h \rightarrow h = 1200/600 = 2,0 \text{ m}$

- 15**  $(E_k)_{\text{begin}} = (E_k + E_z)_{\text{eind}} \rightarrow \frac{1}{2} \times m \times 12^2 = \frac{1}{2} \times m \times v^2 + m \times 10 \times 4,7 \rightarrow 72 = \frac{1}{2} \times v^2 + 47 \rightarrow 72 - 47 = \frac{1}{2} \times v^2 \rightarrow 25 = \frac{1}{2} \times v^2 \rightarrow 50 = v^2 \rightarrow v_{\text{eind}} = 7,1 \text{ m/s}$

## ANTWOORDEN BLOK 8

### H3

- 1 a**  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 800 \times 20^2 = 160\,000 \text{ J} = 160 \text{ kJ}$   
**b**  $\Delta v = a \cdot t = 0,5 \times 20 = 10 \text{ m/s} \rightarrow v_{\text{eind}} = 20 + 10 = 30 \text{ m/s} \rightarrow E_k = \frac{1}{2} \times 800 \times 30^2 = 360\,000 \text{ J} = 360 \text{ kJ}$   
**2 a**  $F_z = m \cdot g = 2500 \times 10 = 25\,000 \text{ N} = 25 \text{ kN}$   
**b**  $E_z = m \cdot g \cdot h = 2500 \times 10 \times 16 = 400\,000 \text{ J} = 400 \text{ kJ}$   
**c**  $v = 0 \text{ m/s} \rightarrow E_k = 0 \text{ J}$   
**3 a** De bewegingsenergie neemt toe. Er geldt de wet van behoud van mechanische energie  $\rightarrow$  De zwaarte-energie neemt af.  
**b**  $(E_z)_{\text{begin}} = 60 \times 10 \times 10 = 6000 \text{ J}$   
 $(E_z)_{\text{eind}} = 60 \times 10 \times 0 = 0 \text{ J}$   
 verschil =  $6000 - 0 = 6000 \text{ J} = 6,0 \text{ kJ}$   
**c**  $(E_z)_{\text{begin}} = (E_k)_{\text{eind}} \rightarrow 6000 = \frac{1}{2} \times 60 \times v^2 \rightarrow 6000 = 30 \times v^2 \rightarrow v^2 = 6000/30 = 200 \rightarrow v_{\text{eind}} = 14,1 \text{ m/s}$   
**4 a**  $W = P t = 5,0 \times 1 = 5 \text{ J}$   
**b** In 1 seconde legt het autootje 2,5 m af  $\rightarrow s = 2,5 \text{ m}$   
 $W = F s \rightarrow F = W/s = 5/2,5 = 2,0 \text{ N}$   
**5**  $v = 72/3,6 = 20 \text{ m/s}$   
 $F s = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 \rightarrow F \times 40 = \frac{1}{2} \times 0,15 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 0,15 \times 20^2 \rightarrow F \times 40 = 0 - 30 \rightarrow F = -30/40 = -0,75 \text{ N}$   
**6**  $(E_z)_{\text{begin}} = (E_k)_{\text{eind}} \rightarrow m \times 10 \times 1,25 = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \rightarrow 12,5 = \frac{1}{2} \times v^2 \rightarrow v^2 = 25 \rightarrow v_{\text{eind}} = 5,0 \text{ m/s}$



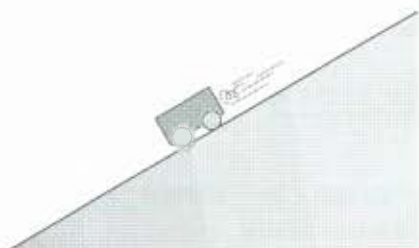
## Onderzoek aan de wet van behoud van energie

In dit extrastofblad ga je onderzoek doen aan de wet van behoud van (mechanische) energie. Dit wordt geen open onderzoek, omdat dat te lastig zou zijn. De onderzoeksvraag is:

*Geldt de wet van behoud van energie in het volgende experiment?*

### MEETPLAN

We laten een karretje van een hellend vlak rijden (zie figuur).



- 1 Welke energie-omzetting vindt er plaats als het karretje naar beneden rijdt?
- 2 Hoe luidt de wet die je bij deze energie-omzetting mag gebruiken (mits er geen wrijving is)?
- 3 Hoe groot is de bewegingsenergie van het karretje als je het loslaat?
- 4 Hoe groot is de zwaarte-energie van het karretje onderaan het hellend vlak?

We bepalen de snelheid van het karretje onderaan het hellend vlak met behulp van een tijdtikker. De tijdtikker zet stippen op een tikkerstrook. De tikkerstrook is verbonden met het karretje.

De meeste tijdtikkers zetten 50 stippen per seconde.

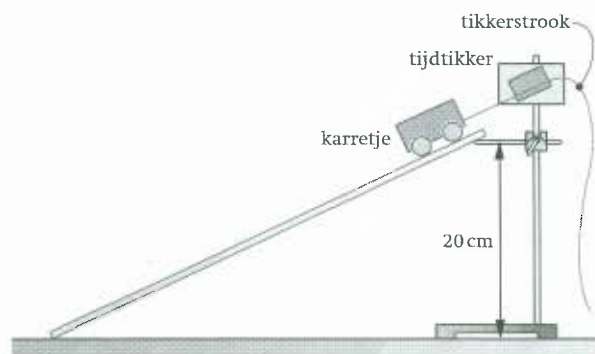
- 5 Hoeveel tijd zit er tussen het zetten van twee stippen?
- 6 Hoe kun je met de tikkerstrook de (gemiddelde) snelheid van het karretje bepalen?

### BENODIGD MATERIAAL

- plank of rail van 1,00 m met licht lopend karretje
- blokje van 100 g
- tijdtikker met tikkerstrook van 1,5 m
- wisselspanningsbron
- statief
- balans
- meetlat

### OPSTELLING

Stel de rail hellend op, zodat één uiteinde 20,0 cm boven de tafel zit (zie figuur). Zorg voor een vrije uitloop onderaan de rail.



Plaats aan het bovenste uiteinde de tijdtikker. Sluit de tijdtikker aan op een wisselspanningsbron. (Nog niet aanzetten!)

### UITVOERING

- 7 Bepaal de massa van het karretje. Noteer de massa.
- 8 Meet de hoogte waarop het karretje wordt losgelaten. Noteer de hoogte.

Verbind de tikkerstrook met het karretje.

Plaats het karretje bovenaan de rail met de strook door de tijdtikker. Zet de spanningsbron aan en laat het karretje los.

### UITWERKING

- 9 Hoe kun je aan de tikkerstrook zien dat de snelheid van het karretje toeneemt?
- 10 Hoe kun je aan de tikkerstrook zien op welk moment het karretje de rail verlaat?
- 11 Bepaal met behulp van de tikkerstrook de (gemiddelde) snelheid van het karretje onderaan de rail. (Vraag eerst even na hoeveel stippen jouw tijdtikker per seconde zet.)
- 12 Bereken de bewegingsenergie van het karretje als het de rail verlaat.

**13** Bereken de zwaarte-energie van het karretje bovenaan de rail.

Verwerk in je eindconclusie antwoord op de volgende vraag:

**14** Ga na of je hier de wet van behoud van mechanische energie mag toepassen. Licht je antwoord toe.

Mogelijkheid voor vervolgonderzoek:

Herhaal de meting met een blokje van 100 g op het karretje.

**15** Maak ook voor deze meting de opdrachten 11 t.e.m. 14.