

5.2 Energie

Begripsvragen: Arbeid en energieomzettingen

1 Meerkeuzevragen

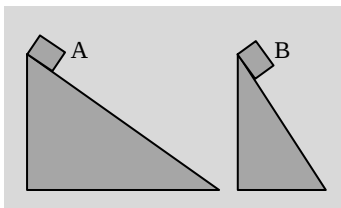
- 1 [H/V] Hieronder staan drie situaties waarin je een kracht uitoefent. In welke van die situaties levert je lichaam natuurkundig gezien geen arbeid?
- A Je rijdt op de fiets met een constante snelheid over een vlakke weg.
 - B Je tilt een zware boodschappentas op.
 - C Je probeert bij het verhuizen een zware kast over de vloer te schuiven, maar dat lukt niet.

- 2 [H/V] Een kracht F verricht arbeid bij het verplaatsen van een voorwerp over een afstand s in de richting van de kracht. Bij een tweemaal zo grote kracht die het voorwerp over een driemaal zo grote afstand verplaatst is deze arbeid
- A tweemaal zo groot.
 - B driemaal zo groot.
 - C zesmaal zo groot.
 - D vijftienmaal zo groot.

- 3 [H/V] Je tilt een koffer vanaf de vloer op een tafelblad. De arbeid die de zwaartekracht daarbij verricht, hangt in elk geval af van de massa van de koffer. Daarnaast kunnen de volgende drie factoren een rol spelen: 1) de weg waarlangs je de koffer op het tafelblad zet (rechtstreeks omhoog of langs een omweg), 2) de snelheid waarmee je de koffer optilt, en 3) de hoogte van het tafelblad boven de vloer.

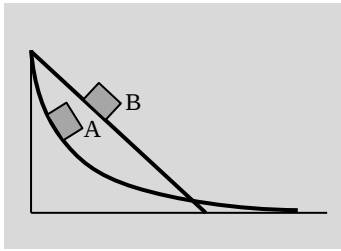
Welke van deze drie factoren heeft invloed op de arbeid die de zwaartekracht op de koffer verricht?

- A Alleen factor 1
- B Alleen factor 2
- C Alleen factor 3
- D Alleen de factoren 1 en 3
- E Alleen de factoren 2 en 3
- F De factoren 1, 2 en 3.



Figuur 1

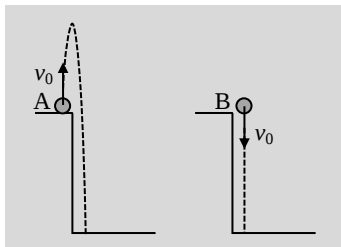
- 4 [H/V] Twee blokken A en B glijden vanaf dezelfde hoogte omlaag langs een wrijvingsloze helling met een verschillende hellingshoek, zoals in figuur 1.
- a De blokken A en B hebben dezelfde massa. Aan het einde van de helling is de snelheid van blok A, vergeleken met de snelheid van blok B
- A groter
 - B even groot
 - C kleiner
 - D Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- b De massa van blok A is groter dan de massa van blok B. Aan het einde van de helling is de snelheid van blok A, vergeleken met de snelheid van blok B
- A groter
 - B even groot
 - C kleiner
 - D Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- 5 [H/V] Twee blokken A en B glijden vanaf het beginpunt op dezelfde hoogte omlaag langs een wrijvingsloze helling met een verschillende vorm, zoals in



Figuur 2

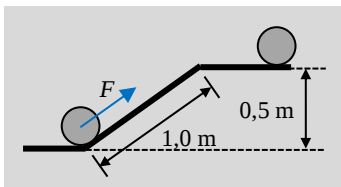
- figuur 2. Welk blok heeft aan het einde van de helling de grootste snelheid?
- A Blok A, want daarbij is de helling in het begin het steilst zodat er meer gelegenheid is om te versnellen.
 - B Blok A, want daarbij is de helling het langst zodat er meer gelegenheid is om te versnellen.
 - C Blok B, want daarbij heeft de helling een constante hellingshoek zodat er meer gelegenheid is om te versnellen.
 - D Blok B, want daarbij is de helling korter zodat de kinetische energie beter behouden blijft.
 - E Beide blokken hebben aan het eind van de helling dezelfde snelheid.

- 6 [H/V] Je laat twee knikkers vanaf dezelfde hoogte vallen. De massa van de ene knikker is tweemaal zo groot als die van de andere knikker. Vlak voordat de knikkers de grond raken is de kinetische energie van de zware knikker, vergeleken met de kinetische energie van de lichte knikker
- A even groot
 - B tweemaal zo groot
 - C tweemaal zo klein
 - D viermaal zo groot
 - E Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.



Figuur 3

- 7 [H/V] Twee stenen A en B met gelijke massa worden vanaf dezelfde hoogte met dezelfde snelheid v_0 weggegooid, de ene steen omhoog en de andere steen omlaag zoals in figuur 3. De luchtweerstand is verwaarloosbaar klein. Welke van de volgende uitspraken beschrijft het best welke steen de grootste snelheid heeft vlak voor het neerkomen op de grond.
- A Beide stenen hebben dezelfde snelheid.
 - B Steen A, want die legt de grootste afstand af.
 - C Steen A, want die beweegt langer.
 - D Steen A, want die legt de grootste afstand af en beweegt langer.
 - E Steen B, want daarop wordt geen arbeid verricht tegen de zwaartekracht in.



Figuur 4

- 8 [H/V] Een bal met een massa van 5,0 kg wordt langs een 1,0 m lange helling door een kracht F naar een hoogte van 0,5 m geduwd, zoals in figuur 4. De wrijvingskracht tussen de bal en de helling is verwaarloosbaar klein. Hoe groot is de benodigde kracht F op de bal?
- A 200 N
 - B 50 N
 - C 25 N
 - D 5,0 N
 - E Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.

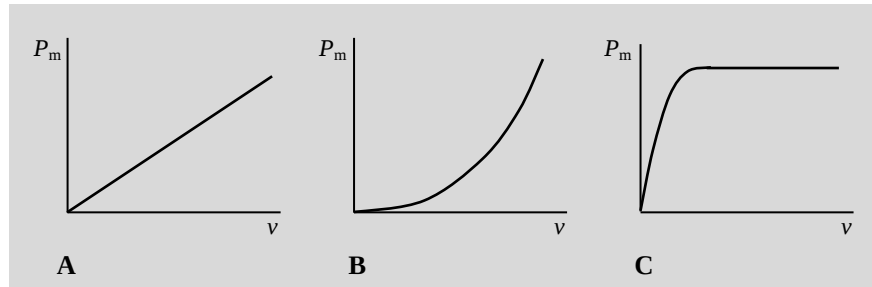
- 9 [H/V] Je rijdt op een mountainbike een steile heuvel op. Je kunt kiezen uit twee paden: het ene pad is tweemaal zo lang als het andere. Hoe groot is de gemiddelde kracht die je moet uitoefenen als je het lange pad neemt, vergeleken met die op het korte pad?
- A Viermaal zo klein.
 - B Driemaal zo klein.
 - C Tweemaal zo klein.
 - D Even groot.
 - E Niet te bepalen – het hangt af van hoe lang je erover doet.

- 10 [H/V] Een blok glijdt vanuit stilstand langs een wrijvingsloze helling omlaag en heeft aan het eind van de helling een snelheid v . Hoe hoog moet de helling zijn, zodat het blok aan het eind van de helling een snelheid $2 \cdot v$ heeft?
- A Even hoog.
 - B Tweemaal zo hoog.
 - C Viermaal zo hoog.
 - D Achtmaal zo hoog.
 - E Niet te bepalen – het hangt af van hoe steil de helling is.

- 11 [V] Een voorwerp wordt met behulp van de ingedrukte veer recht omhoog geschoten. Het voorwerp bereikt een hoogte van 24 m. Hetzelfde voorwerp wordt met dezelfde veer nogmaals recht omhoog geschoten, maar nu is de veer maar voor de helft ingedrukt. Welke hoogte bereikt het voorwerp? Neem aan dat de luchtweerstand verwaarloosbaar klein is.
- A 96 m
 - B 48 m
 - C 24 m
 - D 12 m
 - E 6 m
 - F 3 m
 - G Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- 12 [H/V] Een auto trekt vanuit stilstand in 1,5 s op tot een snelheid van 50 km/h. Hoeveel tijd is er nodig om op te trekken tot een snelheid van 100 km/h, als het motorvermogen niet afhangt van de snelheid? Neem aan dat de wrijvingskrachten op de auto verwaarloosbaar klein zijn.
- A 2 s
 - B 3 s
 - C 4,5 s
 - D 6 s
 - E 9 s
 - F 12 s
- 13 [H/V] Een steen met een massa van 1 kg valt vanaf een hoogte van 5 m op de grond. Hoe groot is de kracht die de steen bij het neerkomen op de grond uitoefent?
- A 0,2 N
 - B 5 N
 - C 50 N
 - D 100 N
 - E Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- 14 [H/V] Twee modelauto's, een van plastic met een massa van 0,2 kg en een van metaal met een massa van 0,8 kg, staan op een wrijvingsloze horizontale baan. Op beide modelauto's wordt dezelfde kracht uitgeoefend om ze vanuit rust een afstand van 1 m te laten afleggen. Na het afleggen van die afstand is de kinetische energie van de plastic auto, vergeleken met die van de metalen auto
- A groter
 - B even groot
 - C kleiner
 - D Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- 15 [V] De luchtwrijvingskracht $F_{w,l}$ op een voertuig is kwadratisch evenredig met de snelheid v : $F_{w,l} = k \cdot v^2$. De rolwrijvingskracht $F_{w,r}$ op het voertuig is verwaarloosbaar klein, vergeleken met de luchtwrijvingskracht. Bij een tweemaal zo grote snelheid is de voorwaartse kracht op het voertuig dus viermaal zo groot. Maar voor het afleggen van een bepaalde afstand is maar de helft van de tijd nodig. Het brandstofverbruik van het voertuig is bij die tweemaal zo grote snelheid dus
- A tweemaal zo klein.
 - B even groot.
 - C tweemaal zo groot.
 - D viermaal zo groot.
- 16 [V] De luchtwrijvingskracht $F_{w,l}$ op een voertuig is kwadratisch evenredig met de snelheid v : $F_{w,l} = k \cdot v^2$. De rolwrijvingskracht $F_{w,r}$ op het voertuig heeft een constante waarde, en is niet verwaarloosbaar klein ten opzichte van de luchtwrijvingskracht. Het brandstofverbruik van het voertuig is bij een tweemaal zo grote snelheid dus

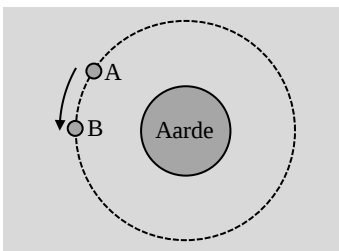
- A even groot.
- B tweemaal zo groot.
- C groter, maar minder dan viermaal zo groot.
- D viermaal zo groot.

- 17 [V] Het mechanisch vermogen P_m dat de motor van een voertuig moet leveren wordt gegeven door: $P_m = F_{vw} \cdot v$. Hierin is F_{vw} de voorwaartse kracht en v de snelheid.
Neem aan dat de rolwrijvingskracht $F_{w,r}$ op het voertuig verwaarloosbaar klein is ten opzichte van de luchtweerstandskracht $F_{w,l}$. Welk diagram uit figuur 5 geeft het verband tussen het mechanisch vermogen P_m en de snelheid v dan het beste weer?



Figuur 5

- 18 [H/V] De verbrandingswarmte van de brandstof in de tank van een voertuig hangt af van
- A de soort brandstof in de tank.
 - B de hoeveelheid brandstof in de tank.
 - C het rendement van de motor.
 - D het volume van de tank.
- 19 [H/V] Er is een nieuwe brandstof met een tweemaal zo grote verbrandingswarmte als benzine. Het rendement van de nieuwe motor voor deze brandstof is (nog) tweemaal zo klein als die van een benzinemotor. Vergeleken met een benzinemotor is het brandstofverbruik van deze nieuwe motor
- A tweemaal zo klein.
 - B even groot.
 - C tweemaal zo groot.
 - D viermaal zo groot.



Figuur 6

- 20 [V] Een satelliet voert een eenparige cirkelbeweging rond de Aarde uit, zoals in figuur 6. Op de satelliet werkt alleen de gravitatiekracht van de Aarde. Welke van de volgende uitspraken is juist, als de satelliet in zijn baan van A naar B beweegt?
- A De gravitatie-energie van de satelliet neemt af.
 - B De gravitatiekracht op de satelliet verricht negatieve arbeid.
 - C De gravitatiekracht op de satelliet verricht geen arbeid.
 - D De snelheid van de satelliet verandert niet.
 - E De kinetische energie van de satelliet verandert niet.
 - F Geen van bovenstaande uitspraken is juist.

Antwoorden meerkeuzevragen

1: C | 2: C | 3: C | 4 (a,b): B,B | 5: E | 6: B | 7: A | 8: C | 9: C | 10: C | 11: E | 12: D | 13: E | 14: B | 15: D | 16: C | 17: B | 18: A | 19: B | 20: C+E

2 Tekenvragen

- 21 [H/V] Teken het energiestroomdiagram van een energieomzetter met een hoog rendement. Doe hetzelfde voor een energieomzetter met een laag rendement.

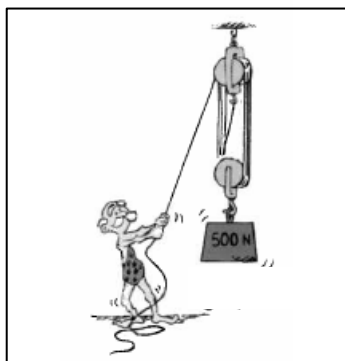
- 22 [H/V] Teken het energiestroomdiagram van de volgende energieomzetters, met daarin aangegeven de in- en uitstromende energiesoorten. Hou daarbij zoveel mogelijk rekening met het rendement van de energieomzetter.
- a Benzinemotor
 - b Elektromotor
 - c Elektrische boiler
 - d Accu
 - e Gasgestookte elektriciteitscentrale
 - f Zonnepaneel
 - g Windturbine

3 Open vragen

- 23 [H/V] Een kracht brengt een voorwerp in beweging. Hoe noemen we de grootte $kracht \times afstand$, en welke grootte wordt hierdoor veranderd?
- 24 [H/V] Beschrijf een situatie waarin er een kracht op een voorwerp wordt uitgeoefend zonder dat die kracht arbeid op het voorwerp verricht.
- 25 [H/V] Wat kost meer arbeid: het optillen van een zak van 50 kg over een verticale afstand van 2 m of het optillen van een zak van 25 kg over een verticale afstand van 4 m?
- 26 [H/V] Als het optillen van beide zakken in de vorige vraag over de daar gegeven afstanden even lang duurt, hoe groot is dan het vermogen dat bij de ene zak nodig is, vergeleken met dat bij de andere zak?
- 27 [H/V] Hoe groot is het vermogen dat nodig is als een kracht van 1 N een boek over een afstand van 2 m verplaatst in een tijdsduur van 1 s?
- 28 [H/V] Een auto wordt opgetild in de garage en heeft daardoor zwaarte-energie ten opzichte van de grond. Hoeveel zwaarte-energie zou de auto krijgen als die twee keer zo hoog wordt opgetild?
- 29 [H/V] Twee auto's worden in een garage even hoog opgetild. Als de ene auto een twee keer zo grote massa heeft als de andere, hoe verhouden zich dan de zwaarte-energieën tot elkaar?
- 30 [H/V] Hoe groot is de toename van de zwaarte-energie van een boek van 1 kg als het over 4 m omhoog gebracht wordt? En bij 8 m?
- 31 [H/V] Hoe groot is de kinetische energie van een boek van 1 kg als het met een snelheid van 2 m/s door de kamer wordt gegooid? Hoeveel energie wordt overgedragen aan de muur die het boek per ongeluk tegenkomt?
- 32 [H/V] Welke auto heeft de grootste kinetische energie: een auto die met 30 km/h beweegt of een half-zo-zware auto die 60 km/h rijdt?
- 33 [H/V] Een bewegende auto heeft kinetische energie. Als hij versnelt tot vier keer de oorspronkelijke snelheid, hoeveel keer groter wordt dan zijn kinetische energie? Hoeveel keer meer arbeid moeten de remmen verrichten om de vier-keer-zo-snelle auto tot stilstand te brengen?
- 34 [H/V] In een gespannen boog ligt een veerenergie van 40 J opgeslagen. Hoe groot is de kinetische energie van een pijl die met deze boog wordt afgeschoten, direct na het afschieten?
- 35 [H/V] Een appel die aan de tak van een boom hangt, heeft zwaarte-energie als gevolg van zijn hoogte. Als de appel valt, wat is er dan met die zwaarte-energie

gebeurd op het moment juist voordat de appel de grond raakt? En nadat de appel de grond heeft geraakt?

- 36 [H/V] Leg uit hoe de chemische energie die in een groen blad is opgeslagen verband houdt met de energie die door de zon wordt uitgestraald.
- 37 [H/V] Leg uit wat de energie van de elektrische stroom die een elektrische tandenborstel laat werken, te maken heeft met thermonucleaire fusie-energie.
- 38 [H] Een kracht van 50 N wordt uitgeoefend op het uiteinde van een hefboom, die over een zekere afstand wordt bewogen. Als het andere uiteinde van de hefboom daarbij de helft van die afstand beweegt, hoeveel kracht oefent hij dan uit?



Figuur 7

- 39 [H] De man in figuur 7 trekt het touw over een afstand van 1 m naar beneden met een kracht van 100 N. De last gaat daardoor $\frac{1}{7}$ van die afstand omhoog (ongeveer 14 cm). Wat is dan de grootste last die opgetild kan worden?
- 40 [H] Als de last in de situatie van de vorige vraag 500 N bedraagt, wat is dan het rendement van het katrollensysteem?
- 41 [H] Uitgaande van de situatie in de vorige vraag, hoeveel J arbeid verricht de man op het katrollensysteem en met hoeveel J neemt de zwaarte-energie van de last toe? Wat is er gebeurd met het verschil in energie?

- 42 [H/V] Leg uit of een machine een rendement van meer dan 100% kan hebben.

- 43 [H/V] Leg uit waarom het eenvoudiger is om een licht geladen vrachtwagen tot stilstand te brengen dan een zwaar geladen vrachtwagen bij dezelfde snelheid.

- 44 [V] De veerenergie van Tenny's gespannen boog (zie figuur 8) is te benaderen door de kracht waarmee zij de boog gespannen houdt te vermenigvuldigen met de afstand waarover ze de pijl naar achteren heeft getrokken. Levert dat een veerenergie op die groter is dan de werkelijke veerenergie, of kleiner?

- 45 [H/V] Als een geweer met een langere loop wordt afgevuurd, werkt de kracht van het uitzettende gas over een langere afstand op de kogel. Welk effect heeft dit op de snelheid van de afgeschoten kogel?

- 46 [H/V] In een trein gooien twee kinderen een bal over en weer. Hangt de kinetische energie van de bal af van de snelheid van de trein? Geef een zorgvuldig antwoord.

- 47 [H/V] Bij 'zuinig zijn met energie' kan het gaan om het uitschakelen van onnodig brandende lampen en het op een lage stand zetten van de verwarmingsthermostaat. Maar waarom zou je zuinig zijn met energie als die altijd behouden blijft? Leg uit wat het verband is tussen 'energiebehoud' in de natuurkunde en 'zuinig zijn met energie' in het dagelijks spraakgebruik.

- 48 [H/V] Op welk punt in zijn baan heeft de massa van een slinger zijn maximale kinetische energie? Op welk punt is zijn zwaarte-energie maximaal? Als de kinetische energie de helft is van de maximale waarde, hoe groot is dan de zwaarte-energie?

- 49 [H/V] Een natuurkundeleraar laat energiebehoud zien door een slinger met grote massa heen en weer te laten slingeren, zoals in figuur 9. Wat zou er gebeuren als hij in zijn enthousiasme de slinger een duwtje meegeeft bij het loslaten vanaf zijn neus? Leg uit.

- 50 [H/V] Waarom wordt er geen arbeid verricht op een voorwerp als de kracht



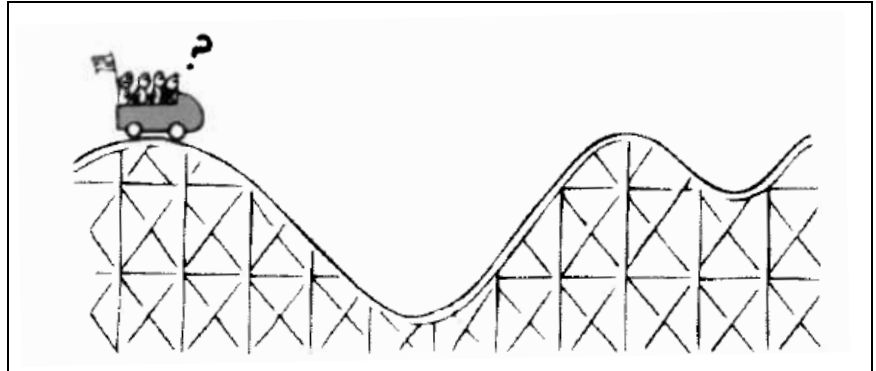
Figuur 8



Figuur 9

loodrecht staat op de snelheid van het voorwerp?

- 51 [H/V] Verricht het koord van een slinger arbeid op de slingerende massa bij het heen en weer slingeren? Verricht de zwaartekracht arbeid op die massa?
- 52 [V] Een kist wordt aan een touw over een horizontaal oppervlak getrokken. Op hetzelfde moment trekt de kist aan het touw, in overeenstemming met Newtons derde wet. Is de arbeid die door het touw op de kist wordt verricht daarom nul? Leg uit.
- 53 [H/V] Bespreek het ontwerp van de achtbaan in figuur 10 op basis van behoud van energie.



Figuur 10

- 54 [H/V] Stel dat je met twee klasgenoten het ontwerp van een achtbaan bespreekt. De een zegt dat iedere volgende top lager moet zijn dan de vorige. De ander zegt dat dit onzin is: als de eerste top maar het hoogst is, doet het er niet toe hoe hoog de andere toppen zijn. Wat is jouw visie?

- 55 [H/V] Twee ballen worden gelijktijdig losgelaten vanaf het linker uiteinde van de rails A en B, zoals in figuur 11. Welke bal heeft aan het rechter uiteinde van de rail de grootste snelheid?



Figuur 11

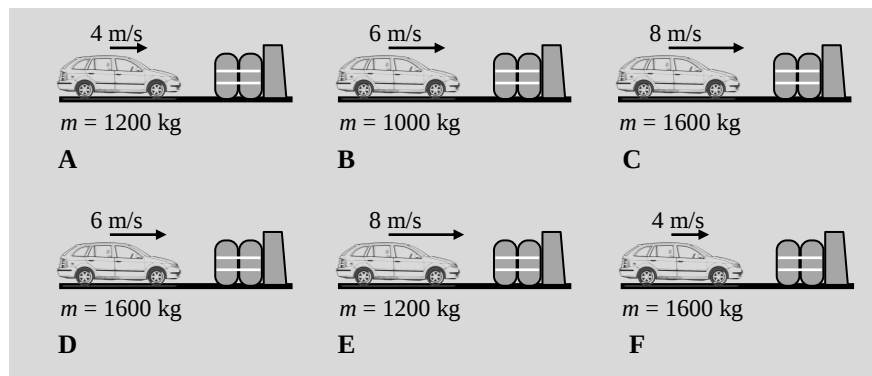
- 56 [H/V] Als een golfbal en een tafeltennisbal dezelfde kinetische energie hebben, weet je dan welke bal de grootste snelheid heeft? Leg uit. Kun je, op dezelfde manier, in een gasmengsel van zware en lichte moleculen met dezelfde gemiddelde kinetische energie, aangeven welke moleculen het snelst bewegen?
- 57 [H/V] Is het brandstofverbruik van een auto afhankelijk van of de autolampen of de airco aan staan?
- 58 [H/V] Van een inefficiënte machine wordt wel gezegd dat die 'energie verspilt'. Betekent dit dat er in feite energie verloren gaat? Leg uit.
- 59 [H/V] Een klasgenoot vindt het verwarrend dat de ideeën over krachten in tegenspraak lijken met de ideeën over energie. Bijvoorbeeld: op een auto die met constante snelheid over een rechte weg rijdt is de resulterende kracht (of netto-kracht) nul, terwijl er in dat geval wel arbeid wordt verricht. Je klasgenoot vraagt: "Hoe kan er nu arbeid worden verricht als de resulterende kracht nul is?" Hoe leg je dat uit?
- 60 [H/V] Als er geen luchtweerstand is, heeft een bal die met een bepaalde kinetische energie vanaf de grond omhoog wordt gegooid, dezelfde kinetische energie opnieuw als hij weer terug is op de grond. Als de luchtweerstand invloed heeft op de beweging van de bal, keert die dan terug op de grond met meer, evenveel of minder kinetische energie? Is je antwoord in tegenspraak met de wet van behoud van energie? Verdedig je antwoord.

- 61 [H/V] Vanaf het dak van een gebouw gooi je een bal omhoog terwijl je een andere naar beneden laat vallen tot op de grond. Ook de omhoog gegooid bal valt, na het omhoog bewegen, naar beneden naar de grond. Als de luchtweerstand verwaarloosd kan worden, hoe verhouden zich dan de kinetische energieën waarmee de beide ballen de grond bereiken?
- 62 [H/V] Een vallende steen wint tijdens de val evenveel kinetische energie als hij kwijtraakt aan zwaarte-energie, zodat het totaal van kinetische energie plus zwaarte-energie steeds gelijk blijft. Bij het raken van de grond raakt de steen al zijn kinetische energie kwijt zonder er zwaarte-energie bij te krijgen. Hoe kan dit in overeenstemming zijn met energiebehoud?
- 63 [H/V] Een steen valt vanaf een bepaalde hoogte en dringt bij het neerkomen de modder in. Hoe ver dringt de steen de modder in als je hem van een twee keer zo grote hoogte laat vallen (bij verder identieke omstandigheden)?
- 64 [H/V] Wanneer is de verandering van de kinetische energie van een auto het grootst: bij optrekken van 10 tot 20 km/h of bij optrekken van 20 tot 30 km/h?
- 65 [H/V] Als een automotor een rendement van 100% had, waarbij alle energie van de brandstof in arbeid zou worden omgezet, zou die motor dan warm worden? Zouden de uitlaatgassen de omgeving opwarmen? Zou de motor geluid maken? Zou de motor trillen?

4 Ordeningsvragen

Bij de volgende ordeningsvragen zet je steeds een aantal situaties op volgorde. Als er twee of meer situaties zijn die gelijk 'scoren', dan komen die situaties op dezelfde plaats in jouw volgorde te staan. Je geeft dat bijvoorbeeld aan door ze te omcirkelen. En ten slotte leg je de redenering achter jouw volgorde uit.

- 66 [H/V] In figuur 12 zie je zes auto's met een gegeven snelheid en massa. De auto's komen bij een botsing tegen een barrière tot stilstand, waarbij deze barrière over dezelfde afstand wordt ingedeukt. Zet de situaties op volgorde op basis van de kracht die nodig is om de auto tot stilstand te laten komen. Begin met de situatie waarin die kracht het grootst is.

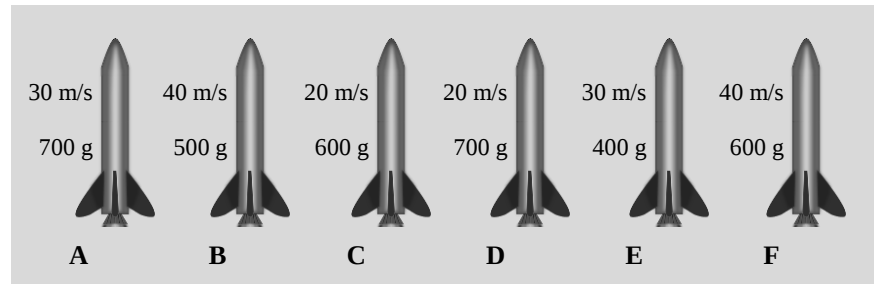


Figuur 12

- 67 [H/V] In figuur 13 zie je zes raketten met een gegeven snelheid en massa op het moment dat de raketmotor net is uitgeschakeld. Alle raketten bevinden zich op dat moment op dezelfde hoogte. De luchtweerstand op die hoogte is verwaarloosbaar klein.
- Zet de raketten op volgorde op basis van hun kinetische energie op deze hoogte. Begin met de raket waarbij die kinetische energie het grootst is.
 - Zet de raketten op volgorde op basis van hun kinetische energie in het hoogste punt van hun baan. Begin met de raket waarbij die kinetische energie het grootst

is.

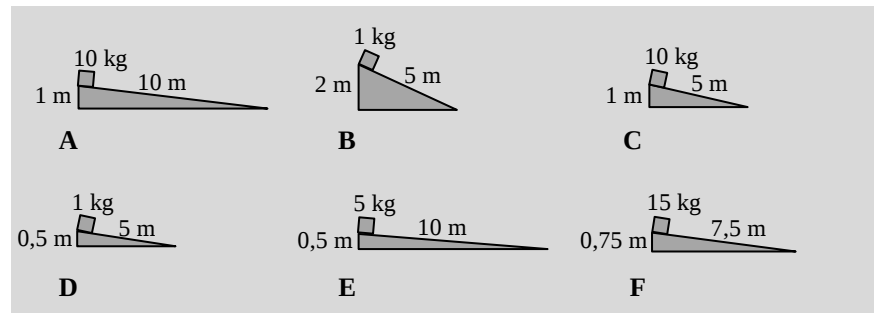
- c Zet de raketten op volgorde op basis van hun zwaarte-energie (of gravitatie-energie) in het hoogste punt van hun baan. Begin met de raket waarbij die zwaarte-energie (of gravitatie-energie) het grootst is.



Figuur 13

- 68 [H/V] In figuur 14 zie je zes voorwerpen in rust aan het begin van verschillende wrijvingsloze hellingen.

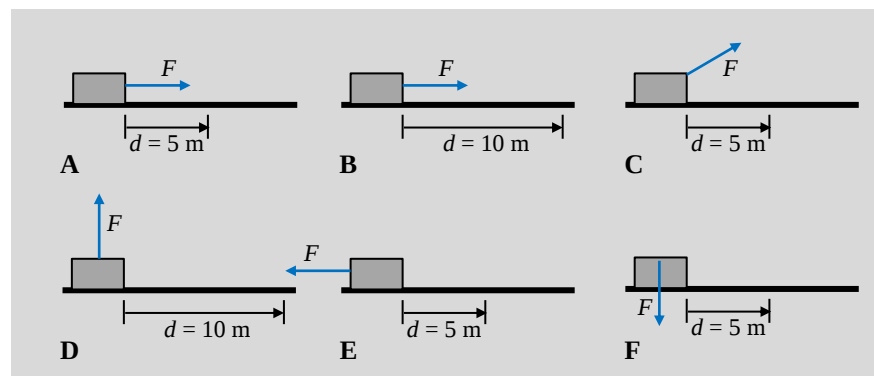
- a Zet de situaties op volgorde op basis van de kinetische energie van het voorwerp aan het eind van de helling. Begin met de situatie waarin deze kinetische energie het grootst is.
- b Zet de situaties op volgorde op basis van de verandering van de zwaarte-energie van het voorwerp bij zijn beweging van het begin tot het eind van de helling. Begin met de situatie waarin deze verandering van de zwaarte-energie het grootst is.



Figuur 14

- 69 [H/V] In figuur 15 zie je zes kisten die met dezelfde beginsnelheid van links naar rechts over een afstand d over een horizontaal oppervlak bewegen. Tijdens de beweging wordt er een kracht F op de kisten uitgeoefend, die voor alle kisten even groot is maar verschillend van richting.

Zet de kisten op volgorde op basis van de arbeid die de kracht F verricht. Begin met de kist waarbij deze arbeid het grootst is. Let op: nul is groter dan negatief.



Figuur 15