

Stuiteren van vallende ballen

Titel: Stuiteren van vallende ballen
Vak: Natuurkunde
Domein: Energie Vmbo
Sector: vmbo k/g/t
3D aspecten: **Werkwijze:** Onderzoeken en redeneren
Denkwijzen: Structuur en functie van materialen, behoud van energie.

1. Introductie

Voor veel leerlingen is energie een vaag iets. Het leren herkennen van energiesoorten en energieomzettingen kan bijdragen tot een beter begrip van wat energie is. Na een oriëntatiefase gaan leerlingen beredeneren welke materiaaleigenschap (van de bal en ondergrond) nodig is voor een goede stuitering. Daarna onderzoeken ze welke soort bal het beste stuitert. Door te redeneren krijgen leerlingen meer inzicht in de energieomzettingen tijdens de beweging van een stuitende bal. Tot slot is er aandacht voor criteria waaraan een goed onderzoek moet voldoen. De begrippen zwaarte-energie, bewegingsenergie en veerenergie worden in de opdracht kort geïntroduceerd. Voor het goed uitvoeren van de opdracht is het wenselijk dat de leerlingen al vertrouwd zijn met het begrip energie. De wet van behoud van energie komt aan de orde in de verdieping.

Voorkennis: Enige vertrouwdheid met het begrip energie is gewenst. De eenheid van energie wordt bekend verondersteld bij het doen van de vragen uit de verdieping.

2. Integrale doelen

Beredeneren dat structuur en functie van de materialen van bal en ondergrond gerelateerd zijn aan de mate van stuitering. Energiesoorten benoemen, energieomzettingen herkennen en zo vertrouwd raken met de wet van behoud van energie.

3. Werkwijzen, vakinhouden en denkwijzen

D1 Werkwijzen	D2 Vak inhouden	D3 Denkwijzen
Onderzoeken Onderzoek doen naar het stuiteren van ballen. Redeneervaardigheden Materiaal van bal en vloer bepaalt mate van stuitering.	Vormen van energie, energieomzetting, opwekking Energiesoorten kunnen noemen, waaronder bewegings-, zwaarte-, kernenergie, elektrische en chemische energie, warmte, licht, straling. Energieomzettingen herkennen en met voorbeelden toelichten. Een aantal energiebronnen herkennen. Verschillende manieren van energieopwekking en energieopslag beschrijven.	Oorzaak en gevolg Materiaal van bal en van ondergrond bepalen de mate van stuitering. Structuur en functie Voor een goed stuitende bal is een harde ondergrond nodig en moet de bal van elastisch materiaal zijn. Behoud van energie en materie/transport en kringlopen Bij het stuiteren is er sprake van energieomzettingen terwijl de energie behouden blijft.

4. Leerlingopdracht

Stuiterende ballen

Onderzoek

Je hebt van je docent verschillende ballen gekregen. Je gaat twee zaken onderzoeken

- wat er precies gebeurt bij het stuiten zelf en welke eigenschap een bal daarvoor moet hebben
 - welke invloed de ondergrond en op het stuiten heeft.
- Daarna ga je een methode bedenken waarmee je kan aangeven hoe goed een bal stuitert.

Onderzoek 1 - Hoe stuitert een bal?

Je begint dit onderzoek door eerst goed te kijken naar wat er precies gebeurt met de bal tijdens het stuiten.

Bekijk de filmpjes op YouTube die te vinden zijn over stuitende ballen: zoek op "bouncing ball slow motion".

Maak eventueel zelf een filmpje.

Beschrijf wat je ziet en beantwoordt daarbij de onderstaande vragen:

- Wat zie je met de bal gebeuren op het moment dat die de grond raakt?
- Wat gebeurt er meteen daarna met de bal?
- Hoe ziet de bal eruit als hij – na het stuiten – omhoog beweegt?

De bal moet een bijzondere eigenschap hebben waardoor hij stuitert. De bal komt namelijk na het stuiten weer terug in zijn oorspronkelijke vorm.

- Welke bijzondere eigenschap moet het materiaal van een goed stuitende bal dus hebben?
- Leg nu uit, door een bijzondere eigenschap van een klomp klei te noemen, dat een klomp klei niet stuitert als je deze op de grond laat vallen.

Onderzoek 2 - Welke invloed heeft de ondergrond?

Niet alleen het materiaal van de bal is belangrijk maar ook de eigenschappen van het materiaal waarop de bal stuitert.

Je gaat nu zelf onderzoeken welke invloed de ondergrond heeft op het stuiten.

Kies een bal en laat die op ondergronden van verschillend materiaal stuiten zoals vloer, tafelblad, stapel kleren.

- Op welke ondergrond stuitert de bal het beste?
- Wat zou je zien als je een bal in een bak met zand laat vallen?
- Welke eigenschap moet het materiaal van de ondergrond hebben zodat de bal goed stuitert?
- Leg nu uit, door een bijzondere eigenschap van de ondergrond te noemen, op welke ondergrond een bal goed stuitert.
- Bij een goed stuitende bal is de bijzondere eigenschap van het materiaal van de bal en van de ondergrond heel verschillend. Beschrijf dit verschil.

Onderzoek 3 - Hoe bepaal je hoe goed een bal stuitert?

Een verkoper van ballen wil weten hoe goed de ballen die hij verkoopt stuiten. Jij krijgt van hem de opdracht om een snelle, goed uitvoerbare methode te bedenken waarmee je kunt bepalen hoe goed een bepaalde bal stuitert. De methode moet voor elke bal een getal opleveren. Dit getal noemt hij de stuitfactor.

De methode moet voor iedereen eenvoudig uitvoerbaar zijn en als iemand anders de methode toepast op een bepaalde bal moet hij dezelfde stuitfactor vinden.

Om een goede methode te bedenken ga je eerst wat voorbereidend werk doen:

- Welke metingen zou je kunnen doen om de stuitfactor te bepalen?
- Zijn er zaken die je gelijk moet houden bij het bepalen van de stuitfactor?
- Moeten de metingen herhaald worden voor een goede bepaling van de stuitfactor?
- Beschrijf nauwkeurig de methode die je gaat gebruiken. Geef aan
 - wat je gaat meten en hoe vaak
 - hoe je je metingen uitvoert
 - wat je tijdens het meten niet verandert
 - wat je nodig hebt om de metingen te doen
 - hoe je de stuitfactor berekent.
- Bepaal van minstens twee ballen de stuitfactor.
- Maak een verslag. Zet er ook in waarom jullie methode goed is of wat er nog aan de methode is te verbeteren.

Verklaring

Om nog beter te begrijpen wat er precies gebeurt tijdens het stuiten ga je nu op een hele andere manier nadenken over wat er aan de hand is bij het stuiten. Het sleutelwoord daarbij is energie.

Welke soorten energie spelen een rol bij het stuiten?

Er zijn veel soorten energie. Bij het stuiten zijn er al drie soorten te noemen: zwaarte-energie, bewegingsenergie en veerenergie. Zie hieronder voor een korte beschrijving van elk soort of gebruik je boek.

Zwaarte-energie

Je rugzak optillen kost energie. Dat komt omdat de aarde aan je rugzak trekt. Je rugzak 100 cm optillen kost meer energie dan je rugzak 50 cm optillen. Hoe hoger jij een voorwerp optilt, hoe groter je de afstand tussen dat voorwerp en de aarde maakt. Als die afstand groter wordt neemt de zwaarte-energie van je rugzak toe.

Er geldt: hoe groter de hoogte boven de aarde hoe groter de zwaarte-energie.

Bewegingsenergie

Een voorwerp met snelheid heeft energie. Als op de bowling baan een bal met een hele kleine snelheid een kegel raakt valt de kegel niet om. Pas bij een grotere snelheid heeft de bal genoeg energie om de kegel om te gooien.

Er geldt: hoe groter de snelheid hoe groter de bewegingsenergie.

Veerenergie

Als je het veertje van een balpen maar een klein beetje indrukt kun je er bijna geen propje mee wegschieten. Als je het veertje meer indrukt wordt de opgeslagen veerenergie groter en kun je een

Bekijk in gedachte één stuiting.

Je houdt de bal vast op een bepaalde hoogte boven de grond.

1. Welke soort energie heeft de bal?

Je laat de bal los.

2. Welke soorten energie heeft de bal tijdens het vallen?

De bal stuitert en beweegt weer omhoog.

3. Welke soorten energie heeft de bal als hij omhoog beweegt?

De bal gaat omhoog tot het hoogste punt.

4. Welke soort energie heeft de bal in het hoogste punt?

Energieomzettingen

Zoals je hierboven hebt gezien heeft **de bal** steeds een andere soort energie. Het bijzondere is dat de grootte van de totale energie niet verandert. Bij het stuiten wordt steeds de ene energiesoort omgezet in een andere; de ene soort energie verdwijnt maar er komt een andere soort energie voor terug. Zwaarte-energie kan bijvoorbeeld omgezet worden in bewegingsenergie.

Tijdens het vallen wordt de hoogte steeds kleiner en de snelheid steeds groter.

5. Welke soort energie wordt steeds kleiner en welke steeds groter?
6. Welke energieomzetting is er?

Tijdens het indeuken en uitdeuken van de bal is er ook een energieomzetting.

7. Welke soort energie heeft de bal vlak voordat hij de grond raakt?
8. Welke soort energie heeft de bal als deze helemaal ingedeukt is?
9. Welke energieomzetting is er?

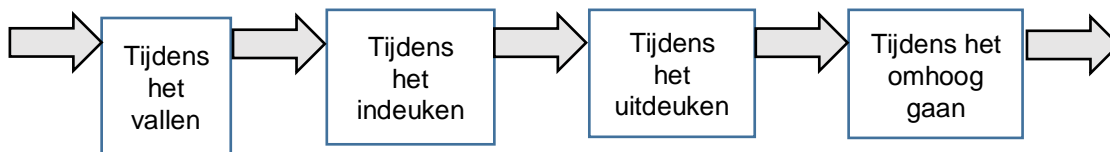
Na het uitdeuken van de bal gaat de bal weer naar boven bewegen.

10. Welke energieomzetting is er tijdens het uitdeuken?
11. Vul nu de tabel in. Gebruik "maximaal", "wordt groter", "wordt kleiner" en "0".

	Zwaarte-energie	Grootte Snelheid	Bewegings-energie	Veerenergie
Op het hoogste punt		0		
Tijdens het vallen				0

Vlak voor grond geraakt wordt			maximaal	
Tijdens indeuken			wordt kleiner	
Tijdens uitdeuken				wordt kleiner
Tijdens omhooggaan	wordt groter			
In hoogste punt na 1 stuitering				

12. Zet nu de namen van de verschillende soorten energieën bij de pijlen.



Verdieping

Wet van behoud van energie

In de natuurkunde wordt gesproken over de wet van behoud van energie. Dit betekent dat de soort energie wel kan veranderen maar de **hoeveelheid** energie niet. Dus als in het begin de bal een energie heeft van 100 J dan blijft de energiehoeveelheid 100 J. Het enige wat gebeurt is dat de energie van soort verandert.

Als je in bovenstaande figuur de juiste namen bij de pijlen hebt gezet dan zie je dat de zwaarte-energie van het begin na een aantal omzettingen weer zwaarte-energie is geworden.

Als de wet van behoud van energie geldt dan zou je denken dat als je begint met een zwaarte-energie van 100 J de bal na één stuitering nog steeds een zwaarte-energie heeft van 100 J.

13. Wat zou je zien als de energie van de bal steeds 100 J blijft?

Maar de bal komt niet terug op het beginpunt en de bal blijft niet eeuwig stuiteren.

Sterker nog. Na een aantal keren stuiteren heeft de bal helemaal geen energie meer want hij ligt op de grond, hij beweegt niet meer en hij is niet meer ingedeukt. Het lijkt dus alsof er 100 J energie is verdwenen.

Probleem: de energie van de bal **lijkt** verdwenen maar de energiehoeveelheid verandert niet; er kan dus niet zomaar 100 J energie verdwijnen. Blijkbaar moet je niet alleen naar de bal kijken maar ook naar de omgeving van de bal.

14. Welke vormen van energie zijn in de omgeving van de bal terecht gekomen als de bal na een aantal keren stuiteren stil ligt?

5. Lesopzet

In de opdracht staan twee denkwijzen centraal: het zien van structuur en functie van materialen en het inzicht krijgen in energieomzettingen.

De opdracht bestaat uit het doen van onderzoek en uit het beantwoorden van vragen.

Bij het onderzoek komt aan de orde:

- Hoe stuitert een bal? Welke eigenschap moet het materiaal van de bal hebben?
- Wat is de invloed van de ondergrond op het stuiteren?
- Hoe bepaal je hoe goed een bal stuitert?

Bij het beantwoorden van vragen komt aan de orde:

- De verschillende soorten energie die bij het stuiteren van een bal een rol spelen
- Energieomzettingen
- De wet van behoud van energie. (In de verdieping.)

Benodigde lestijd

Voor de introductie, beantwoorden van vragen, maken van onderzoeksplan, uitvoering onderzoek en het nabespreken is ongeveer 95 minuten nodig. Voor het beantwoorden van de vragen uit de verdieping is ongeveer nog 5 minuten extra nodig. De verdieping vereist daarna nog enige uitleg en nabespreking. Daarvoor is ook ongeveer 5 minuten nodig.

Introductie door docent(e)

Het onderwerp kan geïntroduceerd worden met het bekijken van een of meerdere filmpjes:

http://www.peterstone.name/Maplepgs/series_binom.html (inzicht dat hier sprake is van een grafiek)

<http://www.youtube.com/watch?v=B2q52Pue7Jw> (inzicht dat dit een animatie is want de bal komt steeds even hoog)

<http://www.youtube.com/watch?v=sKJegbjS4N8&index=3&list=PL2182063FEDC31F7E> (de werkelijkheid)

<http://www.youtube.com/watch?v=n3gQKIJIU0E>

Deze filmpjes kunnen ook goed gebruikt worden om het onderwerp af te sluiten en na te bespreken.

Filmpjes van het in- en uitdeuken

Zoek op "bouncing ball slow motion". Het is prettig als leerlingen deze filmpjes zelf opzoeken bij het beantwoorden van de vragen over "Waarom stuitert een bal?".

Oriëntatie

In de klas zijn een aantal ballen aanwezig zo als skippybal, tennisbal, golfbal, pingpongbal en stuiterbal. Denk ook aan ballen gevuld met water of ballen die slecht zijn opgepompt.

Leerlingen gaan eerst bedenken waarom een bal eigenlijk wel of niet stuitert door youtube-filmpjes te bekijken. Daarna gaan ze onderzoeken wat de invloed van de ondergrond is op het stuiteren. Vervolgens gaan ze een methode ontwikkelen om van een bal te bepalen hoe goed hij stuitert. Deze methode passen ze toe op minstens twee ballen. Tot slot gaan de leerlingen nog een aantal vragen beantwoorden over de soorten energie en de energieomzettingen die bij het stuiteren een rol spelen.

Nabespreking

Als alle onderzoeksresultaten binnen zijn kunnen de resultaten van de groepjes met de gehele klas worden besproken. Daarbij kan ook aandacht besteed worden aan de kwaliteit van het gedane onderzoek en de gebruikte methode. Vragen als "Wat is de beste methode?" en "Wat is er nog te verbeteren?" komen daarbij aan de orde.

Verdieping

De docent(e) bepaalt of deze gedaan wordt. Dit zal o.a. afhankelijk zijn van het niveau van de leerlingen en de beschikbare tijd.

Welke relaties zijn bij deze opdracht tussen de drie dimensies gelegd?

Relatie D1 en D2: Het kennisdoel levert de context aan voor het uit te voeren onderzoek.

Relatie D1 en D3: Door onderzoek kan worden aangetoond dat er een direct verband te leggen is tussen structuur en functie. In dit geval gaat het met name om de elasticiteit van het materiaal van de bal en de hardheid van de ondergrond.

Relatie D2 en D3: De denkwijze geeft de achtergrond op welke manier we naar het kennisdoel kunnen kijken. In deze opdracht gaat het om het koppelen van behoud van energie aan het kennisdoel en om de relatie tussen de mate van stuiteren en de structuur en functie van materialen.

6. Welke denkwijzen zijn er nog meer van toepassing bij deze opdrachten?

In deze opdracht kan ook aandacht besteed worden aan "Oorzaak en gevolg". In de nabespreking kan nog eens benadrukt worden dat een bal stuitert omdat het materiaal van de bal elastisch is en omdat de ondergrond juist niet elastisch is.

7. Lesschema

Tijd	Onderdeel	Activiteiten docent en leerling	Denkwijze	Functie	Materiaal

5	Inleiding	De docent vertelt iets over het onderwerp. Deelt mee welke activiteiten er zullen zijn; dat er in groepjes wordt gewerkt; hoeveel tijd er beschikbaar is en dat het verslag van het onderzoek moet worden ingeleverd		Leerlingen hebben duidelijkheid over de opzet van de lessen en weten wat zij moeten doen.	Leerlingen-opdracht
5	Introductie	Docent laat filmpje(s) over stuiteren zien		Leerlingen enthousiast maken voor het onderwerp	YouTube filmpje
5	Onderzoek 1 De bal	Leerlingen observeren aan de hand van YouTube filmpje en noteren wat ze gezien hebben Leerlingen bedenken welke eigenschap het materiaal van de bal moet hebben om te kunnen stuiteren	Structuur en eigenschap	Leerlingen gaan zien dat een bal in- en uitdeukt tijdens het stuiteren	YouTube filmpje Leerlingen-opdracht
15	Onderzoek 2 De ondergrond	Leerlingen onderzoeken de invloed van de ondergrond	Structuur en eigenschap	Leerlingen ontdekken dat hardheid ondergrond en elasticiteit materiaal bal van belang zijn	Leerlingen-opdracht
30	Onderzoek 3	Leerlingen ontwikkelen methode om stuiterfactor te bepalen en passen de methode toe. Maken verslag waarin zij ook reflecteren op de gebruikte methode.		Leerlingen "ontwerpen" een methode en denken na of de methode geschikt is.	Leerlingen-opdracht
10	Nabespreking van onderzoek 3	Docent bespreekt met de klas welke methodes er gebruikt zijn om de stuiterfactor te bepalen.		Kwaliteit van onderzoek: heeft elk groepje dezelfde methode? Wat is de beste methode?	
15	Beantwoorden van vragen	Leerlingen beantwoorden vragen over energie	Bekend raken met verschillende vormen van energie		Leerlingen-opdracht

5	Nabespreking van met name vraag 11 en 12	Docent vat samen		Verduidelijking	Leerlingen-opdracht
5	Afronding	Docent laat filmpje over het stuiteren zien waarbij de leerlingen het verschil tussen animatie en werkelijkheid moeten herkennen		Leerlingen testen of zij de stof goed begrepen hebben	YouTube filmpje
5	Verdieping	Beantwoorden vragen	Wet van behoud van energie	Inzicht krijgen in de wet van behoud van energie	Leerlingen-opdracht
5	Nabespreking van vragen uit de verdieping	Docent vat samen	Wet van behoud van energie	Inzicht krijgen dat bal en omgeving samen bekeken moeten worden	

8. Voorbeeldantwoorden

Dit zijn voorbeeldantwoorden met de essentie. Antwoorden van leerlingen kunnen variatie daarop zijn.

Onderzoek

1.
 - a. De bal deukt in.
 - b. De bal deukt uit.
 - c. De bal heeft weer zijn oorspronkelijke vorm.
 - d. Het materiaal van de bal moet na het indeuken weer terugkomen in de oorspronkelijke vorm. Het materiaal moet elastisch zijn.
 - e. Een klomp klei stuitert niet omdat die niet terugkomt in de oorspronkelijke vorm. Omdat het materiaal niet elastisch is.

2.
 - a. Op een harde ondergrond.
 - b. De bal stuitert slecht en in het zand zie je een kuiltje. Het materiaal van de ondergrond verandert van vorm en veert niet terug in oorspronkelijke vorm.
 - c. De ondergrond moet hard zijn en niet indeuken.
 - d. De bal stuitert goed op een harde ondergrond omdat deze ondergrond niet indeukt.
 - e. De bal moet juist indeuken en daarna weer uitdeuken. De bal moet elastisch zijn. De ondergrond moet juist hard zijn en niet elastisch zijn.

- g. Welke metingen zou je kunnen doen om de stuiterfactor te bepalen?
- h. Zijn er zaken die je gelijk moet houden bij het bepalen van de stuiterfactor?
- i. Moeten de metingen herhaald worden voor een goede bepaling van de stuiterfactor?
- j. Beschrijf nauwkeurig de methode die je gaat gebruiken. Geef aan
 - wat je gaat meten en hoe vaak
 - hoe je je metingen uitvoert
 - wat je tijdens het meten niet verandert
 - wat je nodig hebt om de metingen te doen.
- k. Bepaal van minstens twee ballen de stuiterfactor.
- l. Maak een verslag. Zet er ook in waarom jullie methode goed is of wat er nog aan de methode is te verbeteren.
3.
 - a. Hoogte die bereikt wordt na één keer stuiteren. Het aantal keren dat de bal stuitert voordat hij stil ligt.

- b. Ondergrond. Beginhoogte.
 - c. Ja. Het gemiddelde van een aantal metingen geeft een nauwkeuriger resultaat dan één meting.
 - d. Eigen antwoord leerling.
 - e. Eigen antwoord leerling.
 - f. Eigen antwoord leerling.
4. In het onderzoeksplan moet in ieder geval het volgende staan:
- de manier waarop bepaald is hoe goed een bepaalde bal stuitert
 - wat er gemeten is en hoe vaak
 - hoe de metingen zijn uitgevoerd
 - wat er tijdens het meten constant gehouden is
 - de benodigdheden om het onderzoek te doen.
5. Beoordeling van het verslag: eigen criteria. In ieder geval moeten de conclusies van het onderzoek in het verslag staan.

Verklaring

1. Zwaarte-energie.
2. Zwaarte-energie en bewegingsenergie.
3. Bewegingsenergie en zwaarte-energie.
4. Zwaarte-energie.
5. De zwaarte-energie wordt kleiner. De bewegingsenergie wordt groter.
6. Zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie.
7. Bewegingsenergie.
8. Veerenergie.
9. Bewegingsenergie wordt omgezet in veerenergie.
10. Veerenergie wordt omgezet in bewegingsenergie.
11. De antwoorden zijn cursief weergegeven.

	Zwaarte-energie	Grootte Snelheid	Bewegings-energie	Veerenergie
Op het hoogste punt	<i>maximaal</i>	0	0	0
Tijdens het vallen	<i>wordt kleiner</i>	<i>wordt groter</i>	<i>wordt groter</i>	0
Vlak voor grond geraakt wordt	0	<i>maximaal</i>	maximaal	0
Tijdens indeuken	0	<i>wordt kleiner</i>	wordt kleiner	<i>wordt groter</i>
Tijdens uitdeuken	0	<i>wordt groter</i>	<i>wordt groter</i>	wordt kleiner
Tijdens omhooggaan	wordt groter	<i>wordt kleiner</i>	<i>wordt kleiner</i>	0
In hoogste punt na 1 stuitering	<i>maximaal</i>	0	0	0

12. Zwaarte-energie Bewegingsenergie. Veerenergie. Bewegingsenergie. Zwaarte-energie.
13. De bal zou na elke stuitering weer even hoog komen.