

ballon of membraan?

Je zult vast en zeker al vaak ballonnen opgeblazen hebben met lucht. Ook ballonnen waarin helium zit, zul je ongetwijfeld al vaker hebben gezien. Maar wat gebeurt er als je een ballon vult met butaangas? Voor je zie je drie gevulde ballonnen: één gevuld met CO_2 , één met butaangas en één met lucht.

Wat valt je op?

Als we de ballonnen laten vallen, valt de ballon gevuld met butaangas het snelst. Ook loopt de ballon gevuld met butaangas sneller leeg dan de ballon gevuld met lucht.

Waarom valt de ballon met butaangas het snelst en loopt deze ook het snelst leeg?

Verklaring

Waarom valt de ballon met butaangas het snelst?

Bij 'huis-, tuin- en keukenomstandigheden' voldoen gassen over het algemeen aan de ideale gaswet. Deze gaswet stelt dat bij dezelfde druk en temperatuur verschillende gassen per volume-eenheid hetzelfde aantal moleculen bevatten. In andere woorden: een ballon gevuld met butaan bevat evenveel moleculen als een ballon gevuld met lucht. Het molecuulgewicht van lucht is ongeveer 28.8 g/mol. Het molecuulgewicht van butaan is 58 g/mol. Dit verklaart direct waarom de ballon gevuld met butaan het snelste valt: hij weegt het meest door het grotere molecuulgewicht van butaan.

Waarom loopt de ballon met butaan sneller leeg?

De ballon met lucht is na twee uur nog bijna niet gekrompen; de ballon met butaan is daarentegen bijna geheel leeggelopen. De butaanballon is dan ook te gebruiken als een soort filter dat lucht van butaan kan scheiden. Zo'n filter wordt ook wel een membraan genoemd. Blijkbaar kruipt butaangas sneller door het ballonrubber dan lucht.



Voorbeeld van een membraan

Dit terwijl butaan groter is dan N_2 en O_2 , waaruit lucht is opgebouwd. Een verklaring voor het sneller leeglopen van de ballon gevuld met butaan is dat het genoemde gas makkelijker oplost in rubber dan lucht dit doet. Het lekken van een ballon heeft daarom niet alleen te maken met het 'kruipen' van de gasmoleculen door de gaatjes van het rubbermoleculendoolhof. Het heeft ook te maken met de mate van aantrekking en afstoting tussen het rubber en de gasmoleculen.

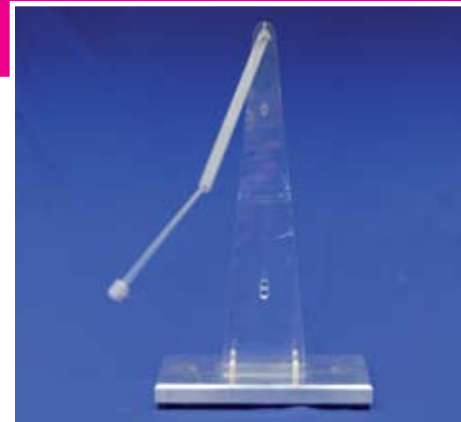
Waar zie je dit terug in de praktijk?

In de supermarkt zijn allerlei koolzuurhoudende dranken te vinden in Petflessen. Petflessen zijn erg goedkoop, licht en stevig, maar ze hebben ook een groot nadeel: ze raken hun koolzuurgas erg snel kwijt. Koolzuurgas is namelijk een gas dat eenvoudig oplost in allerlei plastics, dus ook in het materiaal van de Petflessen. Het resultaat is een niet al te lange houdbaarheidsdatum, aangezien cola zonder koolzuur niet lekker is!

In de chemische industrie zijn membranen ook erg belangrijk. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt bij allerlei zuiverings- en scheidingsprocessen. Poreuze membranen kunnen stoffen tegenhouden die kleiner zijn dan 2 nanometer. Met zulke membranen is het bijvoorbeeld mogelijk om water te ontzouten. Maar membranen kunnen ook 'dicht' zijn en dus geen poriën bevatten, zoals de ballonnen uit de proef. Hiermee is het bijvoorbeeld mogelijk om zuivere stikstof of zuurstof uit lucht te halen.

de dubbele slinger

Voor je staat een dubbele slinger die is opgehangen tussen twee punten. De slinger zit bovenaan aan een as vastgemaakt en halverwege zit een scharnier. Onderaan hangt een (in hoogte verstelbaar) gewichtje. We laten nu de slinger los vanuit een bepaalde stand. Je ziet dat hij de meest vreemde capriolen gaat uithalen. Nadat de slinger is gestopt, proberen we het nog een keer. De beweging is nu ineens heel anders!



Wat valt je op?

Iedere keer dat je de slinger opnieuw vanuit een (op het oog) zelfde positie loslaat, reageert hij met een andere beweging. Deze beweging wordt ook anders als je het gewichtje verست.

Hoe komt het dat de beweging van de slinger zo onvoorspelbaar is?

Verklaring

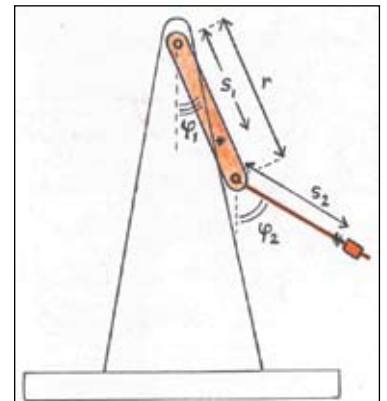
Waarom is de beweging steeds anders?

In de vorige eeuw zijn wetenschappers zich gaan bezighouden met het verschijnsel 'onvoorspelbaar gedrag'. Het begrip chaos is hierbij bekend geworden. Chaos wordt vaak gedefinieerd als een extreem gevoelige afhankelijkheid van begincondities. Dit houdt in dat de reactie van ons systeem heel erg afhangt van de manier waarop de beweging wordt aangezet. Een heel klein verschil in de beginpositie heeft grote gevolgen voor de beweging. Hierdoor is het niet te voorspellen hoe het systeem zich gaat gedragen.

Hoe komt het dat bij de dubbele slinger de beweging niet te voorspellen is?

De dubbele slinger bestaat uit twee slingers die met één uiteinde aan elkaar vastzitten. Beide slingers apart zouden de bekende, ordelijke slingerbeweging uitvoeren, maar doordat ze vastzitten beïnvloeden ze elkaar voortdurend! Bij het wiskundig beschrijven van de beweging merk je dat de (hoek-)snelheden van de slingers sterk worden bepaald door de begincondities (dus de positie van waaruit je hem loslaat).

Het systeem heeft teveel mogelijkheden om te bewegen (teveel vrijheidsgraden) ten opzichte van de constante eigenschappen van de beweging (beschikbare bewegingsconstanten). Het zijn de bewegingsconstanten die de beweging aan banden zouden moeten leggen. Elke vrijheidsgraad moet worden gecompenseerd door een constante. Als dit niet zo is, kan chaos optreden in een systeem. Dit is precies wat gebeurt bij de dubbele slinger!



Een chaotische beweging is wiskundig erg moeilijk te beschrijven. Voor het oplossen van de beweging heb je computers nodig. Daarom is het onderzoek naar chaos pas op gang gekomen na de komst van de computer. Maar met de computer is de beweging van een chaotisch systeem, zoals bijvoorbeeld onze atmosfeer, nog steeds maar tot op een paar dagen te voorspellen. Daarna worden de berekeningen te onbetrouwbaar. Daarom kan ook het weer maar tot een paar dagen in de toekomst worden voorspeld.

De atmosfeer is een heel groot systeem met heel veel vrijheidsgraden en bewegingsconstanten. Het zal je dus niet verbazen dat daar chaos in optreedt. Maar er is maar één vrijheidsgraad nodig, die niet gecompenseerd wordt, om chaotisch gedrag te veroorzaken. In een simpel systeem zoals de dubbele slinger gebeurt dat al!

de magische buis

Voor je zie je een aluminium buis en twee metalen staafjes. We laten nu de staafjes één voor één door de buis vallen.



Wat valt je op?

Eén van de staafjes doet er langer over om door de aluminium buis te komen dan de andere.

Waarom doet de ene staaf er langer over dan de andere?

Aanwijzing

- Houd eens een euromunt bij beide staafjes.

Verklaring

Wat is het verschil tussen de staafjes?

Beide staafjes zijn even groot en zien er hetzelfde uit. Maar onder het omhulsel zitten toch verschillen. Het ene staafje is een magneet, het andere niet. De buis, die van aluminium is gemaakt, is ook niet magnetisch (controleer maar!). Het magnetische staafje heeft een magnetisch veld om zich heen, dat er uitziet zoals het plaatje hiernaast. De magnetische veldlijnen lopen van de noord- naar de zuidpool in steeds grotere kringen.

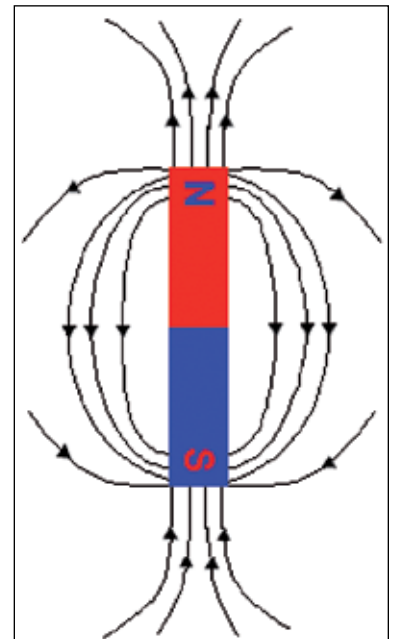
Hoezo een magneet? Aluminium is toch niet magnetisch?

Wanneer het magnetische staafje door de zwaartekracht door de buis naar beneden wordt getrokken, 'zien' de electronen in de buis de magneet voorbij komen. In de negentiende eeuw ontdekte de natuurkundige Faraday dat een bewegende magneet een elektrische spanning opwekt. Zo'n opgewekte spanning wordt een inductiespanning genoemd.

Door deze inductiespanning komen de electronen in beweging en vormen ze een stroom (dit is ook hoe het dynamo op je fiets werkt).

Wat heeft stroom met langzamer vallen te maken?

Zoals een bewegende magneet een elektrische stroom opwekt, zo wekt een 'rondlopende' stroom een magnetische veld op. Doordat de buis rond is, zorgt de inductiespanning voor een stroom die ook rond loopt. Deze rondlopende stroom wekt dus ook weer een magneetveld op. En juist dit magneetveld is tegengesteld aan het magneetveld van het magnetische staafje. Daarom remt dit opgewekte magneetveld het staafje af.

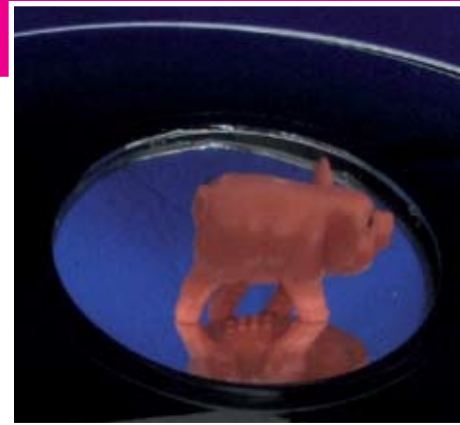


Wat heb je hieraan?

In elke elektriciteitscentrale, overal ter wereld, worden enorm grote dynamo's met dit principe gebruikt. Een gigantische magneet wordt rondgedraaid in een spoel (opgerolde elektriciteitsdraden), waardoor stroom opgewekt wordt.

spiegeltje, spiegeltje aan de wand

Voor je staat een ronde schaal met een gat in de bovenkant. In dit gat zie je een varkentje. Een Nederlands spreekwoord luidt: "Niet alles is wat het lijkt". Dat geldt zeker voor deze proef.



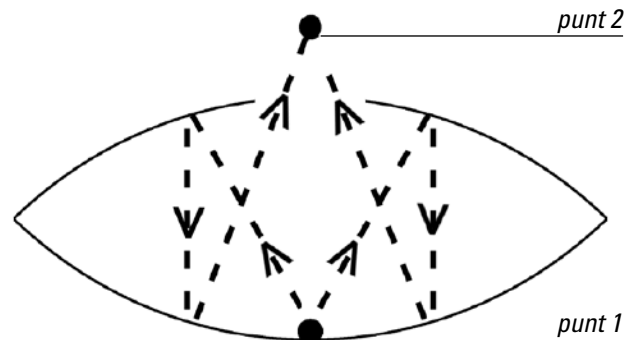
Wat valt je op?

Je kunt het varkentje niet oppakken.

Waarom kun je het varkentje niet oppakken of aanraken?

Aanwijzing

- Denk aan het materiaal waarvan de schaal gemaakt is.



Het varkentje staat bij punt 1 onderin de schaal. Bij punt 2 zie je het zogeheten 'reële beeld' van het varkentje. Dit reële beeld is wat je ziet.

Verklaring

Waarom kun je het varkentje niet aanraken?

De schaal bestaat uit twee holle spiegels. Beide spiegels zijn identiek, op het gat in de bovenste spiegel na. Dit gat zorgt ervoor dat alle lichtstralen die naar binnenkomen zodanig weerkaatst worden, dat je niet het varkentje zelf ziet maar de weerspiegeling ervan.

Wat is het verschil tussen een reëel en een virtueel beeld?

Er zijn twee soorten beelden in de natuur: reële en virtuele beelden. Een reëel beeld, is een beeld waarbij de lichtstralen daadwerkelijk van het beeld komen. Bij een virtueel beeld lijken de stralen van het gereflecteerde beeld te komen, maar in werkelijkheid is dat niet zo. Bij een gewone spiegel bijvoorbeeld lijkt het alsof je spiegelbeeld achter de spiegel staat, maar de lichtstralen komen hier niet vandaan. Reële beelden worden buiten het systeem (in dit geval een spiegel) gevormd, waarbij de lichtstralen elkaar kruisen (zie ook het plaatje).

vloeibaar of vast?

Voor je staat een bakje met daarin een maïzena-pap. Naast het bakje ligt een hamer. We roeren met de hamer rustig in het bakje. Wat merk je? Daarna slaan we met de hamer in het bakje.



Wat valt je op?

Bij het roeren gedraagt de pap zich zoals je had verwacht, namelijk als een soort van modder waarbij een deel aan de hamer blijft zitten. Als je met de hamer in de pap slaat, is het een ander verhaal: er spat niets op!

Waarom spat er geen maïzena op?

Aanwijzing

- **Bekijk hoe het papje eruit ziet.**
Lijkt het op stroop of meer op modder?

Op microscopisch niveau zit er weinig ruimte tussen de klontjes maïzena. Aangezien deze klonten heel erg klein zijn, kun je ze met het blote oog niet zien. Omdat er water tussen de klontjes zit, kan er gewoon in de pap geroerd worden. Er zit nog voldoende water tussen de klontjes en het geheel gedraagt zich daarom als vloeistof.

Wat gebeurt er met de mix als je erop slaat?

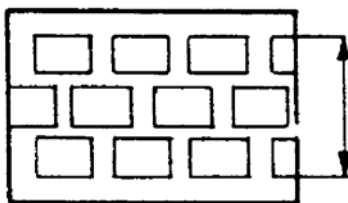
Als je een tik geeft op de mix, dan komt de mix tijdelijk onder grote(re) druk te staan. Door deze druk botsen de klontjes meer tegen elkaar. Het resultaat hiervan is dat de korreltjes effectief meer ruimte innemen. Door meer ruimte tussen de klontjes gaat het water aanzuigen.



Verklaring

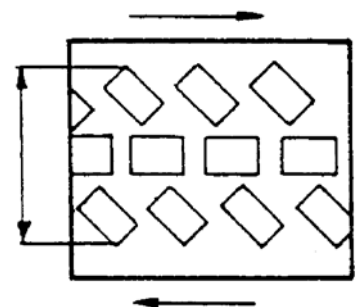
Wat gebeurt er als je maïzena mengt met water?

Bij het mengen van een korrelige stof zoals maïzena met water ontstaat niet echt een goede oplossing. Je krijgt meer een soort mix, waarbij in het water (relatief) grote klonten maïzena drijven.



Schematisch ziet dit eruit als het plaatje links.

Schematisch ziet dit eruit als het plaatje rechts. De mix gedraagt zich hierdoor niet echt meer als een vloeistof, maar meer als een vaste stof. Hierdoor spat er niets op als je op de pap slaat.



magnetisch pistool

Voor je zie je een magnetisch pistool met vijf kogeltjes en een magneet. We gaan de kogels afschieten.



Wat valt je op?

De laatste kogel schiet veel sneller weg dan de kogel die dicht tegen de magneet aan ligt.

Waarom schiet de laatste kogel veel sneller weg?

Aanwijzing

- Plaats links en rechts van de magneten twee balletjes en laat het laatste balletje er tegen aan rollen. Kijk wat er gebeurt.
- Welk balletje wordt het minst aangetrokken door de magneet?

Verklaring

Hoe reageren de kogels op de magneet?

Om een magneet heen bevindt zich een magnetisch veld. Een magnetisch veld kun je niet zien. Je kunt het zichtbaar maken door een magneet onder een papier te houden waarop iets ijzervijsel ligt. Als je dit doet, zie je lijnen in het ijzervijsel ontstaan. Deze magnetische veldlijnen dringen liever door magnetisch materiaal dan door lucht. Het magnetische materiaal slurpt als het ware de veldlijnen op. Hoe dichterbij de magneet komt, hoe meer veldlijnen er zijn. Hierdoor wordt de kogel steeds harder naar de magneet toe getrokken.

De kogel raakt de magneet altijd heel hard; ook als je de kogel er maar zachtjes naar toe rolt.

Waarom schiet de laatste kogel veel sneller weg dan het kogeltje dat tegen de magneet aan rolt?

Om dit te kunnen begrijpen moeten we eerst naar een enkele kogel kijken. Als je een kogel tegen een hard oppervlak gooit, dan stuitert de kogel terug. Dit komt doordat de kogel een heel klein beetje wordt ingedrukt, dan weer uitzet en daardoor zichzelf van het oppervlak wegduwt. Dit gebeurt ook bij een stuiterbal.

In principe gaat er geen energie verloren als kogeltje 1 hard (door het magneetveld) tegen de magneet klettert. Kogeltje 1 zou wel terug willen stuiteren, maar wordt vastgehouden door de magneet. Het kogeltje aan de andere kant van de magneet (2) wordt natuurlijk ook vastgehouden door de magneet en kan dus ook niet weg. De volgende kogeltjes (3 en 4) worden steeds minder vastgehouden en zouden wel weg willen springen. Deze kogeltjes worden echter nog tegengehouden door kogeltje 5. Kortom, kogeltje 3 kan niet weg door kogeltjes 4 en 5, kogeltje 4 kan niet weg door kogeltje 5. Maar kogeltje 5 wordt alleen zwak vastgehouden door de magneet en heeft vrijbaan om te ontsnappen! Dat doet kogel 5 dan ook. De energie die kogeltje 1 heeft gekregen door de enorme aantrekking van de magneet gaat niet verloren en dus krijgt kogeltje 5 dezelfde energie mee om te ontsnappen.

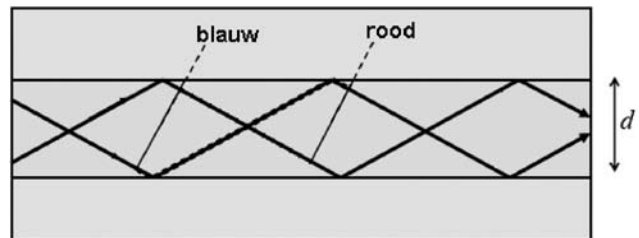
muziek met licht

Voor je staat een zogeheten golflengtemultiplexer met daarop een prisma, geluidsboxjes en twee LED's (van het Engelse 'light emitting diode'). Een LED is een elektronisch onderdeel dat licht uitzendt als er stroom doorheen wordt gestuurd. We houden een stukje papier voor een LED.



Wat valt je op?

Bij het tegenhouden van één van de twee kleuren licht, hoor je dat één van de twee geluidsboxen uitgaat. Houd je een deel van het licht van de stip tegen, dan merk je dat het geluid zachter wordt.

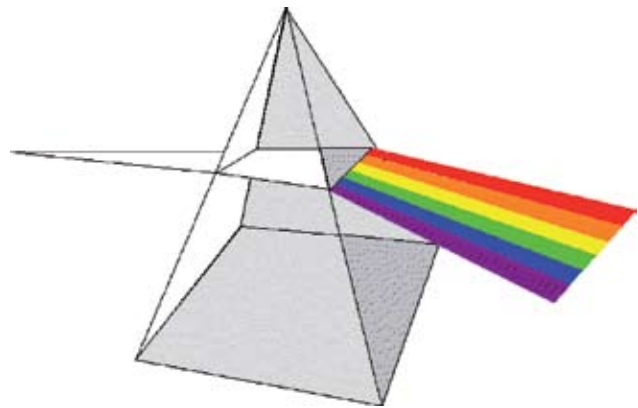


Hoe kan het licht effect hebben op het geluid?

Aanwijzing

- Denk eens na over de vragen:
Waarin zit de informatie van de muziek en hoe wordt de sterkte van de muziek bepaald?

Aan het eind van de glasvezel zitten de twee kleuren door elkaar heen (als je hier een papiertje houdt, dan ziet het er paars uit). Je kunt de twee kleuren van elkaar scheiden door een prisma.



Verklaring

Wat gebeurt er als je het licht tegenhoudt?

Als je een deel van het licht van een stip tegenhoudt, houd je een deel van het muzieksignaal tegen. Het gevolg is dat het signaal dat opgevangen wordt zwakker is. Het signaal heeft minder vermogen en klinkt dus zachter.

Hoe kan het dat de muziek overgezonden wordt door licht?

Geluid beweegt zich voort door golven. Licht doet dit ook. Verschillende kleuren licht hebben verschillende golflengtes. Door de twee kleuren LED's in een bepaalde hoek in de glasvezel te schijnen, weerkaatsen ze door de glasvezel heen.

Elke golflengte geeft een iets andere afbuiging van de lichtstraal in het prisma. Op die manier komen de kleuren gescheiden uit het prisma en ontstaan de twee aparte geluidsignalen van de twee boxen.

verborgen krachten

Voor je staat een kast met achtereenvolgens een lamp en twee schermen. Ook liggen er enkele stukken perspex in verschillende vormen. We gaan nu een stuk perspex tussen de twee schermen doorbuigen.



Wat valt je op?

Er gebeurt iets met het licht tussen de twee schermen.
Er worden lijnen zichtbaar.

Hoe komt het dat er lijnen zichtbaar worden tussen de twee schermen?

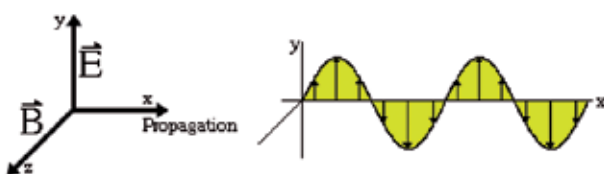
Verklaring

Hoe ziet licht eruit als golfbeweging?

Experimenten wijzen uit dat licht een elektromagnetisch verschijnsel is dat zich beweegt als een golf (zie plaatje). De golfbeweging valt dus binnen het vlak waarin ook de voortplantingsrichting van het licht valt. 'Normaal' licht, zoals dat van de zon of van een lamp, bestaat uit een heleboel van dit soort golven, in alle verschillende richtingen.

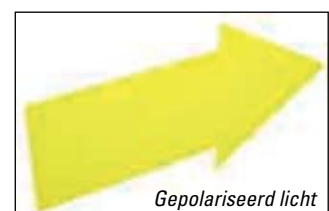
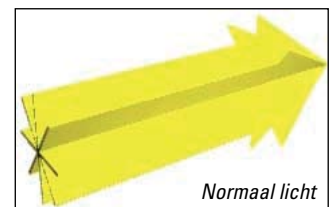
Wat gebeurt er tussen de twee schermen?

De schermen in de opstelling zijn polarisatiefilters.



Dit houdt in dat de schermen maar een bepaald deel van de golven doorlaten. In plaats van golven in verschillende richtingen, krijg je alleen nog maar golven in één richting. Het tweede polarisatiefilter is precies op dezelfde manier gedraaid als de eerste. Al het licht dat door het eerste filter doorgelaten wordt, gaat dus ook door het tweede filter. Normaal gesproken laat perspex het licht gewoon door.

Het perspex-object tussen de twee filters ziet er normaal uit. Als je echter gaat buigen, worden er krachtlijnen zichtbaar en ontstaan er spanningen in het materiaal. Hierdoor varieert de dichtheid van het materiaal, zodat ook de brekingsindex verandert. Door deze verandering



wordt de polarisatie-richting van het licht iets gedraaid. Aangezien het tweede filter alleen lichtgolven doorlaat met dezelfde polarisatie-richting als bij het eerste filter worden de krachtlijnen zichtbaar als donkere lijnen.

balletje, balletje

Voor je staat een bakje met balletjes. Het bakje is verdeeld in twee vakken door middel van een schot. De balletjes zijn netjes verdeeld over de twee vakken. We gaan het bakje nu zo hard schudden dat de balletjes over het schot heen kunnen komen.



Wat valt je op?

De balletjes verzamelen zich allemaal aan één kant van het schot.

Hoe kan het dat de balletjes zich in één vak verzamelen?

Aanwijzing

- **Klap eens een paar keer hard en snel in je handen. Wat voel je?**
- **Laat eens een pingpongbal vallen. Stuitert deze steeds even hoog terug?**

Verklaring

Waarom verzamelen de balletjes zich aan één kant in het bakje?

Wanneer je in je handen klap, voel je dat je handen na een tijdje warmer worden. Dit komt doordat de energie die je in de klapbeweging hebt gestopt, omgezet wordt in warmte. Energie moet ergens naartoe en kan niet verdwijnen. Dit is een van de belangrijkste wetten binnen de natuurkunde. Dit betekent dat bij het op de grond stuiteren van een pingpongbal, deze bij elke keer stuiteren energie verliest. Dit heet een inelastische botsing. Bij elke botsing wordt een deel van de energie, die in de beweging zit, omgezet in warmte.

Wat heeft warmte met het verzamelen van balletjes te maken?

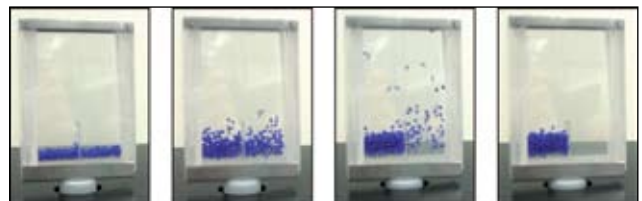
Wanneer de balletjes in het bakje op elkaar botsen, verliezen ze een beetje bewegingsenergie in de vorm van warmte.

Als ze vaak op elkaar botsen, verliezen de balletjes veel energie en kunnen ze minder hoog springen dan balletjes die minder vaak botsen.

In het begin zitten er links en rechts evenveel balletjes in het bakje. Compleet willekeurig zullen de balletjes heen en weer over het schot springen. Als er door toeval meer balletjes aan bijvoorbeeld de linkerkant zitten dan aan de rechterkant, botsen de balletjes aan de linkerkant vaker dan de balletjes aan de rechterkant. De balletjes aan de linkerkant verliezen op een gegeven moment zoveel energie dat geen van de balletjes meer over barrière heen kan komen. De balletjes aan de rechterkant kunnen dit wel en raken gevangen aan de linkerkant.

Wat heb je hieraan?

Alle vloeistoffen en gassen om ons heen zijn opgebouwd uit kleine bolletjes (atomen) die hard heen en weer bewegen. Om het gedrag van atomen te kunnen begrijpen, gebruiken natuurkundigen vaak modellen. Sommige eigenschappen van vloeistoffen en gassen zijn heel mooi in modellen met balletjes duidelijk te maken. Daarnaast kom je dit soort balletjes (granulaire materie genoemd) overal om je heen tegen. Denk maar aan graan, aardappels en medicijnen, maar ook minder voor de hand liggende voorbeelden zoals auto's in een file. Met het bestuderen van dit soort kleine blauwe balletjes, kunnen we veel dingen modelleren en beter begrijpen.



zwevende objecten

Voor je zie je vier magneetblokjes en een stukje grafiet. Grafiet is materiaal waar bijvoorbeeld ook potloodstiften van gemaakt worden. We proberen het stukje grafiet op de vier magneten te leggen.



Wat valt je op?

Het stukje grafiet blijft zweven boven de vier magneetblokjes.

Waarom wordt het stukje grafiet afgestoten door de magneten?

Aanwijzing

- Beweeg het grafiet over de magneetjes en voel de hobbels.

Verklaring

Waarom blijft het stukje grafiet zweven?

Het stukje grafiet zweeft boven de magneten vanwege het magnetisch veld dat ontstaat. Magnetisme kennen we allemaal. Als je twee magneten dicht bij elkaar brengt, worden ze door elkaar afgestoten of juist aangetrokken. Dit wordt veroorzaakt door een magnetische veld. Een magnetisch veld kun je niet zien. Je kunt het zichtbaar maken door een magneet onder een papier te houden waarop iets ijzervijlsel ligt. Als je dit doet, zie je lijnen in het ijzervijlsel ontstaan. Deze magnetische veldlijnen dringen liever door magnetisch materiaal dan door lucht.

Het magnetische materiaal slurpt als het ware de veldlijnen op. Hierdoor worden magnetische materialen door magneten aangetrokken.

Bij een diamagneet is precies het omgekeerde aan de hand. Diamagneten proberen te voorkomen dat magnetische veldlijnen in het materiaal doordringen. Hierdoor worden diamagnetische materialen juist afgestoten.

Waarom valt het grafiet niet van de magneetjes af als je de magneetblokjes schudt?

De magneten waar het grafiet op zweeft, zitten vast aan elkaar (zie tekening). Je kunt zien aan de ingetekende veldlijnen dat er plaatsen zijn met meer veldlijnen en plaatsen met minder veldlijnen. Het grafiet wordt naar beneden getrokken door de zwaartekracht, maar zoekt ook naar een plek met de minste verticale veldlijnen. Hierdoor blijft het op dezelfde plek zweven.

