



🕒 50 min

Materiaal

- 1 radiator of 1 kookplaat*
- 1 papieren spiraal die aan een touwtje hangt
- 1 theelichtje (en 1 aansteker*)
- 1 geleidingsster
- 1 laserthermometer
- 1 tabel met betrekking tot de geleiding van materialen
- 1 radiometer van Crookes
- 1 bureaulamp en 1 gloeilamp
- 3 infraroodfoto's van gebouwen

* Niet meegeleverd bij het materiaal.

Doelstellingen

- Kennismaken met de 3 types warmteoverdracht
- Informatie verzamelen door experimenteel onderzoek, observatie en meting

Woordenlijst

- Convectie
- Geleiding
- Straling/radiatie

Opmerking: de antwoorden die van de leerlingen worden verwacht, worden cursief weergegeven.

A. 3 types warmteoverdracht

🕒 35 min

Convectie

🕒 10 min



De leerlingen observeren een kartonnen spiraal die boven een warmtebron is geplaatst (radiator of kookplaat).

❓ Wat observeren jullie?

→ *De spiraal begint te draaien boven de warmtebron.*

❓ Hoe valt dat te verklaren?

→ *Stijgende warme lucht duwt tegen de spiraal. Warme lucht stijgt omdat deze lucht minder compact is dan koude lucht. Warme lucht zet immers uit en neemt meer plaats in dan koude lucht. Voor eenzelfde volume bevat warme lucht minder materie.*

❓ Jullie zijn verantwoordelijk voor de bouw van een gebouw. Gaan jullie rekening houden met het feit dat warme lucht stijgt?

→ *Ja, door de plafonds en het dak goed te isoleren door voor doeltreffende raamwerken en beglazingen te kiezen, omdat warme lucht stijgt. Een slecht geïsoleerd plafond of dak of een raam kunnen de warmte door geleiding naar buiten voeren.*

Ja, door vloerverwarming voor te stellen.

Ja, door de plafondhoogte te beperken om het te verwarmen volume te beperken.

Geleiding

🕒 15 min



De leerlingen observeren het experiment met de kaars en de geleidingsster*. Deze ster bestaat uit 4 punten die elk uit een ander metaal bestaan. In volgorde hebben we: koper, zink, ijzer en aluminium. De kaars in het midden fungeert als warmtebron voor de 4 punten.

* Raadpleeg de gebruiksaanwijzing bij het geleverde materiaal.

❓ Welk metaal lijkt de warmte het snelst te geleiden?

→ *Koper.*

❓ Welk metaal komt op de tweede plaats?

→ *Aluminium.*

❓ De derde plaats?

→ *Zink.*

❓ De vierde plaats?

→ *IJzer.*



- Een leerling meet hoe lang het duurt voordat de stukken paraffine zijn gesmolten*.

* Raadpleeg de gebruiksaanwijzing bij het geleverde materiaal.

Hoe langer het duurt voordat de paraffine begint te smelten, des te langzamer verspreidt de warmte zich.

- Een leerling meet snel de temperatuur van de stang op verschillende plaatsen met behulp van een laserthermometer.

Er wordt geconstateerd dat de warmte zich over een bepaalde afstand heeft verspreid, en dat de temperatuurstijging zich beetje bij beetje voortplant langs de stang.

? Welk metaal is het interessantst om te gebruiken?

- *Koper wordt gebruikt waar warmte moet worden overgedragen. Voorbeeld: koper werd lange tijd gebruikt voor verwarmingsleidingen.*

- De leerlingen observeren de tabel met betrekking tot de geleiding van verschillende materialen.

De metalen onderaan in de tabel zijn goede geleiders. Sommige materialen dragen daarentegen zeer slecht warmte over.

? Wat hebben de materialen bovenaan in de tabel (polystyreen, stro, glaswol, kurk en wol) gemeen?

- *Ze bevatten allemaal **lucht**, die een zeer slechte geleider is; elk materiaal dat lucht bevat, is een goed **thermisch** isolerend materiaal!*

Straling (of radiatie)

10 min

Wanneer je vóór een radiator gaat staan, voel je de warmte op je lichaam, die zich horizontaal van de radiator naar je lichaam lijkt voort te bewegen. Het gaat dus niet om een convectiebeweging en evenmin om overdracht door geleiding, omdat de warmte zich niet beetje bij beetje voortplant in een materie. Dit noemen we straling. We hebben het aangenaam warm wanneer de zon schijnt, en zodra de zon zich verbergt achter een wolk hebben we het koud. Nochtans is de omgevingslucht niet in een oogwenk afgekoeld! Ook hier is straling aan het werk, die telkens wordt onderbroken als de zon zich achter een wolk verbergt.



De leerlingen observeren hoe de schoepen van de radiometer* in de zon, of wanneer ze worden verlicht met een lamp, beginnen te draaien.

* Raadpleeg de gebruiksaanwijzing bij het geleverde materiaal.

? Welke kleur “wijkt terug”?

- *Zwart.*

? Waarom?

- *Zwart absorbeert meer licht dan wit. Vervolgens wordt het licht omgezet in warmte: de luchtmoleculen zijn beweeglijker aan de zwarte kant en duwen tegen de schoep.*

In de buurt van de zwartgeverfde schoepen is de lucht beweeglijker dan de lucht vlak bij de witte kant van de schoepen. Aangezien de luchtmoleculen beweeglijker zijn aan de zwarte kant, stoten de moleculen met meer energie tegen de schoep dan aan de witte kant. Dit zorgt ervoor dat de zwarte zijden terugwijken. Het albedo-effect verklaart de invloed van lichte en donkere kleuren op de oppervlaktewarmte.



B.

Analyse van infraroodfoto's en verbanden met de bouwberoepen

10 min



Na het verband tussen de kleuren van de thermische camera en de temperatuur te hebben toegelicht, analyseren de leerlingen infraroodfoto's van gebouwen zoals een professional dat zou doen.

Er kan een aantal isolatieproblemen worden geïdentificeerd: koudebruggen, warmtegeleiding in de baksteen ter hoogte van de radiatoren, warmwaterleidingen ... Verschillende beroepsgroepen kunnen tussenbeide komen om deze problemen te voorkomen (van tevoren) of op te lossen (achteraf).



Welke eventuele problemen kan je vaststellen?



Wie (welk beroep) kan deze problemen oplossen?

1.



- Als we ervan uitgaan dat in elk huis dezelfde temperatuur heerst, is het linkerhuis beter geïsoleerd: de muren en het dak lijken kouder te zijn.
- Dakdekker voor de isolatie van het dak, metselaar voor de isolatie van de muren.

2.



- De baksteen is duidelijk warmer onder het raam. Waarschijnlijke aanwezigheid van een radiator.
- Metselaar voor de isolatie van de muren, verwarmingstechnicus voor de isolatie van de leidingen.

3.



- 4 rechthoekige zones zijn duidelijk warmer onder de ramen. Dit is toe te schrijven aan radiatoren. Plaatsing van warmtereflectoren aanbevolen om straling naar de muren te beperken. Er is ook een verticale "lijn" te zien. Het gaat hier om een niet-geïsoleerde warmwaterleiding.
- Metselaar voor de isolatie van de muren, verwarmingstechnicus voor de isolatie van de leidingen, verwarmingstechnicus of particulier voor de plaatsing van de warmtereflectoren.

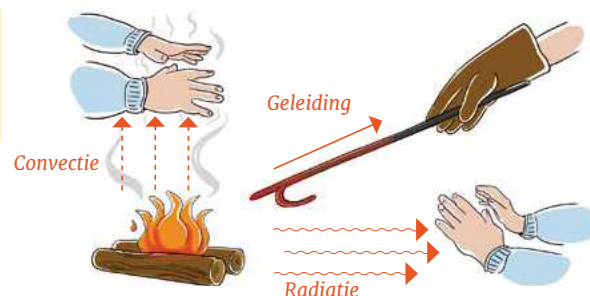
C.

Samenvatting

5 min



De leerlingen observeren het samenvattende schema hieronder en schrijven ieder voor zich de definitie van elk type warmteoverdracht op.



A. 3 types warmteoverdracht

Convectie



Hang een kartonnen spiraal boven een warmtebron (radiator of kookplaat). Observeer de spiraal.



Wat constateer je?



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Hoe valt dat te verklaren?



.....

.....

.....

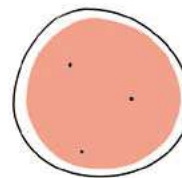
.....

.....

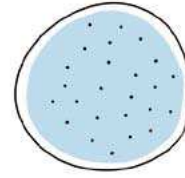
.....

.....

.....



warme lucht



koude lucht

Warme lucht zet uit en neemt meer plaats in dan koude lucht. Voor eenzelfde volume bevat warme lucht dus minder materie; warme lucht is minder compact dan koude lucht. Minder compacte warme lucht stijgt, terwijl compactere koude lucht zakt. Zo is er sprake van een overdracht van materie (hier lucht).

Toepassingen:

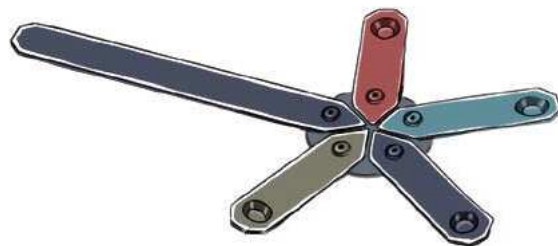
Aangezien de warme lucht in de buurt van de radiator stijgt, verwarmt hij de vloer van de woning niet rechtstreeks.

- De warme lucht zal daarentegen de ruiten, plafonds en daken bereiken, die zodanig moeten zijn ontworpen dat ze de warmteoverdracht naar buiten beperken.
- Vloerverwarming is interessant, want de warmte wordt gelijkmatig verdeeld.
- Dankzij lage plafonds kan er minder worden verbruikt om een ruimte te verwarmen.

Geleiding



Voer het experiment met de kaars en de geleidingsster uit. Deze ster bestaat uit 4 punten die elk uit een ander metaal bestaan: koper, zink, ijzer en aluminium.



De warmte plant zich beetje bij beetje voort langs de stangen, zonder overdracht van materie. Deze warmteoverdracht vindt plaats door een temperatuurverschil tussen de uiteinden van de stang. Dat wordt warmtegeleiding genoemd (warmte verplaatst zich naar koude).



Gebruik een chronometer om te meten hoe lang het duurt voordat de stukken paraffine zijn gesmolten.

? Welk metaal lijkt de warmte het snelst te geleiden?

→

? Welk metaal komt op de tweede plaats?

→

? Welk metaal komt op de derde plaats?

→

? Welk metaal komt op de vierde plaats?

→



Gebruik de laserthermometer om tijdens het experiment de temperaturen aan de oppervlakte van deze metalen te meten.

? Welk metaal zal er worden gebruikt om de warmtegeleiding te bevorderen?

→

? Waar zal het terug te vinden zijn in een gebouw?

→

→

Sommige materialen geleiden warmte daarentegen zeer slecht. Observeer de geleidingstabel. De materialen onderaan in de tabel zijn goede geleiders, terwijl de materialen bovenaan in de tabel slechte geleiders zijn.

? Wat hebben de materialen bovenaan in de tabel (polystyreen, stro, glaswol, kurk en wol) gemeen?

→ Ze bevatten allemaal die een zeer slechte is; elk materiaal dat deze stof bevat, is een goed thermisch

Straling (of radiatie)



Wanneer je vóór een radiator gaat staan, voel je de warmte. Deze warmte lijkt zich horizontaal van de radiator naar je lichaam voort te bewegen. Het gaat dus niet om een opwaartse convectiebeweging en evenmin om overdracht door geleiding, omdat de warmte zich niet beetje bij beetje voortplant in een materie. Dit noemen we straling.

Bij omgevingstemperatuur zenden alle voorwerpen straling uit, vooral in het infraroodbereik. Glas absorbeert infraroodstraling en zendt de energie aan beide zijden van de ruit opnieuw uit. De warmte die naar binnen opnieuw wordt uitgezonden, wordt bewaard, maar de warmte die naar buiten opnieuw wordt uitgezonden, gaat verloren.



Observeer hoe de schoepen van de radiometer in de zon, of wanneer ze worden verlicht met een lamp, beginnen te draaien.



Welke kleur "wijkt terug"?

→



Waarom?

→
.....
.....
.....
.....

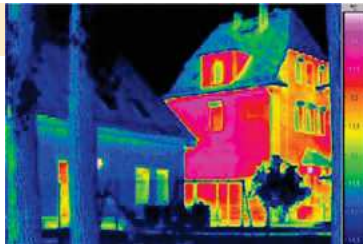
B.

Analyse van infraroodfoto's en verbanden met de bouwberoepen



Observeer infraroodfoto's van een aantal gebouwen. Identificeer en noteer de eventuele problemen die je kan vaststellen.

1.



→
.....
.....
.....



Wie (welk beroep) kan deze problemen oplossen?

→
.....

2.



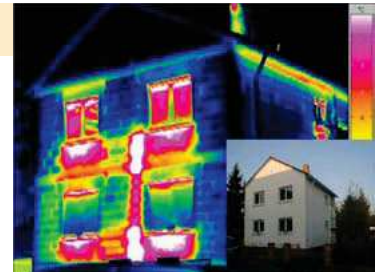
→



Wie (welk beroep) kan deze problemen oplossen?

→
.....

3.



→
.....
.....



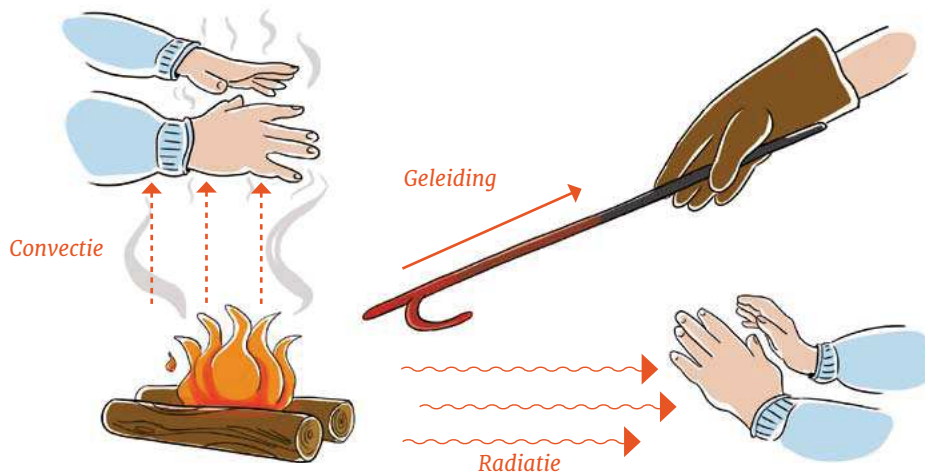
Wie (welk beroep) kan deze problemen oplossen?

→
.....

C. Samenvatting



Observeer het onderstaande schema. Het bevat de verschillende types warmteoverdracht. Definieer elk type overdracht in één zin.



→ Convection:

.....

.....

.....

.....

→ Geleiding:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

→ Radiatie:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A. 3 types warmteoverdracht

Convectie

Wanneer we een warmtebron inschakelen (een radiator of een kookplaat, bijvoorbeeld), voelen we warme lucht die boven het apparaat opstijgt. Om te begrijpen wat er gebeurt, moeten we de lucht op microscopisch niveau (het niveau van de gasmoleculen) onderzoeken. Lucht bestaat uit verschillende gassen (hoofdzakelijk stikstof en zuurstof). We weten dat wanneer we een (vaste, vloeibare of gasvormige) stof verwarmen, de moleculen waaruit deze stof bestaat beweeglijker worden. Deze beweging zorgt voor meer ongeordendheid: de stof ontspant zich en neemt een groter volume in.

Bij gelijke volumes bevat warme lucht dus minder materie dan koude lucht. We zeggen dat warme lucht minder compact is dan koude lucht. Omdat ze minder compact is, stijgt warme lucht, terwijl koude lucht zakt.

Convectie is dus warmteoverdracht met overdracht van materie (hier de lucht).

Geleiding

Geleiding karakteriseert de efficiëntie waarmee een voorwerp de warmte beetje bij beetje van een warme bron overdraagt naar een koude bron. Ook hier moeten we gebruikmaken van een microscoop om het fenomeen te begrijpen: als bijvoorbeeld in een ijzeren stang een zone warmer is, betekent dit dat de atomen beweeglijker zijn. Deze beweging zal, met wisselend gemak naargelang van het materiaal, van de warme bron worden overgebracht naar de koude bron. Zo verloopt deze overdracht in een metaal eerder snel, terwijl ze bijvoorbeeld in hout langzamer verloopt.

Thermische geleidbaarheid meet de capaciteit van een materiaal om warmte te geleiden. Thermische geleidbaarheid hangt af van de geleidbaarheid van het materiaal, de oppervlakte, de dikte van de plaat en het temperatuurverschil tussen de oppervlakken. Ze wordt gemeten in watt per meter en in graden kelvin; het symbool ervan is λ .

Materialen	Thermische geleidbaarheid (λ) bij 20 °C
Lucht	0,0262
Piepschuim	0,036
Stro	0,04
Glaswol	0,04
Kurk	0,04
Wol	0,05
Multiplex	0,11
Water	0,6
Droge grond	0,75
Baksteen	0,84
Glas	1,2
Staal	46
IJzer	80
Zink	115
Aluminium	237
Koper	400

Warmtegeleiding is dus de geleidelijke overdracht van warmte, zonder overdracht van materie, die wordt veroorzaakt door een temperatuurverschil tussen de uiteinden van het materiaal.

Straling (of radiatie)

In tegenstelling tot convectie en geleiding heeft straling geen materie nodig om warmte over te dragen. Alle voorwerpen zenden straling uit. Bij temperaturen in de buurt van de omgevingstemperatuur zenden ze vooral straling uit in het ver-infraroodbereik, ook wel het thermisch-infraroodbereik genoemd. De bijzonder hete zon zendt vooral straling uit in het spectrum van zichtbaar licht (50%), 45% in het infraroodbereik en 5% in het ultravioletbereik.

Glas is in staat om zichtbare straling en het nabij-infraroodbereik over te dragen. Het is dus doorzichtig. Het absorbeert daarentegen vrijwel al het licht van het thermisch-infraroodbereik: glas is dus ondoorzichtig voor het infraroodbereik. Dat wil zeggen dat het de warmte van de ruimte absorbeert en aan beide zijden opnieuw uitzendt. Een deel van de door de ruit geabsorbeerde warmte wordt opnieuw uitgezonden in de ruimte en het andere deel naar buiten, waardoor de ruimte afkoelt.

Straling vindt voornamelijk plaats door middel van elektromagnetische golven die afkomstig zijn van een bron zoals de zon. Voorwerpen hebben een energie-emissiegraad die evenredig is met de vierde macht van hun temperatuur die in graden kelvin wordt uitgedrukt.

Albedo

Wanneer we een wit oppervlak verlichten, wordt ongeveer 90% van het licht teruggekaatst. Slechts om en bij 10% wordt geabsorbeerd en omgezet in warmte. Op een zwart oppervlak is de verhouding omgekeerd: ongeveer 90% wordt geabsorbeerd en omgezet in warmte, terwijl maximaal 10% wordt teruggekaatst.

Er wordt bijzondere aandacht besteed aan de kleur van de materialen in de Zuid-Europese landen: de huizen zijn wit. Op een thermisch zonnepaneel zijn de buizen waarin de vloeistof stroomt, daarentegen zwart.

B. Toepassingen van warmteoverdracht

→ In een gebouw moet bijzondere aandacht worden besteed aan de plafonds: de voorkeur zal uitgaan naar lage (of valse) plafonds en die zullen zo goed mogelijk moeten worden geïsoleerd omdat de warmte stijgt door convectie.

→ De afmetingen van een materiaal zullen moeten worden bepaald op basis van de capaciteit ervan om zich te ontspannen wanneer het warm is, en in te krimpen wanneer het koud is. Denken we maar aan de betonnen muren van een hoge toren: de zijde die uitkijkt op het zuiden zal warmer zijn dan de zijde die uitkijkt op het noorden, en er moeten voegen worden voorzien om de verschillen in thermische uitzetting te compenseren.