

Samenvatting Natuurkunde

H3 Energie + H6 Straling

3 vwo — NaSk1 | §3.1, §3.2, §3.3, §3.4 + §6.1, §6.3, §6.4

Hoofdstuk 3 — Energie

§3.1 Energiebronnen

Alles wat een bruikbare soort energie kan leveren, is een **energiebron**. Soms gebruik je die energie rechtstreeks; meestal zet een apparaat de energiesoort van de bron om in een andere soort. Voorbeelden:

- Zonnecel: **stralingsenergie** van zonlicht → **elektrische energie**
- Windturbine: **bewegingsenergie** van wind → **elektrische energie**
- Gasfornuis: **chemische energie** van aardgas → **warmte**

Zes energiebronnen in Nederland (aandeel 2018)

- **Fossiele brandstoffen (91,4%)** — aardolie, aardgas en steenkool; bevatten chemische energie. Aardgas voor verwarming; steenkool in elektriciteitscentrales.
- **Biomassa (4,5%)** — materiaal van planten en dieren (snoei- en afvalhout, mest, maïs). Levert chemische energie; mest kan worden vergist tot **biogas** (vergelijkbaar met aardgas).
- **Wind (1,7%)** — wieken van windturbine drijven generator aan; bewegingsenergie → elektrisch.
- **Kernsplijting (1,4%)** — uranium-atoomkernen splijten → warmte → stoom → turbine + generator → elektrisch.
- **Zon (0,6%)** — stralingsenergie; **zonnecollector** → warmte voor waterverwarming; **zonnecellen** → elektrisch.
- **Aardwarmte (0,2%)** — heet grondwater opgepompt via productieput; in **warmtewisselaar** geeft het warmte af aan schoon water; daarna terug in de bodem via injectieput.

Ideale energiebron en Energietransitie

De ideale energiebron is onuitputtelijk, altijd beschikbaar, milieuvriendelijk en goedkoop — maar die bestaat niet. Fossiele brandstoffen zijn niet onuitputtelijk; wind en zon zijn niet altijd beschikbaar. Omdat koolstofdioxide een broeikasgas blijkt te zijn dat het klimaat verandert, wil de Nederlandse overheid overschakelen. Dit wordt de **energietransitie** genoemd, met vier kenmerken:

- **Duurzame energiebronnen** — fossiele brandstoffen vervangen door wind, zon en biomassa; voertuigen op elektromotoren; huizen op warmtepompen of aardwarmte.

- **Efficiënt energiemanagement** — goed geïsoleerde gebouwen, zuinige apparaten (ledlampen), bewust gedrag (korter douchen, geen stand-by).
- **Grootschalige energieopslag** — in grote accu's of in de vorm van waterstofgas, voor periodes zonder wind of zon.
- **Lokale productie** — zonnepanelen op daken, kleine windparken verspreid over het land; grote energiecentrales minder belangrijk.

§3.2 Verwarmen

Energieomzetting en wet van behoud van energie

Een **warmtebron** (cv-ketel, waterkoker, boiler) zet energie om in warmte. Die omzetting heet een **energieomzetting** en wordt weergegeven in een **energiestroomdiagram**: de pijl links toont de opgenomen energie, de pijl rechts de geleverde energie. Beide pijlen zijn even hoog, want de **wet van behoud van energie** geldt: de totale hoeveelheid energie verandert nooit.

Wat wel verandert, is de **kwaliteit** van de energie. Elektrische energie is een geconcentreerde, hoogwaardige vorm; warmte verspreidt zich als vanzelf over de omgeving en is daarna nauwelijks meer te gebruiken. Bij elke energieomzetting neemt de kwaliteit af.

Warmte, temperatuur en soortelijke warmte

De temperatuur van een stof is een maat voor de gemiddelde snelheid van de moleculen. Warmte die een stof opneemt, zorgt ervoor dat de moleculen sneller bewegen. Meer water in een waterkoker betekent meer moleculen, dus meer warmte nodig om op te warmen.

Uit nauwkeurige proeven blijkt: er is **4,2 J** warmte nodig om 1 gram water 1 °C in temperatuur te laten stijgen. Dit getal heet de **soortelijke warmte** van water: $c_{\text{water}} = 4,2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$. Elke stof heeft zijn eigen soortelijke warmte.

Met een **calorimeter** (een goed geïsoleerd bakje met dompelaar) kun je dit meten.

Formule: soortelijke warmte

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

- Q = warmte in joule (J)
- c = soortelijke warmte in $\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$
- m = massa in gram (g)
- $\Delta T = T_{\text{ei}}^{\text{nd}} - T_{\text{oe}}^{\text{dn}} = \text{temperatuurstijging in } ^\circ\text{C}$

Let op: 1,0 L water = $1,0 \cdot 10^3 \text{ g}$. Massa blijft constant tijdens opwarmen, volume vergroot.

Voorbeeldberekening: Kookwaterkraan verwarmt 1,5 L water van 20 °C naar 100 °C.

$$Q = 4,2 \times 1,5 \cdot 10^3 \times (100 - 20) = 4,2 \times 1500 \times 80 = 504\,000 \text{ J} = 504 \text{ kJ}$$

§3.3 Isoleren

Drie manieren van warmteverlies

Als de binnentemperatuur hoger is dan buiten, verliest een huis voortdurend warmte. Dat gebeurt op drie manieren:

- **Geleiding** — warmte verspreidt zich door vaste stoffen (baksteen, glas) doordat moleculen hun bewegingsenergie doorgeven. Metalen geleiden goed; hout en kunststof slecht.
- **Stroming (convectie)** — warme lucht bij radiatoren zet uit, heeft kleinere dichtheid, stijgt op en neemt warmte mee; koele lucht daalt op andere plaatsen neer.
- **Straling** — elk voorwerp zendt stralingsenergie uit naar de omgeving. Hoe groter het temperatuurverschil, hoe meer straling uitgewisseld wordt.

Alle drie processen verplaatsen warmte van hogere naar lagere temperatuur.

Dynamisch evenwicht

De binnentemperatuur blijft constant als de verwarming evenveel warmte produceert als het huis naar buiten verliest. Er is dan sprake van een **dynamisch evenwicht** tussen warmteproductie en warmteverlies. Zet je de verwarming hoger, dan neemt ook het warmteverlies toe (groter temperatuurverschil), totdat op een nieuw, hogere temperatuur opnieuw evenwicht ontstaat.

Muurisolatie en de U-waarde

Hoeveel warmte per seconde door een muur stroomt, hangt af van:

- het temperatuurverschil ΔT (binnen – buiten, in $^{\circ}\text{C}$)
- de oppervlakte A van de muur (in m^2)
- de **U-waarde** van de muur in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ — maat voor isolatiekwaliteit. Lage U-waarde = goede isolatie; hoge U-waarde = slecht geïsoleerd.

$$Q_u = U \cdot A \cdot \Delta T$$

- Q_u = warmteverlies per seconde ($\text{J/s} = \text{W}$)
- Isolatiematerialen (glaswol, steenwol, polystyreen) zitten vol lucht in kleine holten. Lucht geleidt warmte slecht → U-waarde daalt sterk. Een 5 cm dikke isolatielaag kan warmteverlies door een muur 4x zo klein maken.

Een huis isoleren

- Dubbelglas of hr++-glas (lagere U-waarde dan enkelglas)
- Spouwmuurisolatie: ruimte tussen binnen- en buitenmuur vullen
- Isolatielaag tegen daken en vloeren
- Verwarmings- en warmwaterleidingen in koude ruimten isoleren
- Kieren dichten met tochtstrip

Stookwaarde aardgas: 1 m³ aardgas levert 32 MJ warmte (= 32·10⁶ J). Dit gebruik je om besparingen in aardgas om te rekenen naar joules.

§3.4 Rendement

Energie besparen

De formule $E = P \cdot t$ laat zien hoe je energie kunt besparen: kleinere vermogen P (energiezuinige apparaten) of kleinere tijd t (minder lang of minder vaak gebruiken).

Vergelijk alleen apparaten met een vergelijkbare prestatie: een ledlamp met een spaarlamp die evenveel licht geven.

Rendement berekenen

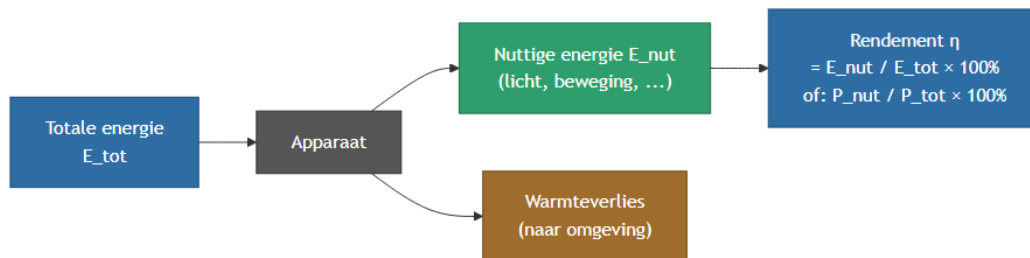
Het **rendement** η (eta) geeft aan welk deel van de totale omgezette energie nuttig wordt gebruikt:

$$\eta = E_{\text{u}}^{\text{n}} / E^{\text{tot}} \times 100\%$$

of — omdat energie per seconde = vermogen:

$$\eta = P_{\text{u}}^{\text{n}} / P^{\text{tot}} \times 100\%$$

- Spaarlamp: 25% van elektrische energie → licht; 75% → warmte
- Ledlamp: 50% → licht; 50% → warmte



Schema: energieomzetting en rendement — nuttige energie tegenover totaal omgezette energie

Rendement van een hr-combiketel

In een cv-ketel wordt aardgas verbrand; verbrandingsgassen staan warmte af aan water via een warmtewisselaar.

- E^{tot} berekenen: volume verbrand gas (m³) × stookwaarde (32 MJ/m³)
- E_{u}^{n} berekenen: warmte die water opnam — gebruik $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$

Oudere cv-ketels hadden een rendement van circa **65%**; een moderne **hr-combiketel** haalt boven de **90%** (hr = hoog rendement).

Hoofdstuk 6 — Straling

§6.1 Elektromagnetische straling

Hoe werkt een mobiele telefoon?

Als een telefoon zendt, loopt er een wisselstroom door de antenne. De elektronen bewegen met hoge frequentie heen en weer, waardoor **elektromagnetische golven** ontstaan die zich met zeer hoge snelheid verspreiden. Zo wisselt de telefoon via een zendmast informatie uit.

Drie kenmerken van elektromagnetische golven

- Ze bewegen in **alle richtingen** vanuit de bron (niet alleen in één vlak zoals watergolven).
- Ze planten zich voort **zonder medium** — ook door vacuüm, in tegenstelling tot geluid.
- Ze bewegen in vacuüm altijd met de **lichtsnelheid**: $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s.

Golflengte en frequentie

Frequentie f = het aantal golftoppen dat per seconde voorbijkomt (eenheid: hertz, Hz).

Golflengte λ = de afstand tussen twee golftoppen (symbool: lambda, eenheid: m of nm).

$$\lambda = c / f$$

- λ = golflengte (m)
- c = lichtsnelheid = $3,0 \cdot 10^8$ m/s
- f = frequentie (Hz)

Telefoon gebruikt frequenties van 800 tot 1800 MHz → golflengten van 16 tot 38 cm. Licht heeft veel kortere golflengten, uitgedrukt in nanometer ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Zichtbaar licht loopt van 380 nm (violet) tot 780 nm (rood).

Voorbeeldberekening: Blauw licht, $\lambda = 470 \text{ nm}$. $f = c / \lambda = 3,0 \cdot 10^8 / 470 \cdot 10^{-9} = 6,4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

Het elektromagnetisch spectrum

Alle soorten elektromagnetische straling geordend op golflengte vormen het **spectrum**, van radiogolven (langste golflengte) tot gammastraling (kortste golflengte). Elke kleur zichtbaar licht heeft zijn eigen golflengte; de kleur van licht wordt bepaald door de golflengte.



Schema: het elektromagnetisch spectrum — geordend van lange naar korte golflengte

Effecten van straling: ioniserend en niet-ioniserend

Als straling wordt geabsorbeerd, komt de stralingsenergie vrij als warmte. Sommige straling heeft ook een extra effect: de energie is groot genoeg om moleculen te beschadigen.

- **Niet-ioniserend:** radiogolven, infrarood en licht — kunnen moleculen niet kapot maken.

- **Zwak ioniserend:** ultraviolet — kan kleurstofmoleculen en DNA-moleculen in huidcellen beschadigen.
- **Sterk ioniserend:** röntgenstraling en gammastraling — al een uiterst kleine hoeveelheid kan gezondheidsschade veroorzaken.

§6.3 Röntgenfoto's maken

Transmissie, reflectie en absorptie

Als elektromagnetische straling op een voorwerp valt, kunnen er drie dingen tegelijk gebeuren:

- **Transmissie** — de straling wordt doorgelaten (zonlicht door een ruit).
- **Reflectie** — de straling wordt teruggekaatst (licht door een spiegel of witte muur).
- **Absorptie** — de straling wordt opgenomen en omgezet in warmte (zwart gordijn slikt licht op).

De atmosfeer is transparant voor sommige straling (radiogolven, zichtbaar licht) maar absorbeert andere straling volledig (röntgen- en gammastraling).

Hoe wordt een röntgenfoto gemaakt?

Röntgenstraling gaat gemakkelijk door het lichaam heen; licht niet. Dit maakt beeldvorming mogelijk via een schaduwprincipe:

- Aan één kant van het te onderzoeken lichaamsdeel staat een **röntgenbron**.
- Aan de andere kant staat een **detectorscherm**.
- Zachte weefsels laten röntgenstraling grotendeels door; botten absorberen veel meer.
- Op het scherm ontstaat een schaduwbeeld van de botten, dat de detector vastlegt.

Röntgenfoto's worden als **negatief** weergegeven: botten (lage transmissie) steken wit af tegen omringend weefsel (hoge transmissie). Artsen geven de voorkeur aan negatieven omdat details daarin beter zichtbaar zouden zijn.

Gevaren, dosis en veiligheidsregels

Röntgenstraling die door het lichaam heen gaat zonder geabsorbeerd te worden, richt geen schade aan. De schade wordt veroorzaakt door het deel dat wél geabsorbeerd wordt: de stralingsenergie kan moleculen zoals DNA kapot maken.

De biologische schade wordt uitgedrukt in de **equivalente dosis**, gemeten in **sievert (Sv)**. Een dosis van 1 Sv leidt ruwweg tot een 5% hogere kans om ooit kanker te krijgen. Een borstkasfoto geeft een dosis van 0,1 mSv — vergelijkbaar met kosmische straling tijdens een retourvlucht Schiphol–New York.

Gemiddelde stralingsbelasting in Nederland: 2,4 mSv per persoon per jaar (bron: RIVM).

Veiligheidsregels voor röntgenstraling

- De patiënt of werknemer mag niet zelf worden bestraald — altijd voldoende afstand houden.
- Röntgenapparaten worden op afstand bediend.
- Laboranten staan bij het nemen van een foto achter een **loodwand** (en kijken door loodglas).
- Lood (dichtheid $11,3 \text{ g/cm}^3$) absorbeert röntgenstraling effectief en is relatief goedkoop.

§6.4 Werken met gammastraling

Radioactiviteit en halfwaardetijd

In 1896 ontdekte de Franse natuurkundige Henri Becquerel dat sommige stoffen spontaan sterke ioniserende straling uitzenden. Zulke stoffen heten **radioactief**. In kleine hoeveelheden zijn radioactieve stoffen overal aanwezig: in bodem, water, lucht, gebouwen en het menselijk lichaam. Naast **natuurlijk radioactieve** stoffen bestaan er ook **kunstmatig radioactieve** stoffen.

Een radioactieve stof wordt langzaam omgezet in een andere stof. Na verloop van tijd is de helft van de oorspronkelijke hoeveelheid verdwenen; de straling neemt dan ook met de helft af. De tijd die hiervoor nodig is, heet de **halfwaardetijd**. In ziekenhuizen worden kunstmatig radioactieve stoffen gebruikt met halfwaardetijden van uren tot weken, zodat ze snel verdwijnen na een behandeling.

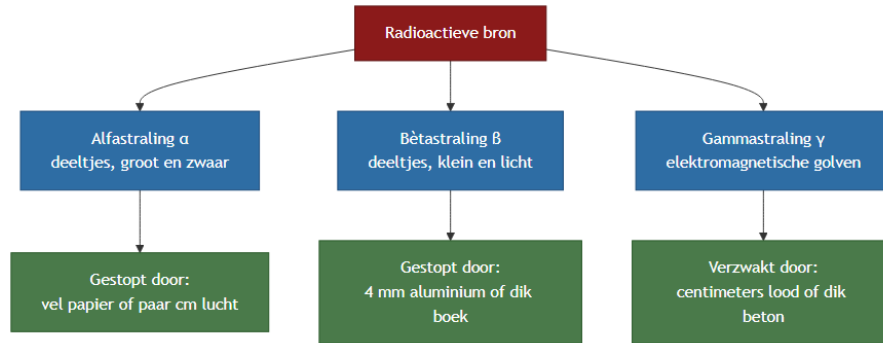
Drie soorten straling

Een radioactieve stof kan deeltjes en/of elektromagnetische golven uitzenden. Alle drie soorten zijn ioniserend:

- **Alfastraling (α)** — stroom deeltjes, groot en zwaar; ioniseert sterk maar heeft een kleine **dracht** (maximale afstand in materiaal).
- **Bètastraling (β)** — stroom deeltjes, veel kleiner en lichter dan alfadeeltjes; grotere dracht dan alfastraling.
- **Gammastraling (γ)** — elektromagnetische straling met een heel korte golflengte; lijkt op röntgenstraling maar is nog sterker ioniserend. Gammastraling wordt vaak tegelijk met alfa- of bètastraling uitgezonden.

Doordringend vermogen

Alfa- en bètadeeltjes worden gestopt zodra ze al hun bewegingsenergie hebben verloren. Gammastraling heeft een groot **doordringend vermogen** en wordt nooit volledig gestopt, alleen verzwakt:



Schema: drie soorten straling en hun doordringend vermogen

Medisch onderzoek met gammastraling (scans)

Omdat gammastraling gemakkelijk door het lichaam heen gaat en daarna detecteerbaar is, wordt het in ziekenhuizen gebruikt voor **scans** van organen:

- In een laboratorium wordt een **tracer** (radioactieve merkstof) gemaakt.
- De tracer wordt door injectie in het lichaam gebracht en verspreidt zich naar de te onderzoeken organen.
- Een **gammacamera** — een schijf met detectoren die in een boog om de patiënt beweegt — registreert de uitgestuurde gammastraling.
- Een computer construeert een **false color image**: rood = hoogste stralingsintensiteit, blauw = laagste. Zo wordt zichtbaar welk deel van een orgaan goed of minder goed functioneert.

Bestraling versus besmetting

Er is een belangrijk verschil:

- **Bestraling** — je lichaam wordt van buitenaf bestraald. Het lichaam wordt zelf niet radioactief, maar er ontstaat wel stralingsschade binnenin.
- **Radioactieve besmetting** — radioactieve stoffen komen in of op het lichaam (via inademen, drinken, eten of huidcontact). Het lichaam wordt daardoor zelf een radioactieve bron.

Veiligheidsregels om besmetting te voorkomen: niet eten of drinken bij radioactieve bronnen, handen wassen na gebruik, bij besmetting kleding uittrekken en douchen. Voor afscherming van gammastraling wordt — net als bij röntgenstraling — lood gebruikt.

Begrippen

energiebron: Alles wat een bruikbare soort energie kan leveren.

fossiele brandstoffen: Brandstoffen zoals aardolie, aardgas en steenkool die chemische energie bevatten.

biomassa: Materiaal dat van planten en dieren afkomstig is, dat chemische energie levert.

windturbine: Een windmolen die bewegingsenergie van de wind omzet in elektrische energie.

aardwarmte: Warmte die afkomstig is uit diepe aardlagen en naar het oppervlak gehaald wordt.

warmtewisselaar: Een apparaat waarbij warm grondwater zijn warmte afgeeft aan schoon water, zodat het hete grondwater via een tweede put terug de bodem in kan worden gepompt.

energietransitie: De overgang naar een nieuw energiesysteem met duurzame energiebronnen, efficiënt energiemanagement, grootschalige energieopslag en lokale productie van energie.

warmtebronnen: Apparaten zoals cv-ketels, ovens, boilers en kokendwaterkranen die energie omzetten in warmte.

energieomzetting: Het omzetten van de ene soort energie in de andere.

energiestroomdiagram: Een diagram dat aangeeft welke energie een apparaat opneemt en welke energie het afstaat.

wet van behoud van energie: De kwantiteit (hoeveelheid) energie verandert bij een energieomzetting niet: de totale hoeveelheid energie blijft steeds even groot.

calorimeter: Een goed geïsoleerd apparaat waarmee je kunt meten hoeveel warmte nodig is om een bepaalde hoeveelheid water te verwarmen.

soortelijke warmte: De hoeveelheid warmte die nodig is om 1 g van een stof 1 graden Celsius in temperatuur te laten stijgen.

rendement: De verhouding tussen de nuttig gebruikte energie en de totale omgezette energie, uitgedrukt in procenten.

stookwaarde: De hoeveelheid warmte die vrijkomt bij het verbranden van 1 m³ brandstof. Voor aardgas in Nederland: 32 MJ/m³.

isolatie: Het beperken van warmteverlies door het aanbrengen van materialen die warmte slecht geleiden.

U-waarde: De maat voor de kwaliteit van isolatie van een muur of raam, in W/(m² x grC). Een lage U-waarde betekent een betere isolatie.

dynamisch evenwicht: Een toestand waarbij warmteproductie en warmteverlies aan elkaar gelijk zijn, en de temperatuur constant blijft.

elektromagnetische golven: Golven die ontstaan door bewegende elektronen in een antenne en zich met de lichtsnelheid voortplanten, ook door vacuum.

frequentie: Het aantal golftoppen dat per seconde voorbijkomt, gemeten in hertz (Hz).

golflengte: De afstand tussen twee golftoppen (of golfdalen), aangeduid met de Griekse letter lambda, gemeten in meter of nanometer.

lichtsnelheid: De snelheid waarmee elektromagnetische golven in vacuüm bewegen: $3,0 \times 10^8$ m/s.

spectrum: Het overzicht van alle soorten elektromagnetische straling geordend op golflengte, van radiogolven tot gammastraling.

ioniserende straling: Straling die moleculen kapot kan maken en gezondheidsschade kan veroorzaken (uv, röntgen, gammastraling).

transmissie: Het doorlaten van elektromagnetische straling door een materiaal.

reflectie: Het terugkaatsen van elektromagnetische straling door een materiaal.

absorptie: Het opnemen van elektromagnetische straling door een materiaal, waarbij de stralingsenergie vrijkomt.

equivalente dosis: Een maat voor de biologische schade die ioniserende straling aanricht, gemeten in sievert (Sv).

sievert: De eenheid van equivalente dosis; 1 Sv leidt ruwweg tot een 5% hogere kans om ooit kanker te krijgen.

radioactief: Eigenschap van stoffen die spontaan sterke ioniserende straling uitzenden.

halfwaardetijd: De tijd waarna de helft van de oorspronkelijke hoeveelheid radioactieve stof is omgezet in een andere stof en de hoeveelheid straling met de helft is afgenomen.

alfastraling: Deeltjesstraling bestaande uit zware, relatief grote deeltjes met een kleine dracht, te stoppen door een vel papier of een paar centimeter lucht.

betastraling: Deeltjesstraling bestaande uit kleine, lichte deeltjes met een grotere dracht dan alfastraling, te stoppen door een 4 mm dik aluminiumplaatje of een dik boek.

gammastraling: Elektromagnetische straling met een zeer korte golflengte, sterk ioniserend en met een groot doordringend vermogen; effectief te stoppen door centimeters dik lood of dik beton.

dracht: De maximale afstand die alfa- of betadeeltjes kunnen afleggen in een stof.

doordringend vermogen: De mate waarin straling door materiaal heen kan dringen. Gammastraling heeft het grootste doordringend vermogen.

scan: Een beeld van een orgaan gemaakt met behulp van een radioactieve tracer en een gammacamera.

tracer: Een radioactieve merkstof die in het lichaam wordt gebracht zodat organen zichtbaar worden voor detectoren van gammastraling.

gammacamera: Een schijf met detectoren die in een boog om de patient heen beweegt en gammastraling registreert.

radioactieve besmetting: Het terechtkomen van radioactieve stoffen in of op het lichaam via inademen, drinken, eten of huidcontact, waarbij het lichaam zelf een radioactieve bron wordt.

Leerdoelen

H3 §3.1

3.1.1 Je kunt uitleggen wat een energiebron is.

Antwoord: Een energiebron is alles wat een bruikbare soort energie kan leveren. Soms gebruik je die energie rechtstreeks, meestal zet een apparaat de energiesoort van de bron om in een andere soort (bv. een zonnecel: stralingsenergie naar elektrische energie).

3.1.2 Je kunt zes energiebronnen beschrijven.

Antwoord: De zes energiebronnen in Nederland zijn: fossiele brandstoffen (91,4%), biomassa (4,5%), wind (1,7%), kernsplijting (1,4%), zon (0,6%) en aardwarmte (0,2%).

3.1.3 Je kunt kenmerken van energiebronnen benoemen.

Antwoord: Kenmerken waarop je energiebronnen beoordeelt zijn: of de bron onuitputtelijk is, altijd beschikbaar is, milieuvriendelijk is en goedkoop is. Fossiele brandstoffen zijn bijvoorbeeld niet onuitputtelijk; wind en zon zijn niet altijd beschikbaar.

3.1.4 Je kunt de ideale energiebron beschrijven.

Antwoord: De ideale energiebron is onuitputtelijk, altijd beschikbaar, milieuvriendelijk en goedkoop. Zo'n bron bestaat in de praktijk niet, want elke energiebron mist minstens een van deze eigenschappen.

3.1.5 Je kunt vier kenmerken van de energietransitie benoemen.

Antwoord: De vier kenmerken van de energietransitie zijn: duurzame energiebronnen, efficiënt energiemangement, grootschalige energieopslag en lokale productie van energie.

H3 §3.2

3.2.1 Je kunt uitleggen dat bij energieomzettingen de kwantiteit (hoeveelheid energie) niet verandert, maar de kwaliteit (bruikbaarheid) wel.

Antwoord: Bij een energieomzetting blijft de kwantiteit (hoeveelheid energie) gelijk door de wet van behoud van energie, maar de kwaliteit (bruikbaarheid) neemt af. Elektrische energie is hoogwaardig en geconcentreerd; warmte verspreidt zich over de omgeving en is daarna nauwelijks nog bruikbaar.

3.2.2 Je kunt energieomzettingen weergeven in een energiestroomdiagram, rekening houdend met de wet van behoud van energie.

Antwoord: In een energiestroomdiagram toont de pijl links de opgenomen energie en de pijl rechts de geleverde energie. Beide pijlen zijn even hoog, want volgens de wet van behoud van energie verandert de totale hoeveelheid energie niet.

3.2.3 Je kunt uitleggen dat er toevoer van warmte nodig is om de temperatuur van een stof te laten stijgen.

Antwoord: Warmte die een stof opneemt zorgt ervoor dat de moleculen sneller gaan bewegen; de temperatuur is een maat voor de gemiddelde snelheid van de moleculen. Om de temperatuur te laten stijgen is dus toevoer van warmte nodig.

3.2.4 Je kunt berekenen hoeveel energie nodig is om een stof in temperatuur te laten stijgen door de soortelijke warmte te gebruiken.

Antwoord: Dat bereken je met $Q = c m \Delta T$, waarbij Q de warmte (J) is, c de soortelijke warmte (J/(g C)), m de massa (g) en ΔT de temperatuurstijging (C). Voorbeeld: 1,5 L water van 20 naar 100 C kost $Q = 4,2 \times 1,5 \times 10^3 \times 80 = 504 \text{ kJ}$.

H3 §3.3

3.3.1 Je kunt uitleggen op welke manieren een huis warmte verliest.

Antwoord: Een huis verliest warmte op drie manieren: door geleiding (warmte door vaste stoffen zoals baksteen en glas), door stroming/convectie (warme lucht stijgt en neemt warmte mee) en door straling (elk voorwerp zendt stralingsenergie uit naar de omgeving).

3.3.2 Je kunt uitleggen hoe er een dynamisch evenwicht ontstaat tussen warmteverlies en warmteproductie.

Antwoord: De binnentemperatuur blijft constant als de verwarming evenveel warmte produceert als het huis verliest: warmteproductie en warmteverlies zijn dan in dynamisch evenwicht. Zet je de verwarming hoger, dan stijgt het warmteverlies mee tot zich op een hogere temperatuur opnieuw evenwicht instelt.

3.3.3 Je kunt berekenen hoeveel warmte door de muur van een huis wegstroomt.

Antwoord: Dat bereken je met $Q_w = U \times A \times \Delta T$, waarbij Q_w het warmteverlies per seconde (J/s = W) is, U de U-waarde van de muur in W/(m² C), A de oppervlakte (m²) en ΔT het temperatuurverschil tussen binnen en buiten (C).

3.3.4 Je kunt uitleggen hoe je het warmteverlies in een huis kunt verkleinen.

Antwoord: Het warmteverlies verklein je door beter te isoleren: dubbelglas of hr++-glas, spouwmuurisolatie, een isolatielaag tegen daken en vloeren, leidingen in koude ruimten isoleren en kieren dichtn met tochtstrip. Isolatiemateriaal bevat veel lucht, dat warmte slecht geleidt, waardoor de U-waarde sterk daalt.

H3 §3.4

3.4.1 Je kunt aan de hand van een energiestroomdiagram uitleggen hoe efficiënt een apparaat met energie omgaat.

Antwoord: In een energiestroomdiagram zie je hoe efficiënt een apparaat is door de nuttige energie (pijl naar het gewenste resultaat) te vergelijken met de totaal opgenomen energie. Hoe groter het nuttige deel, hoe efficiënter. Een ledlamp zet 50% om in licht, een spaarlamp maar 25%.

3.4.2 Je kunt het rendement van een apparaat berekenen op basis van energie.

Antwoord: Het rendement op basis van energie bereken je met $\eta = E_{\text{nut}} / E_{\text{tot}} \times 100\%$, waarbij E_{nut} de nuttig gebruikte energie is en E_{tot} de totaal omgezette energie.

3.4.3 Je kunt het rendement van een apparaat berekenen op basis van vermogen.

Antwoord: Omdat energie per seconde gelijk is aan vermogen, kun je het rendement ook berekenen met $\eta = P_{\text{nut}} / P_{\text{tot}} \times 100\%$, waarbij P_{nut} het nuttige vermogen is en P_{tot} het totale vermogen.

H6 §6.1

6.1.1 Je kunt beschrijven hoe een mobiele telefoon informatie verzendt en ontvangt met behulp van elektromagnetische golven.

Antwoord: Als een telefoon zendt, loopt er een wisselstroom door de antenne en bewegen de elektronen met hoge frequentie heen en weer. Daardoor ontstaan elektromagnetische golven die zich met zeer hoge snelheid verspreiden, waarmee de telefoon via een zendmast informatie uitwisselt.

6.1.2 Je kunt drie kenmerken van elektromagnetische straling noemen en toelichten.

Antwoord: Drie kenmerken: elektromagnetische golven bewegen in alle richtingen vanuit de bron, ze planten zich voort zonder medium (ook door vacuum) en ze bewegen in vacuum altijd met de lichtsnelheid $c = 3,0 \times 10^8$ m/s.

6.1.3 Je kunt berekeningen maken met golflengte, lichtsnelheid en frequentie.

Antwoord: Golflengte en frequentie hangen samen via $\lambda = c / f$, met λ de golflengte (m), c de lichtsnelheid ($3,0 \times 10^8$ m/s) en f de frequentie (Hz). Voorbeeld: blauw licht met $\lambda = 470$ nm heeft $f = 3,0 \times 10^8 / 470 \times 10^{-9} = 6,4 \times 10^{14}$ Hz.

6.1.4 Je kunt in het elektromagnetisch spectrum verschillende soorten elektromagnetische straling ordenen.

Antwoord: In het elektromagnetisch spectrum staan alle soorten straling geordend op golflengte, van radiogolven (langste golflengte) via infrarood, zichtbaar licht en ultraviolet tot röntgen- en gammastraling (kortste golflengte).

6.1.5 Je kunt de effecten beschrijven van ioniserende en niet-ioniserende straling.

Antwoord: Niet-ioniserende straling (radiogolven, infrarood, licht) kan moleculen niet kapot maken. Zwak ioniserende straling (uv) kan kleurstof- en DNA-moleculen in huidcellen beschadigen. Sterk ioniserende straling (röntgen, gamma) kan al in uiterst kleine hoeveelheden gezondheidsschade veroorzaken.

H6 §6.3

6.3.1 Je kunt uitleggen wat er kan gebeuren als elektromagnetische straling op een voorwerp valt (drie mogelijkheden).

Antwoord: Als straling op een voorwerp valt kunnen drie dingen tegelijk gebeuren: transmissie (de straling wordt doorgelaten), reflectie (de straling wordt teruggekaatst) en absorptie (de straling wordt opgenomen en omgezet in warmte).

6.3.2 Je kunt beschrijven hoe een röntgenfoto wordt gemaakt.

Antwoord: Aan een kant van het lichaamsdeel staat een röntgenbron, aan de andere kant een detectorscherm. Zachte weefsels laten de röntgenstraling grotendeels door, botten absorberen veel meer. Zo ontstaat op het scherm een schaduwbeeld van de botten, meestal als negatief weergegeven.

6.3.3 Je kunt de gezondheidsrisico's van röntgenstraling benoemen.

Antwoord: Röntgenstraling die in het lichaam wordt geabsorbeerd geeft energie af die moleculen zoals DNA kapot kan maken. De biologische schade wordt uitgedrukt in de equivalente dosis in sievert (Sv); 1 Sv geeft ruwweg 5% meer kans om ooit kanker te krijgen.

6.3.4 Je kunt uitleggen hoe de biologische schade van straling wordt aangegeven.

Antwoord: De biologische schade wordt aangegeven met de equivalente dosis, gemeten in sievert (Sv). Een borstkasfoto geeft 0,1 mSv; de gemiddelde stralingsbelasting in Nederland is 2,4 mSv per persoon per jaar.

6.3.5 Je kunt de veiligheidsregels voor het werken met röntgenstraling noemen en toelichten.

Antwoord: Veiligheidsregels: niemand mag onnodig worden bestraald en je houdt altijd voldoende afstand. Röntgenapparaten worden op afstand bediend en laboranten staan achter een loodwand (en kijken door loodglas). Lood absorbeert röntgenstraling effectief en is relatief goedkoop.

H6 §6.4

6.4.1 Je kunt beschrijven wat wordt bedoeld met radioactiviteit en halfwaardetijd.

Antwoord: Een radioactieve stof zendt spontaan sterke ioniserende straling uit. De halfwaardetijd is de tijd waarna de helft van de oorspronkelijke hoeveelheid stof is omgezet in een andere stof en de hoeveelheid straling met de helft is afgenomen.

6.4.2 Je kunt de activiteit van een stof berekenen na N halfwaardetijden.

Antwoord: Na elke halfwaardetijd halveert de hoeveelheid (en de straling). Na N halfwaardetijden is de activiteit dus N keer gehalveerd ten opzichte van de beginhoeveelheid.

6.4.3 Je kunt de halveringstijd bepalen uit een grafiek van de activiteit tegen de tijd.

Antwoord: De halveringstijd lees je uit een grafiek van de activiteit tegen de tijd af door te bepalen na hoeveel tijd de activiteit tot de helft van de beginwaarde is gedaald.

6.4.4 Je kunt drie soorten straling beschrijven die door radioactieve stoffen worden uitgezonden.

Antwoord: Een radioactieve stof kan drie soorten straling uitzenden: alfastraling (grote, zware deeltjes), betastraling (kleine, lichte deeltjes) en gammastraling (elektromagnetische straling met zeer korte golflengte). Alle drie zijn ioniserend.

6.4.5 Je kunt van verschillende soorten straling het doordringend vermogen beschrijven.

Antwoord: Alfastraling heeft de kleinste dracht en wordt tegengehouden door een vel papier of een paar centimeter lucht. Betastraling komt verder, maar wordt gestopt door een 4 mm dik aluminiumplaatje of een dik boek. Gammastraling heeft het grootste doordringend vermogen en wordt alleen verzwakt door centimeters dik lood of dik beton.

6.4.6 Je kunt beschrijven hoe met gammastraling medisch onderzoek wordt uitgevoerd.

Antwoord: Gammastraling gaat gemakkelijk door het lichaam en is daarna detecteerbaar, dus wordt het gebruikt voor scans. In een laboratorium wordt een tracer (radioactieve merkstof) gemaakt en via injectie in het lichaam gebracht; de tracer verspreidt zich naar de te onderzoeken organen. Een gammacamera registreert de uitgezonden straling en een computer maakt er een false color image van (rood = hoogste intensiteit, blauw = laagste).

6.4.7 Je kunt het verschil tussen besmetting en bestraling uitleggen en toepassen.

Antwoord: Bij bestraling wordt je lichaam van buitenaf bestraald: er ontstaat wel stralingsschade binnenin, maar het lichaam wordt zelf niet radioactief. Bij radioactieve besmetting komen

radioactieve stoffen in of op het lichaam (via inademen, drinken, eten of huidcontact), waardoor het lichaam zelf een radioactieve bron wordt.