

Hoofdstuk 2 Straling



Leerdoelen bij dit hoofdstuk:

§2.1 A. Je met behulp van een overzicht van het EM-spectrum van een bepaalde golflengte kunt bepalen tot welk type EM-straling deze behoort.

C. Je soorten EM-straling kunt sorteren op hoe energierijk deze zijn.

§2.2 D. Je kunt met behulp van een periodiek systeem de notatie van een bepaalde isotoop geven (niet in boek!).

E. Je kunt de twee vormen van radioactief verval noemen en beschrijven wat er precies gebeurt bij dit verval (niet in boek!).

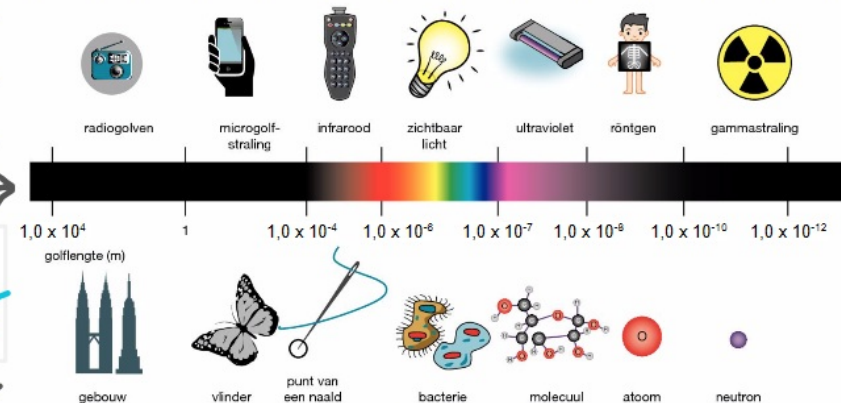
F. Je kunt met behulp van een periodiek systeem vervalsreacties opstellen (niet in boek!).

G. Je kunt rekenen met de halfwaardetijd.

§2.3 H. Je kunt rekenen met de halveringsdikte.

§2.4 I. Je kunt nuttige toepassingen van radioactiviteit noemen.

§2.5 J. Je kunt de onderdelen van een kerncentrale aanwijzen en uitleggen hoe deze werkt.

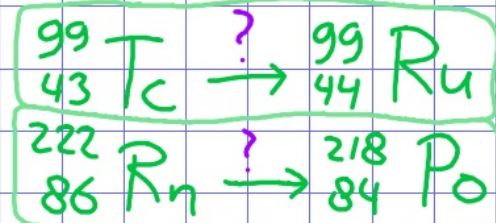


Handwritten label: α alfadeeltje

Handwritten label: β bètadeeltje



materiaal	halveringsdikte
lucht	91 m
water	98 cm
hout	29 cm
beton	4,6 cm
staal	2,5 cm
lood	0,89 cm

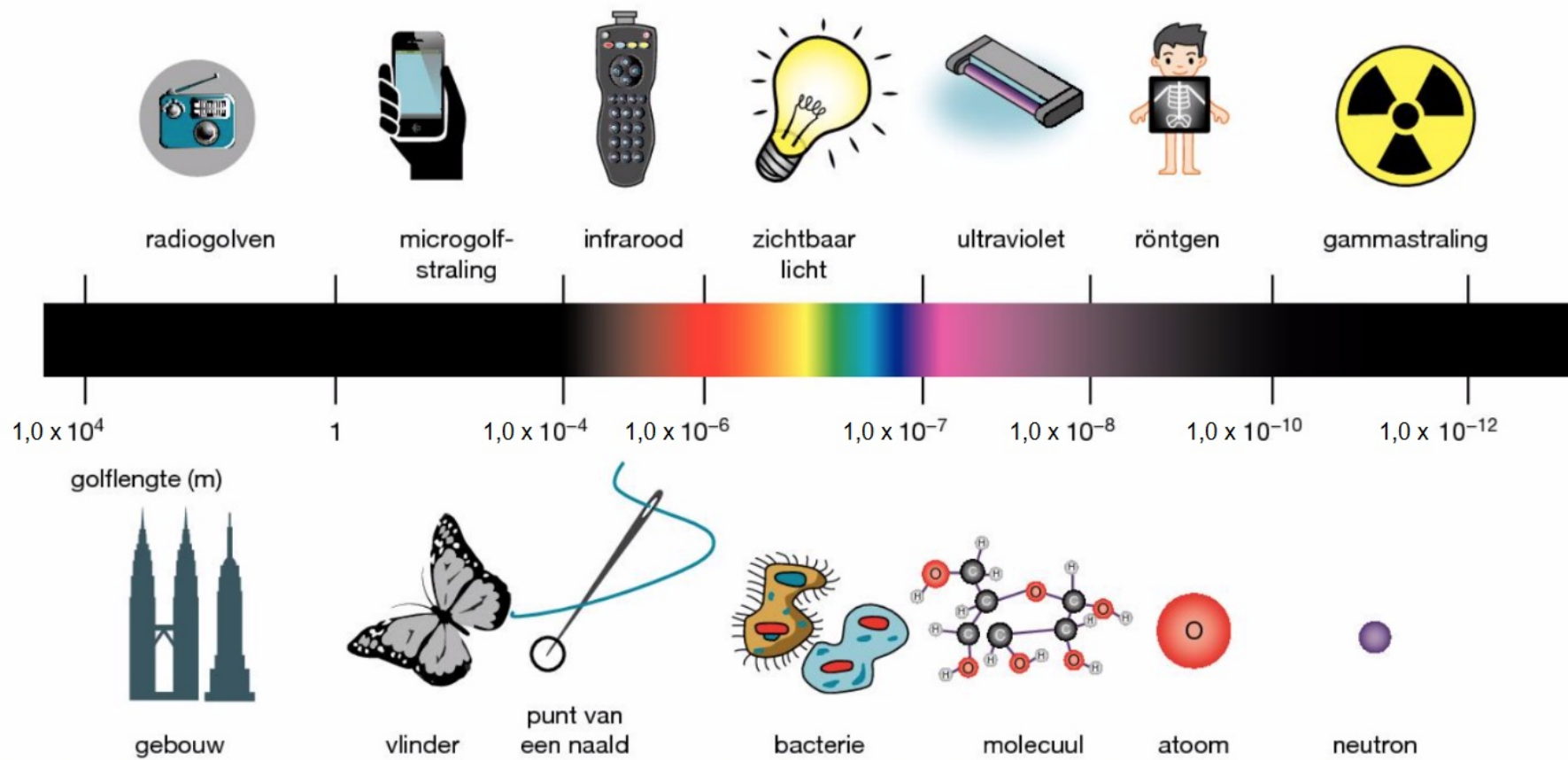


Let op: houd deze termen goed uit elkaar:

besmetting vs bestraling; activiteit vs dosis vs hoeveelheid overgebleven instabiele kernen; halfwaardetijd vs halveringsdikte; doordringend vermogen vs ioniserend vermogen

Welke grootheden en eenheden komen voor in dit hoofdstuk?

Grootheid	symbool in formule	Eenheid	symbool in eindantwoord
activiteit	A	Bequerel	Bq
aantal overgebleven instabiele kernen	N	- geen eenheid -	-
(stralings) dosis	H	Sievert	Sv



Hoofdstuk 2: Straling

Periodiek Systeem

Periodiek Systeem

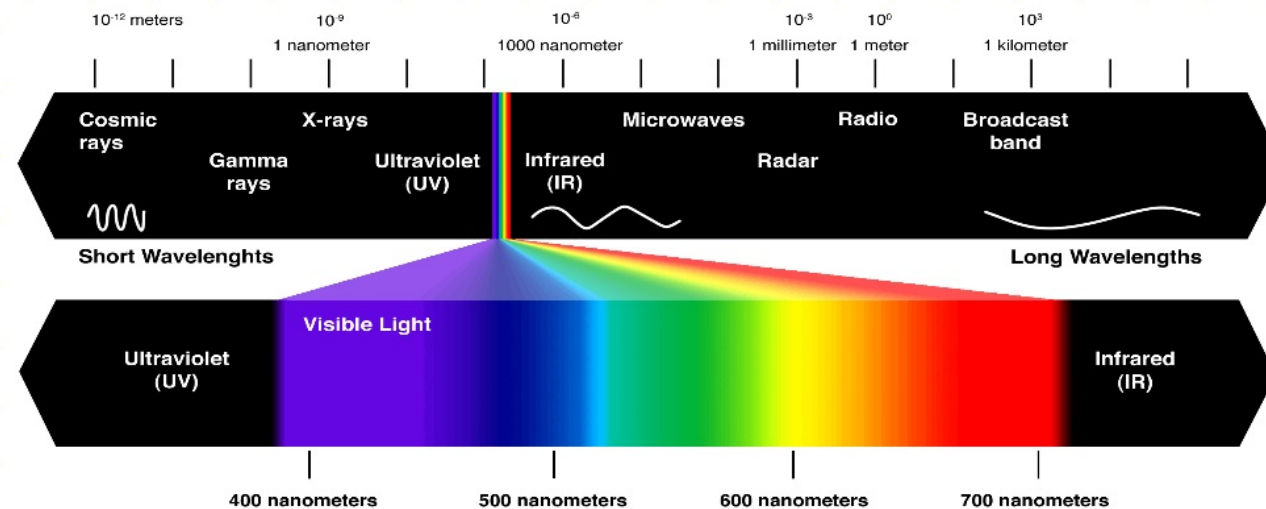
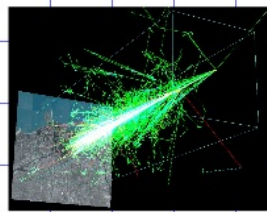
1 H Hydrogen																	2 He Helium						
3 Li Lithium	4 Be Beryllium																	5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium																	13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton						
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon						
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57–71 La–Lu Lanthanides	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon						
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89–103 Ac–Lr Actinides	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson						
			57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium						
			89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium						

Hoofdstuk 2: Straling

- *CONTEXT* -

De volgende pagina's geven interessante achtergrondinformatie bij de stof van dit hoofdstuk zoals voorbeelden uit de natuur van de verschijnselen of technische toepassingen van de natuurkundige inzichten bij deze verschijnselen. Zulke achtergrond informatie heet ook wel context. Het is niet noodzakelijk om deze pagina's te bestuderen voor het proefwerk maar het is wel interessante kennis!

"Wat wordt bedoeld met het *elektromagnetisch spectrum*?"



ultraviolette straling



zichtbaar licht



infrarode straling ("warmtestraling")



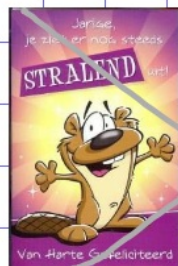
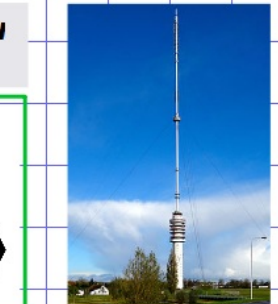
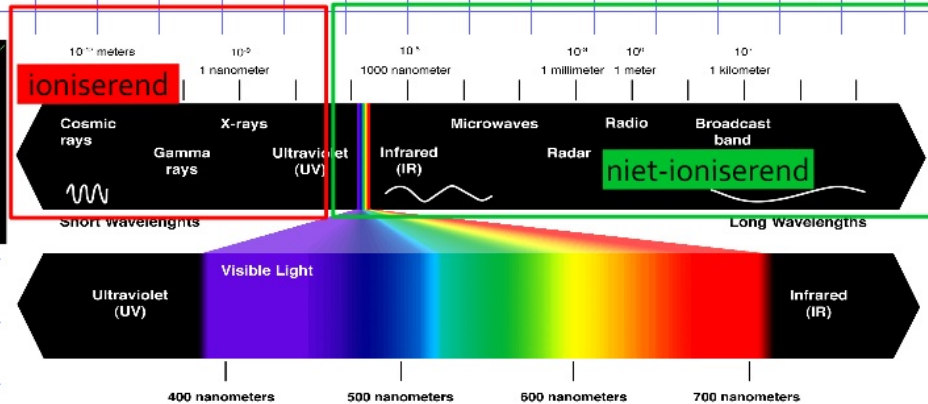
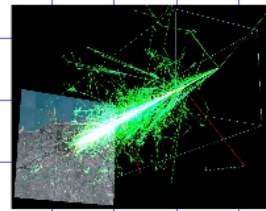
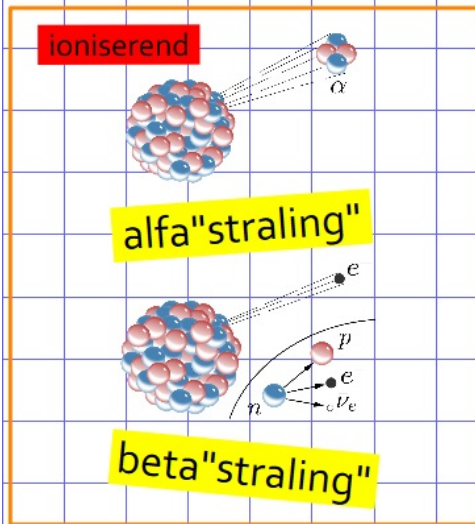
microgolven ("magnetronstraling")

radargolven

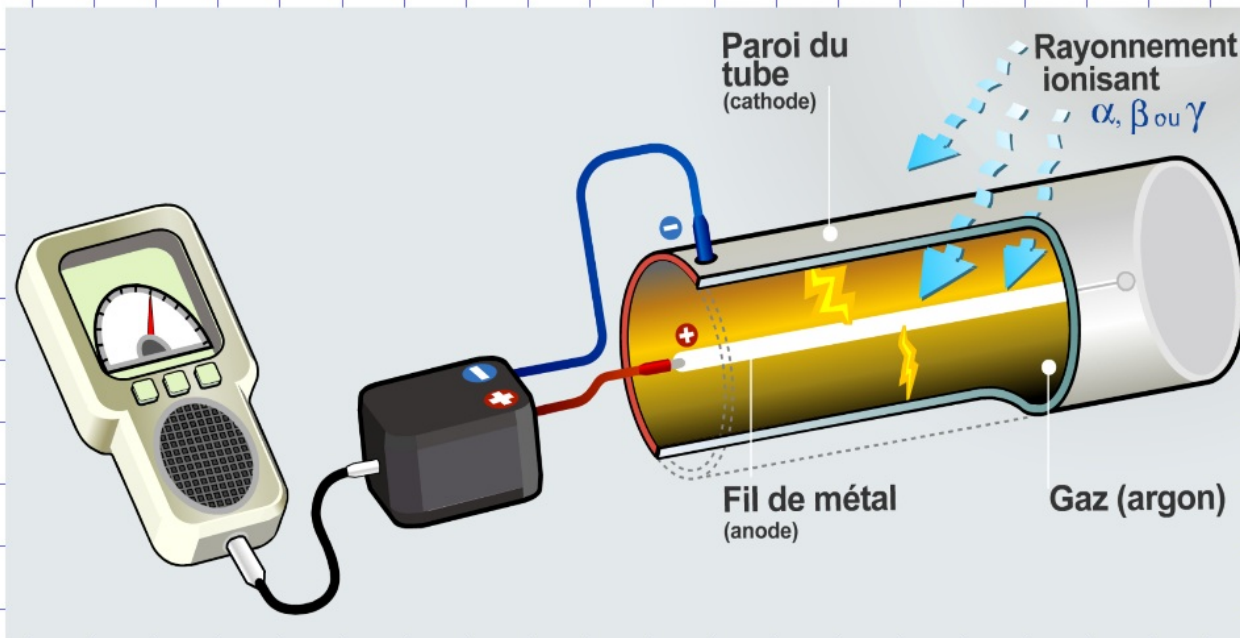


radiogolven
(audio, telefoons,
bluetooth, wifi)

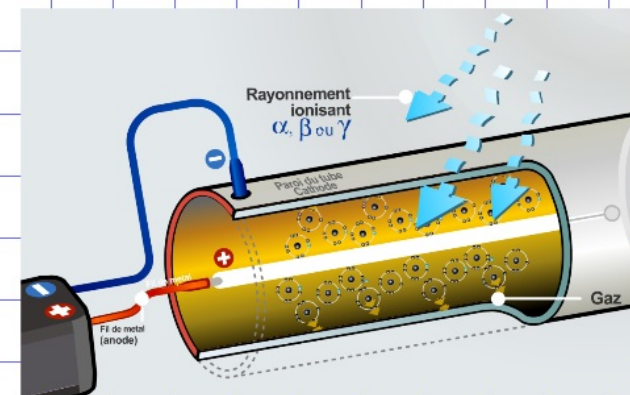
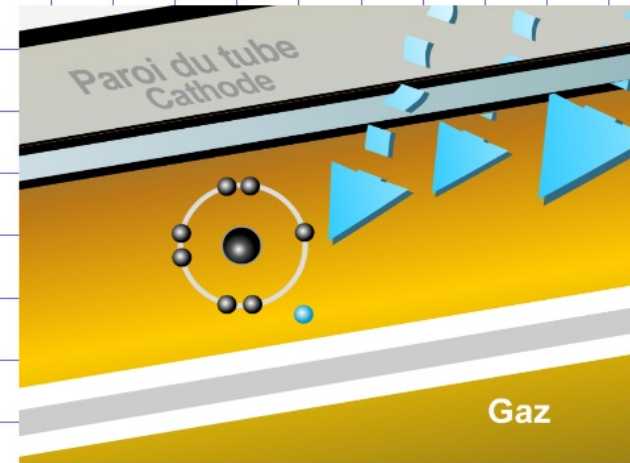
"Welke soorten straling bestaan er en welke zijn gevaarlijk?"



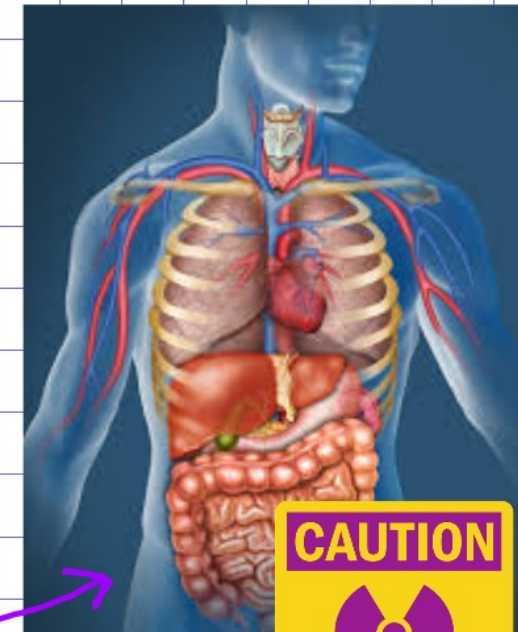
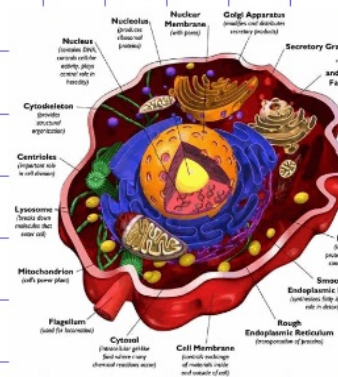
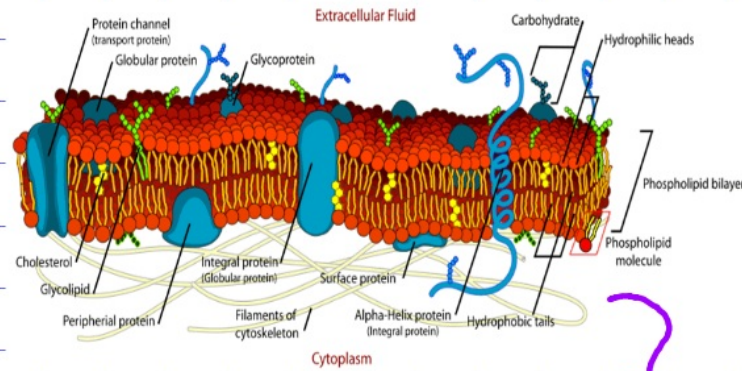
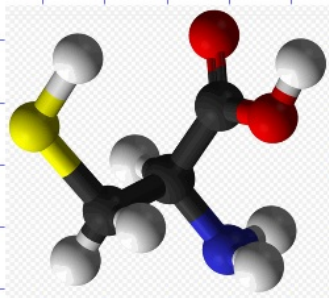
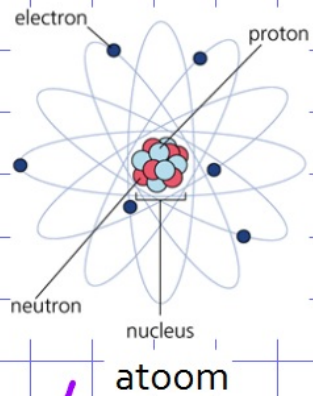
"Wat wordt bedoeld met ioniserend?"



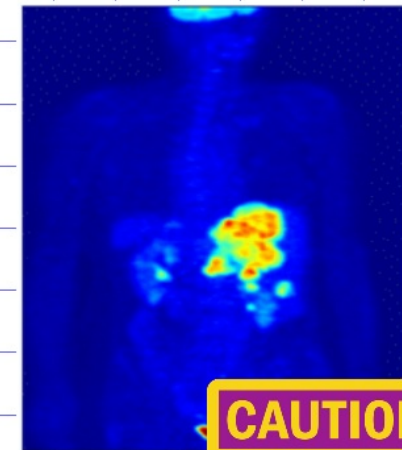
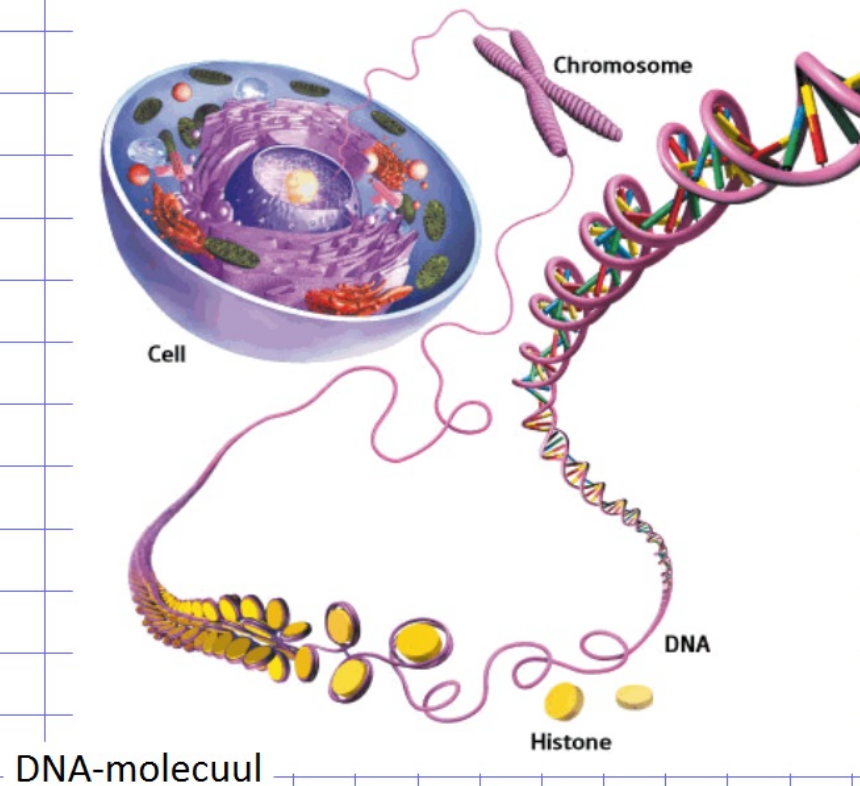
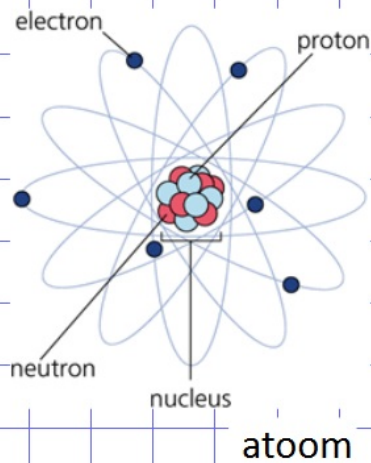
Geigerteller (Flash-bestand)



"Hoe beschadigt ioniserende straling je lichaam?"



"Hoe is ioniserende straling kankerverwekkend?"



"Hoe is radioactiviteit ontdekt?"

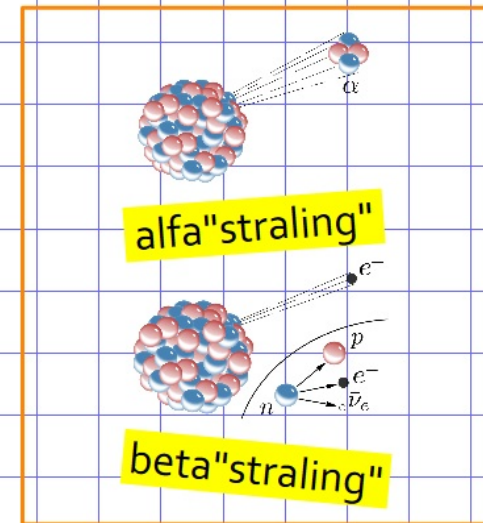
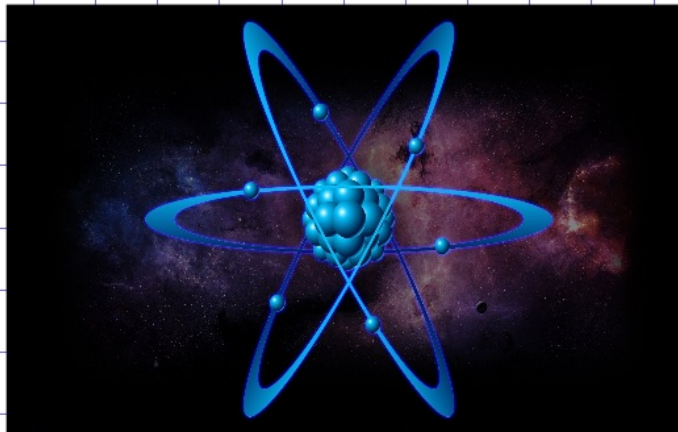


PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

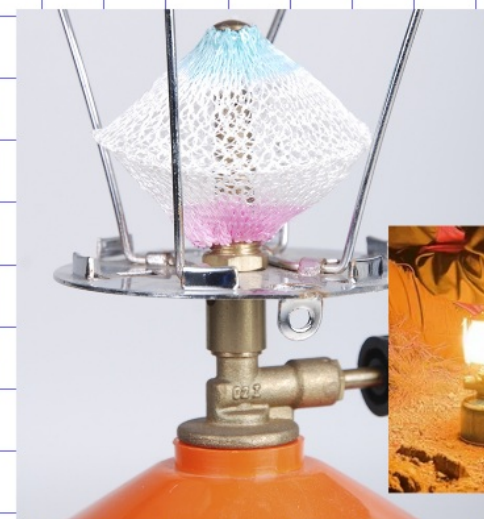
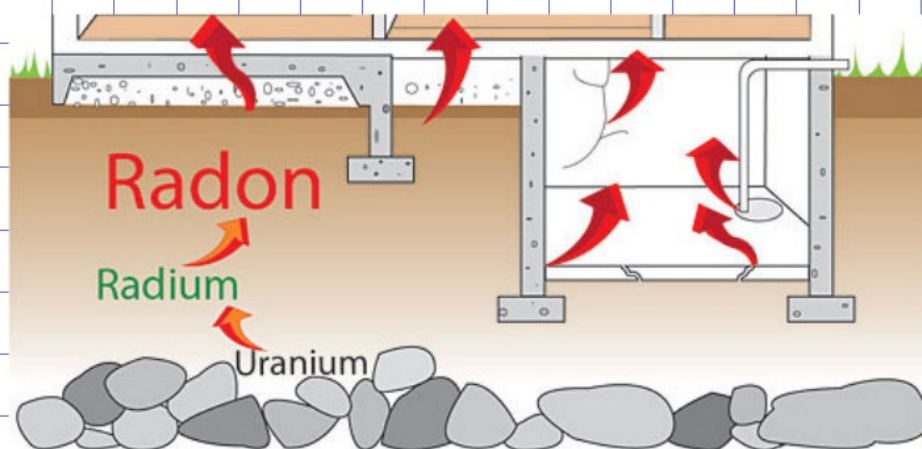
CENTRAL WASHINGTON UNIVERSITY

1A 1																	8A 18																		
1 H Hydrogen 1.00794																	2 He Helium 4.002602																		
2A 2																	3A 13	4A 14	5A 15	6A 16	7A 17	8A 18													
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012182															5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.0064	8 O Oxygen 15.9994	9 F Fluorine 18.998463	10 Ne Neon 20.1797														
11 Na Sodium 22.989769	12 Mg Magnesium 24.304															13 Al Aluminum 26.981538	14 Si Silicon 28.08558	15 P Phosphorus 30.973762	16 S Sulfur 32.06	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948														
																		19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.955912	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium 51.9961	25 Mn Manganese 54.938045	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.9332	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.9216	34 Se Selenium 78.96	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.80
37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90584	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90638	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium 98	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 101.07	46 Pd Palladium 106.90558	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.757	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.905	54 Xe Xenon 131.29																		
55 Cs Cesium 132.90545	56 Ba Barium 137.327	57 La Lanthanum 138.90547	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.90768	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.9127	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium 162.5001	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.054	71 Lu Lutetium 174.967																			
87 Fr Francium 223	88 Ra Radium 226	89 Ac Actinium 227	90 Th Thorium 232.0377	91 Pa Protactinium 231.03688	92 U Uranium 238.02891	93 Np Neptunium 237.048173	94 Pu Plutonium 244	95 Am Americium 243	96 Cm Curium 247	97 Bk Berkelium 247	98 Cf Californium 251	99 Es Einsteinium 252	100 Fm Fermium 257	101 Md Mendelevium 258	102 No Nobelium 259	103 Lr Lawrencium 262																			
*Lanthanide Series																																			
† Actinide Series																																			

"Wat is radioactiviteit?"

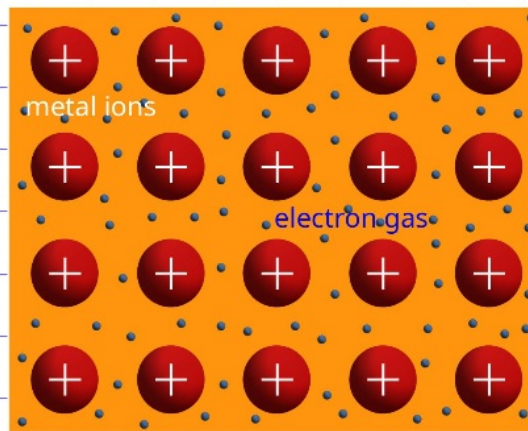


"Welke stoffen/voorwerpen kunnen radioactief zijn?"

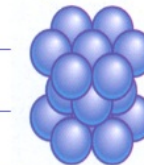
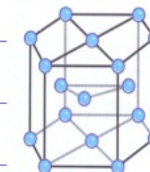


Veritasium, Most Radioactive Places (YouTube)

"Hoe kun je je radioactieve materialen voorstellen?"

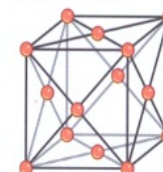


Close-packed hexagonal structure CPH



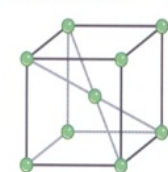
Zinc, magnesium, cadmium

Face-centred cubic structure FCC



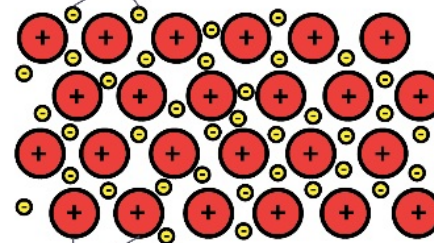
Aluminium, copper, silver

Body-centred cubic structure BCC



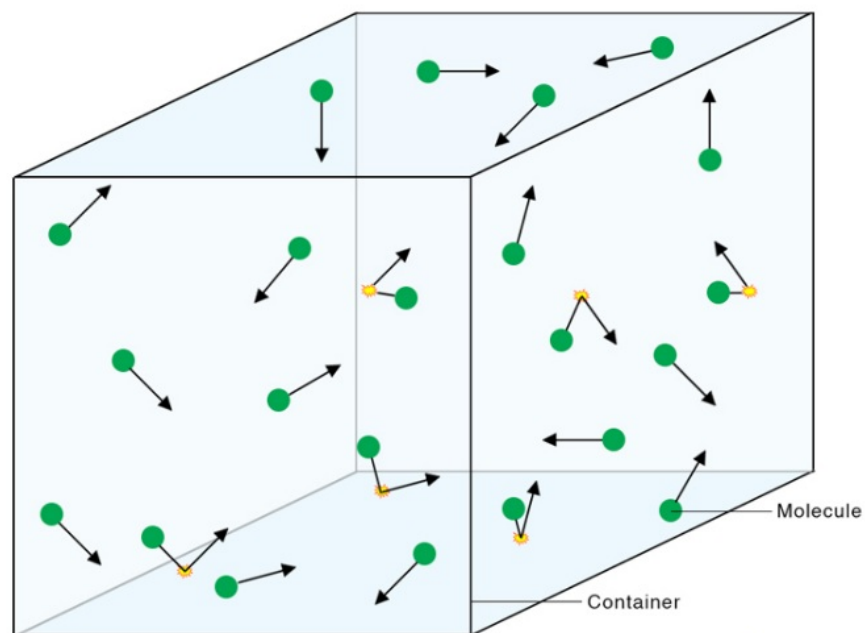
Chromium, tungsten, iron

Electrons from Outer Shell of Metal Atoms

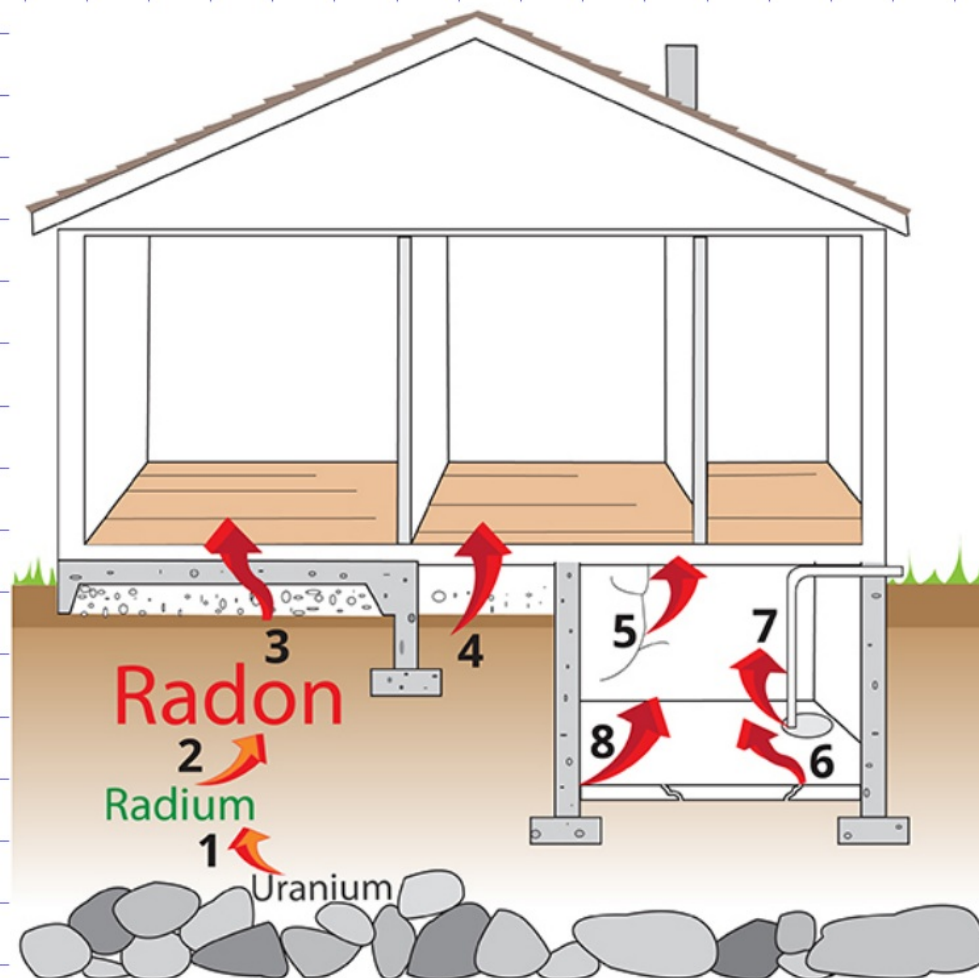


Metal Ions

"Hoe kun je je radioactieve materialen voorstellen?"



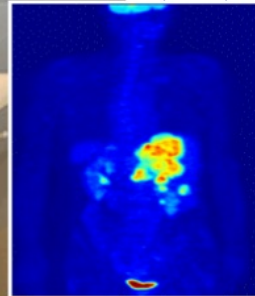
ScienceFacts.nl



"Hoe wordt radioactiviteit gebruikt in de gezondheidszorg?"



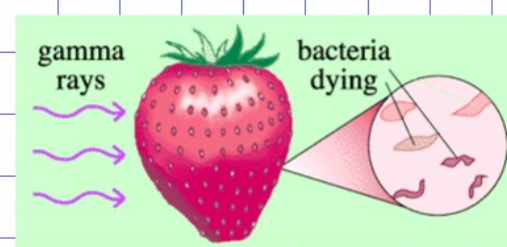
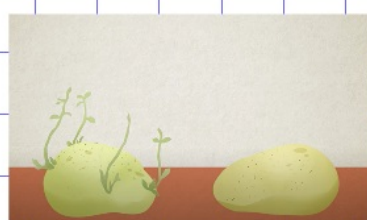
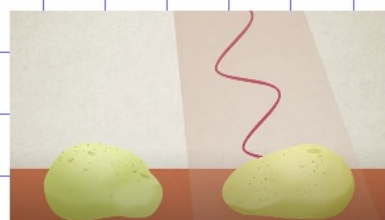
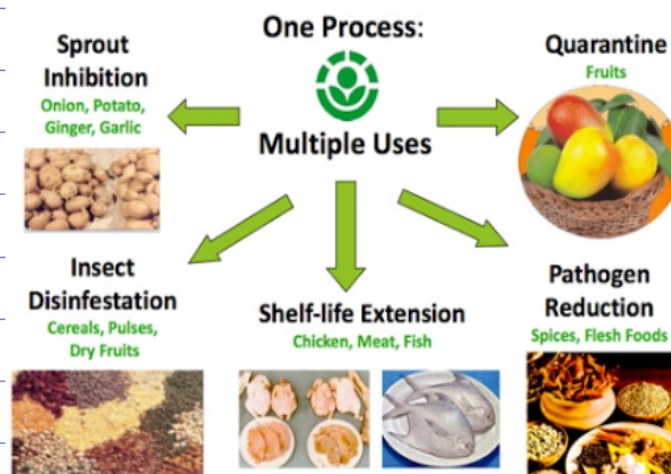
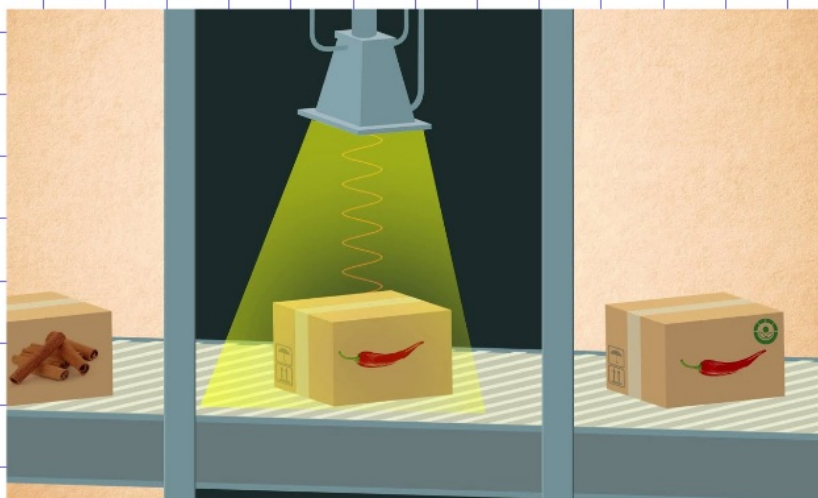
tumor vinden: PET-scan



[Radiotherapie \(swf_embedded\)](#)



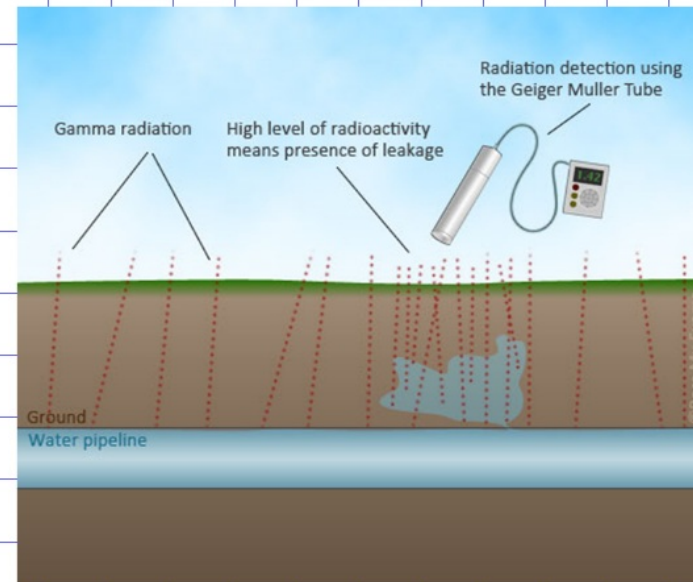
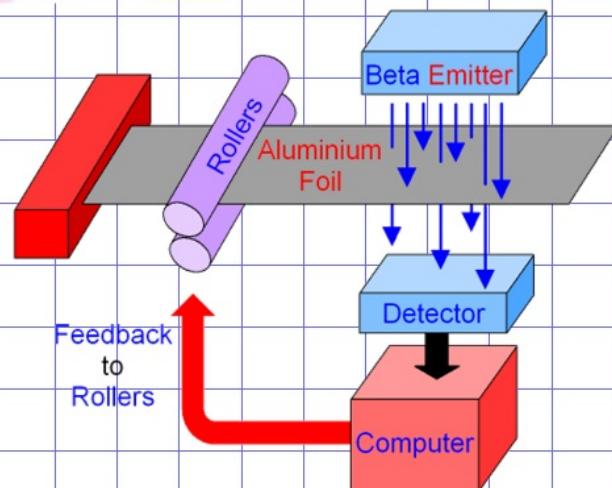
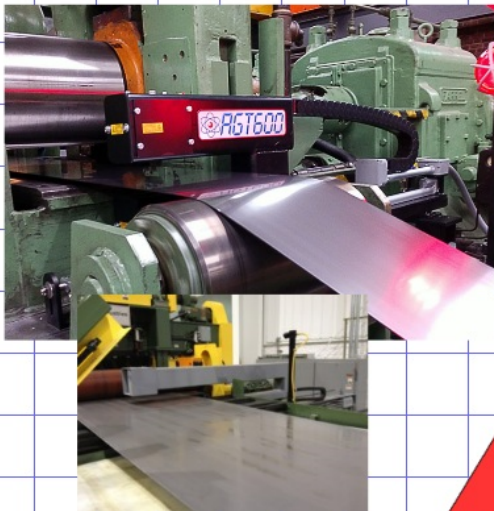
"Hoe wordt radioactiviteit gebruikt in de landbouw?"



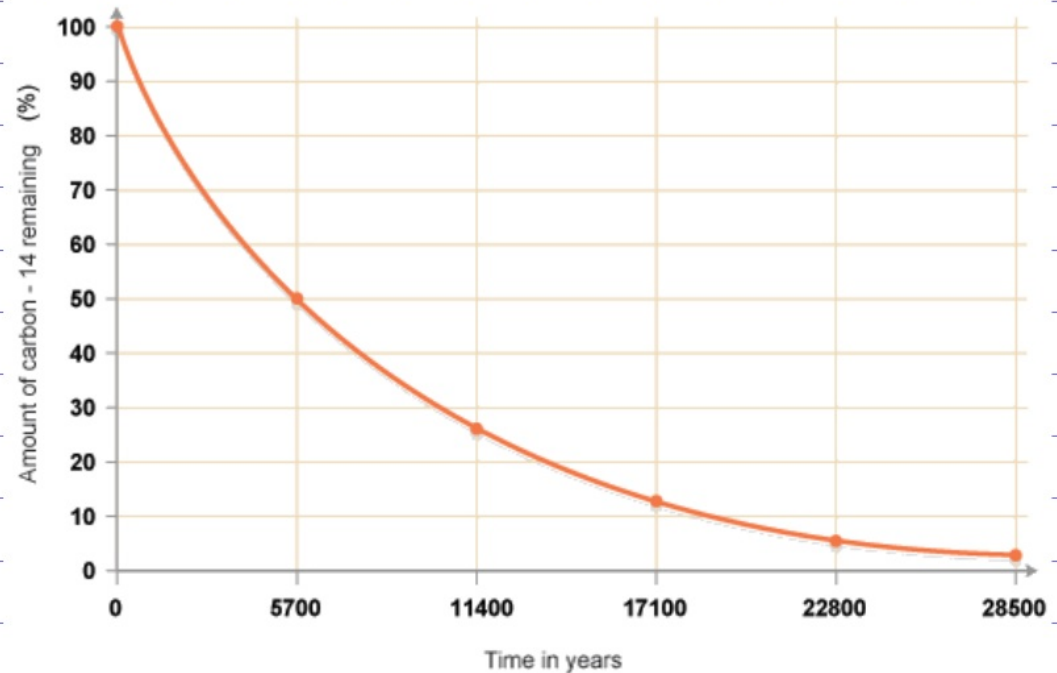
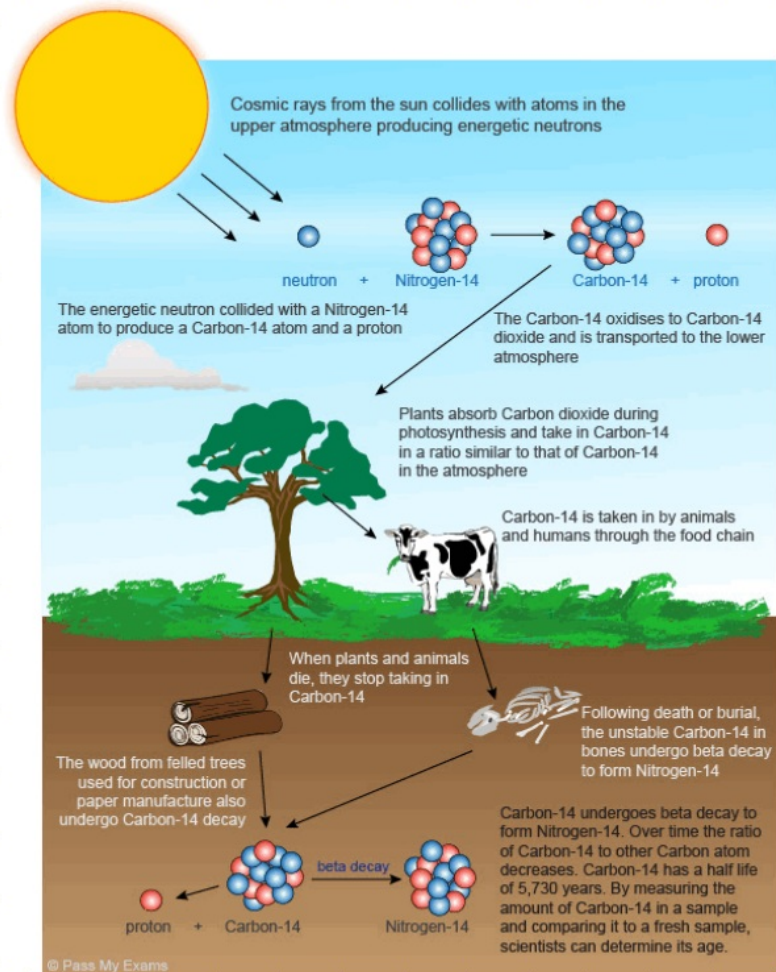
This is what we're up against. Sigh.

eerlijk over eten
Voedingscentrum

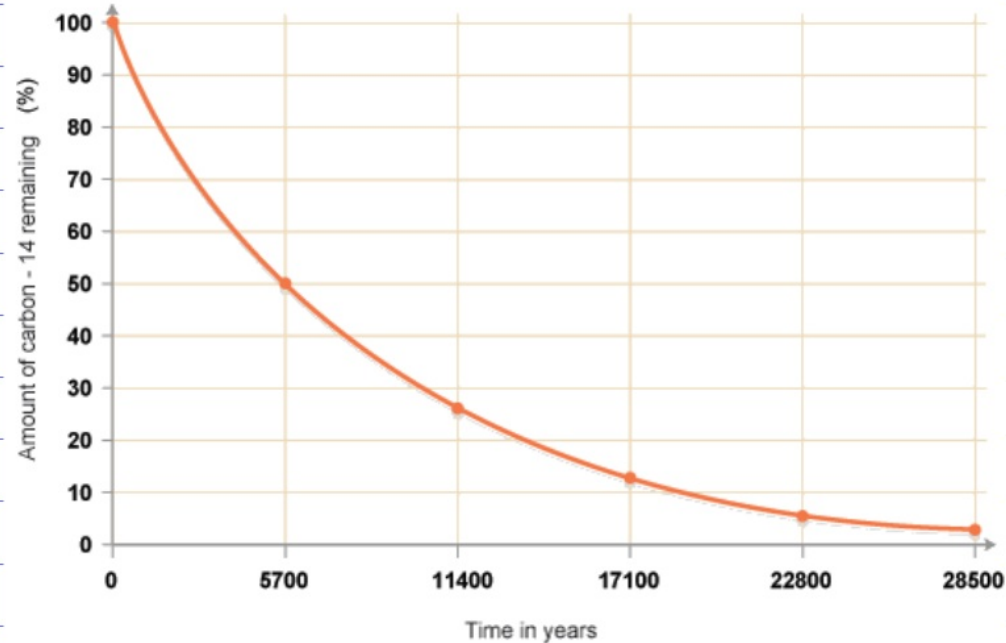
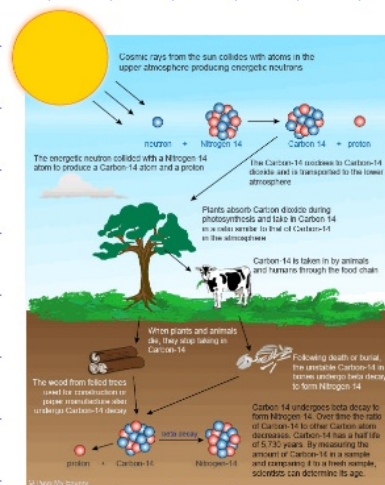
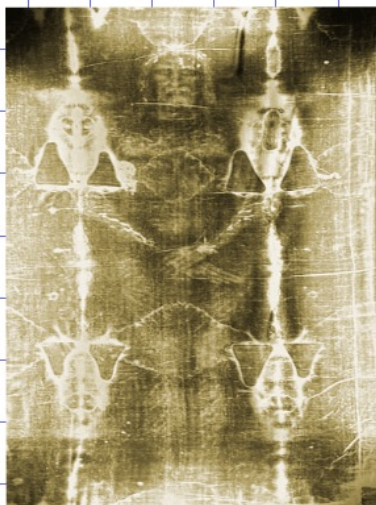
"Hoe wordt radioactiviteit gebruikt in de industrie?"



"Hoe werkt koolstofdatering?"

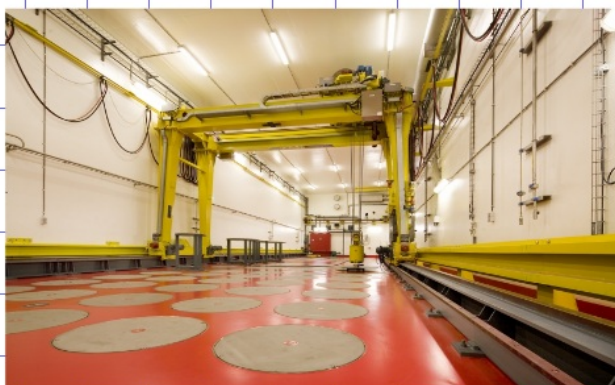


"Hoe werkt koolstofdatering?"



halveringstijd.swf

"Hoe lang blijven stoffen radioactief?"



Veritasium, Most Rad. Places (YouTube)



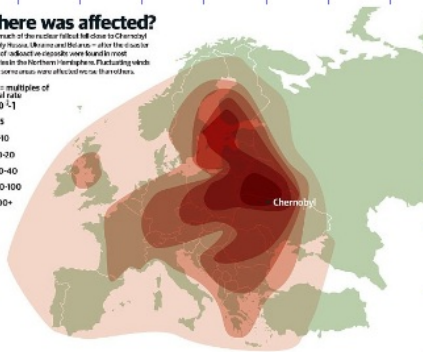
"Welke kernrampen zijn er geweest?"



Where was affected?

While much of the nuclear fallout fell down to Chernobyl, many traces of radiation were found in most countries in the Northern Hemisphere. Fluctuating winds spread contamination over a wide area.

Dose: multiples of normal rate
10⁻¹
1-5
5-10
10-30
30-40
40-100
100+

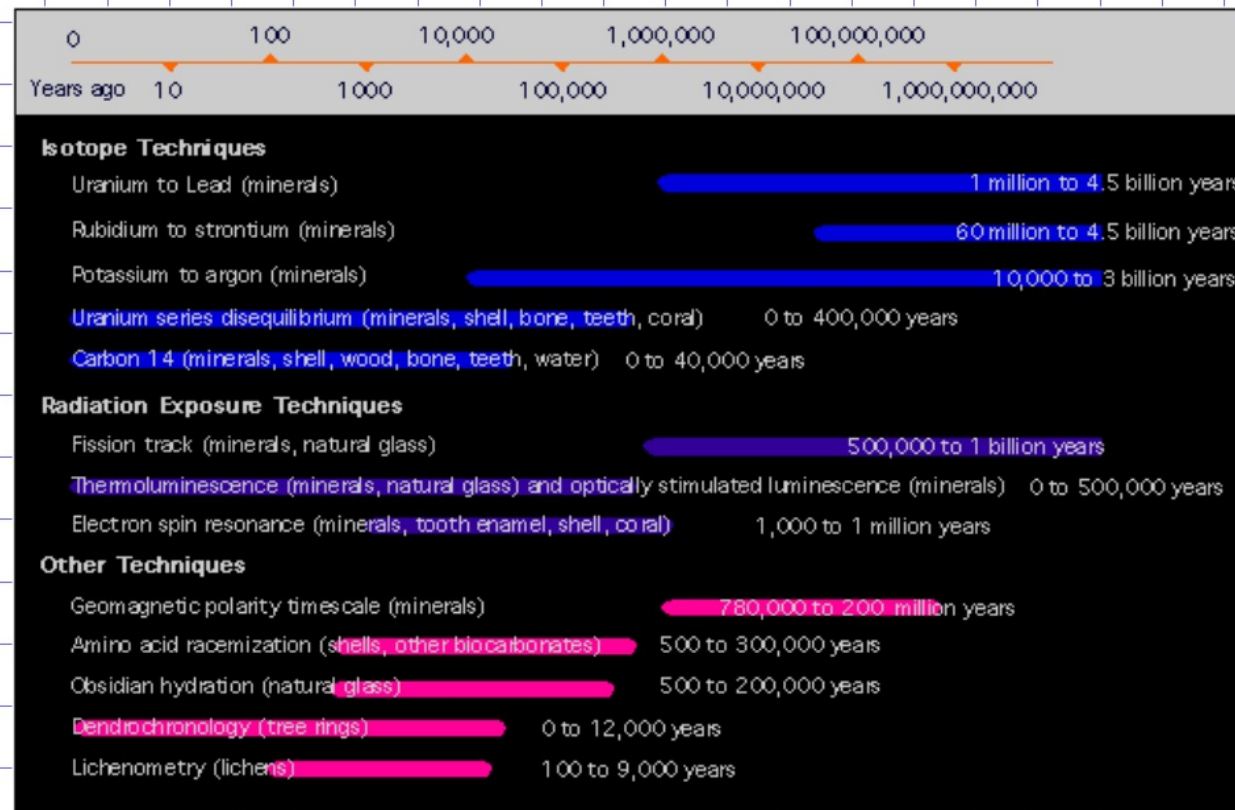
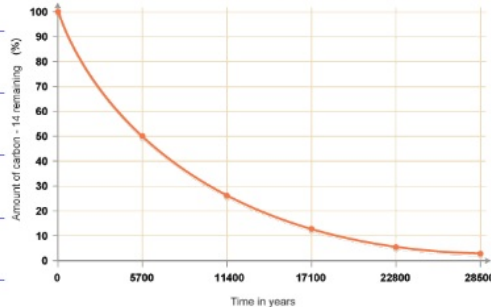


NIEUWE SARCOFAAG VOOR TSJERNOBYL

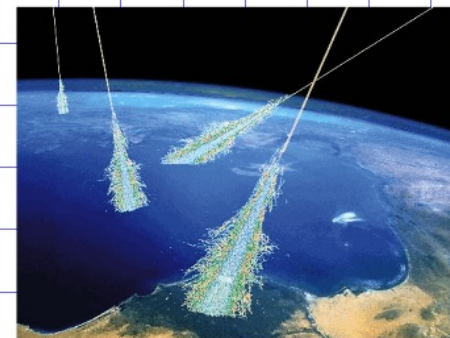
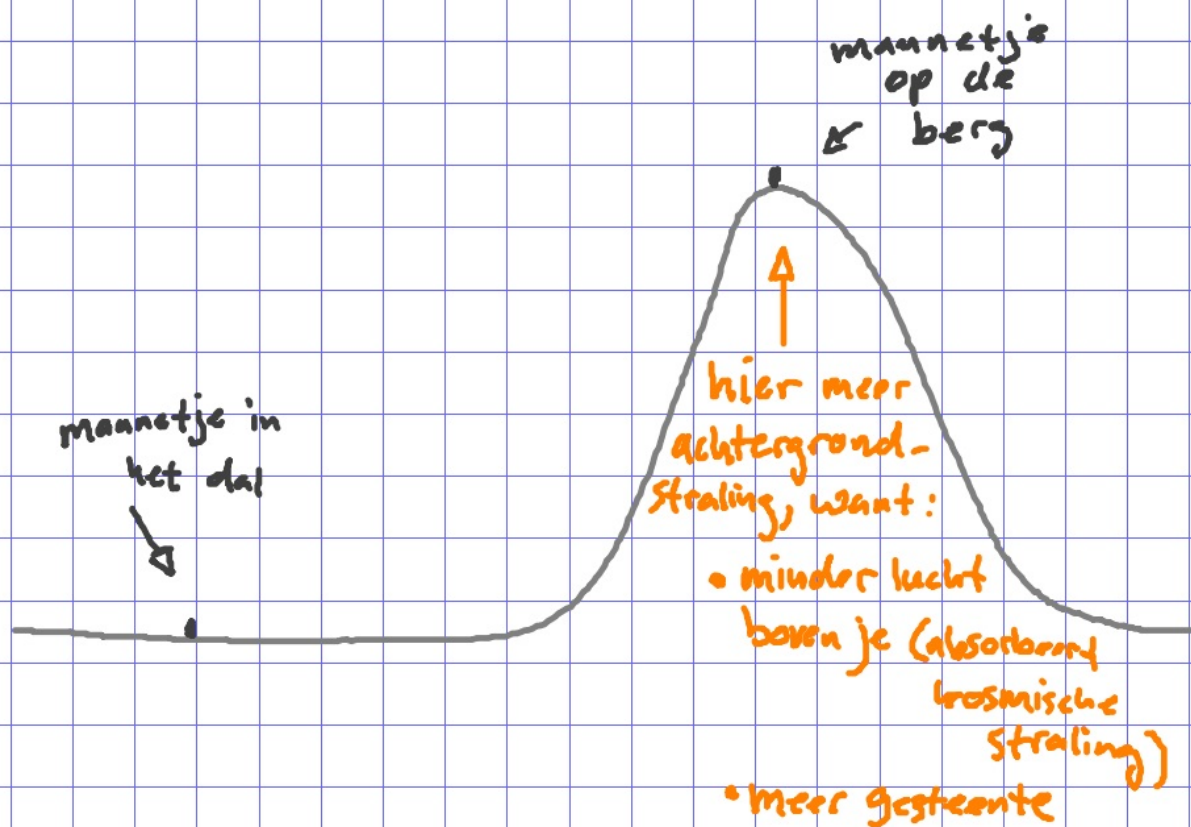


Veritasium, A Walk Around Chernobyl (YouTube)

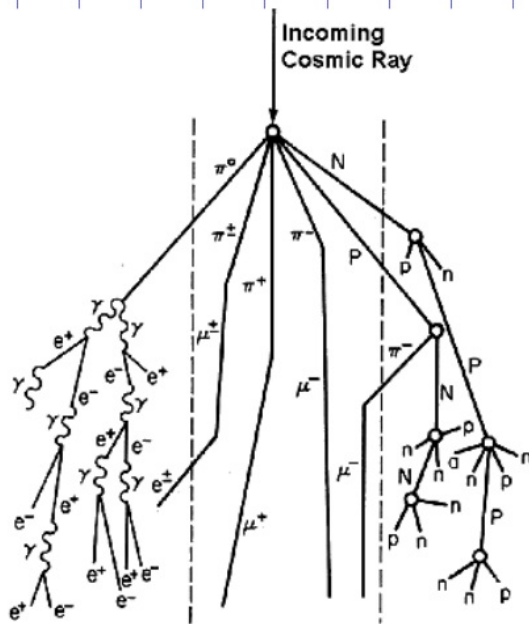
"Welke technieken voor radiometrische datering zijn er?"



"Waarom is de achtergrondstraling groter als je in de bergen bent?"

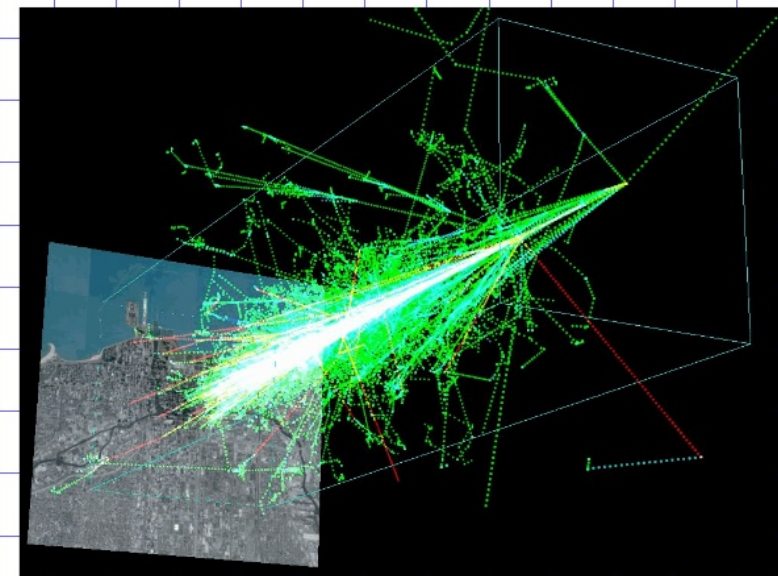
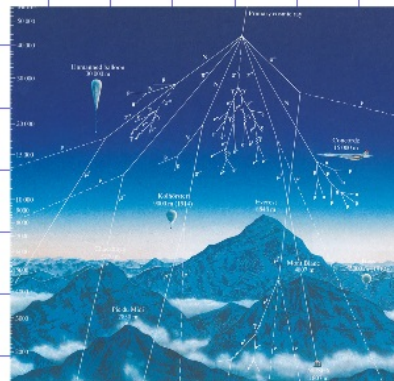
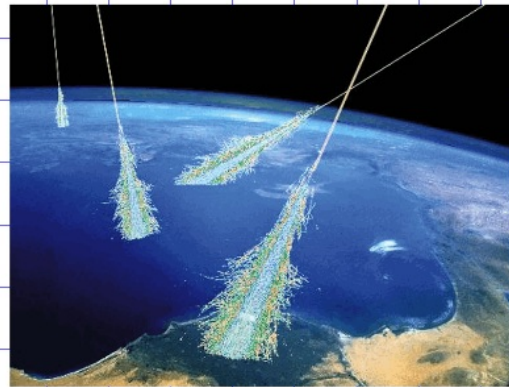


"Waar komt kosmische straling vandaan?"



KEY

P	Proton	e	Electron
n	Neutron	μ	Muon
π	Pion	γ	Photon



"Hoe kan straling door stoffen heengaan?"



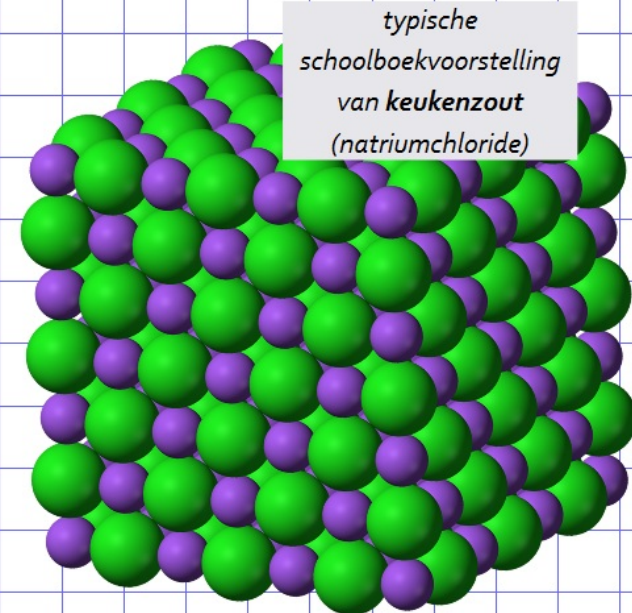
diameter van een proton: $1,0 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ (femtometer)

diameter waterstofatoom: $5,0 \times 10^{-11} \text{ m}$ (picometer)

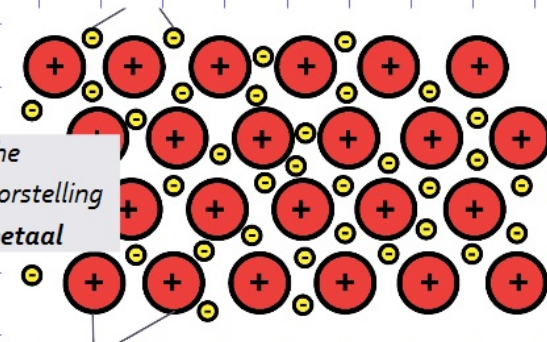
Dus atoom zelf heeft **5000 keer** de diameter van de kern



typische
schoolboekvoorstelling
van een waterstof-atoom



typische
schoolboekvoorstelling
van keukenzout
(natriumchloride)



typische
schoolboekvoorstelling
van een metaal

"Waarom beschermt lood goed tegen straling?"



Lood heeft een **grote dichtheid**, want:

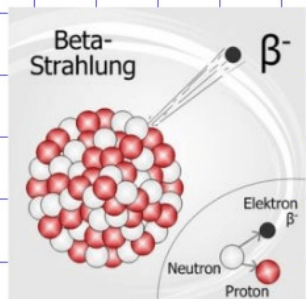
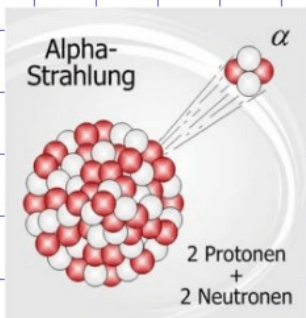
1. atomen zijn groot (+/- 200 kerndeeltjes)
2. atomen zitten dicht op elkaar in hun rooster



"Hoe wordt stralingsbelasting van personeel in de gaten gehouden?"



"Kan een vervallen kern nog weer verder vervallen?"



PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS
CENTRAL WASHINGTON UNIVERSITY

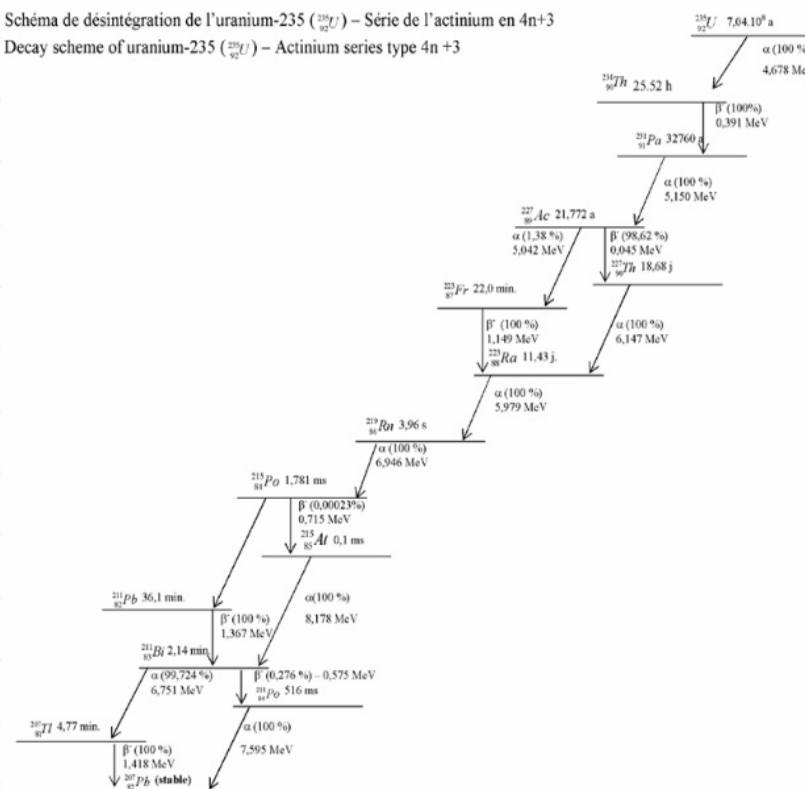
1A 1 H	2A 2 He	3A 13 B	4A 14 C	5A 15 N	6A 16 O	7A 17 F	8A 18 Ne
3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe
27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se
35 Br	36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo
43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn
51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce
59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy
67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W
75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb
83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th
91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf
99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg
107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl
115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	119 Uue	120 Uub	121 Uut	122 Uuq
123 Uup	124 Uuh	125 Uus	126 Uuq	127 Uub	128 Uut	129 Uuq	130 Uub

* Lanthanide Series

† Actinide Series



Schéma de désintégration de l'uranium-235 ($^{235}_{92}\text{U}$) – Série de l'actinium en 4n+3
Decay scheme of uranium-235 ($^{235}_{92}\text{U}$) – Actinium series type 4n+3



"Hoe weet je welke soort verval een isotoop ondergaat en hoe weet je de halfwaardetijd?"

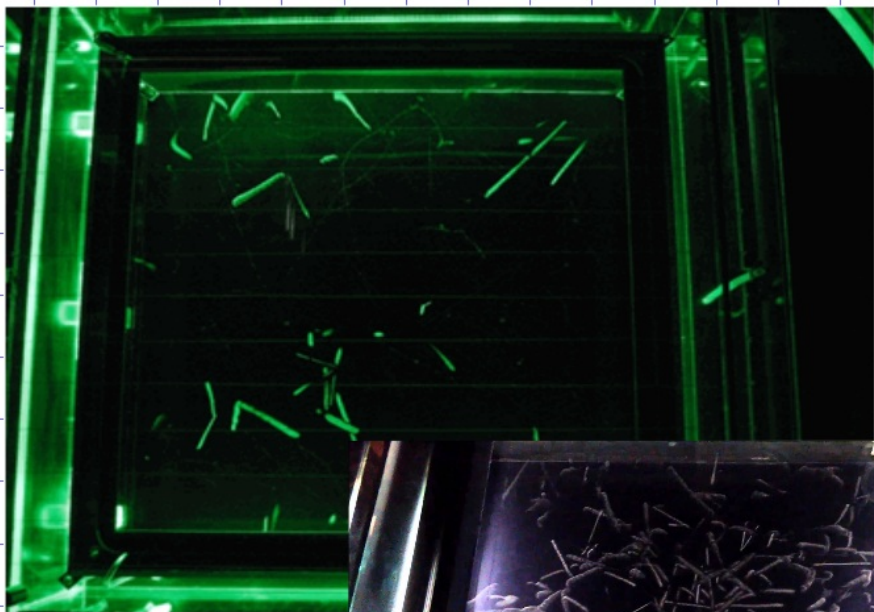
TABLE 22.2 Half-lives of Some Useful Radioisotopes

Radioisotope	Symbol	Radiation	Half-life	Use
Tritium	${}^3_1\text{H}$	β^-	12.33 years	Biochemical tracer
Carbon-14	${}^{14}_6\text{C}$	β^-	5730 years	Archaeological dating
Phosphorus-32	${}^{32}_{15}\text{P}$	β^-	14.26 days	Leukemia therapy
Potassium-40	${}^{40}_{19}\text{K}$	β^-	1.28×10^9 years	Geological dating
Cobalt-60	${}^{60}_{27}\text{Co}$	β^-, γ	5.27 years	Cancer therapy
Technetium-99m*	${}^{99\text{m}}_{43}\text{Tc}$	γ	6.01 hours	Brain scans
Iodine-123	${}^{123}_{53}\text{I}$	γ	13.27 hours	Thyroid therapy
Uranium-235	${}^{235}_{92}\text{U}$	α, γ	7.04×10^8 years	Nuclear reactors

*The m in technetium-99m stands for metastable, meaning that it undergoes gamma emission but does not change its mass number or atomic number.

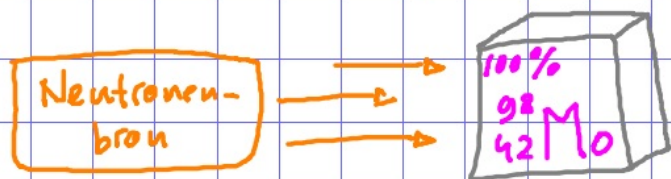


"Kun je ioniserende straling zien?"



"Hoe worden medische isotopen gemaakt?"

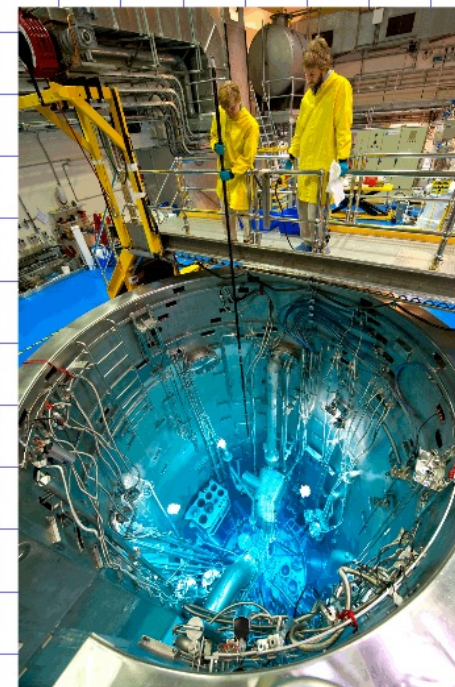
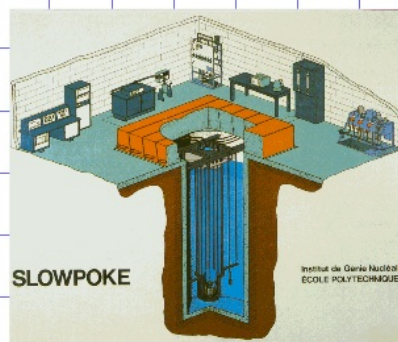
voor: Blok puur Molybdenum-98
(stabiel)



na: voortaan
blok is radioactief
Molybdenum-99

$^{99}_{42}\text{Mo}$

$^{98}_{42}\text{Mo}$



"Waarom is kernenergie 3x beter dan kolenenergie?"

1. Veiliger



steenkool: 100.000 doden per jaar



kernenergie: minder dan 100 directe doden, enkele duizenden doden door kanker t.g.v. vrijgekomen straling

2. Schoner



steenkool: 1300 g CO₂ per opgewekte kiloWattuur



kernenergie: 40 g CO₂ per opgewekte kiloWattuur

3. Goedkoper

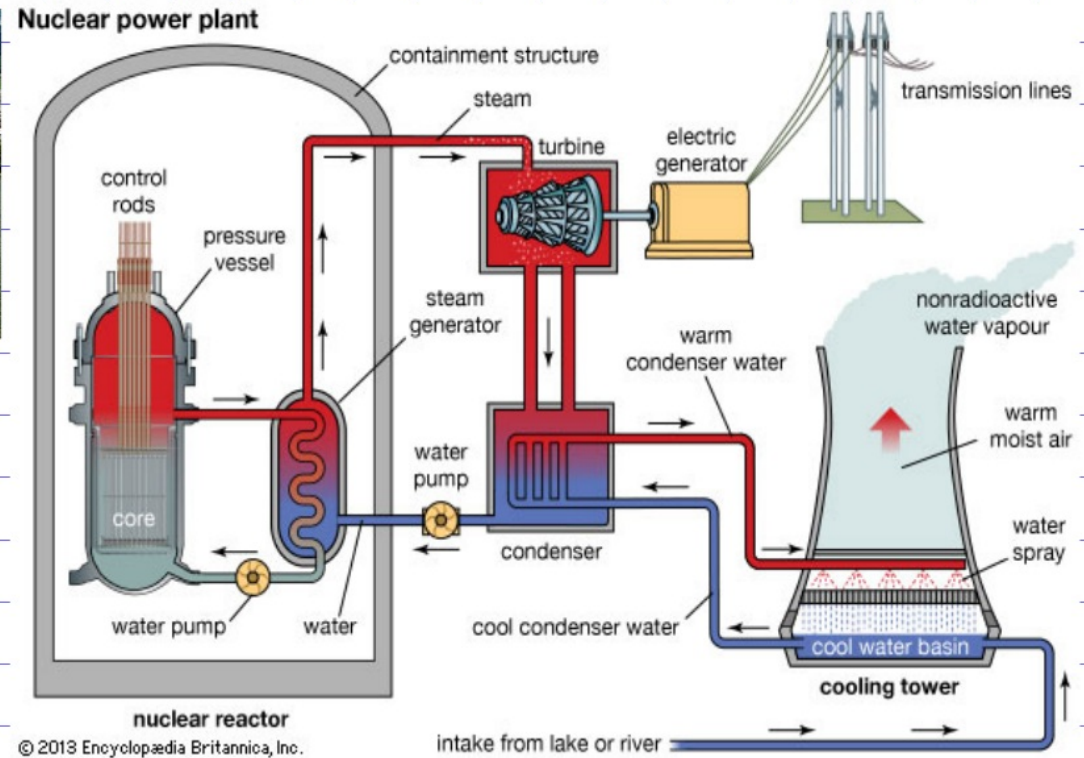
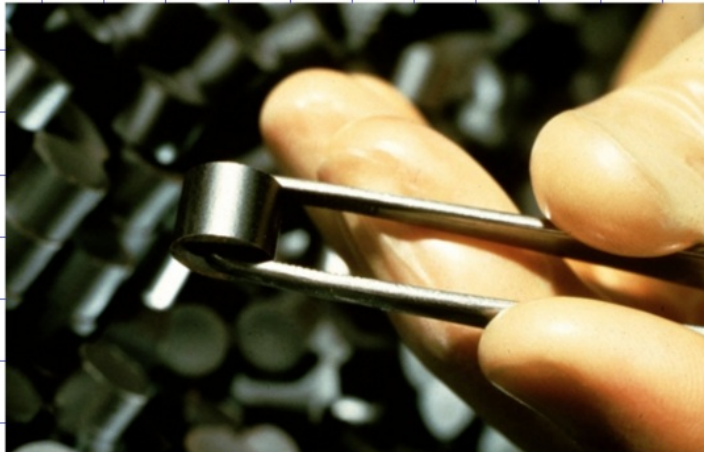
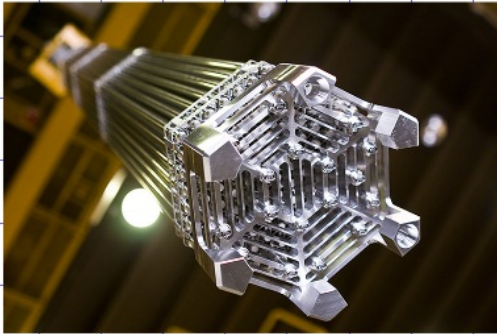


steenkool: 80 dollar per MWu

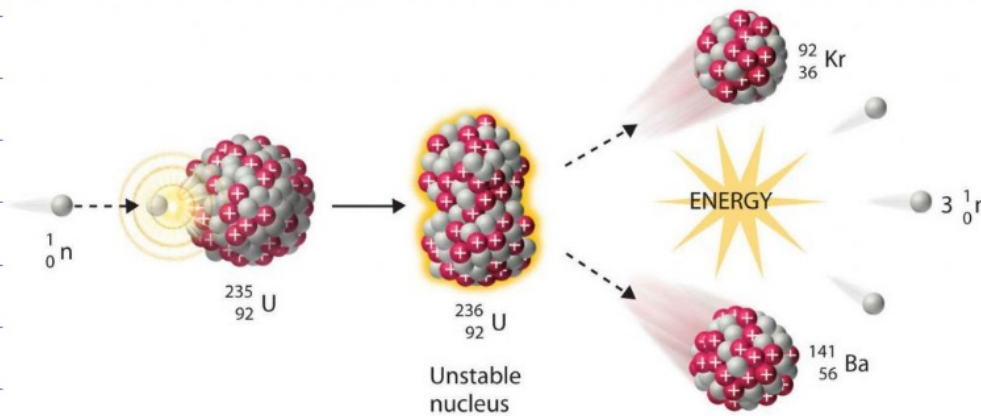
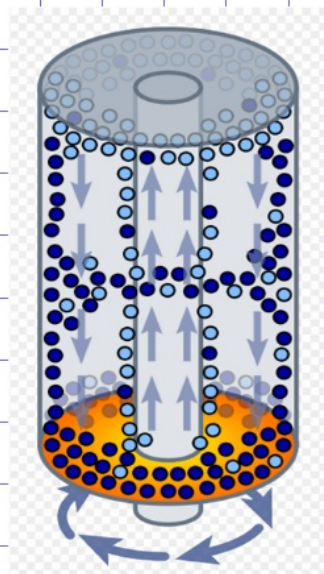
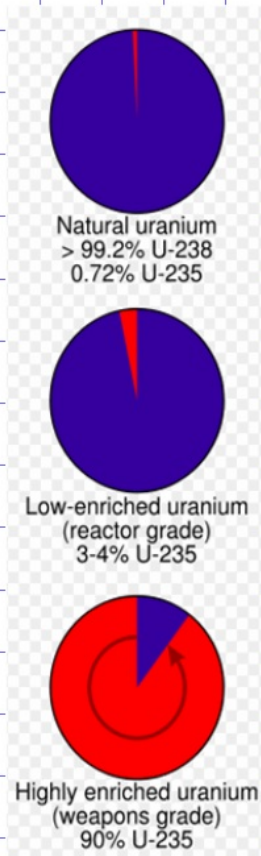


kernenergie: 60 dollar per MWu

"Hoe wordt kernenergie opgewekt?"

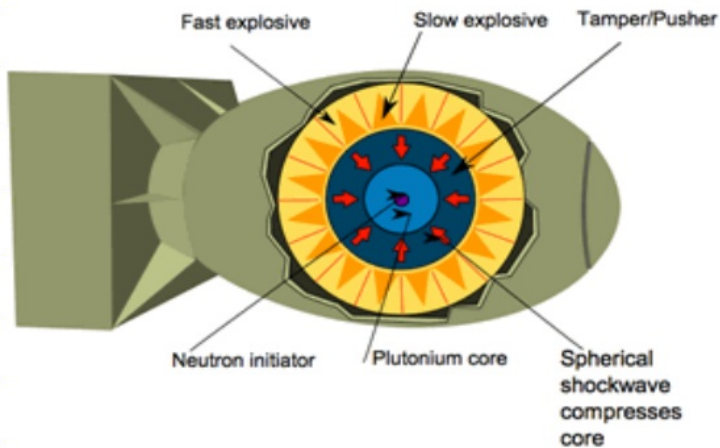
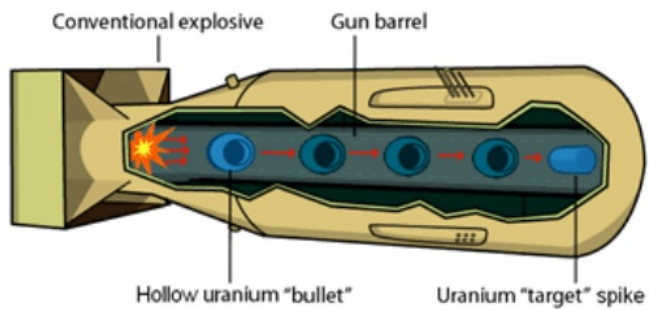


"Hoe kun je uranium verrijken voor brandstof en wapens?"



[fabricatie U splijtstof.swf](#)

"Hoe werkten de atoombommen die in WW2 gebruikt zijn?"



"Welke kernrampen zijn er geweest?"



Kyshtym, Sovjetunie, 1957, 200 doden



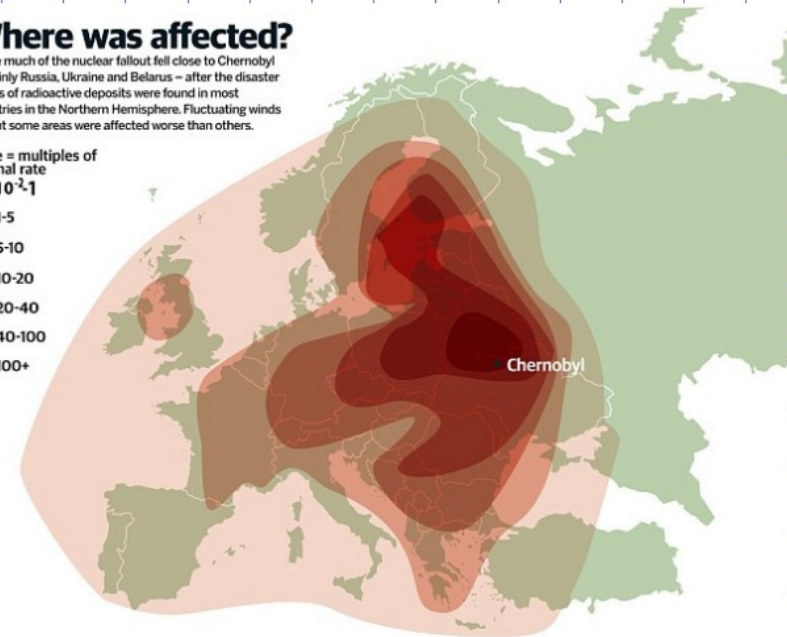
Sellafield, UK, 1957, 240 doden

Where was affected?

While much of the nuclear fallout fell close to Chernobyl – mainly Russia, Ukraine and Belarus – after the disaster traces of radioactive deposits were found in most countries in the Northern Hemisphere. Fluctuating winds meant some areas were affected worse than others.

Dose = multiples of normal rate

- 10⁻²-1
- 1-5
- 5-10
- 10-20
- 20-40
- 40-100
- 100+



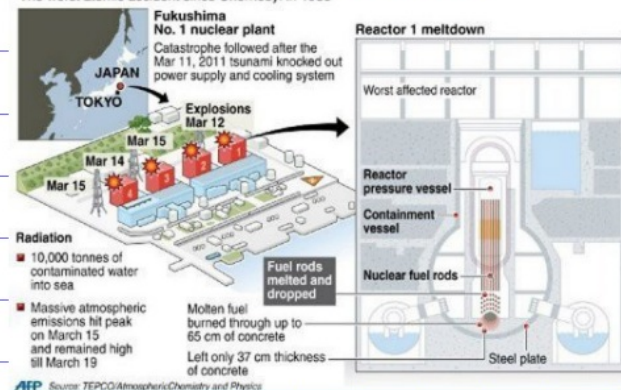
Tsjernobyl, Oekraïne, 1986, 9000 doden



Fukushima, Japan, 2011, 4 doden

The Fukushima nuclear disaster

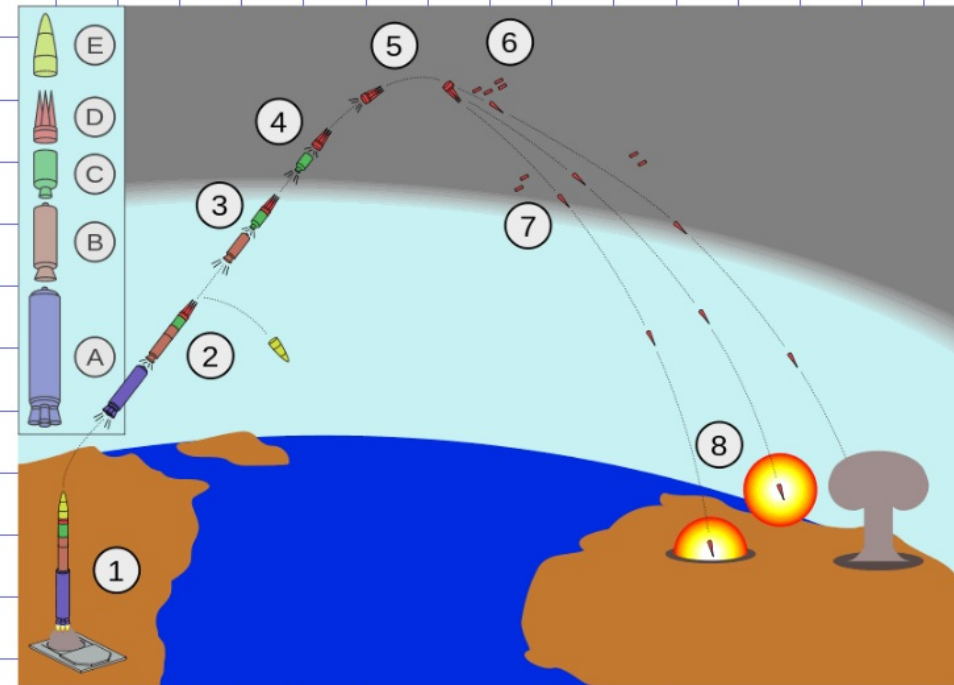
The worst atomic accident since Chernobyl in 1986



https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_and_radiation_accidents_and_incidents

<https://ourworldindata.org/what-was-the-death-toll-from-chernobyl-and-fukushima>

"Welke moderne manieren zijn er om kernwapens af te leveren bij hun doel?"



"Wiens idee was het om kernwapens te maken?"

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island
August 2nd, 1939

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weissbücker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,
A. Einstein
(Albert Einstein)

THE WHITE HOUSE
WASHINGTON

October 19, 1939

My dear Professor:

I want to thank you for your recent letter and the most interesting and important enclosure.

I found this data of such import that I have convened a Board consisting of the head of the Bureau of Standards and a chosen representative of the Army and Navy to thoroughly investigate the possibilities of your suggestion regarding the element of uranium.

I am glad to say that Dr. Sachs will cooperate and work with this Committee and I feel this is the most practical and effective method of dealing with the subject.

Please accept my sincere thanks.

Very sincerely yours,

Franklin D. Roosevelt

Dr. Albert Einstein,
Old Grove Road,
Nassau Point,
Peconic, Long Island,
New York.

Hoofdstuk 2: Straling

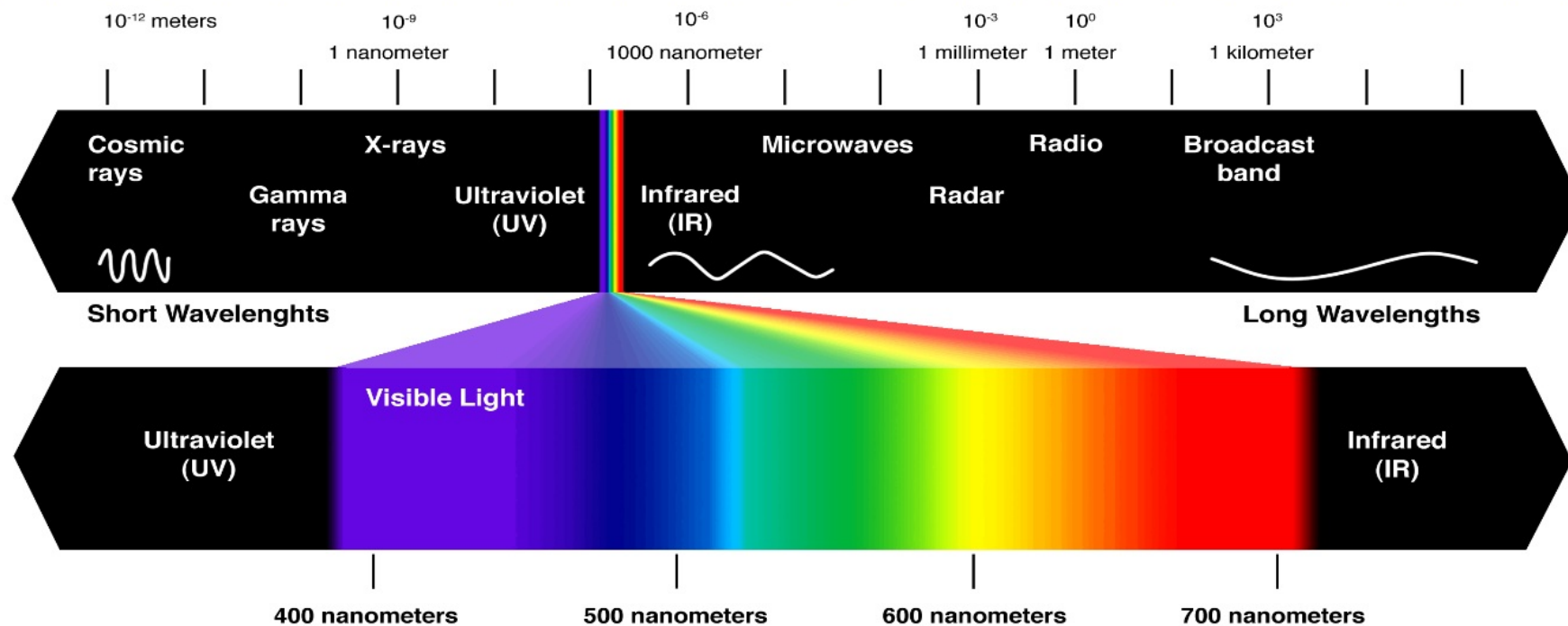
- *BONUSVRAGEN* -

Hier staan de bonusvragen bij dit hoofdstuk. Deze vragen zijn bedoeld om je te laten nadenken over wat je geleerd hebt. Soms moet je kennis reproduceren of een geoefende techniek laten zien. Ook zitten hier inzichtvragen tussen waarvoor je geleerde kennis op een nieuwe en creatieve manier moet toepassen. Deze vragen zijn zeer nuttig om voor een proefwerk nog een keer langs te lopen!

"Welke golflengte heeft groen licht ongeveer?"

- BONUSVRAAG! -

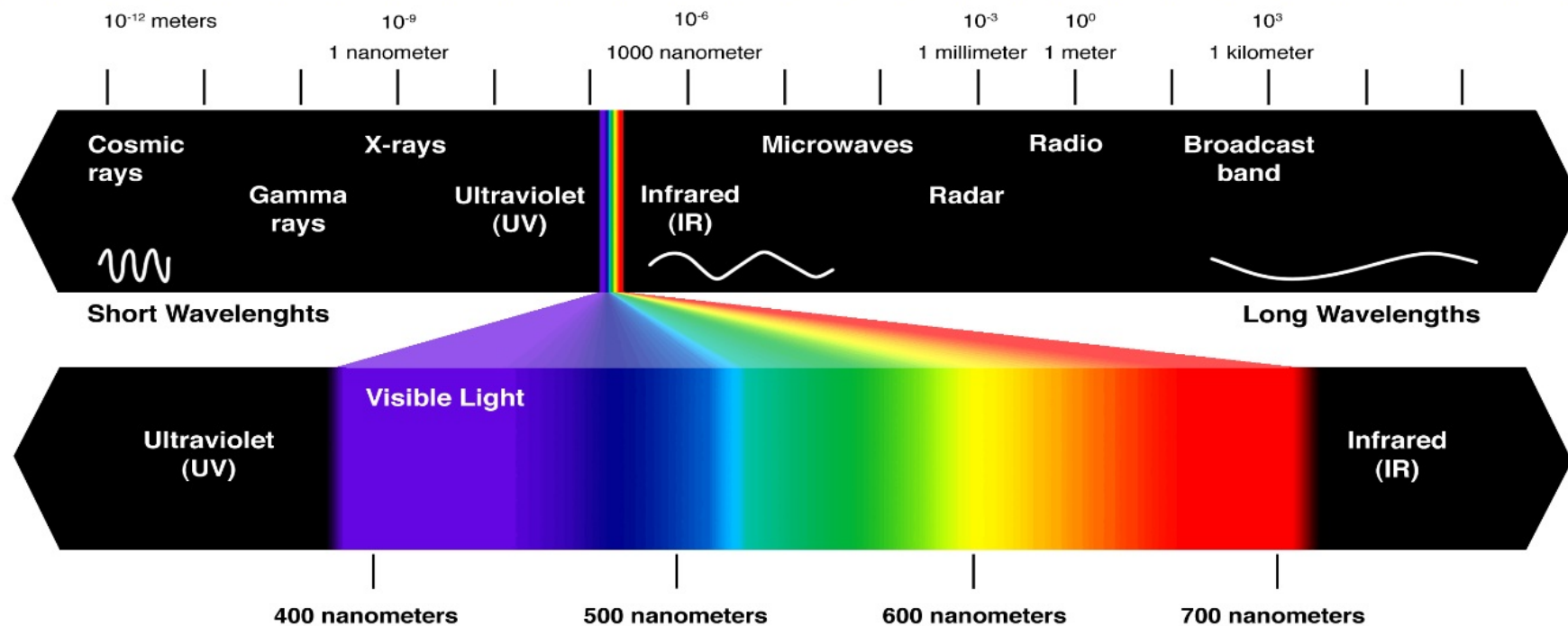
17



"Wat is een typische golflengte voor radargolven?"

- BONUSVRAAG! -

17

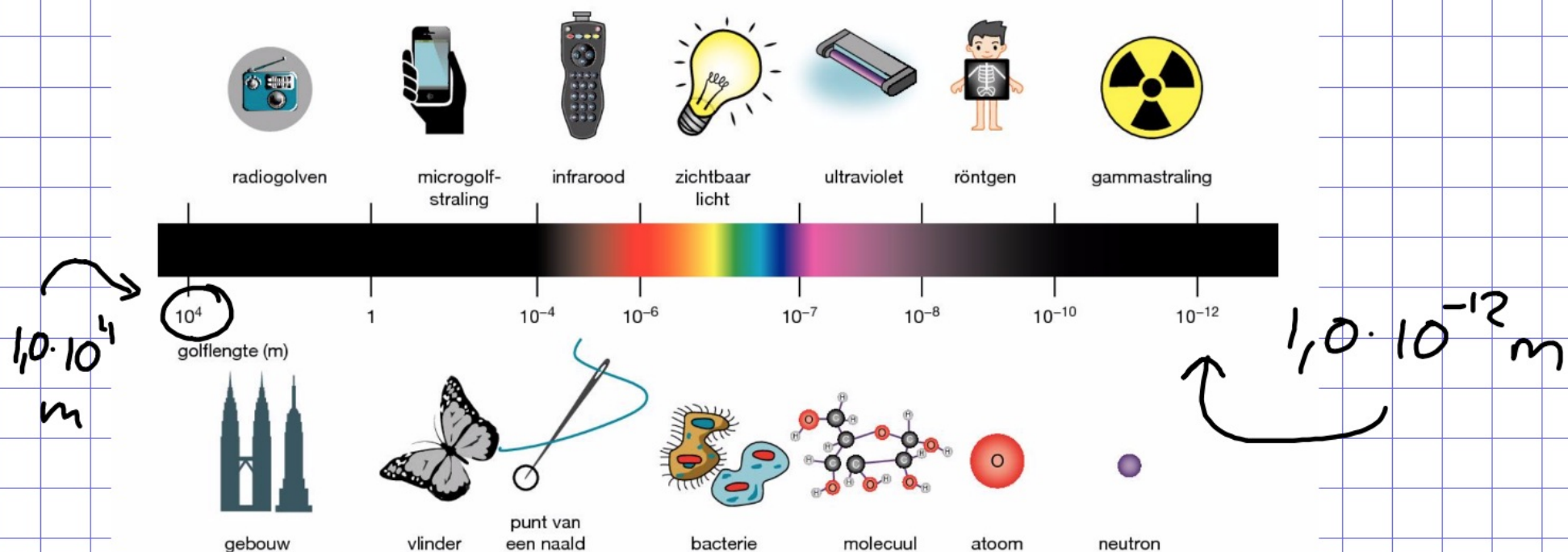


*"Welke straling bestaat uit kortere golfjes:
microgolfstraling of ultraviolet?"*

- BONUSVRAAG! -

17

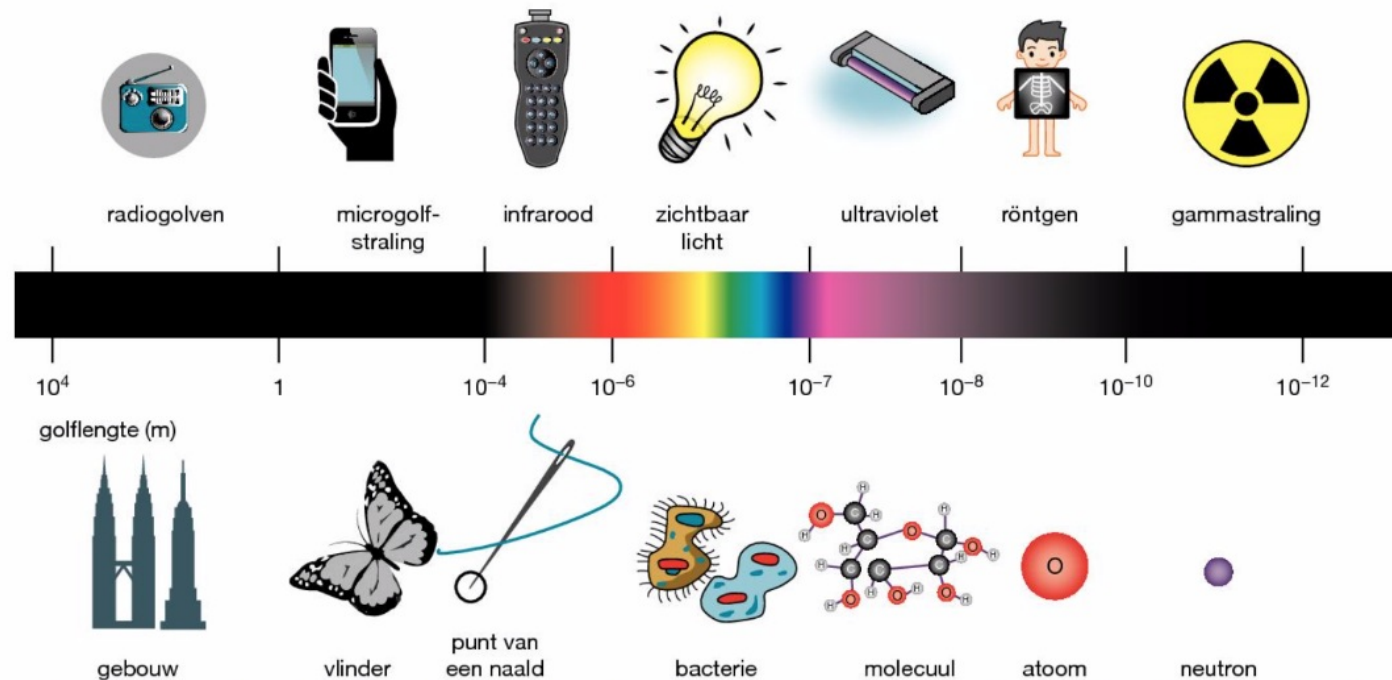
Hoofdstuk 2: Straling



"In welke categorie EM-straling vallen golven met een lengte van 1 micrometer (10^{-6} m)?"

- BONUSVRAAG! -

17

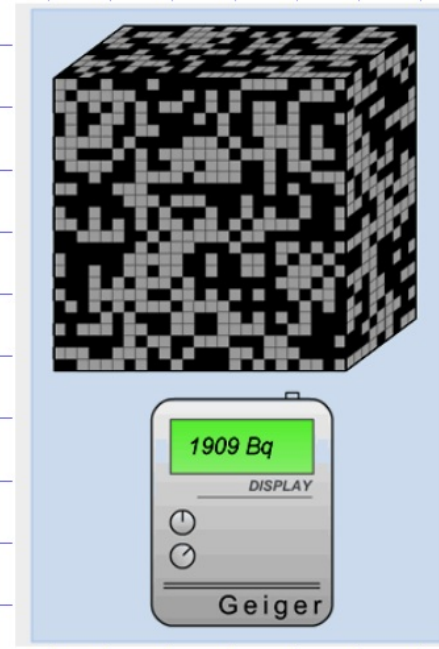
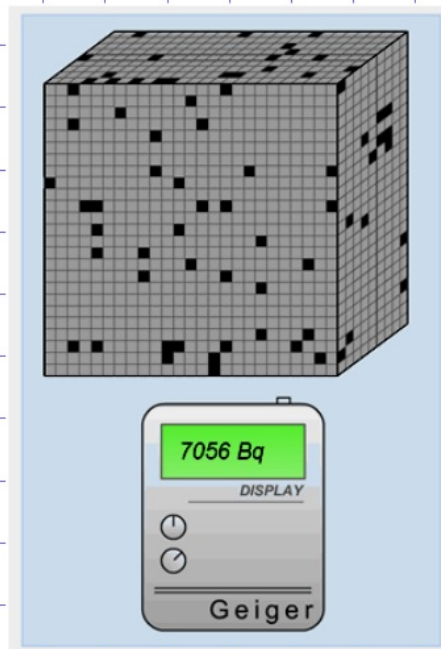


*"Hoeveel tijd is ongeveer verstreken
tussen momenten 1 en 2?"*

- BONUSVRAAG! -

17

Blok puur
koolstof-14,
halfwaardetijd:
5730 jaar



halveringstijd.swf

"Met welke meet je activiteit en met welke meet je stralingsbelasting?"

- BONUSVRAAG! -

17

Hoofdstuk 2: Straling



badge met stralingsgevoelig fotopapier



geigerteller

"Welke soort straling is het meest schadelijk?"

vrachtwagen

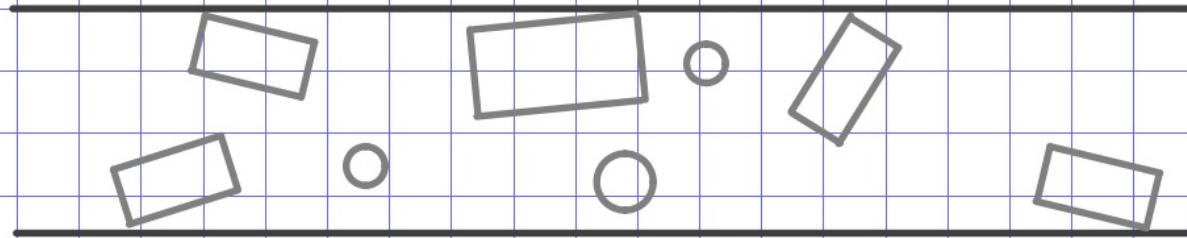
α

pers. auto

β

motor

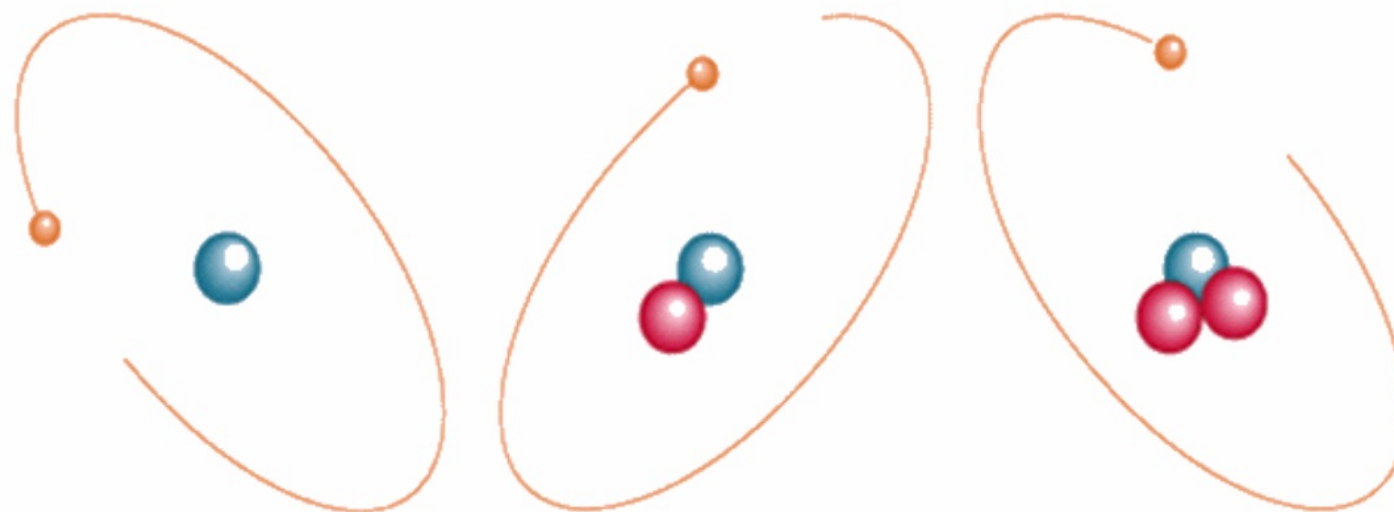
γ



"Van welk element zijn deze isotopen?"

- BONUSVRAAG! -

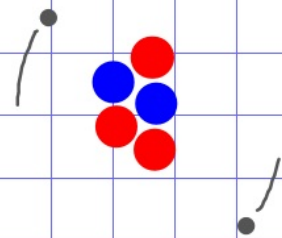
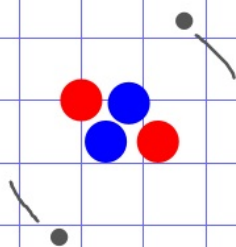
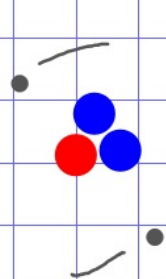
17



"Van welk element zijn deze isotopen?"

- BONUSVRAAG! -

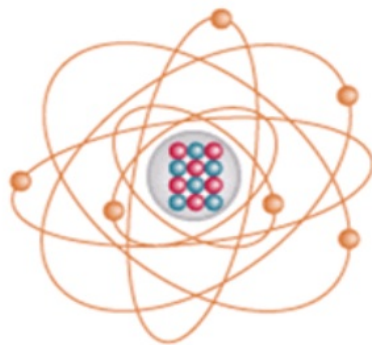
17



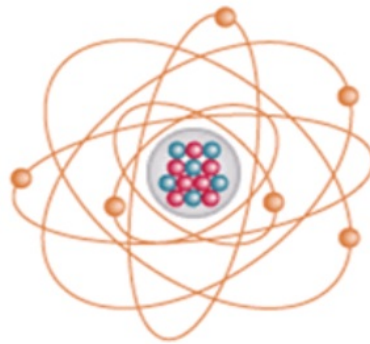
"Welke isotopen zie je hier?"

- BONUSVRAAG! -

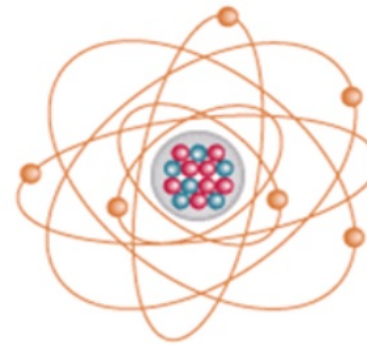
17



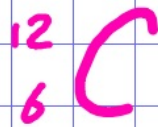
Carbon-12
stable



Carbon-13
stable



Carbon-14
unstable (radioactive)



"Van welke isotopen zie je hier de kernen afgebeeld?"

- BONUSVRAAG! -

17

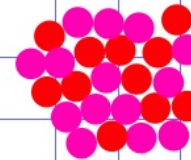
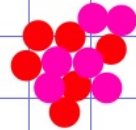
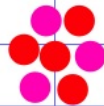
Hoofdstuk 2: Straling



= neutron



= proton



let op: dit zijn isotopen van verschillende elementen!

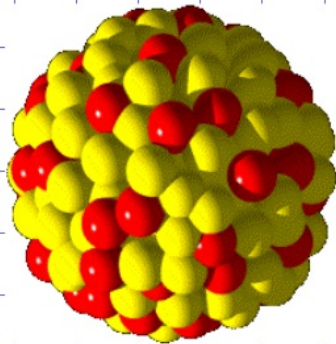


"Uranium heeft altijd 92 protonen. Hoeveel neutronen hebben deze isotopen van uranium?"

- BONUSVRAAG! -

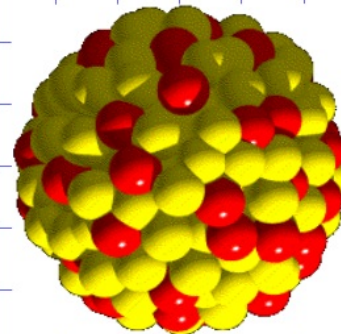
17

Uranium-235



Totaal aantal kerndeeltjes: 235
Waarvan protonen: 92
Dus over: **143 neutronen**

Uranium-238

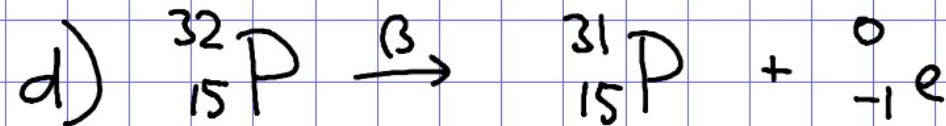
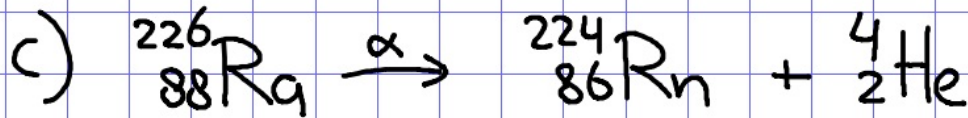
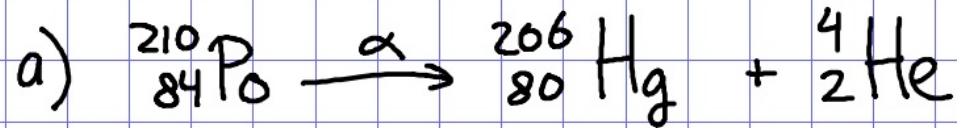


Totaal aantal kerndeeltjes: 238
Waarvan protonen: 92
Dus over: **146 neutronen**

"Wat klopt er niet aan deze vervalsreacties?"

- BONUSVRAAG! -

17



"Hoeveel instabiele kernen zijn er nog na 30 minuten?"

- BONUSVRAAG! -

17

Lood-213

halfwaardetijd: **10 minuten**

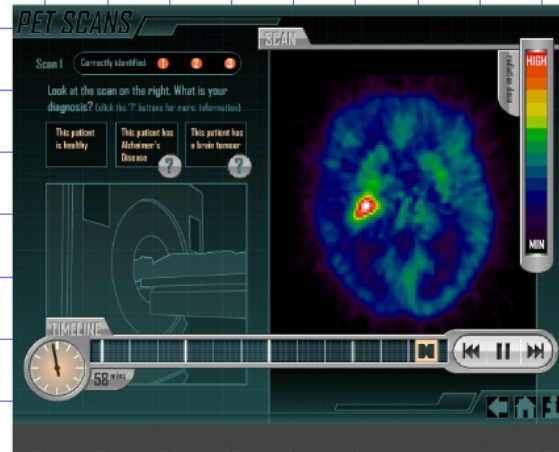
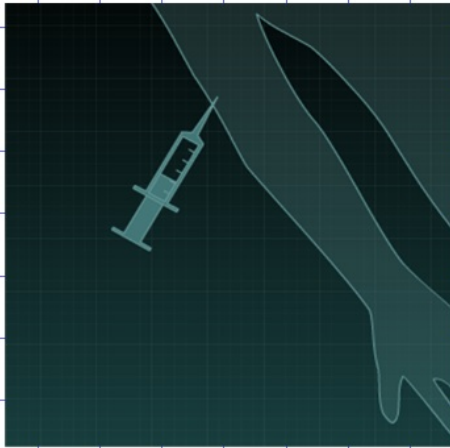
*op $t = 0$ begin je met 1200×10^{16}
instabiele kernen*

- a. 600×10^{16}
- b. 150×10^{16}
- c. 300×10^{16}



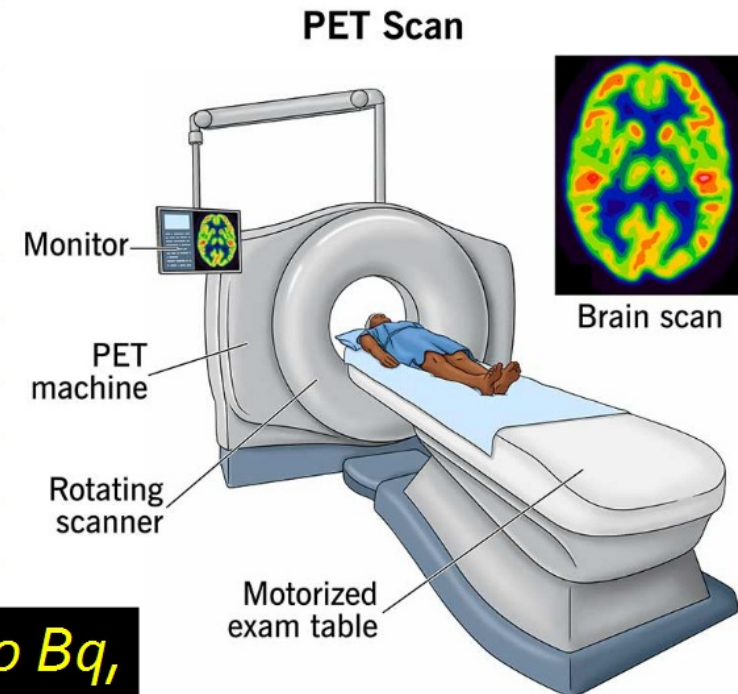
"Na hoeveel tijd is de activiteit van het FDG gedaald tot 300 Bq?"

NIJUSVRAAG!



- a. na 40 minuten
- b. na 80 minuten
- c. na 2 uur
- d. na 4 uur

**Beginactiviteit FDG: 2400 Bq,
halfwaardetijd: 40 min**



"Hoe groot is de activiteit van het kobalt-57 nog na 1000 dagen?"

- BONUSVRAAG! -



Beginactiviteit Kobalt-57:
20 MBq (megabequerel)
halfwaardetijd: **250 dagen**

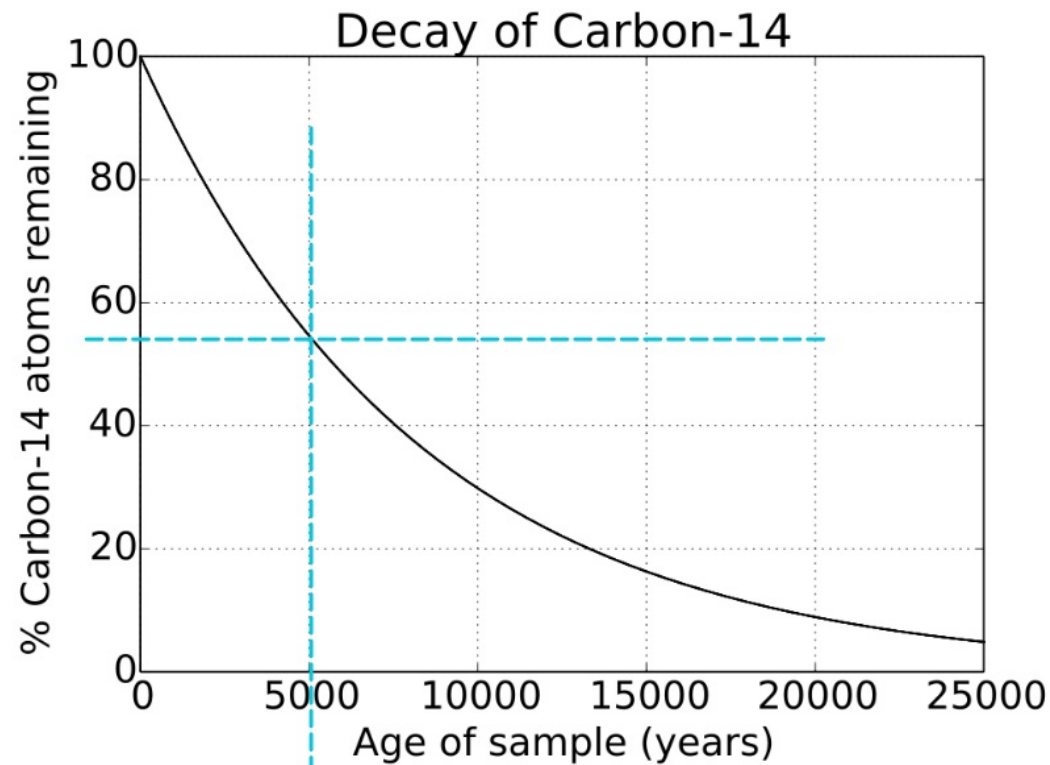
17

20 10 5 2,5 1,25

"Hoe oud is deze egyptische mummie?"

- BONUSVRAAG! -

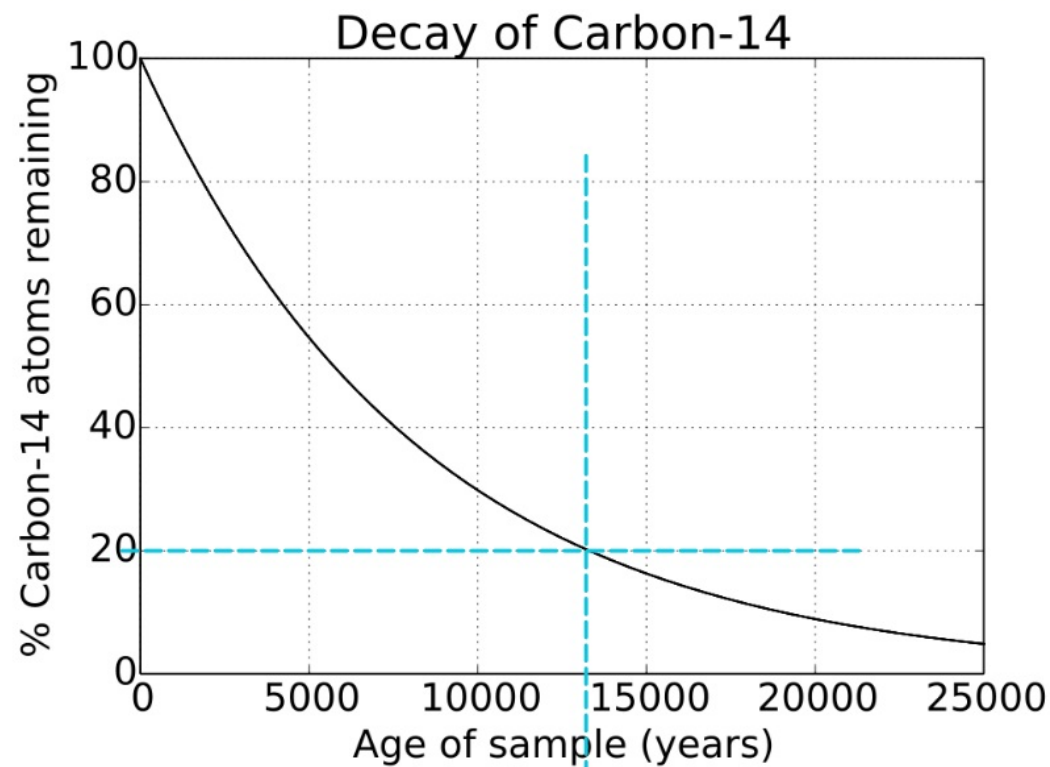
17



Mummie: radioactiviteit is in 2018 nog 55% van die van levende organismen.

"Hoe oud is deze ijsmummie?"

- BONUSVRAAG! -



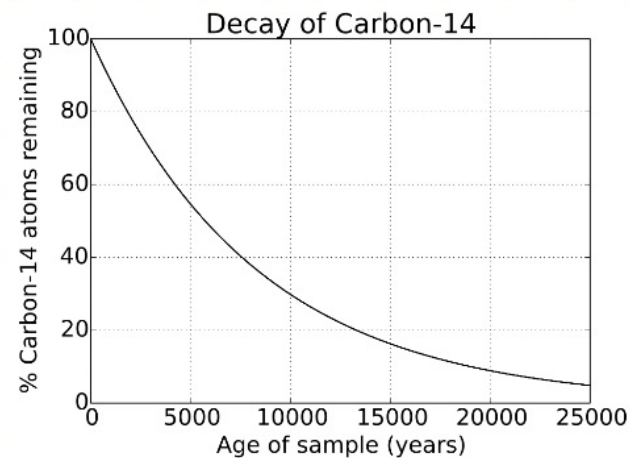
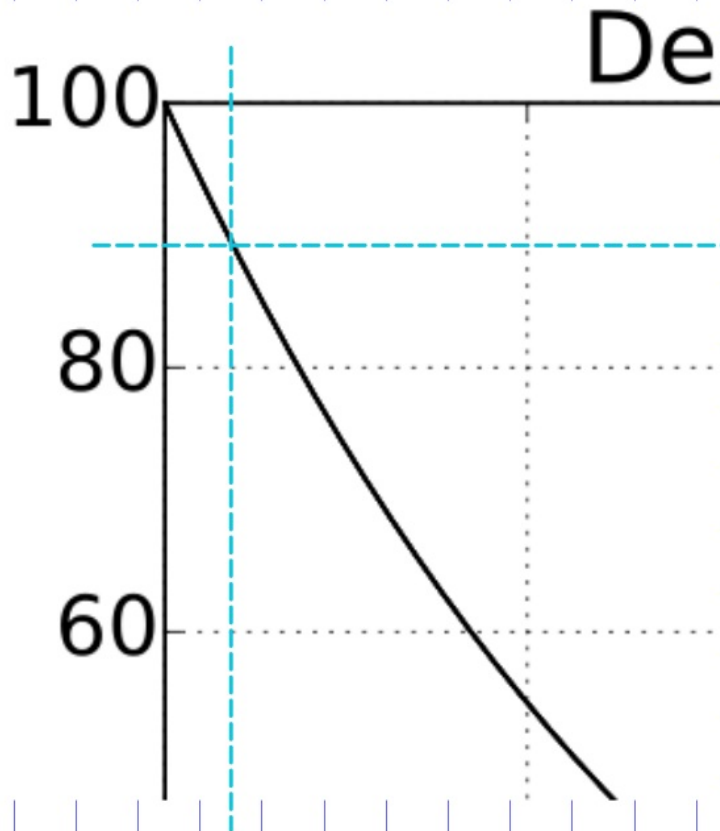
17



Ijsmummie: radioactiviteit is in 2018 nog 20% van die van levende organismen.

"Hoe oud is de lijkwade van Turijn ongeveer?"

- BONUSVRAAG! -



Lijkwade van Turijn:
radioactiviteit is in 2018
nog 90% van die van
levende organismen.

"Welk koekje kun je het beste waar bewaren?"

- BONUSVRAAG! -

17

in je jaszak
bewaren:

opeten:

in je hand
houden:



"Reken deze waarden om naar de gewenste eenheid?"

- BONUSVRAAG! -

17

$$0,6 \text{ Sv} = \dots\dots \text{ mSv}$$

$$220 \text{ mSv} = \dots\dots \text{ }\mu\text{Sv}$$

$$97328 \text{ }\mu\text{Sv} = \dots\dots \text{ Sv}$$

$$34 \text{ kBq} = \dots\dots \text{ Bq}$$

$$510000 \text{ Bq} = \dots\dots \text{ MBq}$$

Hoofdstuk 2: Straling

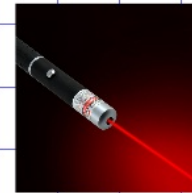
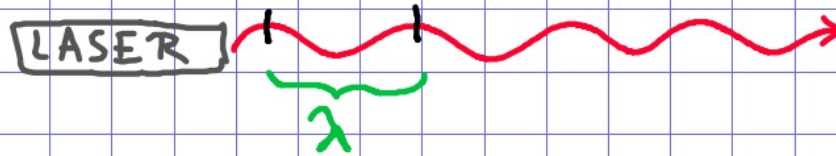
- UITLEG & AANTEKENINGEN -

De volgende dia's zijn de aantekeningen die je in de les overgenomen hebt. Alles wat hier tussen de rode lijnen staat zou ook in je schrift moeten staan. Dit is de essentiële stof voor het proefwerk en deze moet je proberen volledig te begrijpen. Je vindt hier ook de tekst bij de bordoefeningen waarvan je als het goed is alleen de uitwerkingen hebt opgeschreven.

Hoofdstuk 2 Straling

§ 2.1 Elektromagnetische straling

Lichtstralen bestaan uit kleine, regelmatige golfjes met een vaste **golflengte**.



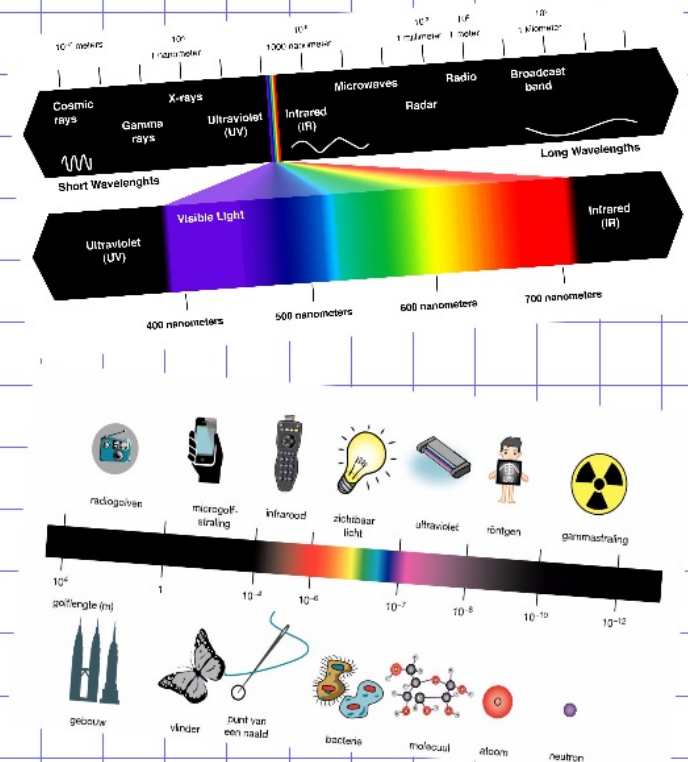
Elke kleur licht uit de **regenboog** heeft een eigen golflengte:

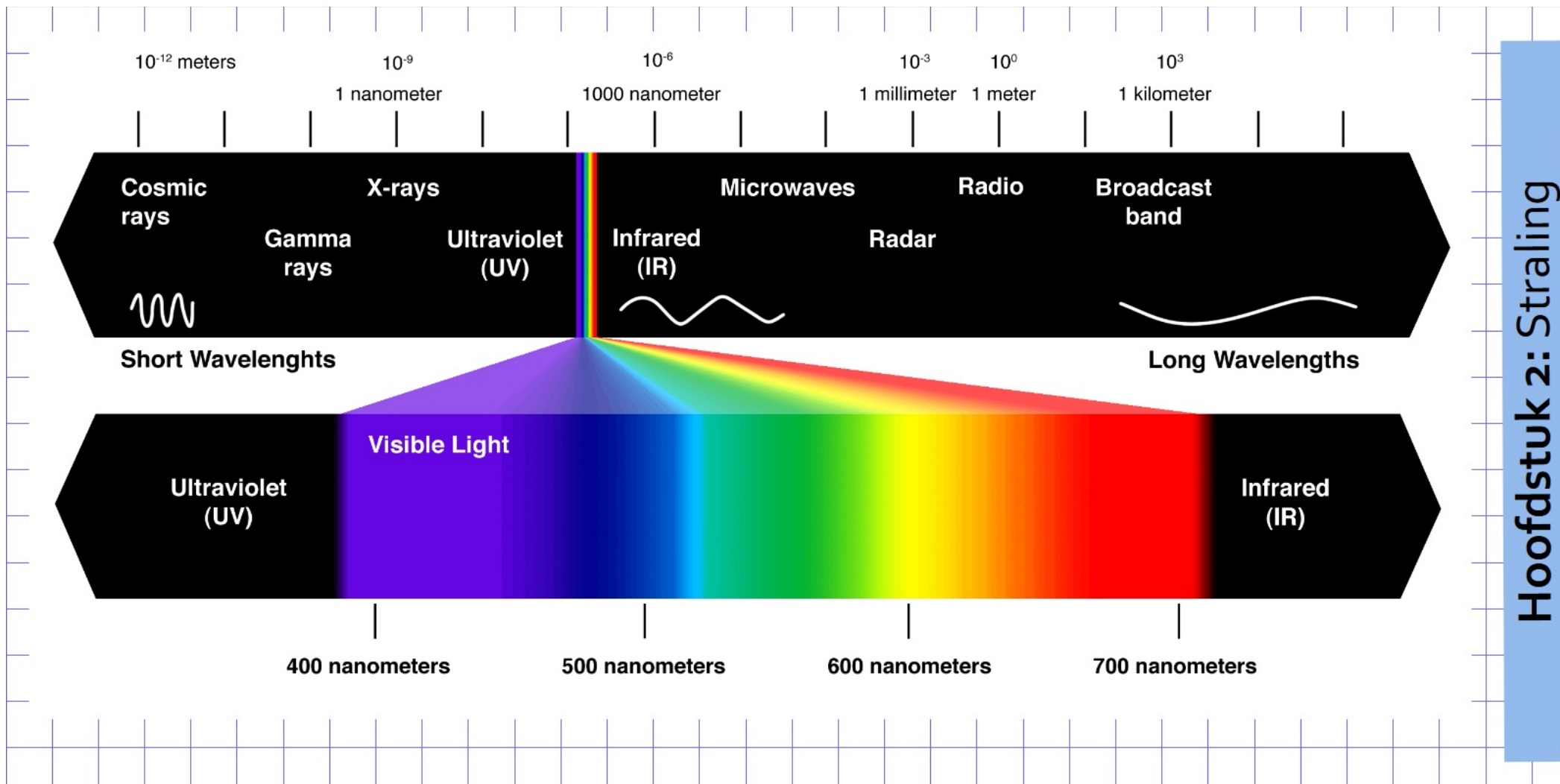
- rood: 700 nm

- blauw: 450 nm

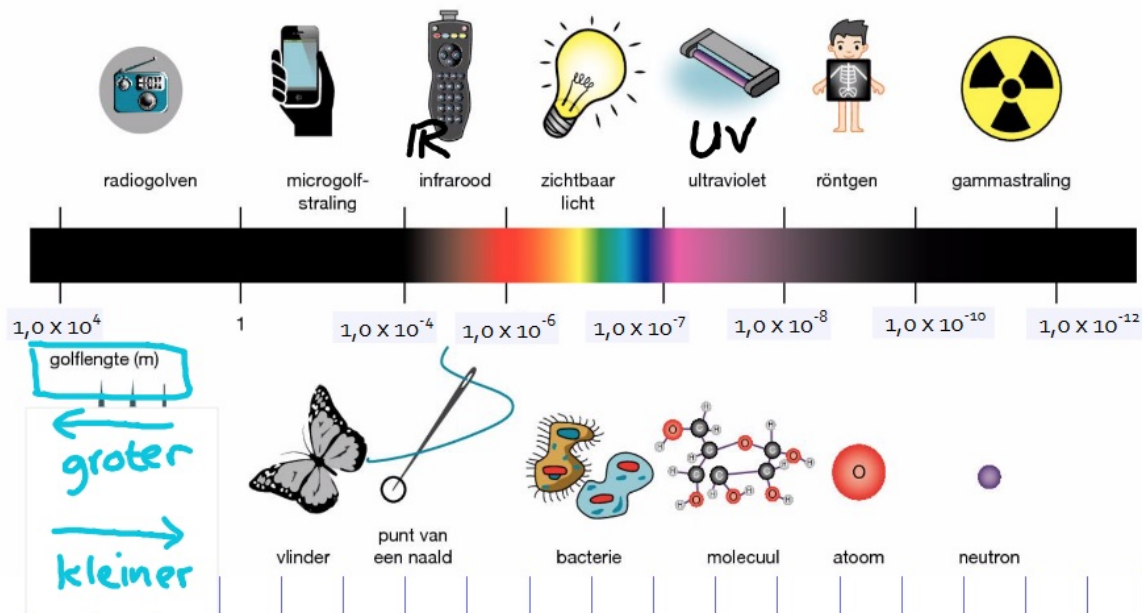
(1 nm = 0,000000001 m, spreekt uit: 1 "nanometer")

Zichtbaar licht, of het **kleurenspectrum**, (tussen 400 nm en 750 nm) is maar een klein deel van het **elektromagnetisch spectrum** (zie afb. 2.1 op blz. 43).





Hoe korter de golflengte van de straling, hoe dieper deze kan **doordringen** in materie en hoe **sterker ioniserend** (schade veroorzakend) deze straling is.

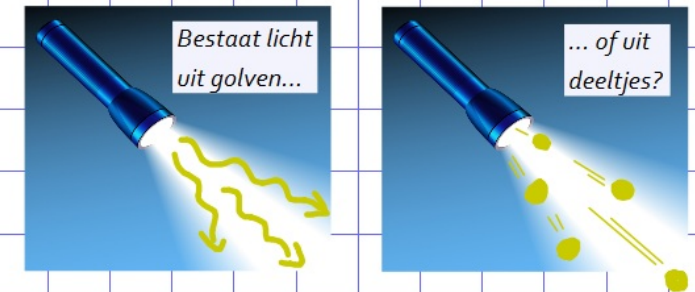


3a. gamma - geel - rood - IR - micro

3b. IR - groen - blauw - UV - röntgen

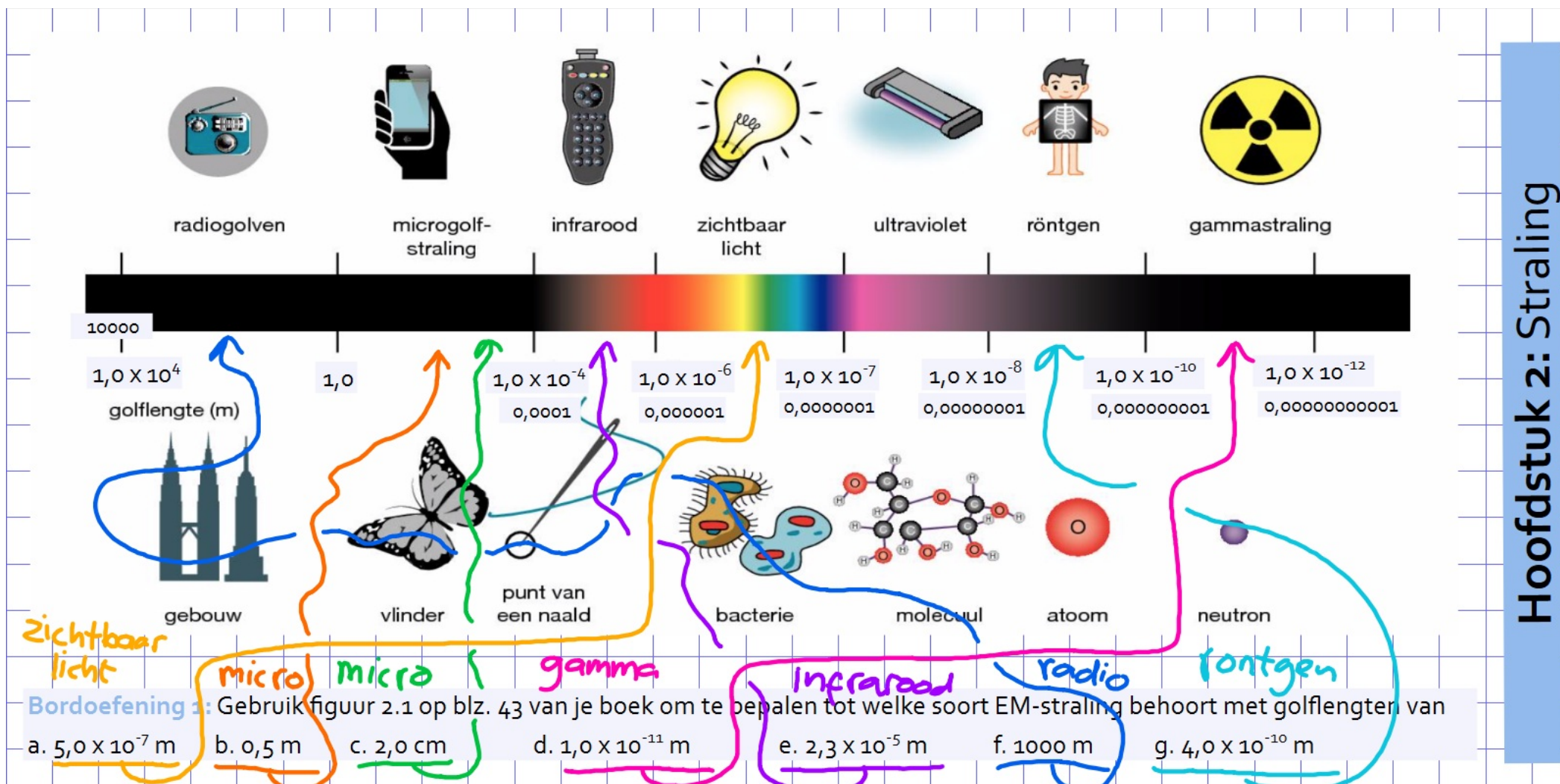
Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.1 Elektromagnetische straling

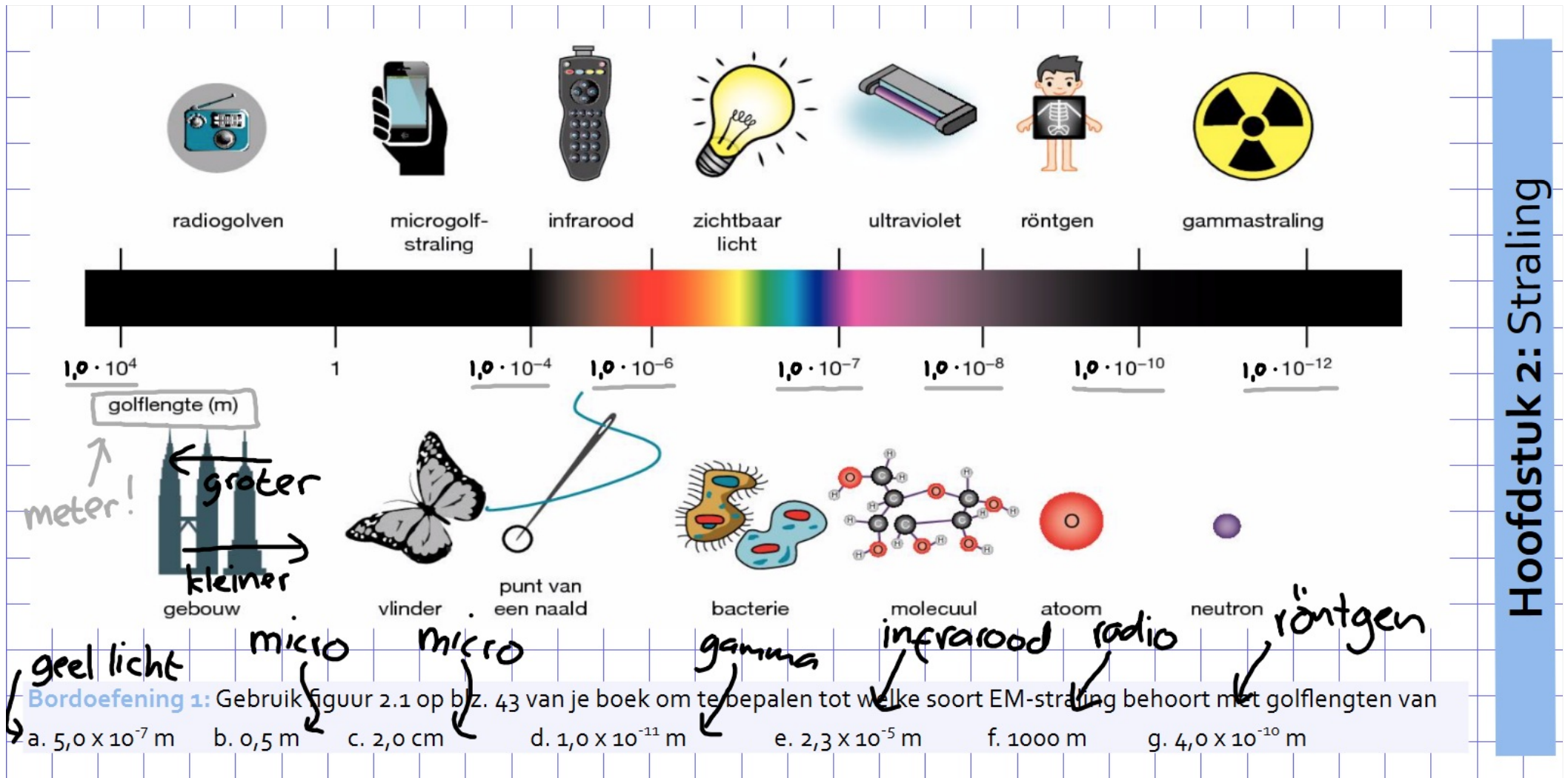


Bordoeffening 3a: Noteer deze soorten EM-straling op volgorde van oplopende (van klein naar groot) golflengte: *microgolfstraling, gammastraling, rood licht, infrarood licht en geel licht.*

Bordoeffening 3b: Noteer deze soorten EM-straling op volgorde van oplopend ioniserend en doordringend vermogen: *infraroodstraling, ultravioletstraling, groen licht, röntgenstraling en blauw licht.*



Hoofdstuk 2: Straling



herhaling van hoofdstuk 8 en je wiskundelessen:

De **wetenschappelijke notatie** gebruikt machten van 10 om hele grote getallen of hele kleine getallen compact op te schrijven.

Makkelijkste interpretatie: dit getal geeft aan hoeveel plaatsen de komma eigenlijk nog **verschoven** moet worden om het "echte getal" te vinden.

$$1,650 \times 10^3 \text{ m} = 1650 \text{ m}$$

$$8,02 \times 10^{-2} \text{ kg} = 0,0802 \text{ kg}$$

Let op: wetenschappelijke notatie heeft **altijd 1 cijfer voor de komma** en de rest van de cijfers er achter.

Soms is een waarde opgeschreven als **alleen een tienmacht**, bijvoorbeeld " 10^4 ". Dit kun je begrijpen als je bedenkt dat $10^4 = 1 \times 10^4 = 10.000$

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.1 Elektromagnetische straling

Bord oefening 2: reken deze waarden om tussen wetenschappelijke notatie en normale notatie.

a. $3,1 \times 10^2 \text{ m} = \dots$

b. $4,90 \times 10^{-3} \text{ m} = \dots$

c. $8700 \text{ m} = \dots$

d. $0,000025 \text{ m} = \dots$

e. $10^5 \text{ m} = \dots$

f. $0,0001 \text{ m} = \dots$

2.1 Opdrachten

A 1 M

Juist of onjuist?

- Infrarode straling is geen elektromagnetische straling.
- Microgolflstraling heeft meer stralingsenergie dan radiogolven.
- Uv-straling is altijd gevaarlijk voor je.
- Hoe groter de golflengte, hoe groter de stralingsenergie.

A 2

- Leg uit wat het elektromagnetisch spectrum is.
- Leg uit waarom röntgenstraling gemakkelijker door je huid dan door je botten gaat.
- Leg uit wat een foton is.

B 3

Op de foto hieronder zie je een röntgenfoto die bij de tandarts is gemaakt.



Tristan zegt: 'Deze foto laat eigenlijk de schaduw van de tanden onder röntgenlicht zien.'

- Leg uit dat Tristan hierin gelijk heeft.
- Leg uit of de schaduw is te zien in de witte, of in de donkere delen van de foto.
- Leg uit wat de allerwitste stukken op de foto voorstellen.

B 4

Een stoplicht heeft lampen die rood, oranje en groen licht geven. Zet de kleuren licht op volgorde van stralingsenergie. Begin met de meeste en eindig met de minste stralingsenergie.

B 5 M

Lava kan verschillende kleuren hebben. De kleur hangt af van de temperatuur van de lava. Leg uit wat de hoogste temperatuur heeft, gele of rode lava.

B 6

Schrijf de volgende golflengtes op in machten van tien.

- 4300 m
- 0,0015 m
- 31,02 cm
- 270 km

C 7

Een camera heeft een 390 nm (10^{-9} m) filter. Leg uit aan welke kant van het visuele spectrum dit filter licht tegenhoudt, de rode of de paarse kant.

C 8

Een infrarode led en een uv-led zenden het zelfde stralingsvermogen uit. Leg uit welke led de meeste fotonen per seconde afzendt.

+ 9 N

Zonnebrandcrème filtert de uv-straling uit het zonlicht, maar laat ir-straling wel door.

a Leg uit hoe je dit weet.

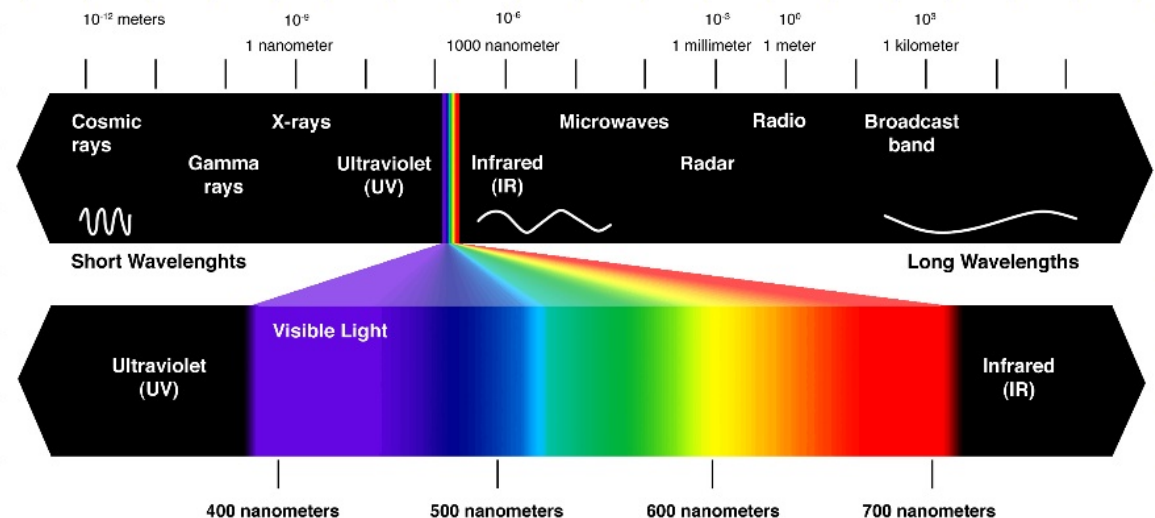
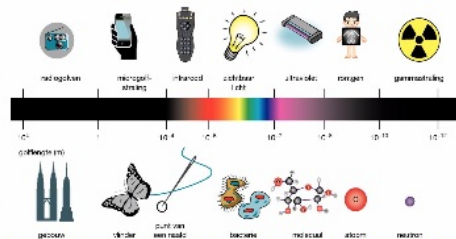
- Niet alleen zonnebrandcrème filtert uv-straling uit het zonlicht.
- Noem nog een soort stof die wel zichtbaar licht en ir-straling doorlaat, maar geen uv-straling.

Je kunt nu

- uitleggen wat het elektromagnetisch spectrum is;
- verschillende soorten elektromagnetische straling beschrijven;
- uitleggen wat de relatie is tussen golflengte en stralingsenergie van een foton;
- verschillende stralingsbronnen noemen.

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.1 Elektromagnetische straling



2.1 Opdrachten

A 1

Just of onjuist?

- Infraroodstraling is geen elektromagnetische straling.
- Microgolfradiation heeft grotere energiekoppelingen dan röntgenstraling.
- Uv-straling is altijd gevaarlijk voor je.

A 2 M

- Beschrijf hoe radiogolven worden opgewekt.
- Noem twee soorten straling die je met een radiozender kunt maken.
- Noem een natuurlijke en een kunstmatige bron van uv-straling.

A 3

- Leg uit wat het elektromagnetisch spectrum is.
- Leg uit waarom röntgenstraling gemakkelijker door je huid gaat dan door je botten.

B 4 M

Op de foto hieronder zie je een röntgenfoto die bij de tandarts is gemaakt. Op zo'n foto kun je goed zien of iemand een vulling heeft.



- Leg uit hoe je op de foto ziet dat iemand een vulling heeft.
- Leg uit waarom je dit kunt zien.

B 5

Lava kan verschillende kleuren hebben. De kleur hangt af van de temperatuur van de lava. Leg uit wat de hoogste temperatuur heeft: gele of rode lava.

C 6

Kruis in de onderstaande tabel aan welke organen of lichaamsdelen veel en welke weinig röntgenstraling tegenhouden.

lichaamsdeel	veel	weinig
wervelkolom		
darmen		
ribben		
longen		
hart		
onderkaak		

C 7 N

Een laser zendt zichtbaar licht uit. Zichtbaar licht bevat kleine pakketjes stralingsenergie. Toch mag je nooit rechtstreeks in het licht van een laser kijken. Leg uit waarom laserlicht toch gevaarlijk kan zijn.

B 8 N

Zonnebrandcrème filtert de uv-straling uit het zonlicht, maar laat in-straling wel door.

- Leg uit hoe je dit weet.

Niet alleen zonnebrandcrème filtert uv-straling uit het zonlicht.

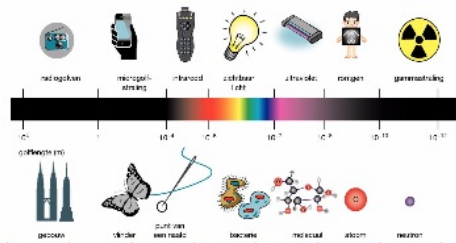
- Noem nog een andere stof die wel zichtbaar licht en in-straling doorlaat, maar geen uv-straling.

Je kunt nu

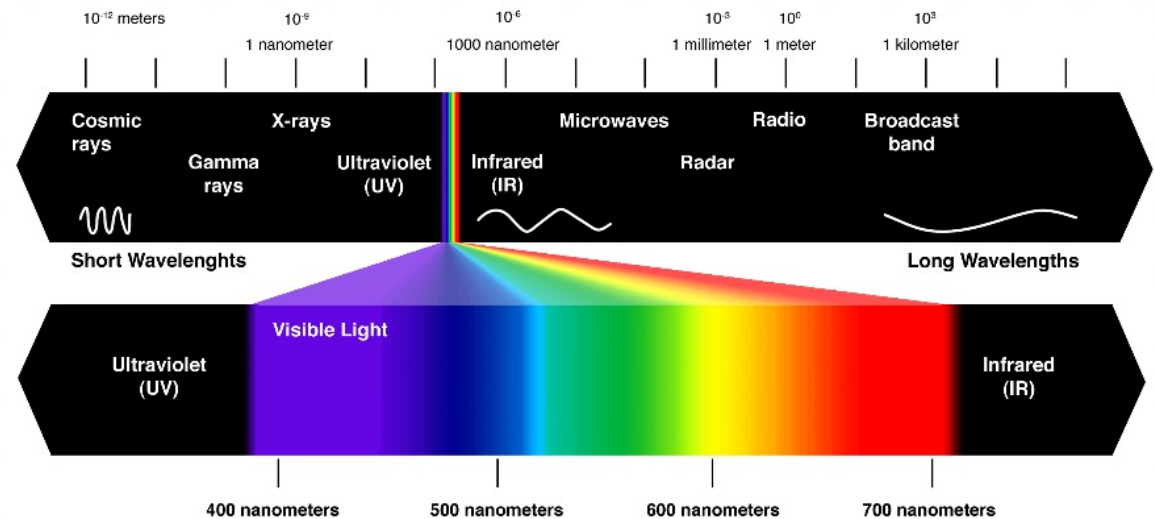
- uitleggen wat het elektromagnetisch spectrum is;
- verschillende soorten elektromagnetische straling beschrijven;
- verschillende natuurlijke en kunstmatige stralingsbronnen noemen;
- uitleggen door welke stoffen röntgenstraling heen kan.

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.1 Elektromagnetische straling

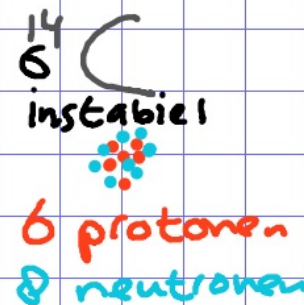
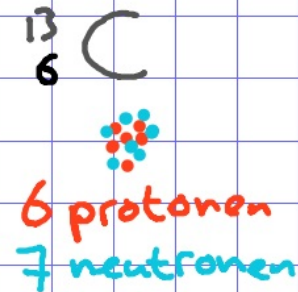
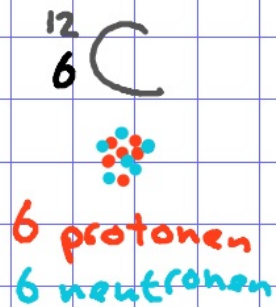


Maak opg. 1, 4, 5 en 7.



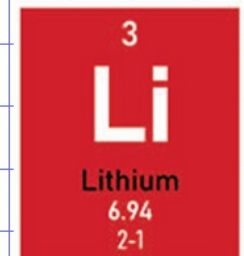
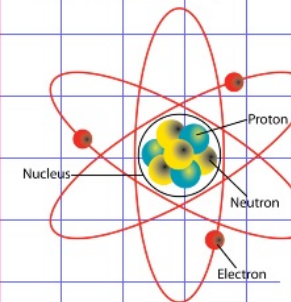
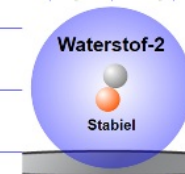
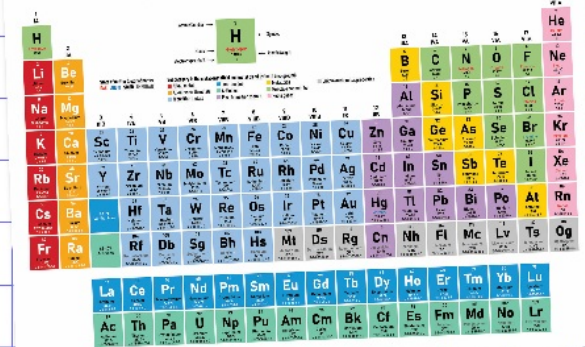
§ 2.2 Het atoom

Atoomkernen bestaan uit protonen en neutronen. Van elke kern uit het periodiek systeem zijn echter een paar varianten ("isotopen"). Koolstof, bijvoorbeeld heeft drie isotopen:



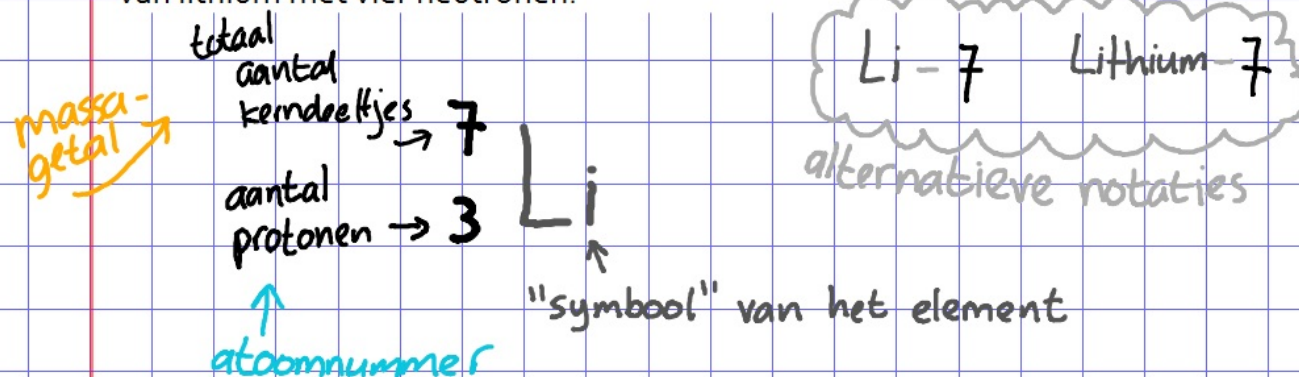
Hoofdstuk 2: Straling

Periodic Table of the Elements

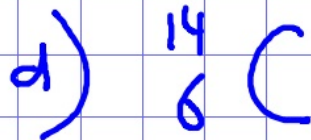
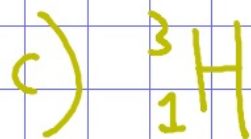


isotopen en atoommassa (PhET)

Voor isotopen bestaan verschillende notaties. Voorbeeld: de isotoop van lithium met vier neutronen:

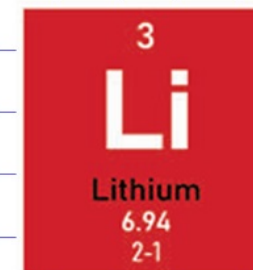
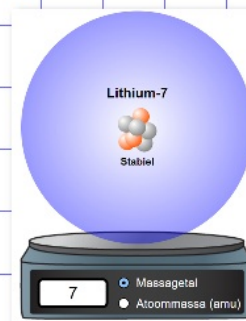


Bordoefening 4a:



Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom



Bordoefening 4a: Geef de notatie van deze atoomkernen:

a) Uranium met 143 neutronen

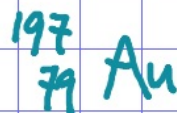
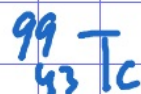
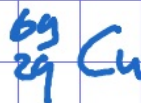
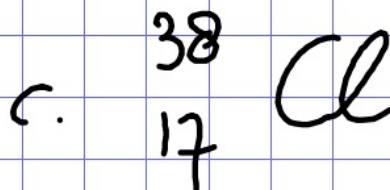
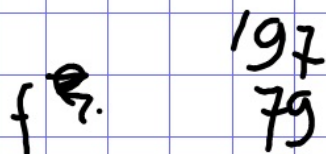
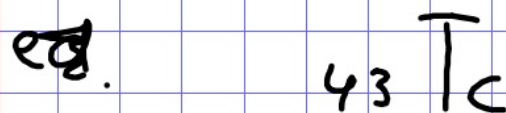
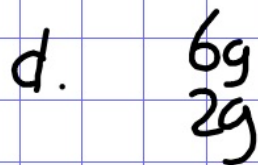
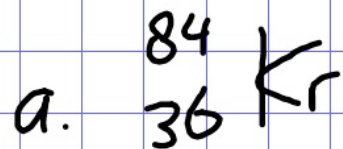
b) Polonium met 127 neutronen

c) Waterstof met 2 neutronen

d) Een atoom met 6 prot. en 8 neutr.

e) Een atoom met 222 kerndeeltjes waarvan 136 neutr.

Bordoefening 4b:



Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom

Bordoefening 4b: Geef de notatie van deze atoomkernen:

a Krypton met 84 kerndeeltjes

b Lood met 127 neutronen

c Een kern met 21 neutronen en 17 protonen

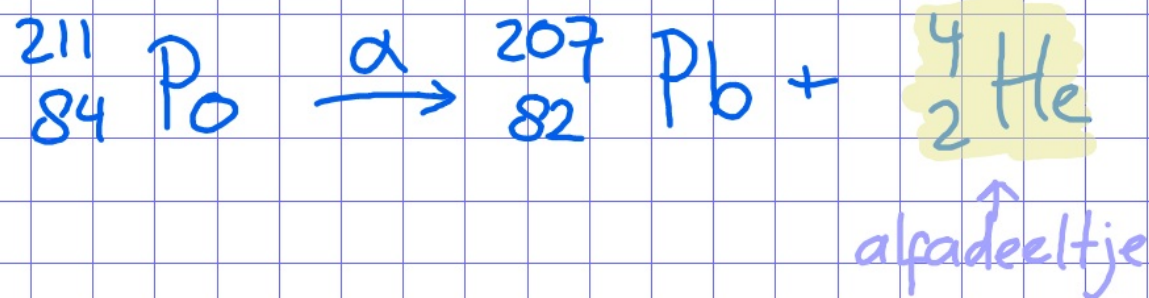
d Een kern met 69 kerndeeltjes en 29 protonen

e Technetium met 99 kerndeeltjes

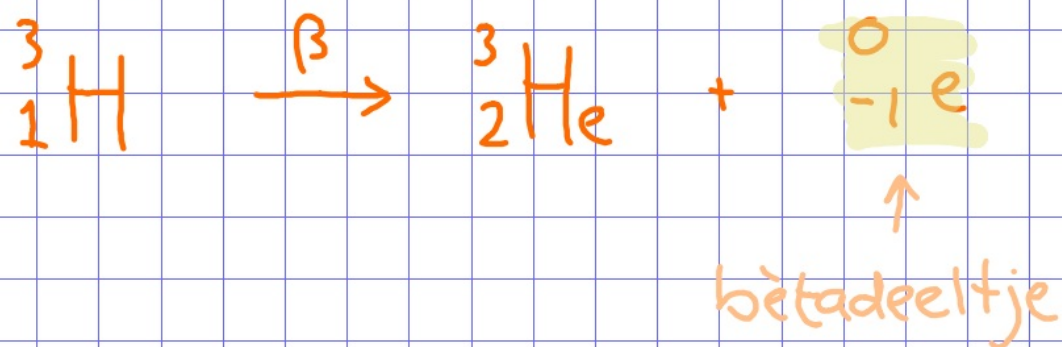
f Een kern met 118 neutronen en 79 protonen

Instabiele kernen vervallen vroeg of laat:

alfaverval: (de kern verliest twee protonen en twee neutronen)

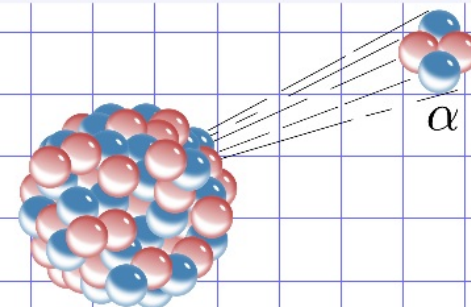


betaverval: (een neutron verandert in een proton dat wel in de kern blijft zitten. Er ontstaat een elektron dat wegvliegt)

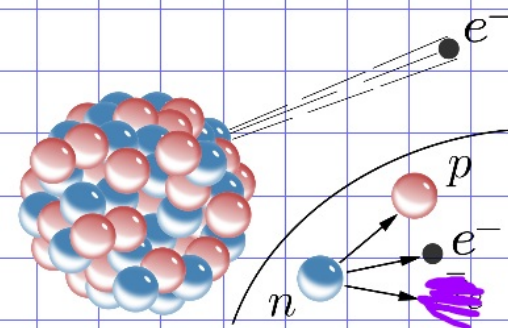


Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom



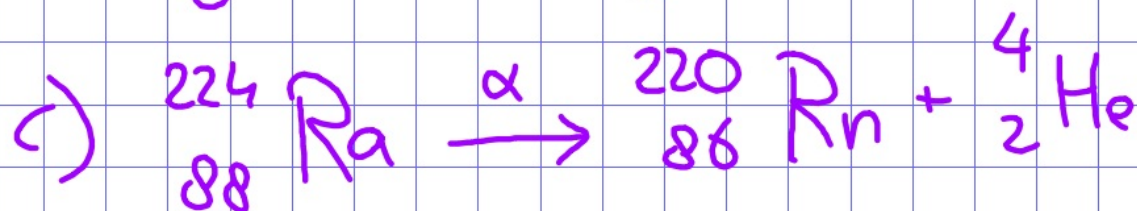
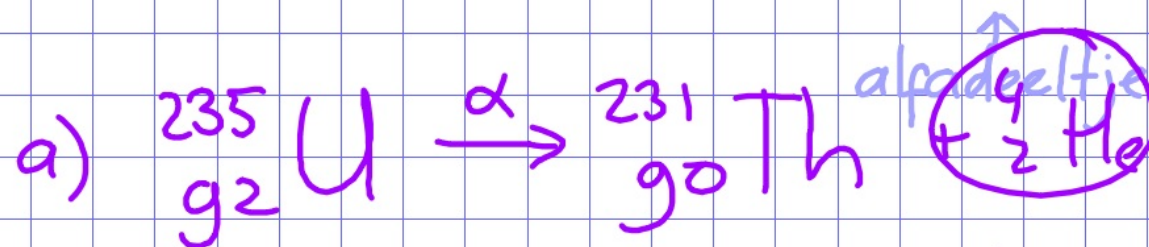
alfaverval (PhET)



betaverval (PhET)

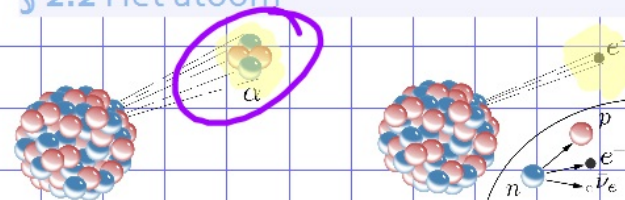
Instabiele kernen vervallen vroeg of laat:

alfaverval: (de kern verliest twee protonen en twee neutronen)

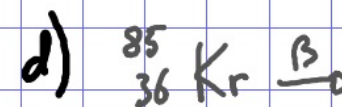
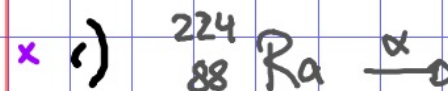
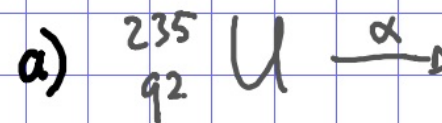


Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom

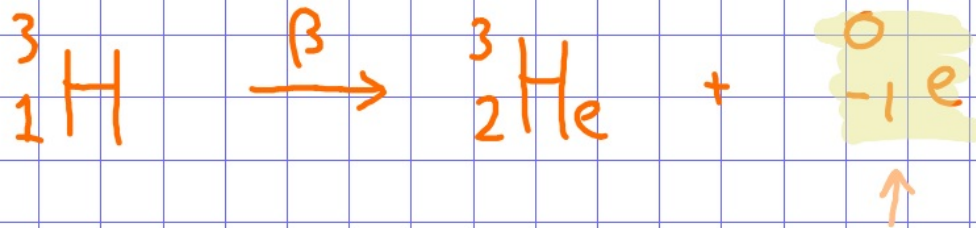


Bordoeefening 5a: Stel de reactievergelijkingen van dit verval op:

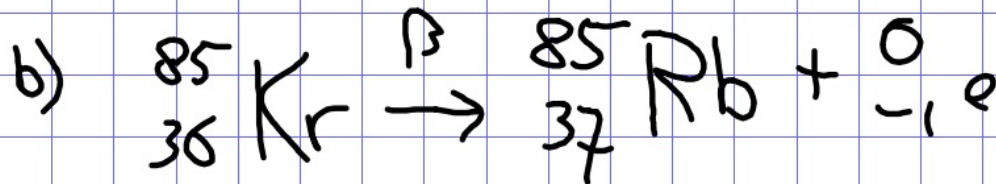
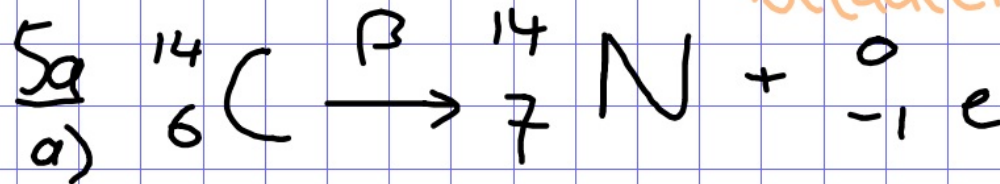


Instabiele kernen vervallen vroeg of laat:

betaverval: (een neutron verandert in een proton dat wel in de kern blijft zitten. Er ontstaat een elektron dat wegvliegt)

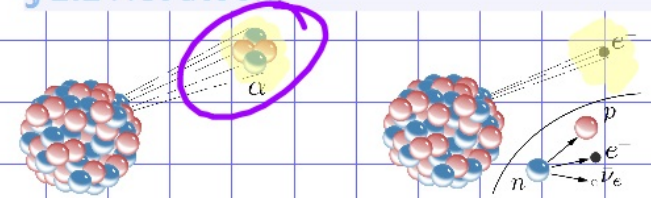


↑
betadeeltje

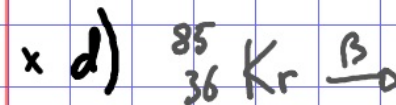
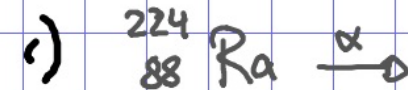
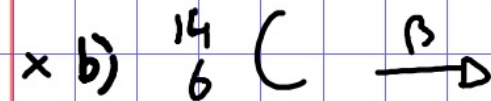
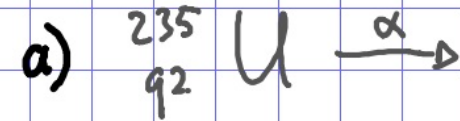


Hoofdstuk 2: Straling

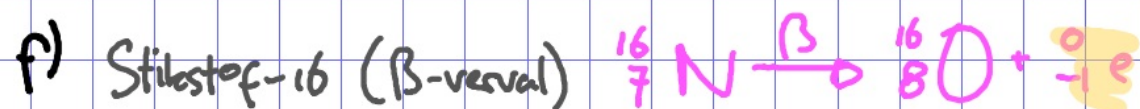
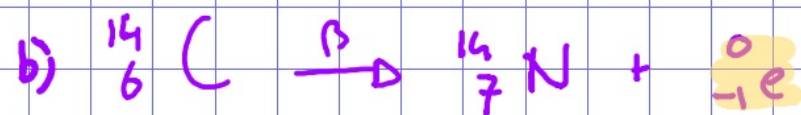
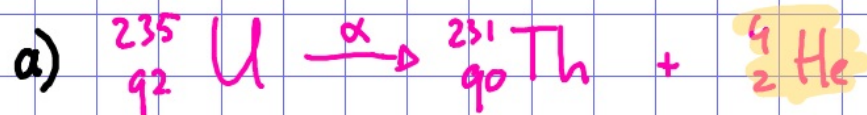
§ 2.2 Het atoom



Bordoeffening 5a: Stel de reactievergelijkingen van dit verval op:

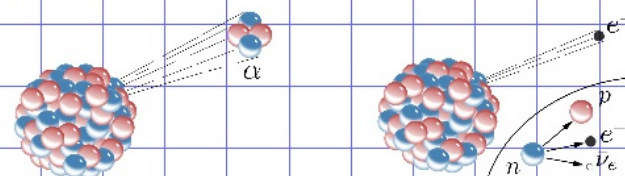


Bordoeffening 5a:

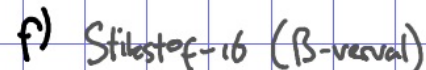
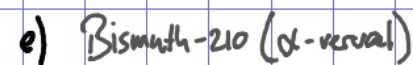
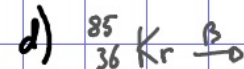
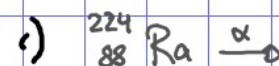
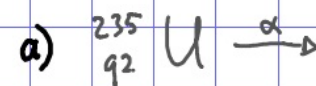


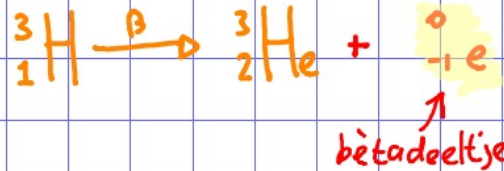
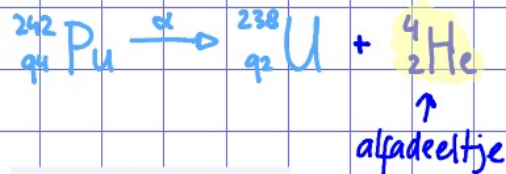
Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom

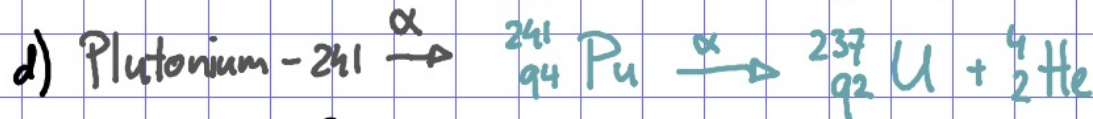
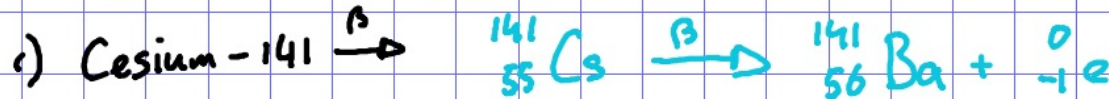
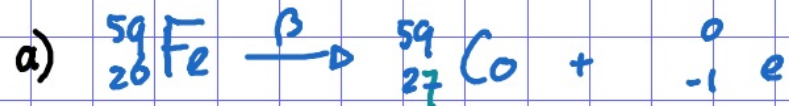


Bordoeffening 5a: Stel de reactievergelijkingen van dit verval op:





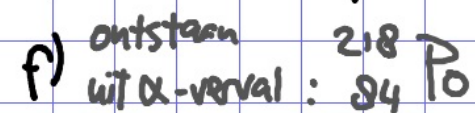
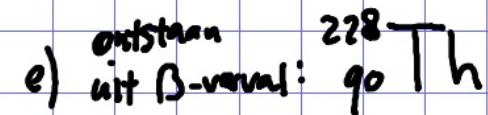
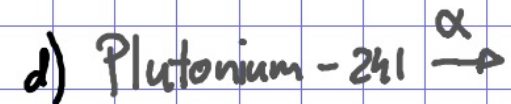
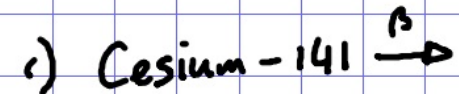
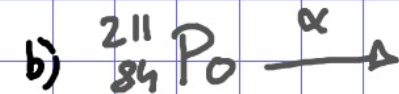
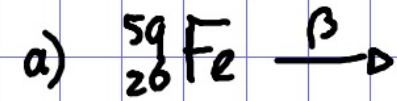
Bordoefening 5b:



Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom

Bordoefening 5b: Stel de reactievergelijkingen van dit verval op:



Het is volledig onberekenbaar wanneer een instabiele kern vervalst. Wel is er per isotoop precies bekend na hoeveel tijd **de helft** van een grote verzameling kernen vervallen is. Dit heet de **halfwaardetijd**.

Bord oefening 6a: In een ongeventileerde kelder bevinden zich op een bepaald moment 1000 miljard atomen Radon-222. Deze isotoop van radon heeft een halveringstijd van 4,0 dagen. Stel, er komen geen nieuwe atomen meer bij. Hoeveel atomen zijn er dan nog in de kelder na:

a. 4 dagen b. 8 dagen c. 16 dagen d. 32 dagen
e. Hoeveel tijd moet verstrijken tot er in de kelder minder dan 1 miljard atomen radon-222 over zijn?

a. 500 milj.

d. 3,9 milj.

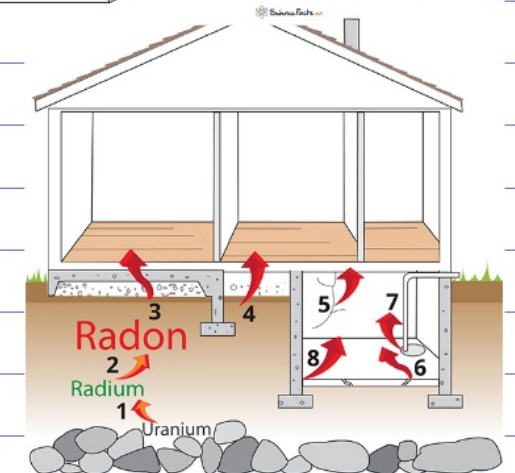
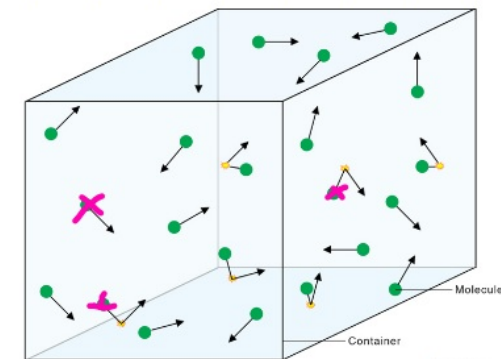
b. 250 milj.

e. 40 d.

c. 62,5 milj.

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom



Voorbeelden:

koolstof-14: 5700 jaar

waterstof-3: 12,5 jaar

FDG (Fluor-18): 2 uur

uranium-235: 7.04×10^8 jaar

Bordoeefening 6b: In tritiumbuisjes (waterstof-3) wordt bij de productie 400 μg tritium gedaan. Reken uit hoeveel tritium nog in deze buisjes zit na:

a) 12,5 j b) 25 j c) drie halfwaardetijden d) 62,5 jaar

e) na hoeveel jaar zit er minder dan 1 μg in een buisje?

a. 200 μg

b. 100 μg

c. 50 μg

d. 12,5 μg

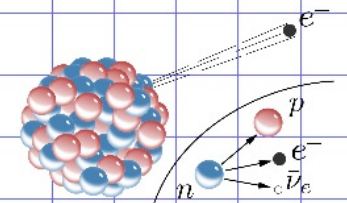
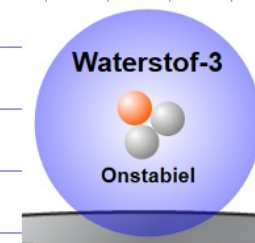
e. 9 halfw. tijden:
112,5 j

halveringstijd (swf-animatie)

5 halfw.-
tijden

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom



Bordoeffening 7: In elk levend organisme is 1 op de 1000 koolstofatomen van het isotoop C-14, de rest is C-12. Je zegt dan dat het C-14-gehalte 100% is. Na het sterven van het organisme vervallen de C-14 atomen naar N-14 atomen. Bij dit verval hoort een halfwaardetijd van 5700 jaar.

1) Bereken het C-14-gehalte van een overleden organisme na:

- a) 5700 j b) 11400 j c) na vier halfwaardetijden d) 51300 jaar

2) Hoeveel tijd moet er verstrijken om het gehalte C-14 te reduceren tot:

- a) 25% b) 6,25% c) één achtste d) minder dan 10% e) minder dan 1%

100% → 50% → 25% → 12,5% → 6,25% → 3,125%

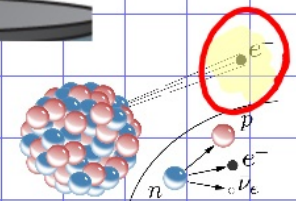
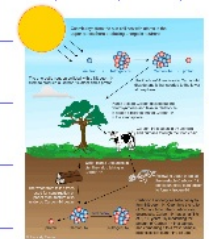
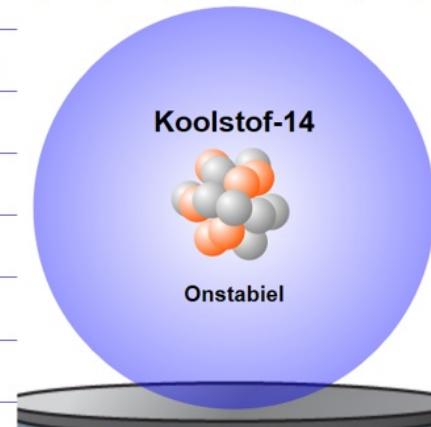
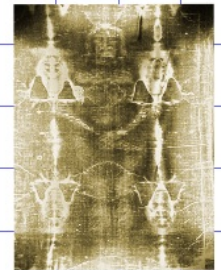
1 2 3 4 5

1) a. 50% b. 25% c. 6,25% d. 0,195%

2) a. 11400 j b. 22800 j c. 17100 j
d. 22800 j e. 39900 j

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom



De resterende **hoeveelheid instabiele** kernen die er nog in een hoeveelheid radioactief materiaal zitten geef je aan met een **N**.

Hoeveel instabiele kernen er *per seconde* vervallen heet de **activiteit (A)**.

De eenheid hiervan is **Bequerel (Bq)**.

Inzicht: met elke halfwaardetijd halveert N , maar ook A !

Bordoefening 8: De radioactieve bron van het Fons Vitae lyceum bestaat uit Ra-226. Dit heeft een halfwaardetijd van 1600 jaar en heeft op dit moment (2024) een activiteit van 5,8 kBq.

1. Bereken hoe lang het gaat duren tot de activiteit gereduceerd is tot:

a. 2,9 kBq b. 725 Bq c. 90,6 Bq d. Minder dan 10 Bq

2. Bereken de activiteit van het Ra-226 na:

a. 3200 j b. 12.800 j d. 102.400 j

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom



RADIUM (Ra)			
Atomic Number	88	[226]	Atomic Weight
Symbol	Ra	Solid	State at 20°C
Electron Configuration	[Rn]7s ²		Crystal Structure
Name	Radium	Pierre and Marie Curie	Discovered By

2.2 Opdrachten

A 10 M

Just of onjuist?

- a Alfadeeltjes zijn zwaarder dan bètadeeltjes.
- b Na drie halverings tijden is nog maar een derde van de radioactieve stof over.
- c Atomen zijn opgebouwd uit moleculen.
- d Bij een chemische reactie veranderen de moleculen.
- e Radioactieve atomen zijn altijd instabiel.
- f Bij het verval van een atoom komt altijd straling vrij.

A 11

De halveringstijd van jood is acht dagen.

- a Leg uit wat dit betekent.

Bij het verval van jood komt straling vrij.

- b Welke soorten straling kunnen ontstaan bij een vervalreactie?

A 12 M

- a Noem een overeenkomst tussen alfa- en bètastraling.
- b Noem een verschil tussen alfa- en bètastraling.

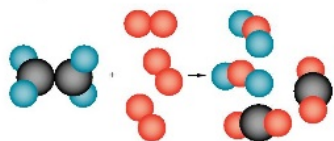
B 13

Als een stroom instabiel is, kan het vervallen.

- a Leg uit wat er gebeurt bij het radioactief verval van een deeltje.
- b Leg uit wat het verschil is tussen een vervalreactie en een chemische reactie.

Hieronder zie je een illustratie van een reactie.

- c Leg uit of dit een chemische reactie of een vervalreactie is.

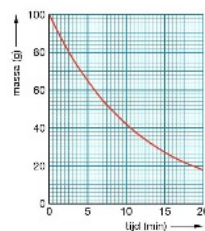


B 14

In de kolom hiernaast zie je van een radioactieve stof het aantal gram van deze stof uitgezet tegen de tijd.

- a Bepaal aan de hand van het diagram de halveringstijd van deze stof.
- b Bereken na hoeveel minuten er nog maar 6,25 g van de stof over is.

- c Bereken de massa van de overgebleven radioactieve stof na 40 min.



B 15

Tritium is een radioactief materiaal dat wordt gebruikt om horlogewijzers zonder gebruik van een batterij licht te laten geven. Het heeft een halveringstijd van 12 jaar. Jorjen zegt: 'Na 12 jaar is het horloge op en geeft het geen licht meer.'

- a Leg uit of Jorjen hierin gelijk heeft.

Een horloge bevat 5 μg tritium.

- b Bereken hoeveel gram tritium er na 24 jaar over is.
- c Bereken na hoeveel tijd er nog 1/64 deel van het tritium over is.

C 16

Radon is een radioactief edelgas. Corneel vraagt zich af: 'hoe kan een edelgas radioactief zijn? Edelgassen reageren toch nergens mee?'

Leg uit dat radon toch radioactief en edel is.

C 17 N

In het ziekenhuis wordt soms de radioactieve stof technetium gebruikt. Technetium heeft een halveringstijd van 6,0 h. Je hebt een potje met daarin technetium. Je bepaalt de massa van het technetium. Op het tijdstip $t = 0$ heb je 300 g.

Op de volgende bladzijde zie je een tabel met tijdstip, aantal halfwadertijden (n), en overgebleven massa.

- a Neem de tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de tabel verder in.

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom

Boek VWO

tijdstip (h)	n	massa technetium (g)
0	0	300
6	2	
12		
18		
24		
30		

- b Maak een diagram van de massa tegen de tijd.
c Bepaal met behulp van je diagram de massa van het resterende technetium op het tijdstip $t = 20$ h.
d Controleer je antwoord door deze massa ook te berekenen.

C 18
Sommige kampeerlantaarns zijn voorzien van gaskousjes, zie de foto's hieronder. Deze gaskousjes lichten helder wit op als ze gloeien. In deze gaskousjes zat vroeger thorium, dit is een licht radioactief atoom. Thorium heeft een halveringstijd van 14 miljard jaar.

- a Leg uit na hoeveel jaar nog maar 25% van de oorspronkelijke hoeveelheid thorium over is.

Michael zegt dat de radioactieve gaskousjes geen gevaar meer vormen als ze zijn verbruikt: het thorium is dan verbrand. Femke is het hier niet mee eens, ze zegt dat het thorium na verbranding nog steeds radioactief is.

- b Leg uit met wie jij het eens bent.

Thorium komt van nature nog op aarde voor, ondanks dat het atoom instabiel is.

- c Hoe zou dat kunnen?



+ 19 N

Een zuurstofatoom heeft een massa van $26,5 \cdot 10^{-27}$ kg, een watermolecuul (zie figuur 2.3) heeft een massa van $29,82 \cdot 10^{-27}$ kg.

- a Bereken de massa van een waterstofatoom.

Water heeft een soortelijke massa van 1,00 kg/L. In een glas zit 0,30 L water.

- b Bereken hoeveel watermoleculen er in het glas water zitten.

De aarde heeft een massa van $5,972 \cdot 10^{24}$ kg. De aarde bestaat voor een groot deel uit ijzer. Zie figuur 2.6.

- c Bereken de massa van het aanwezige ijzer en zuurstof in de aarde.

Een ijzeratoom heeft een massa van $9,27 \cdot 10^{-26}$ kg.

- d Ga na welk element, in aantallen atomen, het meest op aarde voor komt, ijzer of zuurstof.

+ 20 N

Er bestaan elementen die nog zwaarder zijn dan plutonium. Deze elementen worden in een laboratorium gemaakt door andere elementen met hoge snelheid op elkaar te schieten. De nieuwe elementen die ontstaan zijn alle instabiel met een kleine halveringstijd.

Leg uit dat je deze elementen nooit van nature op aarde zult vinden.

Je kunt nu

- uitleggen waaruit een molecuul is opgebouwd en wat een element is;
- uitleggen wat de begrippen instabiliteit en radioactief betekenen;
- uitleggen wat het verschil is tussen een chemische reactie en een vervalreactie;
- uitleggen wat de verschillen zijn tussen α , β en γ straling;
- rekenen met het begrip halveringstijd.

2.2 Opdrachten

A 9

Juist of onjuist?

- a Alldedeeltjes zijn zwaarder dan beta-deeltjes.
- b Na drie halveringstijden is nog een zesde van een hoeveelheid radioactieve stof over.
- c Atomen zijn opgebouwd uit moleculen.
- d Bij een chemische reactie veranderen de moleculen.
- e Radioactieve atomen zijn altijd instabiel.
- f Bij het verval van een atoom komt altijd straling vrij.
- g Alfa- en beta-deeltjes zijn energiepakketjes uit elektromagnetisch spectrum.

A 10 M

a Hoeveel atoomsoorten komen van nature op aarde voor?

Andere atoomsoorten kunnen ook in een laboratorium worden gemaakt.

b Leg uit waarom deze atoomsoorten niet lang bestaan.

A 11

De halveringstijd van bepaalde joodatomen is acht dagen.

a Leg uit wat dit betekent.

Bij het verval van deze joodatomen komt straling vrij.

b Welke drie soorten straling kunnen bij een vervalreactie ontstaan?

A 12 M

- a Noem een overeenkomst tussen alfa- en betastraling.
- b Noem een verschil tussen alfa- en betastraling.

B 13 M

In deze paragraaf gaat het over radioactiviteit.

a Wat betekent 'radioactief' letterlijk?

b Noem nog drie woorden met 'radi' erin en leg uit wat die woorden met stralen hebben te maken.

B 14

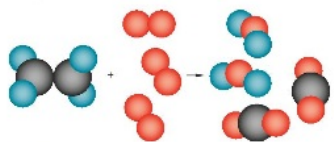
Als een atoom instabiel is, kan het vervallen.

a Leg uit wat er gebeurt bij het radioactief verval van een deeltje.

b Leg uit wat het verschil is tussen een vervalreactie en een chemische reactie.

Hieronder zie je een illustratie van een reactie.

c Leg uit of dit een chemische reactie of een vervalreactie is.



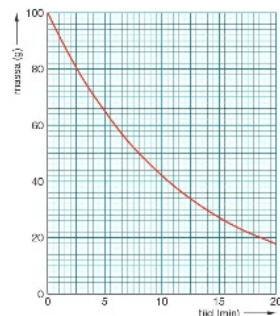
B 15

Hieronder zie je voor een radioactieve stof het aantal gram nog aanwezige stof uitgezet tegen de tijd.

a Bepaal aan de hand van het diagram de halveringstijd van deze stof.

b Bereken na hoeveel minuten er nog maar 6,25 g van de stof over is.

c Bereken de massa van de overgebleven radioactieve stof na 40 minuten.



Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom

16

In het ziekenhuis gebruiken men soms de radioactieve stof technetium. Technetium heeft een halveringstijd van 6,0 h. Je hebt een potje met daarin technetium. Je bepaalt de massa van het technetium. Op het tijdstip $t = 0$ heb je 300 g. Hieronder zie je een tabel met de massa en de tijd.

a Vul de tabel verder in.

tijdstip (h)	massa technetium (g)
0	300
6	
12	
18	
24	
30	

b Maak een diagram van de massa tegen de tijd.

c Bepaal met behulp van het diagram de massa van het resterende technetium op het tijdstip $t = 15$ h.

17

Summige kampeerlantaarns zijn voorzien van gaskousjes, zie de foto hiernaast. Deze gaskousjes lichten helder wit op als ze gloeien. In deze gaskousjes zat vroeger thorium, dit is een licht radioactief zucht. Thorium heeft een halveringstijd van 14 miljard jaar.

a Leg uit na hoeveel jaar nog maar 25% van de oorspronkelijke hoeveelheid thorium over is.

Michael zegt dat de radioactieve gaskousjes geen gevaar meer vormen als ze verbruikt zijn: het thorium is dan verbrand. Femke is het hier niet mee eens, ze zegt dat het thorium na verbranding nog steeds radioactief is.

b Leg uit met wie jij het eens bent.

Thorium komt van nature nog op aarde voor, ondanks dat het atoom instabiel is.

c Hoe zou dat kunnen?



18

Een zuurstofatoom heeft een massa van $26,5 \cdot 10^{-27}$ kg.

a Bereken hoeveel atomen er in een kg zuurstof zitten.

b Bereken de massa van $6,5 \cdot 10^{23}$ zuurstofatomen.

Een watermolecuul (zie figuur 2.4) bestaat uit waterstof

en zuurstof. De massa van een waterstofatoom is

$1,66 \cdot 10^{-27}$ kg.

c Bereken de massa van een watermolecuul.

De aarde heeft een massa van $5,972 \cdot 10^{24}$ kg. De aarde

bestaat voor een groot deel uit ijzer. Zie figuur 2.7.

d Bereken hoe groot de massa van het ijzer in de aarde is.

e Bereken het aantal ijzeratomen in de aarde.

19

Er bestaan kunstmatige elementen die nog zwaarder zijn dan plutonium. Deze elementen worden in een laboratorium gemaakt door atomen van andere elementen met hoge snelheid op elkaar te schieten. De nieuwe elementen die ontstaan zijn instabiel en hebben een kleine halveringstijd.

Leg uit dat je deze elementen nooit van nature op aarde zult vinden.

Boek HAVO

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.2 Het atoom

Je kunt nu

- uitleggen waaruit een molecuul is opgebouwd en wat een element is;
- uitleggen wat de begrippen instabiliteit en radioactiviteit betekenen;
- uitleggen wat het verschil is tussen een chemische reactie en een kernreactie;
- uitleggen wat de verschillen zijn tussen α -straling, β -straling en gammastraling;
- rekenen met het begrip halveringstijd.

§ 2.3 Gevaren van straling

Als vuistregel kun je stellen dat de deeltjes of straling volledig wordt tegengehouden door:

alfadeeltjes: een vel papier

betadeeltjes: een plaat aluminium van 1 mm dik

gammastraling: een muur van beton van 1 m dik

Gammastraling: elk materiaal heeft een **halveringsdikte** waar precies de helft van de straling nog doorheen komt:

Bordoefening 8:



materiaal	halveringsdikte
lucht	91 m
water	98 cm
hout	29 cm
beton	4,6 cm
staal	2,5 cm
lood	0,89 cm

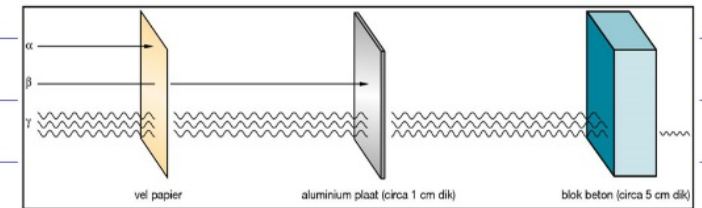
2.11 De halveringsdikte voor gammastraling van verschillende materialen

a) 50%

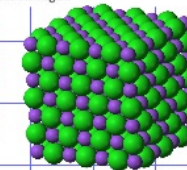
b) 12,5%

c) 12,5%

Hoofdstuk 2: Straling



2.10 Een vel papier kan alfadeeltjes al tegenhouden, gammastraling heeft een veel groter doordringend vermogen.



Bordoefening 8: Je hebt een gaaf vat kernafval gestolen dat vooral gammastraling uitzendt. Je wilt dit thuis bewaren in een kamer die je met stalen platen bekleedt. Reken uit hoeveel % van de stralingsintensiteit die het vat uitzendt je nog meet achter:

a) 2,5 cm staal

b) 7,5 cm staal

c) een muur van 5,0 cm staal en 4,6 cm beton.

2x

↑

1x

↑

3x

Bordoeffening 9: Je buurman experimenteert met radioactieve stoffen en je wilt je huis van extra beplating voorzien om jezelf te beschermen. Je muren zijn van beton dat 4,6 cm dik is. Bereken hoeveel cm je van deze stoffen nodig hebt om te zorgen dat je muren nog maar 6,25% van de invallende straling doordringen.

- a) hout b) beton c) lood

a) 3x 29 cm
dus 87 cm

b) 3x 4,6 cm
dus 13,8 cm

100% 50% 25% 12,5%

c) 3x 0,89 cm
dus = 2,67 cm

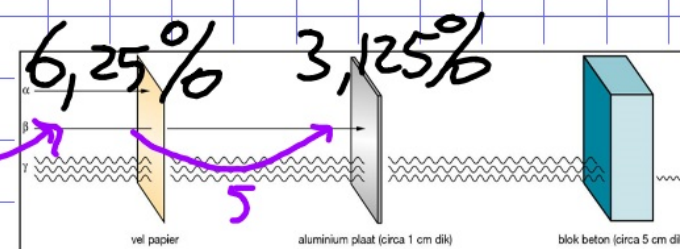
Bordoeffening 10: Bereken hoeveel % van de invallende straling nog doorgelaten wordt door een drielaags-muur die bestaat uit 9,2 cm beton, 29 cm hout en 2,67 cm lood.



dus 1,56%

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.3 De gevaren van straling

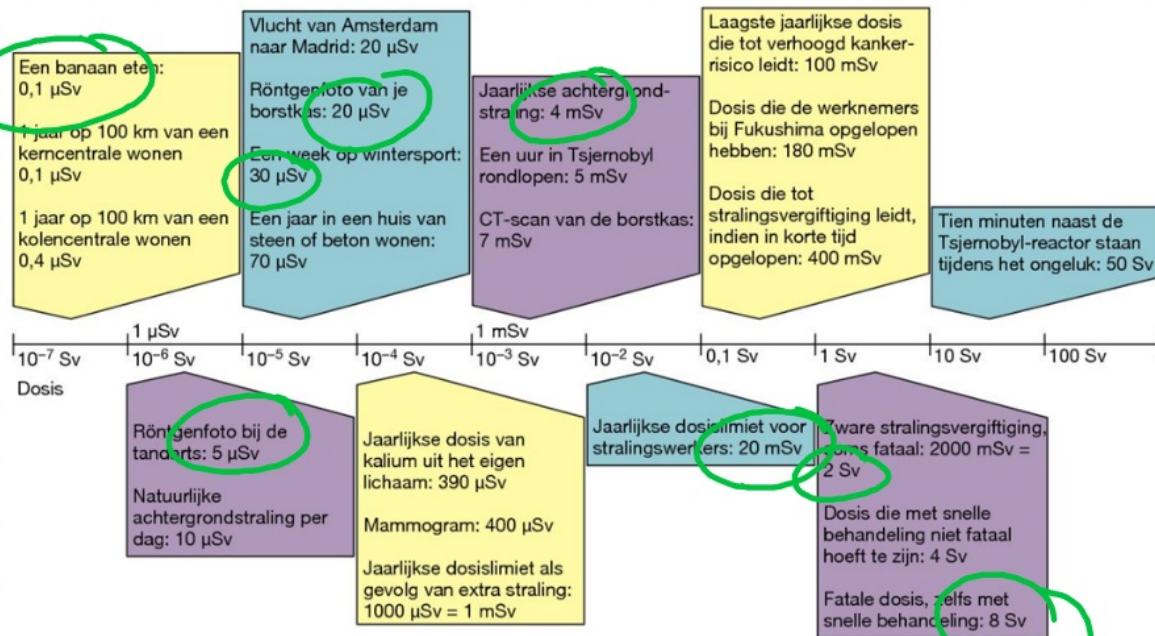


2.10 Een vel papier kan alfadeeltjes al tegenhouden, gammastraling heeft een veel groter doordringend vermogen.

materiaal	halveringsdikte
lucht	91 m
water	98 cm
hout	29 cm
beton	4,6 cm
staal	2,5 cm
lood	0,89 cm

2.11 De halveringsdikte voor gammastraling van verschillende materialen

De hoeveelheid straling die je ontvangt als je blootgesteld bent geweest aan een radioactieve bron heet de **stralingsdosis** (eenheid: *sievert*).



2.13 Verschillende activiteiten en de bijbehorende dosis

Let op: houd deze termen goed uit elkaar:

besmetting vs bestraling;

activiteit vs dosis vs hoeveelheid overgebleven instabiele kernen;

halfwaardetijd vs halveringsdikte;

doordringend vermogen vs ioniserend vermogen

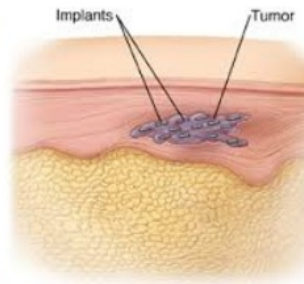
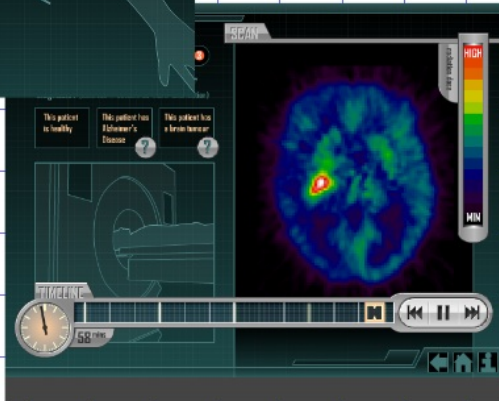
Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.3 De gevaren van straling



Let op het verschil tussen ioniserend vermogen en doordringend vermogen:

	ioniserend vermogen (schade)	doordringend vermogen
alfadeeltjes	groot	klein
bètadeeltjes	medium	medium
röntgen/ gammastraling	laag	groot



Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.3 De gevaren van straling

Bordoefening 10: Van deze isotopen, welke zou het meest geschikt zijn om:

Radioactieve isotoop	Soort straling	Halfwaardetijd
Radon-222	alfa	4 dagen
Americum-241	alfa	433 jaar
Zwavel-35	beta	88 dagen
Waterstof-3	beta	12 jaar
Thallium-201	gamma	3 dagen
Kobalt-61	gamma	5 jaar

a. Als tracer te gebruiken bij onderzoek naar een tumor bij een patient?

☒ b. Om in een papierfabriek de dikte van vloeipapier continu te meten.

☒ c. Om bij een patient een tumor van binnenuit te bestralen?

2.3 Opdrachten

A 21 M

- a Wat betekent het begrip doordringend vermogen?
b Welke straling heeft het grootste doordringend vermogen?

A 22 M

- a Noem drie manieren om je tegen straling te beschermen.
b Wat heb je nodig om bètastraling tegen te houden?
c Moet je je extra beschermen tegen alfastraling?

B 23 M

Bi het werken met straling wordt er voor bescherming soms gekozen voor een dikke glazen ruit. Leg uit met welke soorten straling je dan veilig kunt werken.

R 24 M

Een banaan bevat 500 mg kalium, 0,011% van het kalium is radioactief. Is het eten van een banaan gevaarlijk? Gebruik in je antwoord de termen besmetting en bestraling.

B 25

Op de radiologische afdeling van ziekenhuizen dragen de artsen een stralingsbadge. Het is een plastic omhulsel met een stukje fotopapier dat verkleurt als er straling op valt.

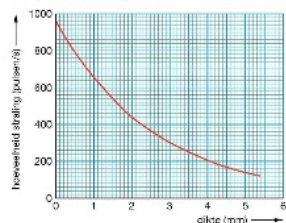


- a Leg uit of de dosismeter geschikt is om alfastraling te detecteren.
b Kan een dosismeter je op tijd waarschuwen als je in een ruimte met veel straling bent?

B 26

Carel en Nico voeren een proef met een radioactieve bron en plaatjes aluminium uit. Ze meten bij verschillende diktes van het aluminium de hoeveelheid straling. Ze zetten hun resultaten in een diagram.

a Bepaal de halveringsdikte.



- b Lees in het diagram af welke dikte nodig is om de helft van de helft door te laten (dus een kwart van de beginwaarde).
c Leg uit welke dikte een aluminiumplaat moet hebben om 1/16 deel van de straling achter de plaat te laten.

B 27

In figuur 2.13 vind je een aantal activiteiten en de dosis die je hierbij oploopt.

- a Leg uit dat de ontvangen stralingsdosis tijdens een vliegtuig lager is voor iemand die zwaarder is.
b Bereken hoe vaak je een foto bij de tandarts kunt laten maken voordat je aan de dosislimiet zit.

Koolstof bestaat voor een klein gedeelte uit radioactief koolstof.

- c Leg uit waarom je minder dosis oploopt 100 km naast een kerncentrale dan naast een kolencentrale.

Het radioactieve gas radon ontstaat in steen en beton na het verval van andere elementen.

- d Leg uit waarom je de kruipruimte onder een huis goed moet ventileren en er niet te lang in mag blijven.

B 28

In 1917 wist men nog niet veel over de gevaren van radioactiviteit. Om horloges zonder batterij licht te laten geven werd verf gebruikt waarin de bètastraler radium zat.

Meisjes in de fabriek deden dit precisiewerk met de hand. Ze likten aan het penseel om een scherpe punt te krijgen.

- a Is dit werk gevaarlijk voor de meisjes?
b Loopt de drager van het horloge gevaar?

Maak opg. 24, 25, 26, 27 en 33.

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.3 De gevaren van straling

Let op: houd deze termen goed uit elkaar:

besmetting vs bestraling;

activiteit vs dosis vs hoeveelheid overgebleven instabiele kernen;

halfwaardetijd vs halveringsdikte;

doordringend vermogen vs ioniserend vermogen

C 29

Lees het onderstaande nieuwsbericht.

Brazilië wil muggen steriliseren met gammastraling

Brazilië wil miljoenen muggen die het zikavirus kunnen verspreiden blootstellen aan gammastraling. De mannetjesmuggen worden dan gesteriliseerd zodat ze geen eitjes meer kunnen bevruchten.

De bedoeling is om zo'n 12 miljoen mannetjesmuggen per week te kweken die worden bestraald en vervolgens uitgezet in gebieden waar de mug veel voorkomt. Als ze gepaard hebben, leggen de vrouwtjesmuggen eitjes waar geen nieuwe muggen uitkomen.

Bron: nos.nl

Manon vindt dat het bestralen van muggen geen goed idee is. Gammastraling kan ook voor mensen schadelijk zijn! Julia is het niet met haar eens, de gebruikte straling vormt volgens haar voor mensen geen gevaar.

a Leg uit wie er volgens jou gelijk heeft.

In het dagblad *NRC* stond dezelfde week een cartoon over het bestralen van de muggen, zie de figuur hieronder.

b Op welk effect van straling doelen de cartoontekstenaars?



C 30

Merel merkt op dat iedere keer als ze bij de tandarts een röntgenfoto laat maken, de tandarts bij het röntgenapparaat wegloopt. Ze heeft op school geleerd dat de dosis van een röntgenfoto helemaal niet gevaarlijk is. Ze vraagt zich daarom af waarom de tandarts toch iedere keer wegloopt. Leg uit waarom de tandarts dit doet.

C 31 N

De halveringsdikte van materialen hangt af van de stralingsenergie van de gammastraling. Hoe hoger de stralingsenergie, hoe groter de halveringsdikte. Geef hiervoor een verklaring.

C 32 N

a Bereken hoeveel procent van de gammastraling je tegenhoudt als je de straling door tien halveringsdiktes laat gaan.
b Kun je gammastraling ooit voor 100% tegenhouden?

C 33 N

Afstraling buiten je lichaam is niet zo gevaarlijk. Als je echter een afstraler binnenkrijgt, is dit veel gevaarlijker dan wanneer je een gammastraler binnenkrijgt. Geef hiervoor een verklaring.

+ 34 N

Je kunt straling ook met een geigerteller meten. Elke keer als deze teller straling meet, geeft hij een tik. Als de meter heel veel straling meet, hoor je een krakend geluid; dit zijn heel veel tikken achter elkaar. Sanne doet een proef met een geigerteller en een aantal bakjes met de radioactieve stof radium. Ze komt tot de volgende conclusies:

1. Hoe groter de massa van de stof die ze heeft, hoe meer straling ze meet.
2. De hoeveelheid straling die ze meet, is de volgende dag lager geworden.

a Leg beide conclusies uit.

Sanne neemt vervolgens twee potjes met in elk potje een andere radioactieve stof. Ze wil met de geigerteller bepalen welke stof de kortste halveringstijd heeft.

b Leg uit hoe ze dit kan doen.

Boek VWO

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.3 De gevaren van straling

Maak opg. 24, 25, 26, 27 en 33.

Je kunt nu

- uitleggen wat de schadelijke gevolgen van straling zijn;
- uitleggen hoe je je kunt beschermen tegen straling;
- rekenen met het begrip halveringsdikte;
- uitleggen wat de term stralingsdosis betekent.

2.3 Opdrachten

A 20 M

Op welke twee manieren kun je besmet raken met een radioactieve stof?

A 21

- a Wat betekent het begrip doordringend vermogen?
 b Welke straling heeft het grootste doordringend vermogen?
 c Van welke stofeigenschap hangt het doordringend vermogen van straling in een materiaal af?

A 22 M

a Noem twee nadelige effecten van straling op een menselijke cel.

De hoeveelheid straling geef je aan met de grootte van de stralingsdosis.

- b Geef de definitie van stralingsdosis.
 c Welke eenheid heeft deze grootte?
 d Leg uit wat het begrip dosislimiet betekent.
 e Met welk apparaat kun je de stralingsdosis meten?

A 23

- a Noem drie manieren om je tegen straling te beschermen.
 b Wat heb je nodig om bètastraling tegen te houden?
 c Leg uit voor welke straling een dikke betonnen muur nodig is om deze tegen te houden.

B 24 M

Bij het werken met straling gebruik je als bescherming soms een dikke glazen ruit. Leg uit met welke soorten straling je dan veilig kunt werken.

B 25

Aleksandr Litvinenko werd met een radioactieve stof vergiftigd. Leg uit waarom het zo gevaarlijk is voor je lichaam als je een radioactieve stof binnenkrijgt.

B 26 M

Medewerkers van een kerncentrale dragen vaak een dosismeter om de ontvangen stralingsdosis te bepalen. Er zijn meters voor het detecteren van bèta-, gamma- en röntgenstraling.

- a Leg uit waarom medewerkers van een kerncentrale een dosismeter moeten dragen.

In een dosismeter voor bètastraling bevindt zich een ander materiaal vóór het meetgedeelte dan in een dosismeter voor gammastraling.

- b Leg uit welke eigenschap van het materiaal in de dosismeter voor bètastraling verschilt van het materiaal in de dosismeter voor gammastraling.

B 27

In de tabel hieronder staat aangegeven hoe groot de stralingsdosis is die je oploopt in een aantal situaties.

röntgenfoto bij de tandarts	0,013 mSv per keer
skivakantie	0,03 mSv per week
vliegreis	0,5 mSv per 100 uur
eten	0,4 mSv per jaar

- a Leg uit dat de ontvangen stralingsdosis tijdens een vliegreis lager is voor iemand die zwaarder is.
 b Bereken hoe vaak je een foto bij de tandarts kunt laten maken voordat je aan de dosislimiet zit.

D 28

Het is niet verstandig om je vaak bloot te stellen aan gevaarlijke straling zoals gammastraling. Voor zwangere vrouwen is het nog veel belangrijker om zich zo min mogelijk aan deze vorm van straling bloot te stellen. Leg uit waarom dit voor zwangere vrouwen belangrijker is dan voor niet-zwangere vrouwen.

D 29

Lees het onderstaande nieuwsbericht.

Brazilië wil muggen steriliseren met gammastraling

Brazilië wil miljoenen muggen die het Zika-virus kunnen verspreiden blootstellen aan gammastraling. De mannetjesmuggen worden dan gesteriliseerd zodat ze geen eitjes meer kunnen bevruchten.

De bedoeling is om zo'n 12 miljoen mannetjesmuggen per week te kweken die worden bestraald en vervolgens uitgezet in gebieden waar de mug veel voorkomt. Als ze gepaard hebben, leggen de vrouwtjesmuggen eitjes waar geen nieuwe muggen uitkomen.
 Bron: nos.nl

§ 2.3 De gevaren van straling

Maak opg. 24, 25, 26 en 31.

Manon vindt het bestralen van muggen geen goed idee. Gammastraling kan ook voor mensen schadelijk zijn! Julia is het niet met haar eens. De gebruikte straling vormt volgens haar voor mensen geen gevaar.

a Leg uit wie er volgens jou gelijk heeft.

In het dagblad *NRC* stond dezelfde week een cartoon over het bestralen van de muggen. Zie de figuur hieronder.

b Op welk effect van straling doelen de cartoontekenaars?

FOKKE & SUKKE
BESTRUIJDEN DE ZIKA-MUG



C 30 N

a Leg uit hoe het komt dat bètastraling een groter door-
dringend vermogen heeft dan alfastraling.

Om 90% van een bundel gammastraling tegen te houden,
heb je een laag beton nodig van enkele meters dik.
Je kunt ook 90% tegenhouden met platen lood van in totaal
30 cm dik.

b Leg uit wat je dan kunt zeggen over de dichtheid van
beton in vergelijking met de dichtheid van lood.

C 31

Radioactieve stoffen binnenkrijgen is gevaarlijk. Leg uit
wat daarbij gevaarlijker is voor je gezondheid: stoffen die
gammastraling of stoffen die alfastraling uitzenden?

+ 32 N

Je kunt straling ook meten met een geigerteller: elke keer
als deze teller een alfa-, bèta- of gammadeeltje binnenkrijgt,
geeft hij een tik. Als de mater heel veel straling meet, hoor
je een krakend geluid; dit zijn heel veel tikken achter elkaar.
Sanne doet een proef met een geigerteller en een aantal
bakjes met de radioactieve stof radon. Radon heeft een
heel korte halveringstijd. Sanne komt tot de volgende
conclusies:

1 Hoe groter de massa van de stof die ze heeft, hoe meer
straling ze meet.

2 De hoeveelheid straling die ze meet, wordt steeds lager.

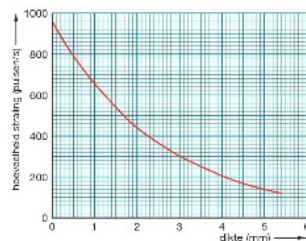
a Leg beide conclusies uit.

Sanne neemt vervolgens twee potjes met in elk potje een
andere radioactieve stof. Ze wil met de geigerteller bepalen
welke stof de kortste halveringstijd heeft.

b Leg uit hoe ze dit kan doen.

+ 33 N

Carel en Nico voeren een proef uit met een radioactieve
bron en plaatjes aluminium. Ze meten bij verschillende dikte
van het aluminium de hoeveelheid straling die er nog door
heen komt. Hun resultaten staan in onderstaand diagram.



a Leg uit waarom de grafiek daalt.

b Lees in het diagram af bij welke dikte de helft van de
oorspronkelijke hoeveelheid straling overblijft.

c Lees in het diagram af welke dikte nodig is om de helft
van de helft door te laten (dus een kwart van de begin-
waarde).

d Leg uit welke dikte een aluminiumplaat moet hebben om
1/16 deel van de straling achter de plaat te meten.

Je kunt nu

- uitleggen wat de schadelijke gevolgen van straling zijn;
- uitleggen hoe je je kunt beschermen tegen straling;
- uitleggen wat de term stralingsdosis betekent;
- uitleggen op welke manieren je straling kunt meten.

Boek HAVO

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.3 De gevaren van straling

Maak opg. 24, 25, 26 en 31.

§ 2.4 Straling gebruiken

Straling van radioactieve bronnen wordt **nuttig gebruikt** in:

Landbouw: fruit en groente worden gesteriliseerd (tegen ongedierte en ongewenst ontspruiten).

Industrie: meten van dikte (papier en staalproductie) en opsporen van lekkage.

Wetenschap: ouderdomsbepaling van weefsels (koolstof-14) en gesteenten.

Gezondheidszorg: tumoren vinden (met tracers) en tumoren bestrijden (stralingsterapie).



Radiotherapie (swf_embedded)

Hoofdstuk 2: Straling



Let op: houd deze termen goed uit elkaar:

besmetting vs bestraling;
activiteit vs dosis vs hoeveelheid overgebleven instabiele kernen;
halfwaardetijd vs halveringsdikte!

2.4 Opdrachten

A 35 M

- a Waarom kun je op een röntgenfoto verschil zien tussen tumorweefsel en gezond weefsel?
 b Wat is een tracer?
 c Leg uit hoe een arts na het inspuiten van een tracer de aangelese cellen kan opsporen.

A 36

- a Welke soorten straling worden gebruikt bij de bestrijding van tumoren?
 b Wat is het belangrijkste voordeel van een inwendige bestraling?
 c Waarom moet de bundel bij uitwendige bestraling goed worden gericht?

B 37

Geef in de onderstaande gevallen aan of de straling bij uitwendige bestraling de tumor kan bereiken.

een tumor in de:	alfa-straling	bèta-straling	gamma-straling
lever			
bot van arm			
huid			
hersenen			

B 38 M

Bij grotere tumoren kun je een röntgenfoto maken, maar voor het opsporen van kleinere tumoren is een CT-scan beter. Leg uit wat het verschil is tussen de röntgenstraling bij een CT-scan en bij een röntgenfoto.

B 39

Bij bestraling van bepaalde tumoren kunnen er brandwonden op de huid ontstaan.
 a Leg uit hoe dat kan gebeuren.

Inwendig bestralen heeft veel voordelen. Je zou je kunnen afvragen waarom artsen niet altijd inwendig bestralen.
 b Leg met een voorbeeld uit waarom inwendige bestraling niet altijd mogelijk is.

Bij een uitwendige bestraling richt je een heel smalle bundel straling op de tumor.
 c Leg uit waarom de bundel zo smal mogelijk moet zijn.

B 40

In het land zijn heel veel gsm-masten te vinden, veel meer dan radiomasten.

- a Waarom zijn er zoveel gsm-masten nodig?
 b Leg uit welk signaal verder komt: een wifi-signaal of een gps-signaal.

Wifi-routers maken gebruik van een 12 cm (2,5 GHz) golf en een 6 cm (5,0 GHz) golf.

- c Leg uit welke golflengte een groter bereik heeft.

Te veel wifi-signalen door elkaar kunnen elkaar gaan storen.

- d Leg uit waarom de 6 cm golf minder last van storing heeft.

Ook met zichtbaar licht kun je communiceren.

- e Leg uit hoe groot het bereik van zichtbaar licht is.

B 41 M

Op het vliegveld wordt je bagage met behulp van röntgenstraling onderzocht op verboden voorwerpen.

- a Leg uit waarom dit handig is.

Ook bij de haven in Rotterdam worden alle containers met dezelfde techniek van röntgenstraling onderzocht. De grote zeecontainers zijn echter van staal gemaakt. Staal kan röntgenstraling behoorlijk goed tegenhouden.

- b In welk opzicht moet de techniek worden aangepast om de containers toch te kunnen doorzoeken?

- c Leg uit waar je meer afstand moet houden: bij een röntgenapparaat in het vliegveld of bij een röntgenapparaat om zeecontainers te controleren?

C 42 M

Bij uitwendige bestraling met gammastraling wordt de tumor meerdere malen onder verschillende invalshoeken van het lichaam bestraald. Leg uit waarom dit wordt gedaan.

C 43

Er wordt weleens gezegd dat straling levensbedreigend is, maar tegelijk levensreddend. Leg uit dat deze uitspraak klopt.

C 44

Met een echoscoop kun je ook in je lichaam kijken, je maakt dan een echogram. Op de foto op de volgende bladzijde zie je zo'n echogram.

- a Leg uit hoe je een echogram maakt.

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.4 Straling gebruiken



Met een CT-scan kun je ook heel goed in je lichaam kijken.
b Leg uit waarom men vooral bij zwangere vrouwen ervoor kiest om een echogram te maken en geen CT-scan.

C 45
Patienten met schildklierkanker krijgen radioactief jodium toegediend om de kanker inwendig te bestralen. Deze patiënten moeten naar een speciale wc waar hun urine en ontlasting worden opgevangen en opgeslagen. Deze urine en ontlasting mogen pas na enkele weken het riool in. Leg uit waarom een ziekenhuis dit moet doen.

C 46
Jelle moet een foto van zijn blaas laten maken. Tijdens het maken van de foto krijgt hij een loden zakje (thoraportemonnee) om zijn teeballen. Leg uit waarom de arts dat doet.

C 47
Een patiënt die een uitwendige bestraling heeft ondergaan gaat na de behandeling gewoon naar huis. Er zijn geen gevolgen voor de anderen in het gezin. Dat is bij een inwendige bestraling niet zo, want dan blijft de patiënt in de behandelruimte en mogen gezinsleden niet bij de patiënt in de buurt komen.
a Waarom is uitwendige bestraling voor gezinsleden niet gevaarlijk?
b Waarom is inwendige bestraling voor gezinsleden wel gevaarlijk?

+ 48
Buerracar maakt gebruik van radarsignalen om regenwolk te volgen. De straling reflecteert tegen de regenwolk en wordt bij het radarstation weer opgevangen.
a Zoek op van welke stralingsoort radar gebruikmaakt.
b Hoe kun je de afstand tussen het radarstation en de regenwolk bepalen?

Water kan de straling goed absorberen.
Kies het juiste antwoord.
c De intensiteit van de straling bij een teruggekaatst signaal van een regenwolk is: lager / gelijk / hoger dan bij een gewone wolk.
d De stralingsenergie van de straling bij een teruggekaatst signaal van een regenwolk is: lager / gelijk / hoger dan bij een gewone wolk.

+ 49
Om straling te ontvangen moet de bron een afmeting hebben die vergelijkbaar is met een vierde of een achtste van de golflengte.
a Maak een schatting van de lengte van de radioantenne van een auto.
b Hoe groot is de golflengte van de straling die hiermee is op te vangen?

FM frequenties liggen rond de 90 MHz. Om een frequentie om te rekenen naar een golflengte kun je de volgende formule gebruiken: $\text{golflengte} = \frac{3 \cdot 10^8}{\text{frequentie}}$

c Ga na of de antenne inderdaad in staat is de FM-radio te ontvangen.

In de films kan Superman met zijn ogen röntgen- en gammastraling zien.

d Ga met behulp van figuur 2.1 na of de cellen in de ogen van Superman werkelijk in staat zijn deze straling te zien.

Boek VWO

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.4 Straling gebruiken

Je kunt nu

- beschrijven hoe straling in de communicatie, in het onderzoek en voor de behandeling van tumoren wordt gebruikt;
- uitleggen waar het bereik van straling van afhangt;
- uitleggen op welke manieren enkele medische apparaten straling gebruiken.

2.4 Opdrachten

§ 2.4 Straling gebruiken

A 34 M

- a. Waarom kun je op een röntgenfoto verschil zien tussen botten en ander weefsel?
 b. Wat is een tracer?
 c. Leg uit hoe een arts na het insluiten van een tracer de aangestaste cellen kan opsporen.

A 35

- a. Geef twee voorbeelden van stralingssorten die je gebruikt voor communicatie.
 b. Geef bij de stralingssorten uit a twee voorbeelden van hoe je de straling gebruikt.

A 36 M

Geef twee voorbeelden van hoe je γ -straling gebruikt voor onderzoek.

A 37

- a. Welke soorten straling gebruik je bij de bestrijding van tumoren?
 b. Wat is het belangrijkste voordeel van een inwendige bestraling?
 c. Waarom moet je de bundel bij uitwendige bestraling goed richten?

B 38

Vul de onderstaande tabel volledig in. Geef in elk van de gevallen aan of de straling een tumor kan bereiken bij uitwendige bestraling.

een tumor in de:	alfastraling	bètastraling	gammastraling
lever			
bot van arm			
huid			
hersenen			

B 39 M

Bij grotere tumoren kun je een röntgenfoto maken, maar voor het opsporen van kleinere tumoren is een CT-scan beter. Leg uit wat het verschil is tussen de röntgenstraling bij een CT-scan en bij een röntgenfoto.

B 40

Bij bestraling van bepaalde tumoren kunnen er brandwonden op de huid ontstaan.

- a. Leg uit hoe dat kan.

Inwendig bestralen heeft veel voordelen. Je zou je kunnen afvragen waarom artsen niet altijd inwendig bestralen.

- b. Leg door middel van een voorbeeld uit waarom inwendige bestraling niet altijd mogelijk is.
 Bij een uitwendige bestraling richt je een heel smalle bundel straling op de tumor.

c. Leg uit waarom de bundel zo smal mogelijk moet zijn.

E 41

In Nederland zijn heel veel gsm-masten te vinden, veel meer dan radiomasten.

- a. Waarom zijn er zo veel gsm-masten nodig?
 b. Leg uit welk signaal verder komt: een wifi-signaal of een gps-signaal.

Ook met zichtbaar licht kun je communiceren.

- c. Leg uit hoe groot het bereik van zichtbaar licht is.

E 42 M

Overal op de wereld worden containers in havens met röntgenapparatuur gecontroleerd.

- a. Leg uit waarom dit handig is.

Staal is een materiaal dat röntgenstraling kan tegenhouden.

- b. Leg uit waarom de metalen buitenkant van de container toch geen probleem vormt voor het maken van de beelden in de container.
 c. Leg uit waar je meer afstand moet houden: bij een röntgenapparaat in een ziekenhuis of bij een röntgenapparaat om containers te controleren?

C 43

Met een echoscoop kun je ook in je lichaam kijken; je maakt dan een echogram. Op de foto hierna zie je zo'n echogram.

- a. Leg uit hoe je een echogram maakt.

Maak opg. 34, 35 en 37.



Met een CT-scan kun je ook heel goed in je lichaam kijken.
b Leg uit waarom niet vooral bij zwangere vrouwen ervoor kiest om een echogram te maken in geen CT-scan.

C 44
Als een arts je lichaam onderzoekt met behulp van een tracer, spuit hij radioactieve stof in je bloedbaan. De tracer verspreidt zich dan over het hele lichaam. Je wordt op dat moment besmet met een radioactieve stof. Is dat niet schadelijk voor je lichaam? Leg je antwoord uit.

C 45
Jefe moet een foto van zijn blaas laten maken. Tijdens het maken van de foto krijgt hij een loden zaakje (loodportemonnee) om zijn teelballen. Leg uit waarom de arts dat doet.

C 46
Er wordt wel eens gezegd dat straling levensbedreigend is, maar tegelijk levensreddend. Leg uit dat deze uitspraak klopt.

C 47
Een patiënt die een uitwendige bestraling heeft ondergaan, gaat na de behandeling gewoon naar huis. Er zijn geen gevolgen voor de anderen in het gezin. Dat is bij een inwendige bestraling niet zo, want dan blijft de patiënt in de behandelruimte en mogen gezinsleden niet bij de patiënt in de buurt komen.

- a Waarom is de uitwendige bestraling voor gezinsleden niet gevaarlijk?
b Waarom is inwendige bestraling voor gezinsleden wel gevaarlijk?

+ 48
Een manier om met zichtbaar licht te communiceren is het gebruik van morsecodes. Je kunt in morsecode seinen door bijvoorbeeld met een lamp te knipperen.
a Leg uit wat het bereik van deze manier van communiceren is.
b Zoek op wat de morsecode '.....' betekent.
c Zoek op hoe je 'AUB' in morsecode seint.

+ 49
In het ziekenhuis is het ook mogelijk om een scan te maken met een MRI-scanner.
a Zoek op wat de term 'MRI' betekent.

Met een MRI-scanner kun je erg goed waterstofatomen weergeven. Deze scanner kan dus aangeven op welke plekken zich veel water bevindt.
Hieronder zie je twee resultaten van een scan. De linker is met een CT-scanner gemaakt, de andere met een MRI-scanner. b Leg uit welke scan door een MRI-scanner is gemaakt.



a

b

Boek HAVO

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.4 Straling gebruiken

Je kunt nu

- beschrijven hoe je straling in de communicatie, in onderzoek en voor de behandeling van tumoren kunt gebruiken;
- uitleggen waar het bereik van straling van afhangt;
- uitleggen op welke manieren een aantal medische apparaten straling gebruikt.

Maak opg. 34, 35 en 37.

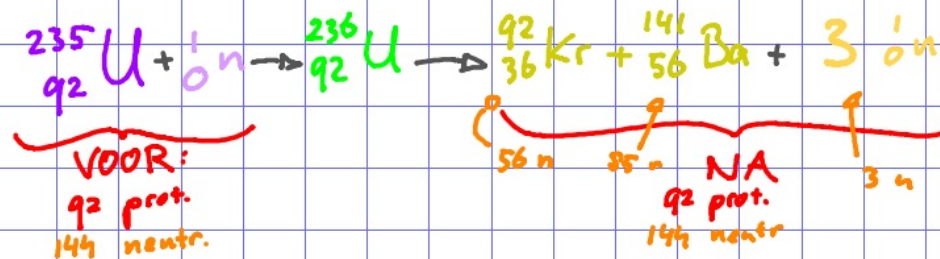
§ 2.5 De kerncentrale

Als grote kernen een neutron opvangen kunnen ze **in tweeën splijten**.

Je kunt van zo'n splijting een **reactievergelijking** opstellen. Voorbeeld:

"Uranium-235 vangt een neutron in en splijt in Krypton-92 en Barium-141".

Reactievergelijking:



Bij zo'n splijting ontstaan:

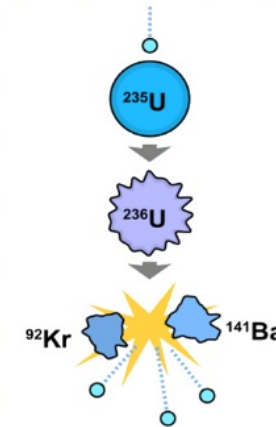
- twee nieuwe, kleinere kernen
- energie (warmte)
- 2 of 3 vrije neutronen

zijn instabiel (radioactief, afval)

wordt gebruikt om water te koken
en zo elektriciteit op te wekken

kunnen weer nieuwe splijtingen veroorzaken
en zo een kettingreactie doen ontstaan

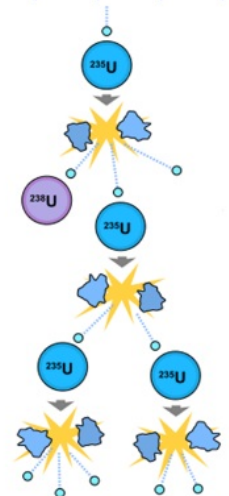
Hoofdstuk 2: Straling



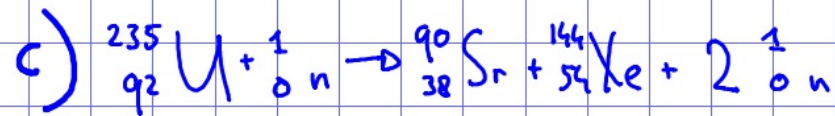
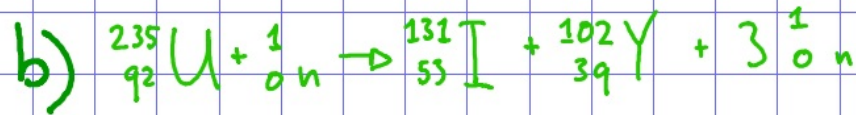
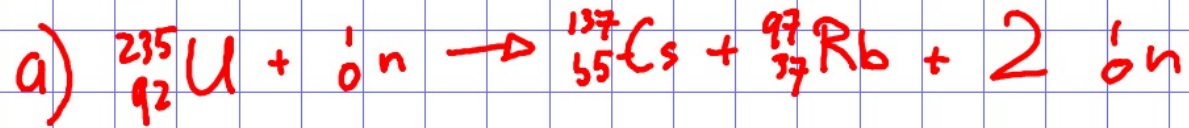
Uraniumsplijting 1

Uraniumsplijting 2

Kettingreactie van splijtingen



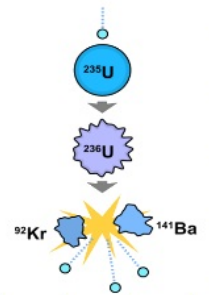
Bordoeffening 4:



Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.5 De kerncentrale

Bordoeffening 4: Stel een reactievergelijking van deze splijtingen op als je weet dat deze producten ontstaan:

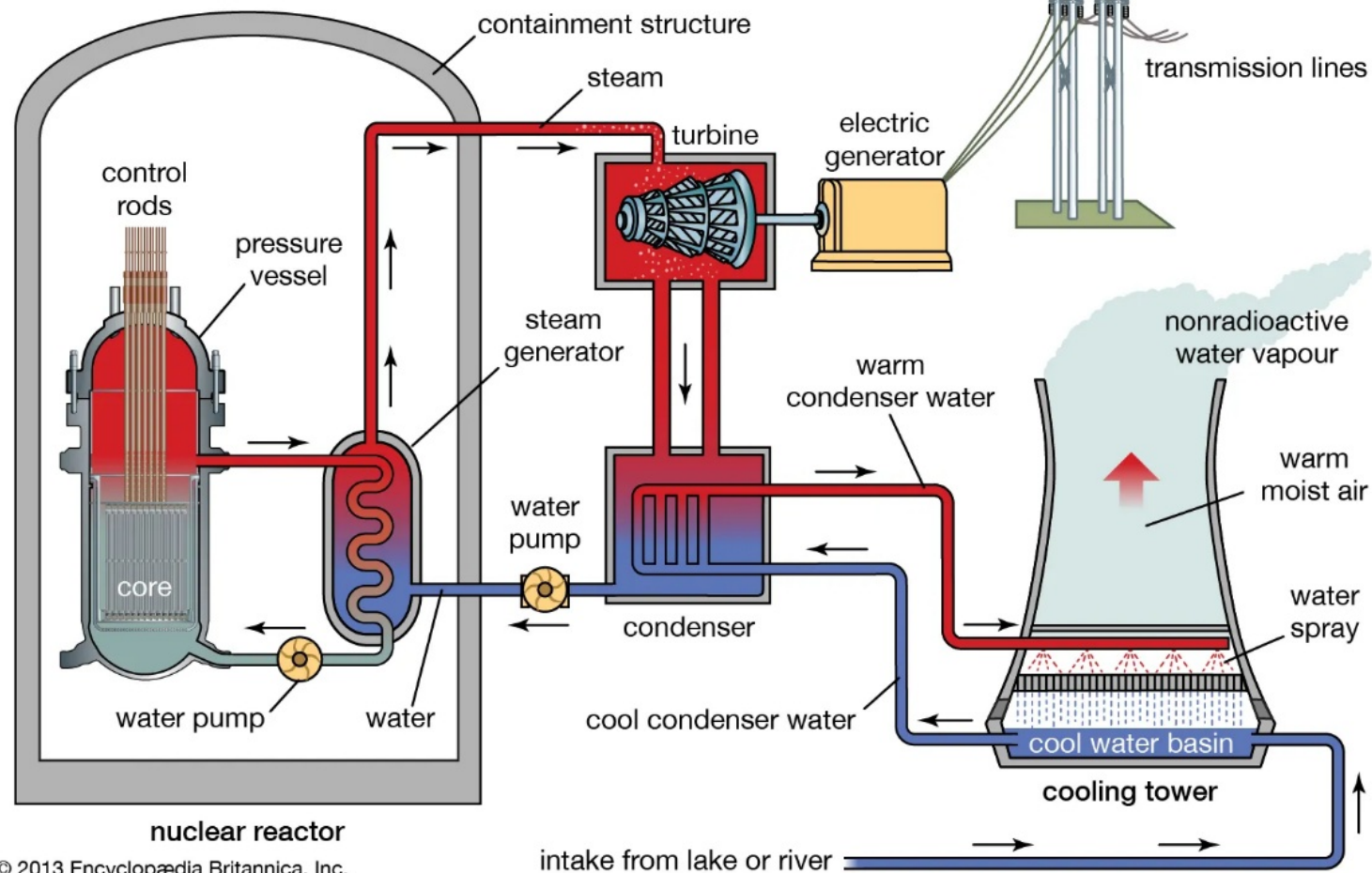


a) Cesium-137, Rubidium-97 en 2 vrije neutronen.

b) ${}^{131}_{53}\text{I}$ en een onbekende andere kern. Er komen drie neutronen vrij.

c) ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ en Xenon-144. Er komt een onbekend aantal neutronen vrij.

Nuclear power plant



© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.5 De kerncentrale

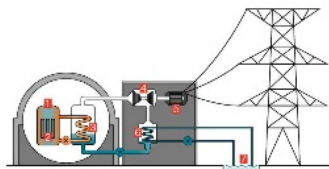
+2.5 Opdrachten

A 50

- a Welk stof is de 'brandstof' in een kernreactor?
 b Leg uit wat een kettingreactie is.
 c Geef aan wat de functie van een regelstaaf is.
 d Wat zal een fusiereactor als afvalstof produceren?

A 51 N

Geef aan hoe de onderdelen bij de nummers 1 t/m 7 in de figuur hieronder heten.



B 52 N

Kernafval kan worden opgeslagen in oude zoutmijnen.

- a Leg uit wat hier een voordeel van is.
 b Leg uit waarom dit geen oplossing is voor het probleem van kernafval.

B 53

In figuur 2.21 zie je een schematische weergave van een kerncentrale.

- a Leg uit waarom je het water uit de reactor gescheiden moet houden van het water dat wordt omgezet in stoom.

Het water dat wordt omgezet in stoom wordt door een pomp rondgepompt.

- b Leg uit wat er kan gebeuren als deze pomp kapotgaat.
 c Leg uit waarin een kerncentrale verschilt ten opzichte van bijvoorbeeld een gasgestookte centrale.

B 54 N

- a Leg uit waarom vee niet meer op het land mag grazen als er een ontploffing in een kerncentrale heeft plaatsgevonden.

b Leg uit of het vee, als het toch op het land graast, wordt bestraald, besmet of dat beide plaatsvindt.

- c Leg uit wat gevaarlijker is voor de consumptie van melk en vlees: besmetting of bestraling?

B 55

De halveringstijd van een radioactieve stof is op geen enkele manier te beïnvloeden. Leg uit waarom dit zo'n groot probleem voor het radioactieve afval is.

B 56

De reactorwand van een fusiereactor wordt ook radioactief. Toch is dit een minder groot probleem dan het kernafval van een kerncentrale. Leg dit uit.

B 57

- a Leg uit wat het verschil is tussen natuurlijk verval en splijting.
 b Leg uit wat de overeenkomst is tussen natuurlijk verval en splijting.

C 58 N

Bij de splijting van een uraniumatoom komt een grote hoeveelheid warmte vrij. Het water in de reactor stijgt daardoor tot temperaturen van wel 300 °C. Maar water kookt al bij 100 °C, hoe kan het dan 300 °C bereiken?

- a Zoek op internet hoe je water bij een hogere temperatuur kunt laten koken.
 b Leg uit wat er dan moet gelden voor de wand van de kernreactor.

C 59 N

Bij de splijting van een uraniumkern komen drie neutronen vrij. De neutronen hebben echter een te hoge snelheid om nog een uraniumkern te splijten. Het uranium is nagenoeg 'transparant' voor de snelle neutronen. Sander vindt dat dit effect lijkt op de halveringsperiode bij gammastraling.

- a Geef een overeenkomst en een verschil van Sanders vergelijking.

Om de neutronen af te remmen wordt een moderator gebruikt. De meest gebruikte moderator is water. De neutronen verliezen in het water snelheid waardoor ze veel beter in staat zijn om het uranium te splijten.

- b Geef een verklaring waarom er altijd meerdere uranium-staven in de reactor moeten zijn.

C 60

Bij natuurlijk verval komen geen neutronen vrij. Leg uit of het mogelijk is om met radioactief radon (een natuurlijke stralingsbron) een kettingreactie op gang te krijgen.

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.5 De kerncentrale

C 61

In 1986 ontplofte de kerncentrale in Tsjernobyl, Oekraïne. De ontplofing ontstond door een combinatie van een ontwerpfout en een menselijke fout. Na een proef konden de regelstaven niet meer goed naar beneden worden gebracht.

- a Leg uit waarom regelstaven in een kernreactor nodig zijn.

Als gevolg van deze fout werd het water in het reactorvat omgezet in stoom.

- b Leg uit hoe dat kan gebeuren.

Door de stoomvorming nam de druk snel toe en ontplofte het dak. De reddingswerkers die op het dak de ontstane brand bestreden, mochten steeds maar een korte periode blussen.

- c Leg uit waarom de reddingswerkers niet lang mochten blussen.

Veel reddingswerkers raakten besmet met radioactieve stoffen. Zelfs als ze maar kort hadden geblijft, bezweken ze uiteindelijk aan de gevolgen van straling.

- d Waarom maakt het bij een besmetting niet uit hoe lang je op het dak hebt gebijst?

C 62

Het opwekken van elektriciteit met behulp van kernenergie heeft voordelen en nadelen.

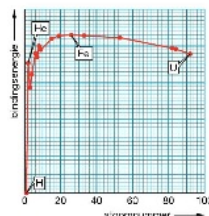
- a Maak een overzicht van drie voor- en nadelen van het gebruik van kernenergie. Geef duidelijk aan welk voor- en welk nadeel voor jou de grootste waarde heeft in het besluit om door te gaan of te stoppen met kernenergie.

Voor meer onderzoek naar een goed werkende fusiereactor zijn vele miljoenen euro's onderzoeksgeld nodig.

- b Geef drie redenen voor- en tegen het onderzoek naar een fusiecentrale.

+ 63 N

In de figuur hierna zie je de bindingsenergie van verschillende atomen. Een stap omhoog levert energie op.



- a Leg aan de hand van de grafiek uit dat de fusie van waterstof tot helium meer energie oplevert dan de splijting van uranium.
- b Leg uit of het mogelijk is om door middel van kernfusie of kernsplijting energie aan licht te onttrekken.
- c Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Geef in de figuur aan welke elementen bij kernfusie energie opleveren en welke bij kernsplijting.

+ C4 N

Bij een vervalreactie is de totale massa voor de reactie groter dan na de reactie. Door dit verschil in massa komt energie vrij. De hoeveelheid energie die vrijkomt, kun je berekenen met de beroemde formule van Einstein: $E = mc^2$. Hierbij is:

- E de energie in J,
m het massaverschil in kg, en
c de lichtsnelheid in m/s, met een waarde van $3,0 \cdot 10^8$ m/s.
- a Bereken hoeveel energie er vrijkomt als 2,0 kg massa wordt omgezet in energie.

Bij het verval van radon ($m = 3,62007 \cdot 10^{-27}$ kg) komt een alfadeeltje vrij en ontstaat de stof polonium met een massa van $3,55347 \cdot 10^{-27}$ kg.

- b Bereken het massaverschil tussen het radon- en het poloniumatoom.
- c Leg uit waarom dit niet het massaverschil van de vervalreactie is.

De energie die vrijkomt bij de reactie is gelijk aan $1,1667 \cdot 10^{-12}$ J.

- d Bereken hiermee het massaverschil vóór en na de reactie.
- e Bereken de massa van het alfadeeltje.

Boek VWO

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.5 De kerncentrale

Je kunt nu

- uitleggen hoe een kerncentrale werkt;
- uitleggen wat kernsplijting en kernfusie is;
- voor- en nadelen van kerncentrales noemen;
- uitleggen welke elementen met kernsplijting en kernfusie energie opleveren.

§ 2.5 De kerncentrale

2.5 Opdrachten

A 50 M

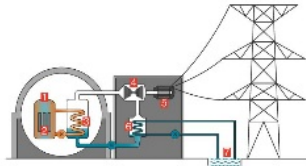
- a Welk stof is de 'brandstof' in een kernreactor?
 b Leg uit wat een kettingreactie is.
 c Geef aan wat de functie van een regelstaaf is.

A 51

- a Noem drie verschillende plekken waar radioactief afval is opgeslagen.
 b Waarom is het afval ingepakt in een vat met een loden en bezonnen wand?

A 52 M

Geef aan hoe de onderdelen bij de nummers 1 t/m 7 in de figuur hieronder heten.



B 53 M

Kernval kan je in oude zoutmijnen opslaan.

- a Leg uit wat hiervan een voordeel is.
 b Leg uit waarom dit geen oplossing is voor het probleem van radioactief afval.

B 54

Hierboven zie je een schematische weergave van een kerncentrale.

- a Leg uit waarom het water dat door de reactor stroomt niet in aanraking komt met het water dat wordt omgezet in stoom.

Een pomp zorgt voor de circulatie van water dat overgaat in stoom.

- b Leg uit wat er kan gebeuren als deze pomp kapotgaat.
 c Leg uit waarin een kerncentrale verschilt ten opzichte van bijvoorbeeld een gasgestookte centrale.

B 55 M

- a Leg uit waarom het vee niet meer op het land mag grazen als er een ontploffing in een kerncentrale heeft plaatsgevonden.
 b Leg uit of het vee, als het toch op het land graast, wordt bestraald, besmet of beide.
 c Leg uit wat gevaarlijker is voor de consumptie van melk en vlees: besmetting of bestraling?

B 56

De halveringstijd van een radioactieve stof is op geen enkele manier te beïnvloeden.
 Leg uit waarom dit zo'n groot probleem is voor radioactief afval.

B 57

In figuur 2.23 zie je een kaartje van de omgeving van Fukushima na de kernramp. De kerncentrale staat direct aan de oceaan.

- a Noem een voordeel van deze locatie.
 b Leg uit waarom deze locatie ook een groot nadeel heeft.
 c Maak een schatting van de windrichting bij Fukushima na de kernramp. Licht je antwoord toe.

B 58

Een atoom kan zowel vervallen als splijten.

- a Leg uit wat het verschil tussen beide termen is.
 b Leg uit waarom neutronen in een kernreactor nodig zijn.

C 59 M

Bij de splijting van een uraniumatoom komt een grote hoeveelheid warmte vrij. Het water in een reactor stijgt daarvoor tot temperaturen van wel 300 °C. Maar water kookt al bij 100 °C, dus hoe kan water dan een temperatuur van 300 °C bereiken?

- a Zoek op internet uit hoe je water bij een hogere temperatuur kunt laten koken.
 b Leg uit wat er dan moet gelden voor de wend van de kernreactor.

C 60

De ontploffing van de kerncentrale bij Tsjernobyl ontstond door een combinatie van een ontwerpfout en een menselijke fout. Na een proef bleek het onmogelijk de regelstaven goed naar beneden te brengen.

- a Leg uit waarom de regelstaven in een kernreactor nodig zijn.

Maak opg. 52, 54, 55 en 57.

Als gevolg van deze fout werd het water in het reactorvat omgezet in stoom.
b Leg uit hoe dat kan gebeuren.

Door de stoomvorming nam de druk snel toe en ontpichte het dak. De reddingswerkers die de ontstane brand bestreden, mochten steeds maar een korte periode blussen.
c Leg uit waarom de reddingswerkers niet lang mochten blussen.

Veel reddingswerkers raakten besmet met radioactieve stoffen. Zelfs als ze maar kort hadden gebust, bezweken ze uiteindelijk aan de gevolgen van straling.

d Waarom maakt het bij een besmetting niet uit hoe lang je hebt gebust?



C 61 N

Het opwekken van elektriciteit met behulp van kernenergie heeft voordelen en nadelen. Een voordeel is dat er weinig koolstofdioxide vrijkomt, waardoor kernenergie geen bijdrage levert aan het versterken van het broeikaseffect. Een nadeel is echter dat het afval zeer lang moet worden opgeslagen in afgegeven opslagplaatsen.

Maak een overzicht van drie voor- en drie nadelen van het gebruik van kernenergie en geef duidelijk aan welk voor- en welk nadeel voor jou de grootste waarde heeft om te besluiten voor te gaan of te stoppen met kernenergie.

+ 62

In onder meer Engeland, Frankrijk en Duitsland doet men onderzoek naar kernfusiereactoren. Bij kernfusie, het samensmelten van twee atomen, komt het als in een normale kernreactor ook erg veel energie vrij.

Zoek op wat de voor- en nadelen zijn van kernfusie ten opzichte van de huidige kernreactoren.

+ 63 N

Bij een vervalreactie is de totale massa voor de reactie groter dan na de reactie. Door dit verschil in massa komt energie komt vrij. De hoeveelheid energie die vrijkomt, kun je berekenen met de beroemde formule van Einstein:

$$E = mc^2$$

Hierbij is:

E de energie in J,

m het massaverschil in kg, en

c de lichtsnelheid in m/s, deze heeft een waarde van $3,0 \cdot 10^8$ m/s.

a Bereken hoeveel energie er vrijkomt als je 2,0 kg massa omzet in energie.

Bij het verval van radon ($m = 3,62007 \cdot 10^{-26}$ kg) komt een alfadeeltje vrij en ontstaat de stof polonium met een massa van $3,55347 \cdot 10^{-26}$ kg.

b Bereken het massaverschil tussen het radon en het poloniumatoom.

c Leg uit waarom dit niet het massaverschil van de vervalreactie is.

De energie die vrijkomt bij de reactie is gelijk aan $1,1667 \cdot 10^{-11}$ J.

d Bereken hiermee het massaverschil vóór en na de reactie.

e Bereken de massa van het alfadeeltje.

Boek HAVO

Hoofdstuk 2: Straling

§ 2.5 De kerncentrale

Je kunt nu

- uitleggen hoe een kerncentrale werkt;
- uitleggen hoe kernsplijding werkt;
- de gevolgen van ongelukken met kerncentrales noemen;
- voor- en nadelen van kerncentrales noemen.

Maak opg. 52, 54, 55 en 57.

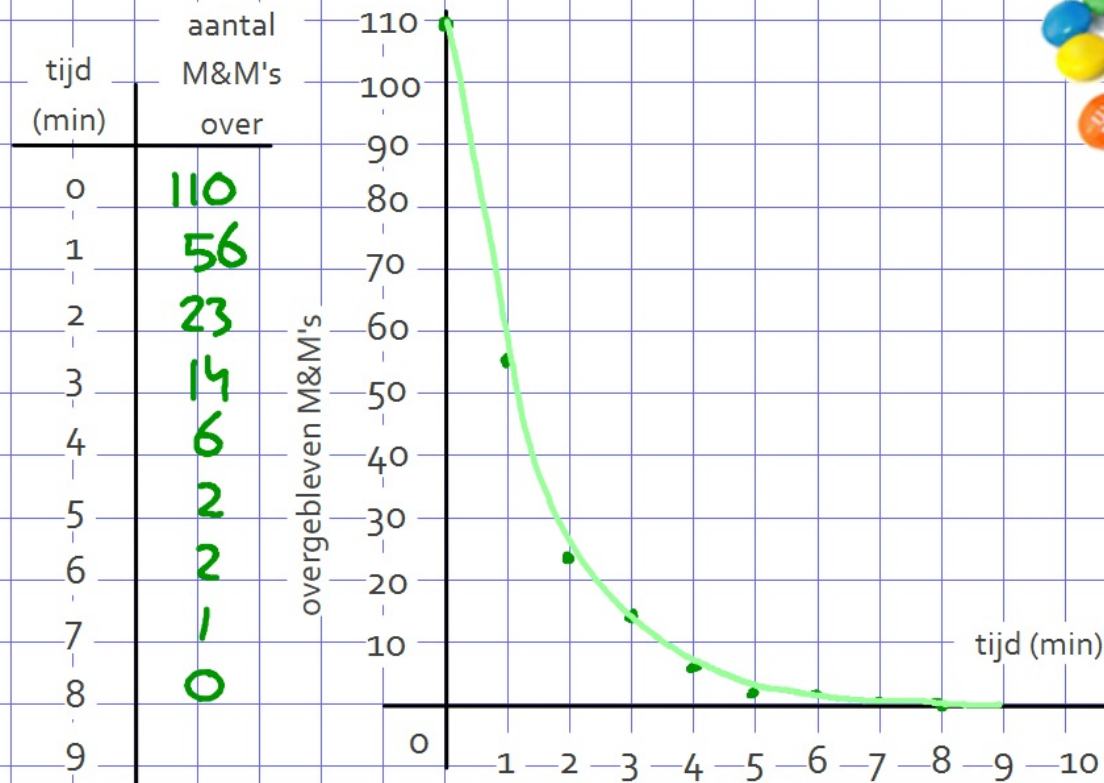
Hoofdstuk 2: Straling

- *Activiteiten* -

Practicum bij §2.2: halfwaardetijd van M&M's

Onderzoeksvraag: De halfwaardetijd van M&M's is een minuut.

Hoe lang duurt het tot alle M&M's vervallen zijn?



Hoofdstuk 2: Straling



Stap 1: tel alle M&M's en doe ze in de beker.

Stap 2: hussel de M&M's gedurende 30 s.

Stap 3: strooi de M&M's uit over de tafel en tel hoeveel er met het logo naar boven liggen. Noteer dit aantal en eet de rest op.

Herhaal: stap 2 en 3 tien keer.

