

Beeldmateriaal

Tomografie /
Zelf aan de slag met grafieken, tekeningen en foto's

Tom Kooij



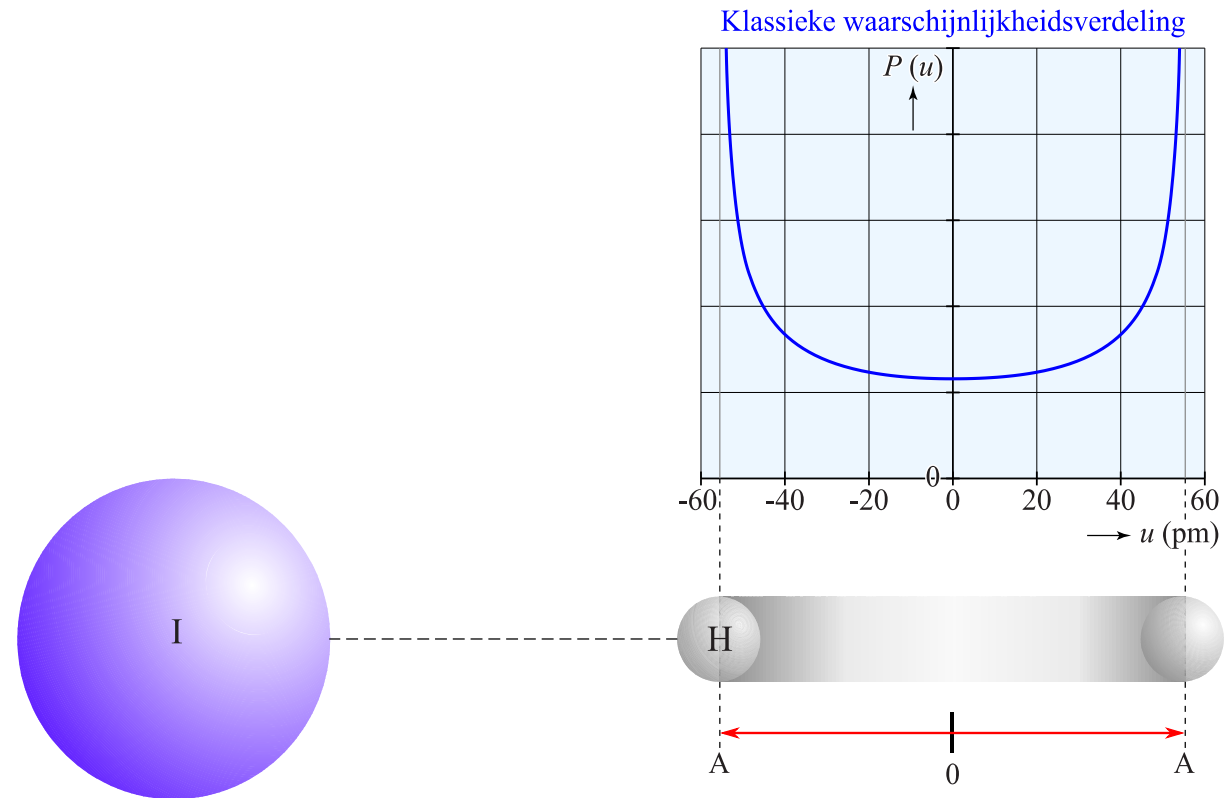
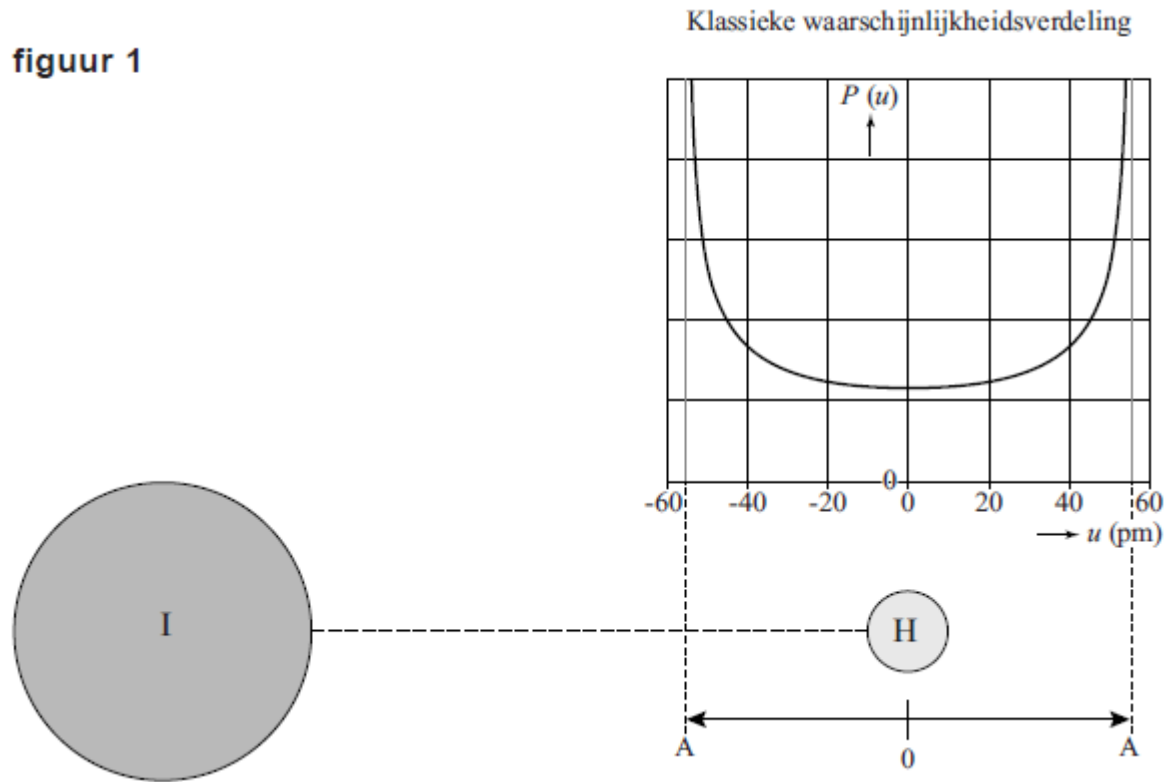
&

Jakob Gillissen

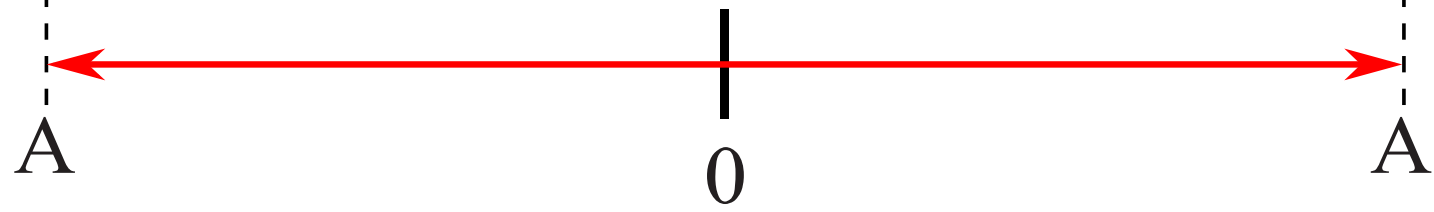
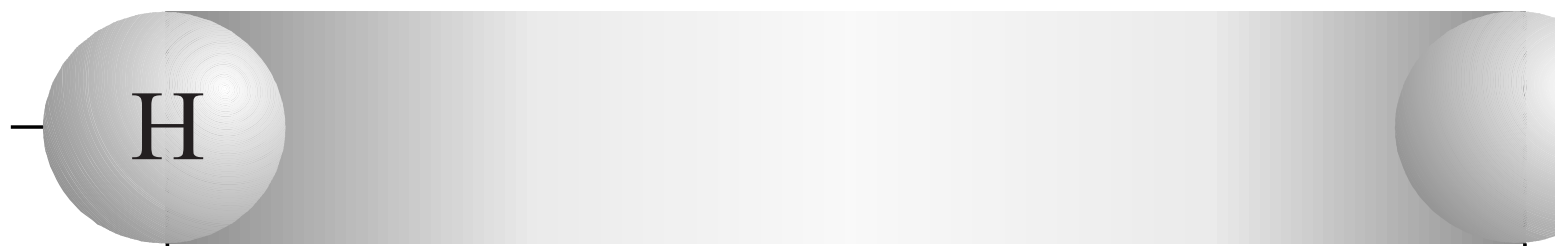
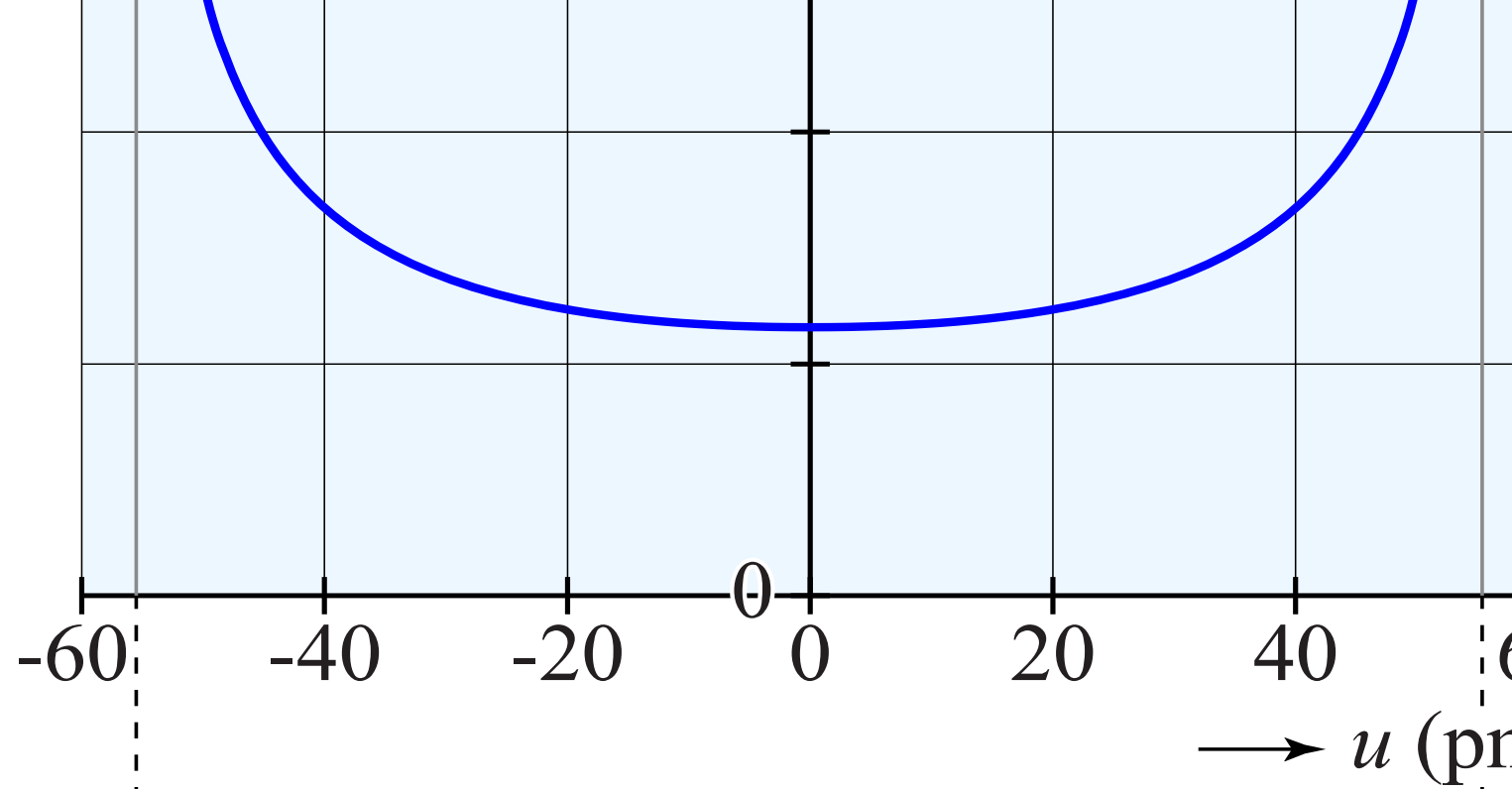
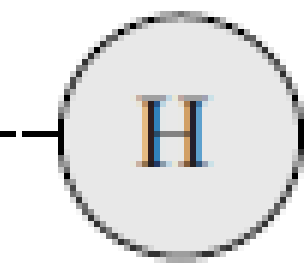
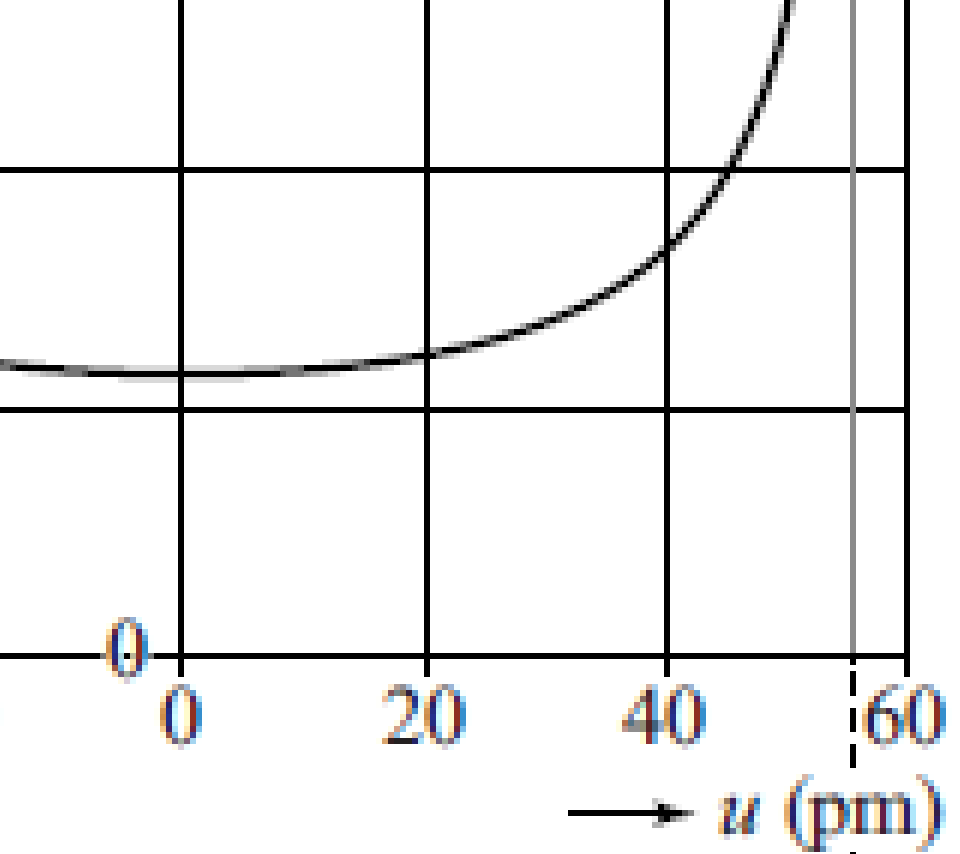


Verschillen? (Examen 2016-I)

figuur 1



Figuur 108



Inhoud workshop

1. Lesmateriaal over tomografie (scans)
2. Aan de slag met 'gereedschappen' voor beeldmateriaal (vijf activiteiten)

Deel 1: Tomografie



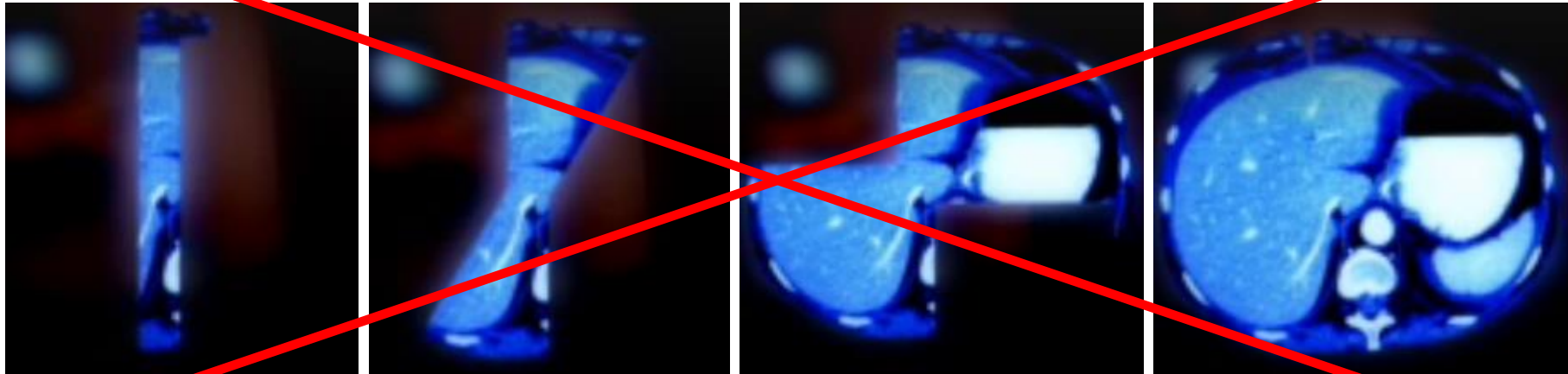
röntgenfoto



CT-scan

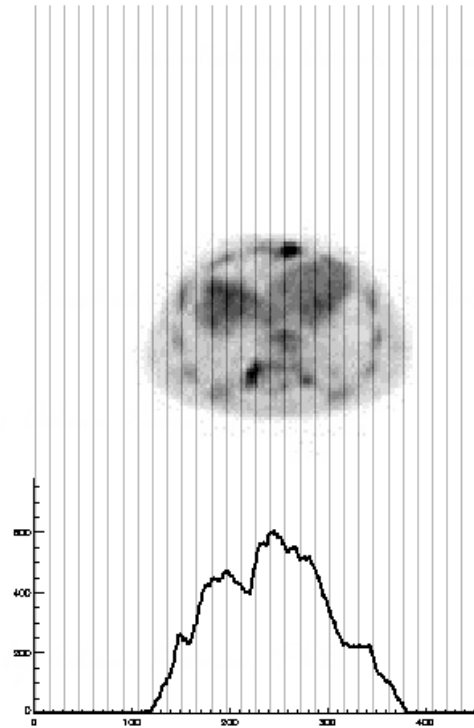
Misconcept

- [SchoolTV over medische beeldvorming \(vanaf 4'00''\)](#)



CT & SPECT: Image acquisition (forward projection)

(True) Emission Volume



intensity profile:



Sinogram (stored data)

Forward
Projection

angle
0 °

Theta (angle)

Rho (offset)

Beeldreconstructie: terugprojectie (back projection)

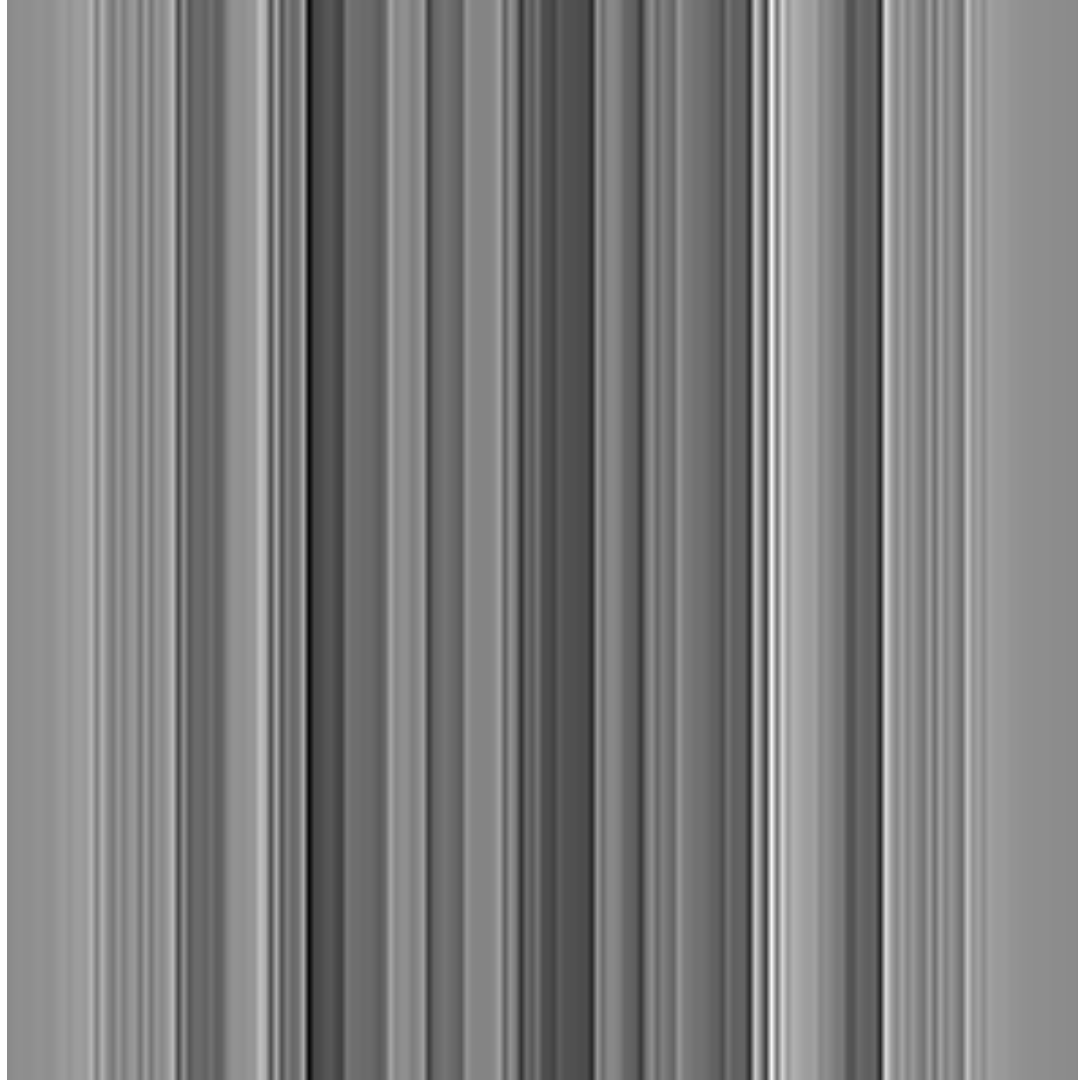


Image space



Sinogram



Theta (angle)



Back Projection Principle
(shown per angle)

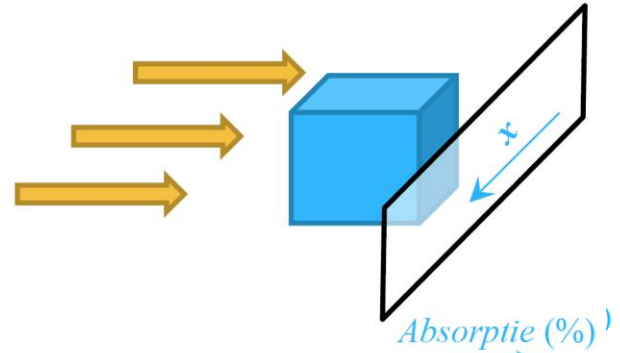
Rho (offset)

Meetgegevens verwerven door voorwaartse projectie (*forward projection*)

Een kubusje wordt bestraald met evenwijdige röntgenstralen.

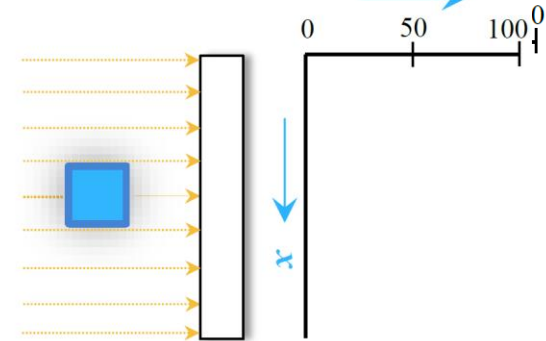
De mate van absorptie van de röntgenstralen door de kubus wordt vastgelegd met behulp van een fotografische plaat. Het resultaat noem je een 'projectie'.

Het maken van een projectie en een absorptieprofiel wordt 'voorwaartse projectie' genoemd.



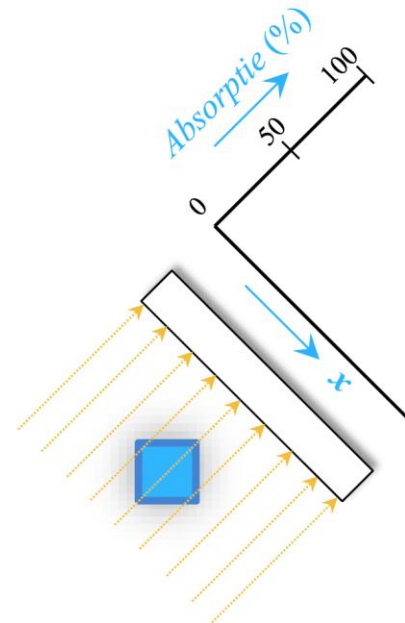
De dikte van de kubus is gelijk aan de halveringsdikte.

- 5 Bereken de mate van absorptie die gemeten wordt achter de kubus.
- 6 Schets de projectie (de mate van zwarting die op de fotografische plaat te zien is in de witte rechthoek in de tekening hiernaast).
- 7 Teken het absorptieprofiel in de grafiek ernaast.



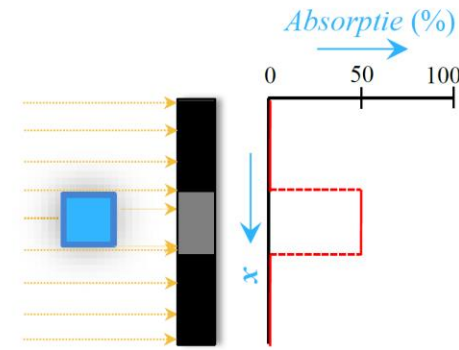
De bundel röntgenstralen wordt 45° linksom gedraaid.

- 8 Bereken de maximale absorptie die gemeten wordt achter de kubus.
- 9 Schets de projectie (de mate van zwarting die op de fotografische plaat te zien is in de witte rechthoek in de tekening hiernaast).
- 10 Schets het absorptieprofiel in de grafiek ernaast.
- 11 * Leg uit waarom de grafiek niet lineair verloopt.



**Meetgegevens verwerven door voorwaartse projectie
(forward projection)**

- 5 Bij 1 halveringsdikte wordt $\left(\frac{1}{2}\right)^1 = 50\%$ doorgelaten, dus wordt 50% geabsorbeerd.
- 6 Zie de figuur hiernaast.
- 7 Zie de figuur hiernaast.



- 8 De maximale absorptie wordt veroorzaakt door het dikste deel: de diagonaal van de kubus.

De lengte van de diagonaal is $\sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} = 1,414$ halveringsdikten.

Via de diagonaal wordt $\left(\frac{1}{2}\right)^{1,414} = 0,38 = 38\%$ doorgelaten, dus $100 - 38 = 62\%$ geabsorbeerd.

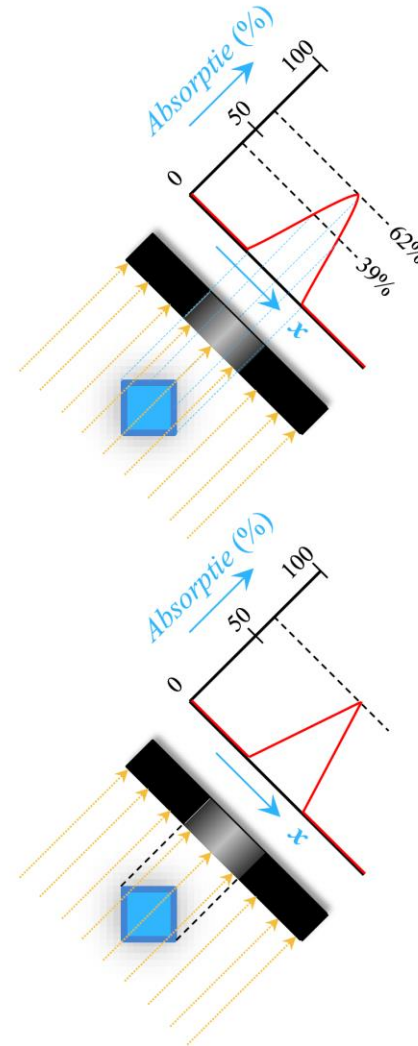
- 9 Zie de figuur hiernaast.
- 10 Zie de figuur hiernaast. Een lineair absorptieprofiel (zoals de onderste grafiek) is niet helemaal juist, zie de volgende vraag.

- 11 De dikte waar de straling doorheen moet neemt lineair toe en af met x , dus je zou kunnen denken dat de absorptie in de grafiek ook lineair toeneemt en afneemt. De absorptie neemt echter niet lineair toe met de dikte.

Waar de dikte gelijk is aan de halve diagonaal, is de absorptie niet 31% (de helft van 62%), maar 39%.

Toelichting: De dikte is dan de helft van de diagonaal, dus $1,414 / 2 = 0,707$ halveringsdikten.

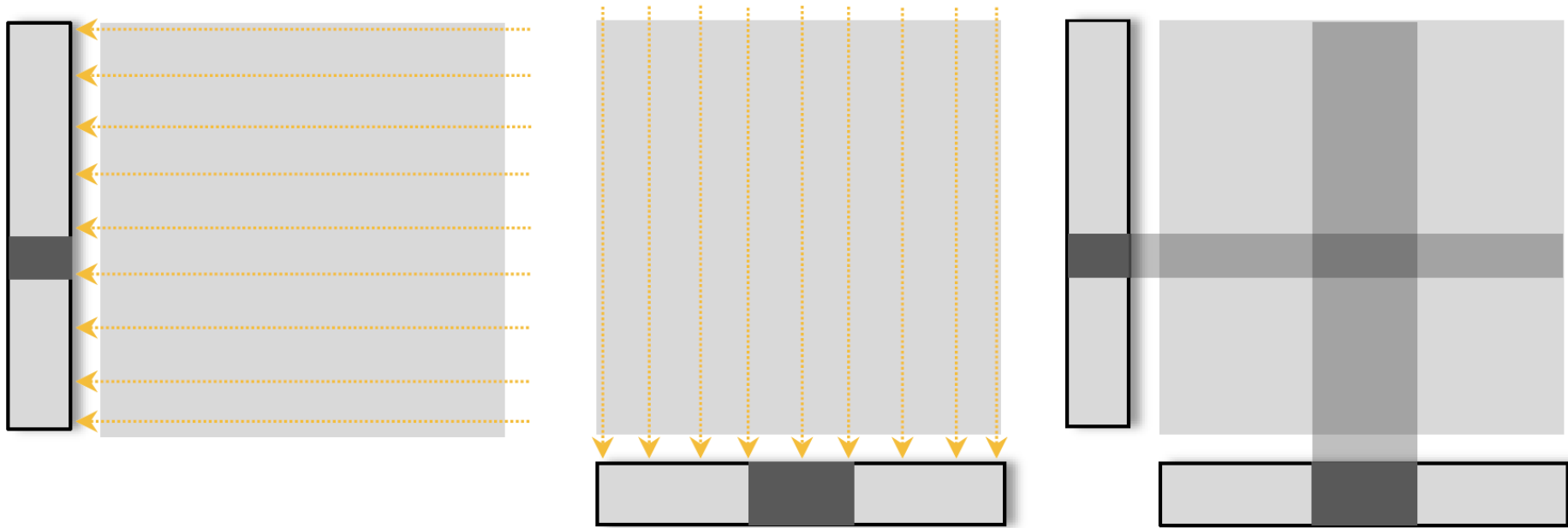
Van de straling wordt $\left(\frac{1}{2}\right)^{0,707} = 0,61 = 61\%$ doorgelaten, dus 39% wordt geabsorbeerd.



Beeldreconstructie door terugprojectie (*back projection*)

In een vierkant voorwerp (het grijze vlak in de afbeelding hieronder) bevindt zich op een bepaalde plek een holte die röntgenstraling *minder* absorbeert.

Om te bepalen waar de holte zich bevindt, wordt eerst de mate van absorptie vanuit twee richtingen gemeten ('voorwaartse projectie'). Op de donkere plek op de strook is *meer* röntgenstraling opgevangen.

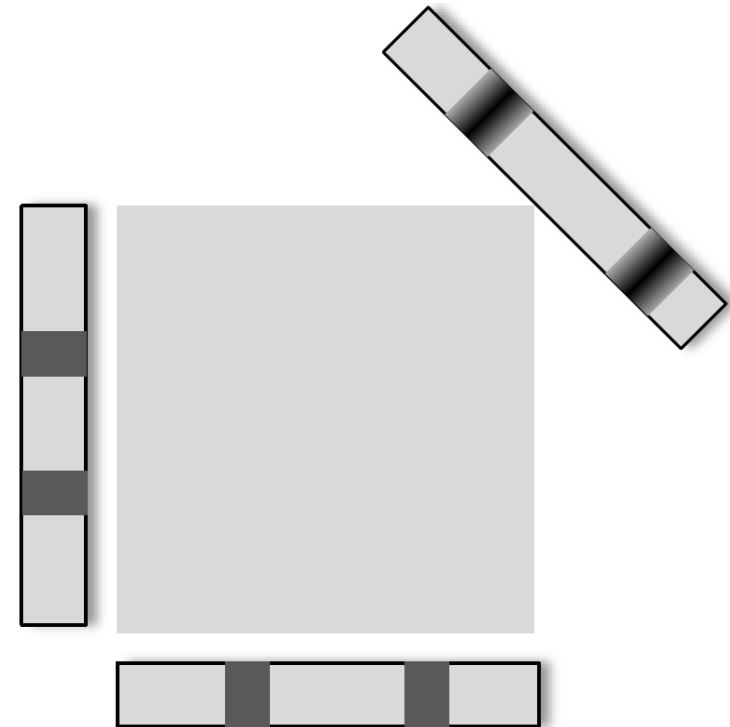
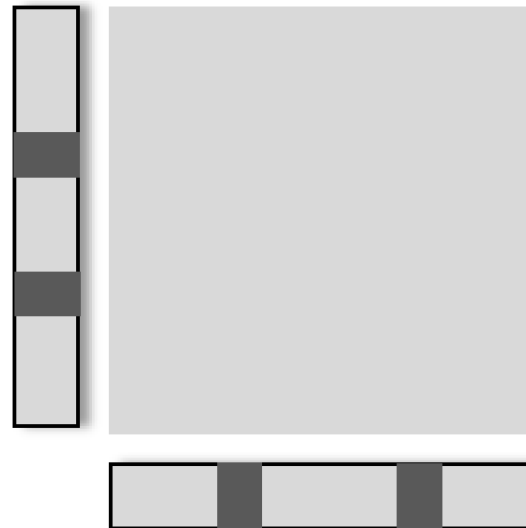
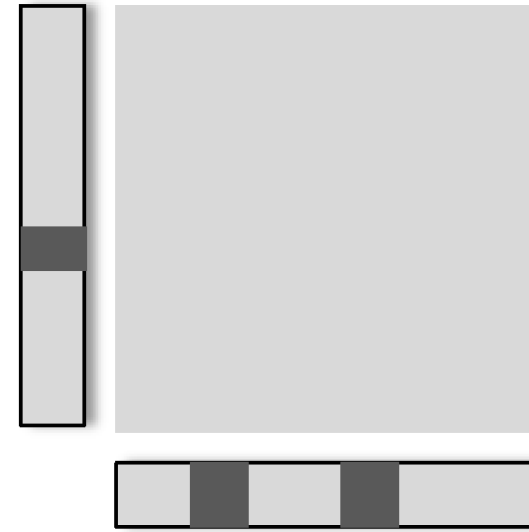


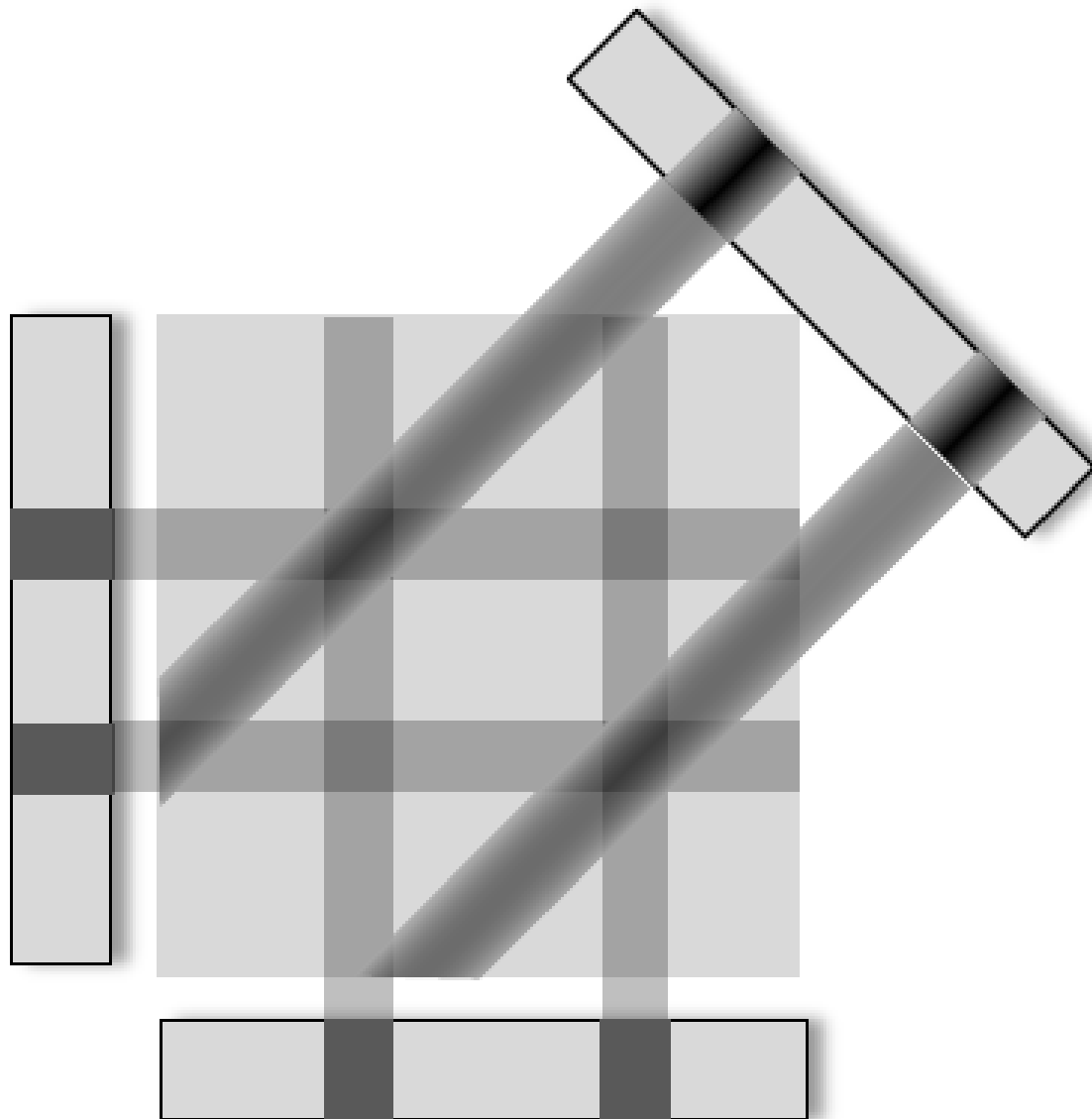
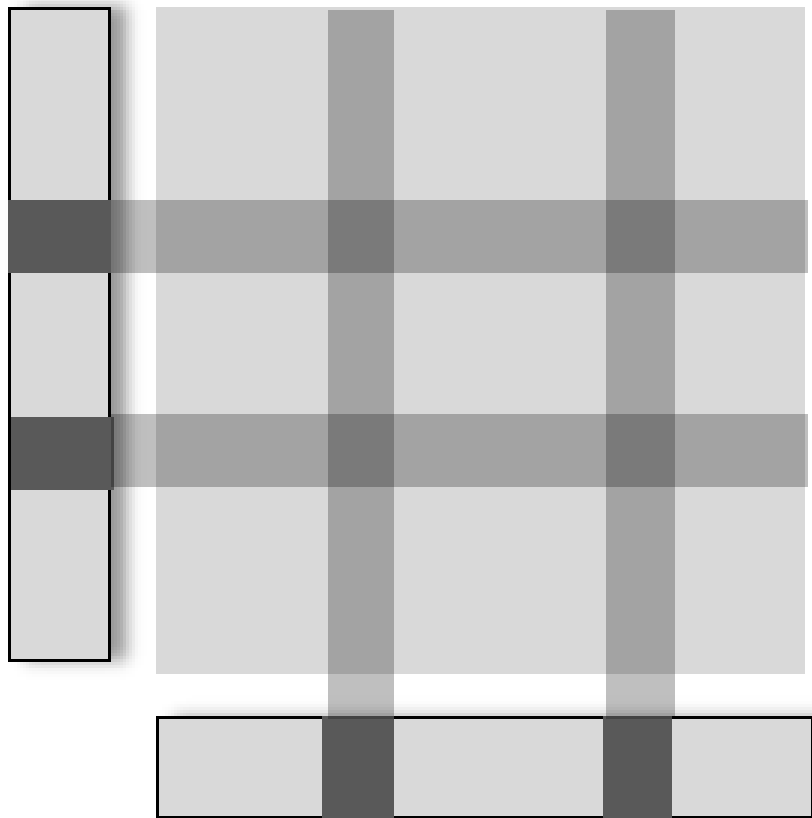
Figuur 13 Links en midden: voorwaartse projectie door middel van röntgenstraling (bepaling van mate van absorptie). Rechts: terugprojectie (beeldvorming).

Door middel van terugprojectie kan vervolgens een beeld gevormd worden van de holte (zie de afbeelding rechts). Bij terugprojectie smeer je de mate van zwarting van de projectie (op de strook) uit over het te vormen beeld. De holte bevindt zich waar de terugprojecties elkaar overlappen.

Hiernaast zijn twee projectiestroken weergegeven van een ander voorwerp.

- 12 Bepaal door middel van terugprojectie hoeveel holtes er zijn en waar ze zich bevinden.
- 13 Leg uit welke complicatie zich voordoet als je in de afbeelding linksonder door middel van terugprojectie de positie van de holtes wilt bepalen.
- 14 Laat zien dat een extra projectiestrook (gemaakt vanuit een andere richting) dit probleem oplost. Zie de afbeelding rechtsonder.
- 15 Leg uit dat je een beter beeld krijgt als je projecties maakt uit zoveel mogelijk richtingen.

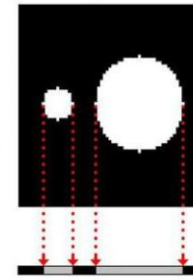




Beeldreconstructie bij een scan

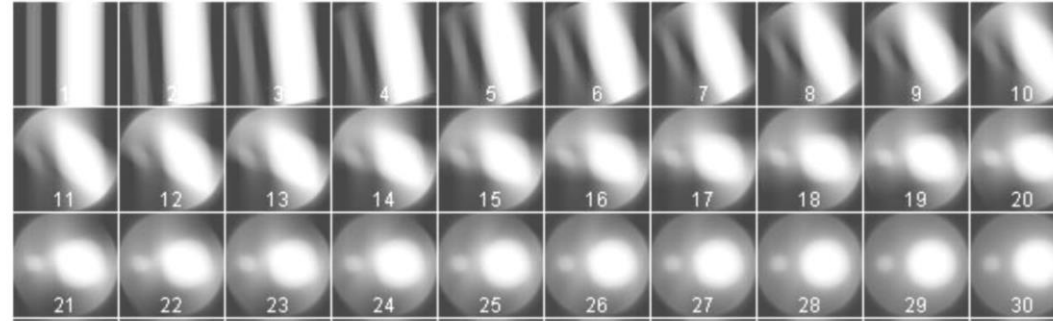
Bij een scan (over 360°) zijn er 60 röntgenfoto's gemaakt van twee cilindervormige objecten. Hiernaast is het eerste röntgenfoto'srookje weergegeven.

Hieronder staat de beeldreconstructie van de eerste dertig röntgenfoto's. In afbeelding 1 zie je de terugprojectie van het röntgenfoto'srookje hiernaast.



- 19 Leg uit hoe deze terugprojectie gemaakt wordt.

In elk volgende plaatje is een terugprojectie vanuit een andere richting toegevoegd. In het laatste plaatje zie je het opgetelde resultaat.

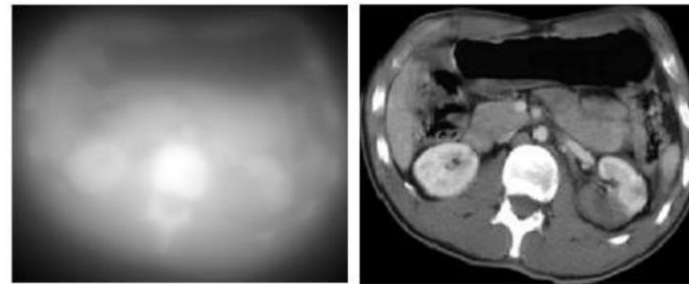


Figuur 3 Bron: http://www.tecn.upf.es/~afrangi/ibi/reconstruction_color_2.pdf

De halo om de twee ronde objecten maakt het beeld vaag. Het is een onvermijdelijke artefact van de terugprojectie (die niet verdwijnt als je projecties toevoegt uit meer richtingen).

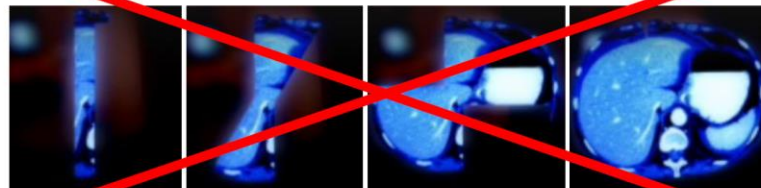
- 20 Leg uit hoe het komt dat deze vaagheid het beeld van een dwarsdoorsnede van het lichaam onbruikbaar maakt. (Zie de linker afbeelding hiernaast.)

Om toch een scherp beeld te krijgen wordt voorafgaand aan de terugprojectie een filter toegepast. Het resultaat van de gefilterde terugprojectie zie je in de rechter afbeelding.



Bij een CT-scan wordt het beeld samengesteld uit smalle röntgenfoto's van de doorsnede (*slice*) vanuit alle richtingen.

In een aflevering van

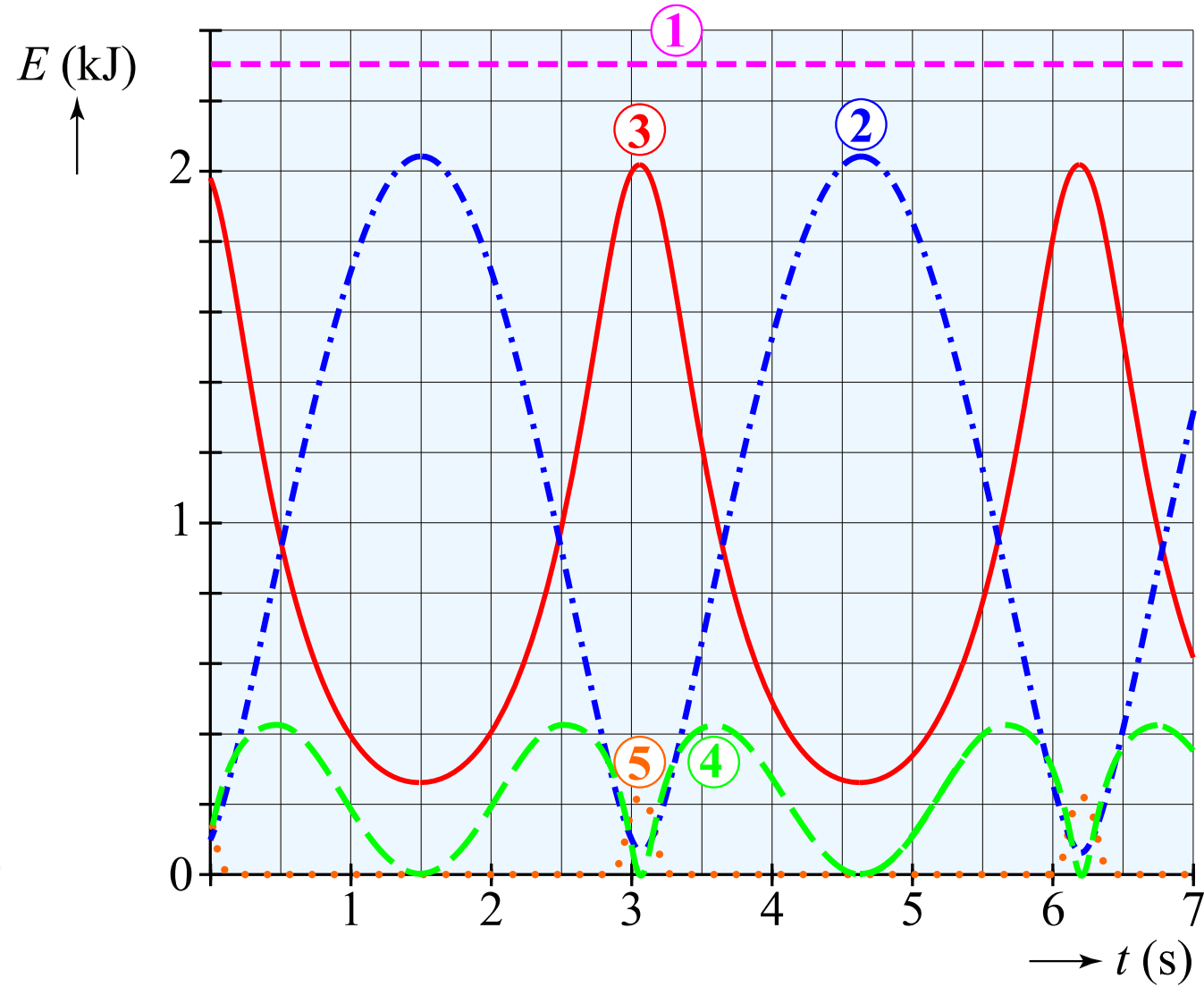
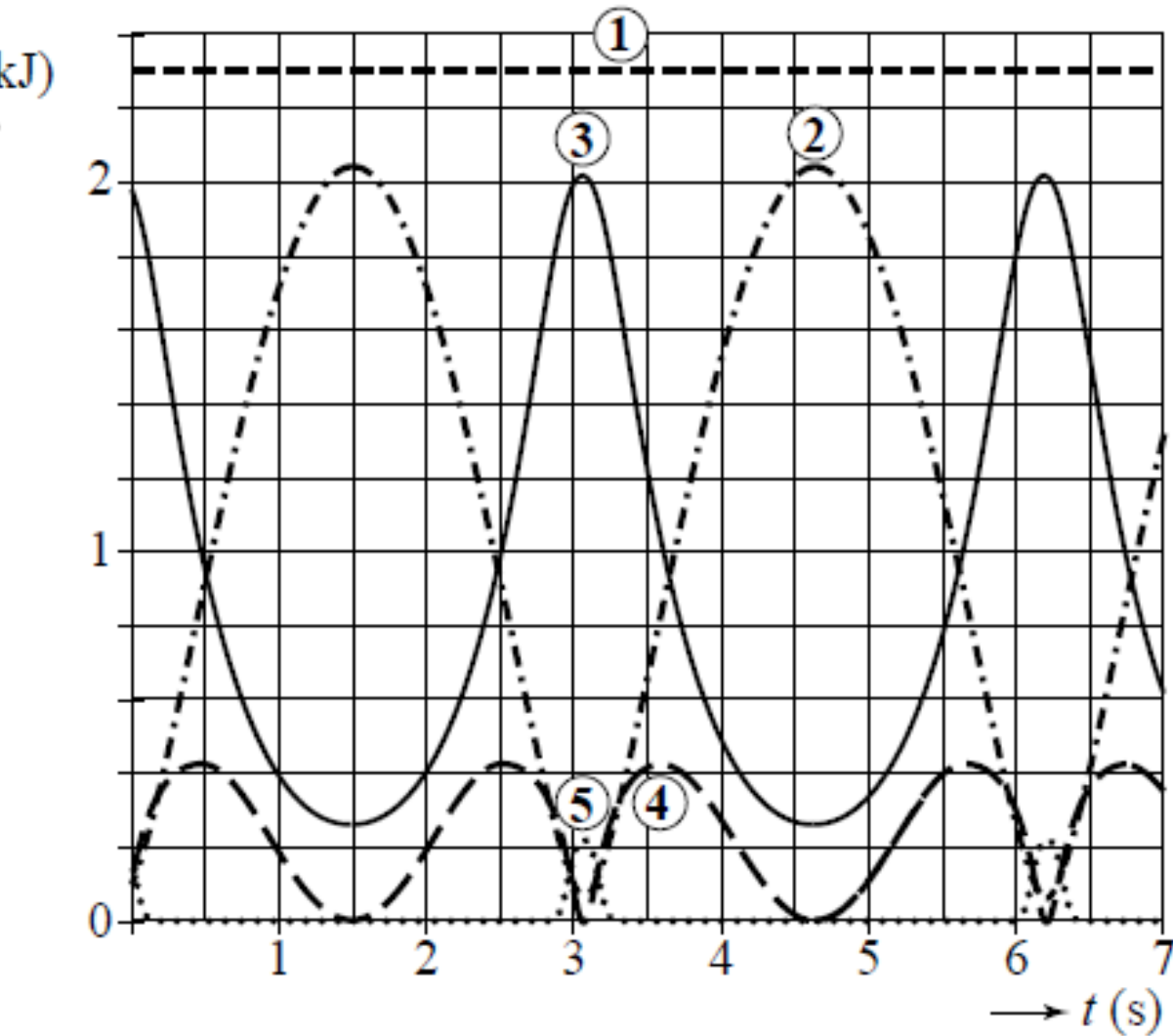


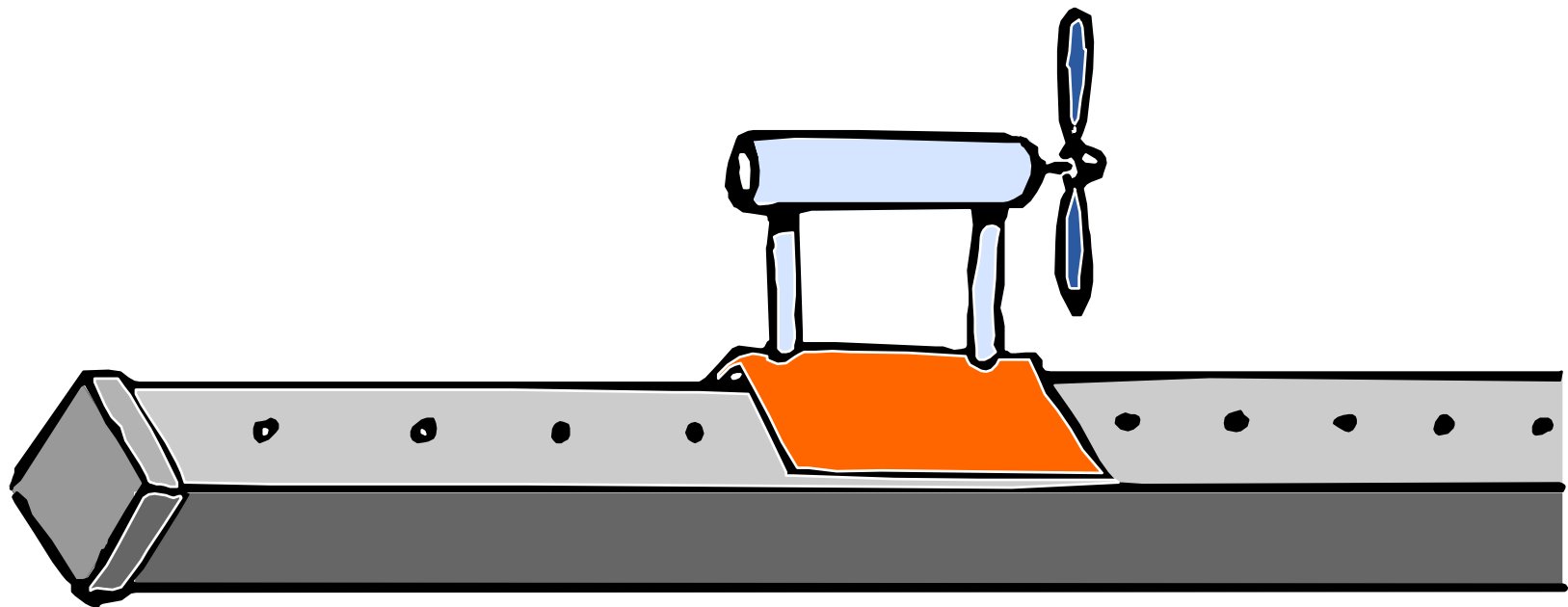
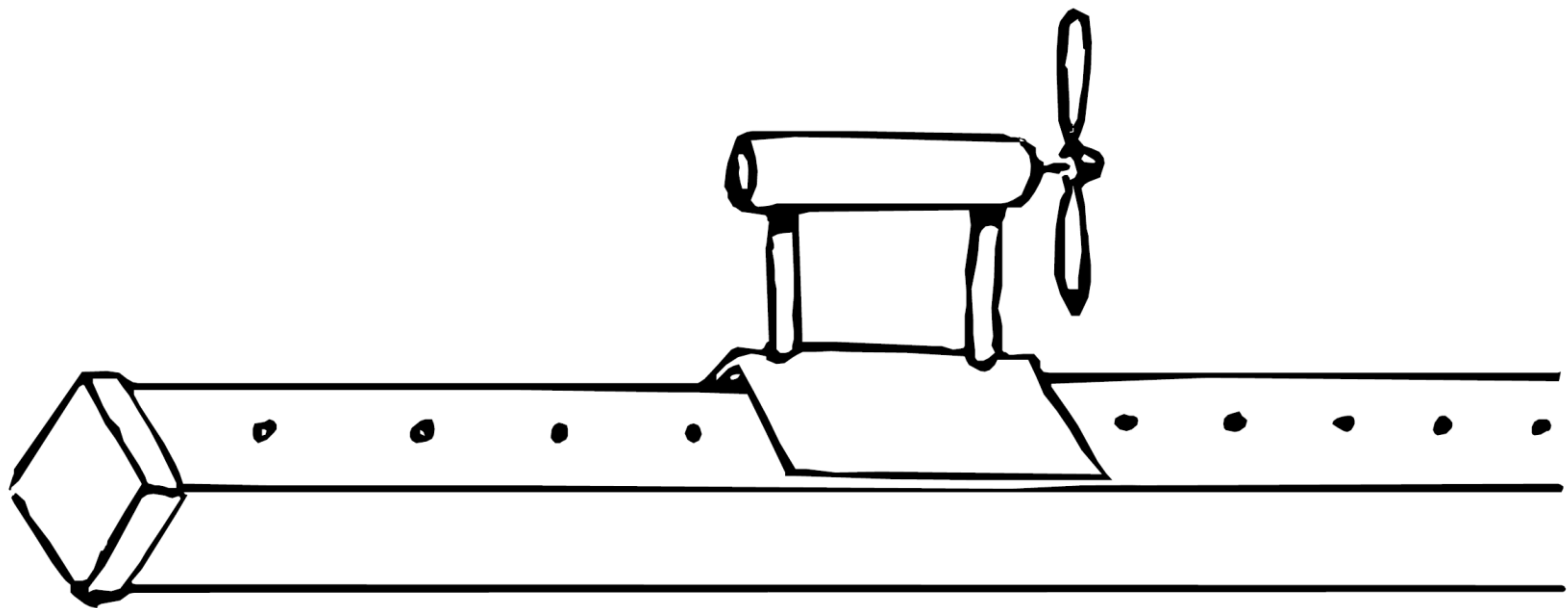
Deel 2: aan de slag

met 'gereedschappen' voor beeldmateriaal (vijf activiteiten)

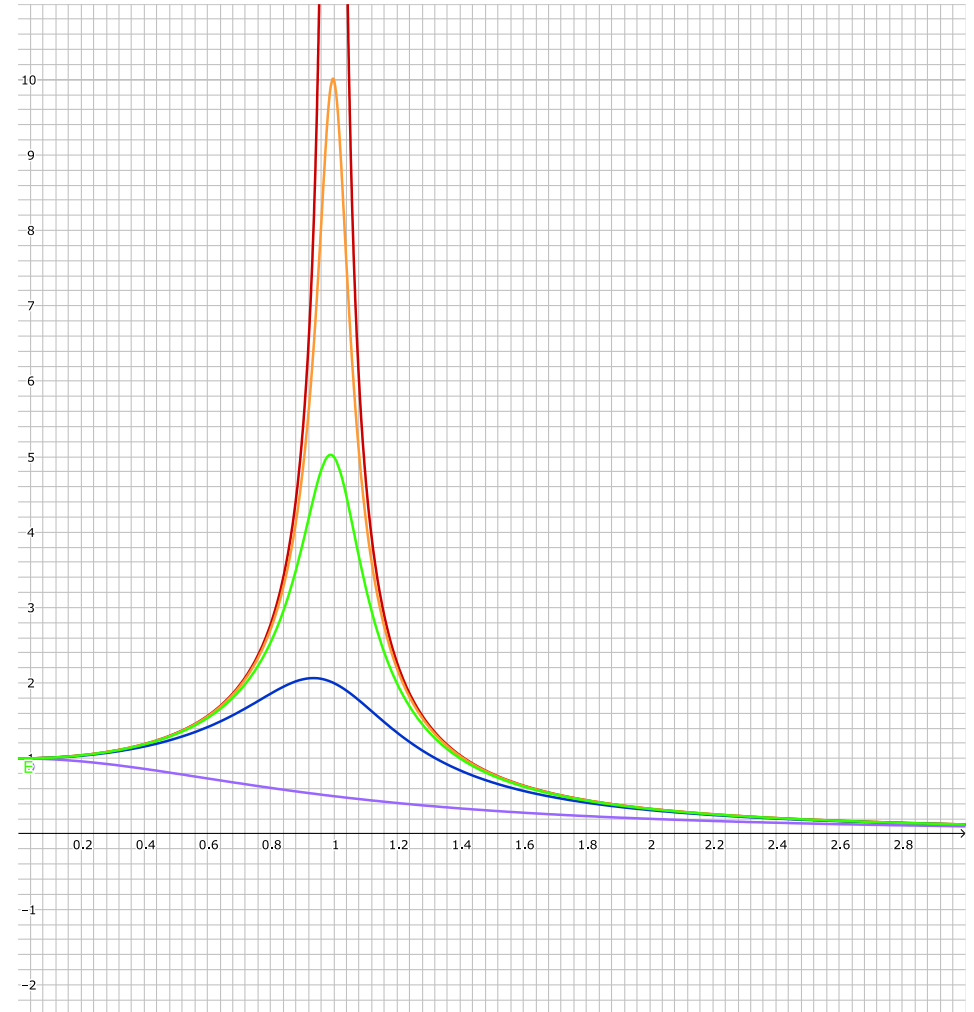
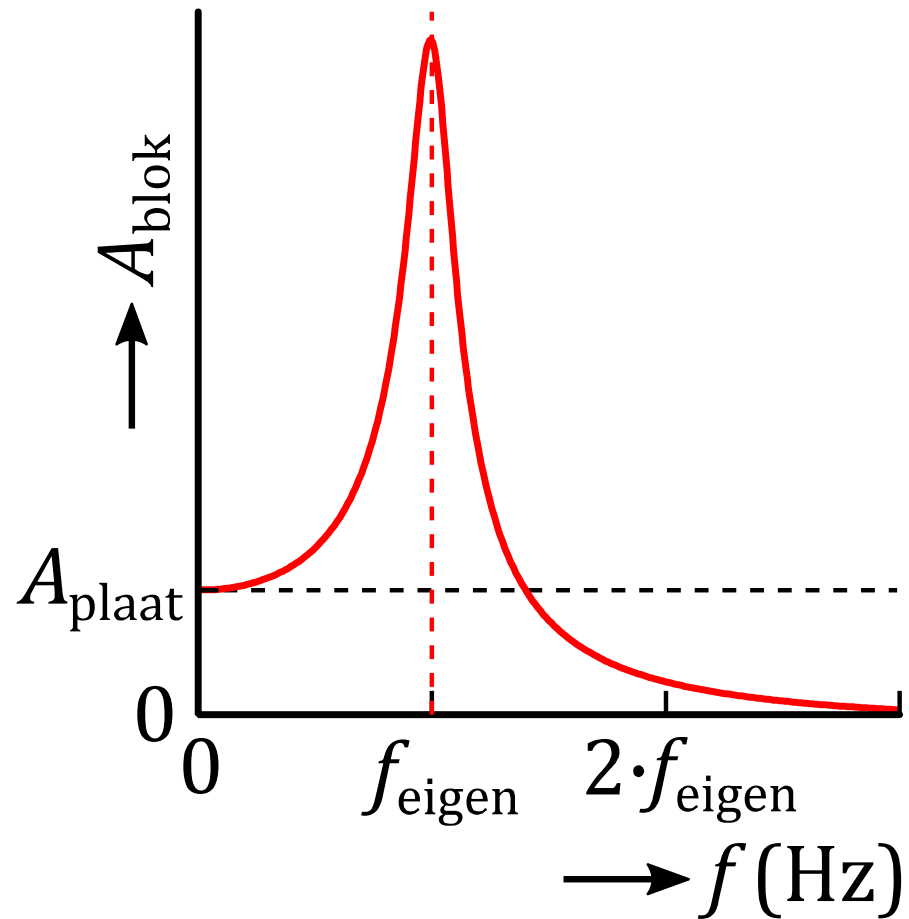
Afbeelding abstraheren uit examen

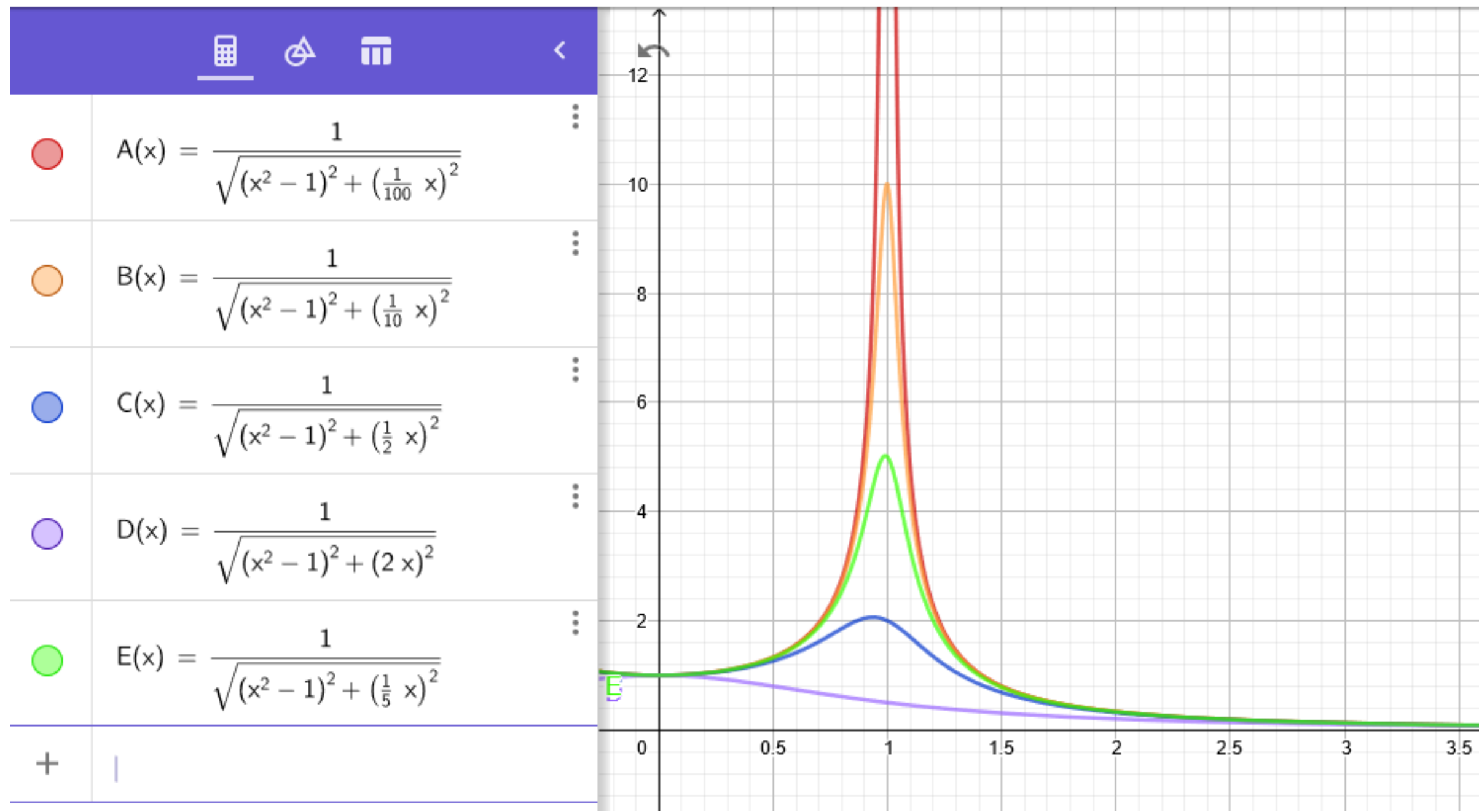
(Bungee trampoline, examen vwo 2011-I)





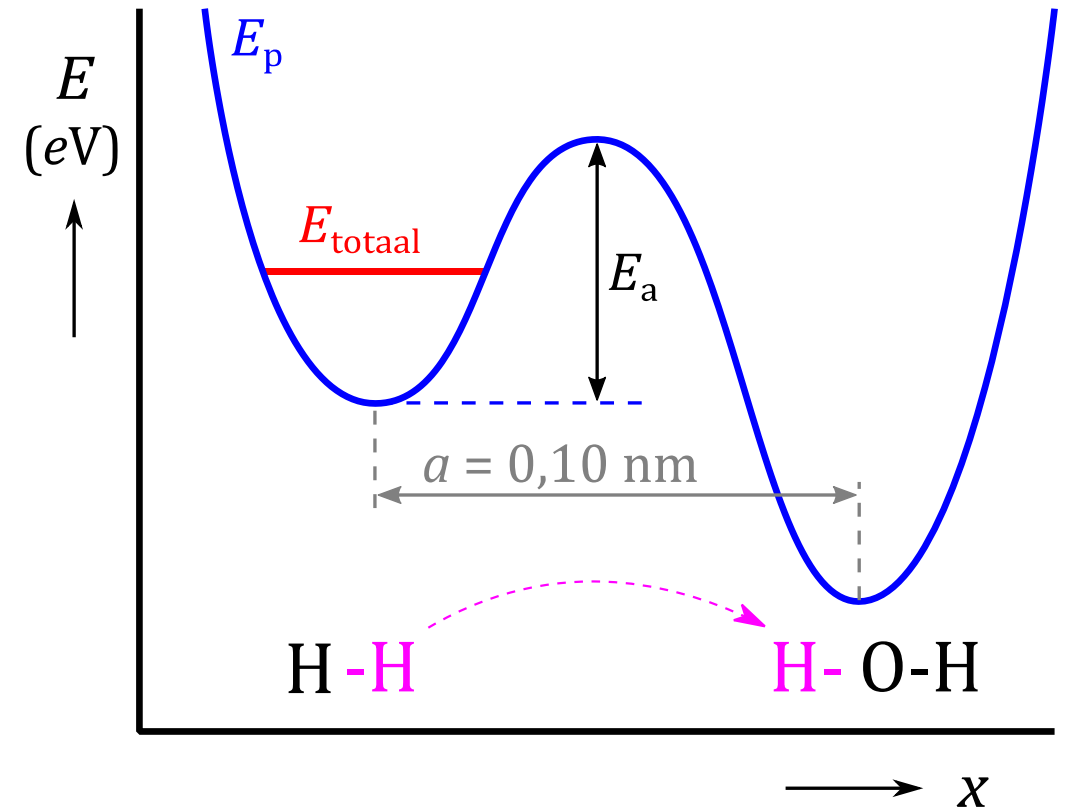
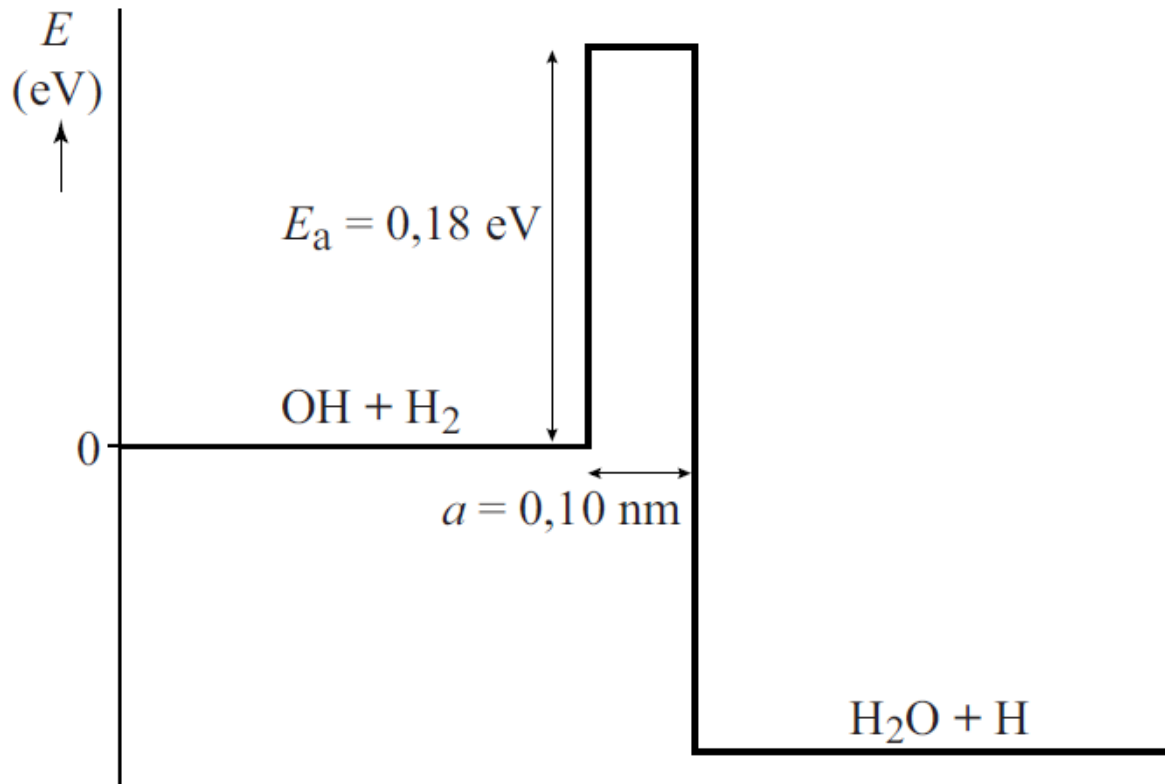
Een grafiek tekenen met Geogebra





Bezierkrommes

(*Water uit de ruimte* examen vwo 2018-I)



Vrije afbeeldingen vinden



Waarom zijn we **vrij** lesmateriaal gaan maken? (Creative Commons Licentie)

- Anderen kunnen van ons werk profiteren, zoals wij van het vrijgegeven werk van anderen kunnen profiteren.
- Veel (beeld)materiaal dat onder een Creative Commons Licentie valt mag je alleen vrij publiceren als je dezelfde licentie gebruikt.

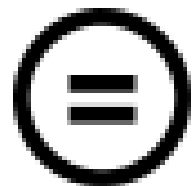
Creative Commons licenties



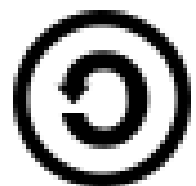
Naamsvermelding (by)



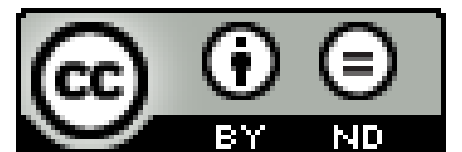
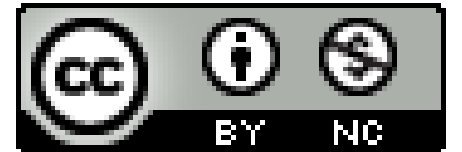
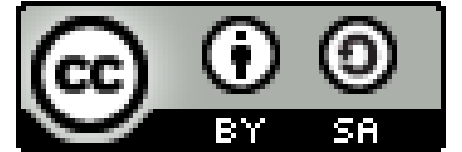
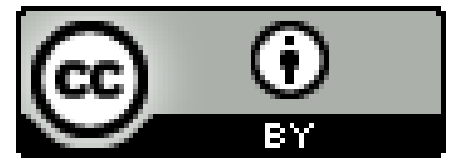
Niet-commercieel (nc)



Geen afgeleide werken (nd, *no derivatives*)



Gelijk delen (sa, *share alike*)



Voorbeelden vrij materiaal

- <http://home.kpn.nl/H.Bruning/index.htm>
- Natuurkunde compact
- Natuurkunde.nl
- Natuurkunde ontdekken (wikiwijs)
- Eigenfrequentie.nl
- Natuurkunde uitgelegd (Foton)
- [https://en.wikibooks.org/wiki/A-level_Physics_\(Advancing_Physics\)/Print_Version](https://en.wikibooks.org/wiki/A-level_Physics_(Advancing_Physics)/Print_Version)
- <https://openstax.org/books/university-physics-volume-3/>

Afsluiting

cggi@coornhert-gymnasium.nl