

Vakoverstijgend lesgeven: Newton en Archimedes

Isostasie!

KNAG-dag 14 november 2025

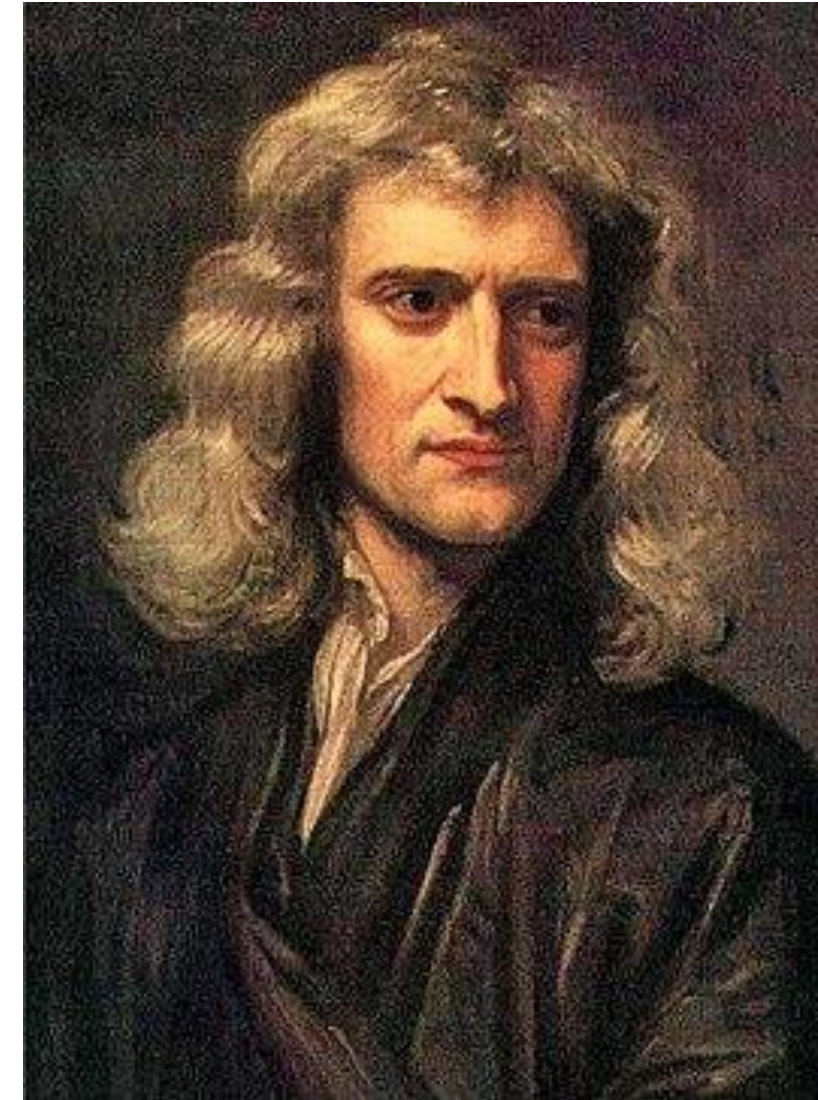
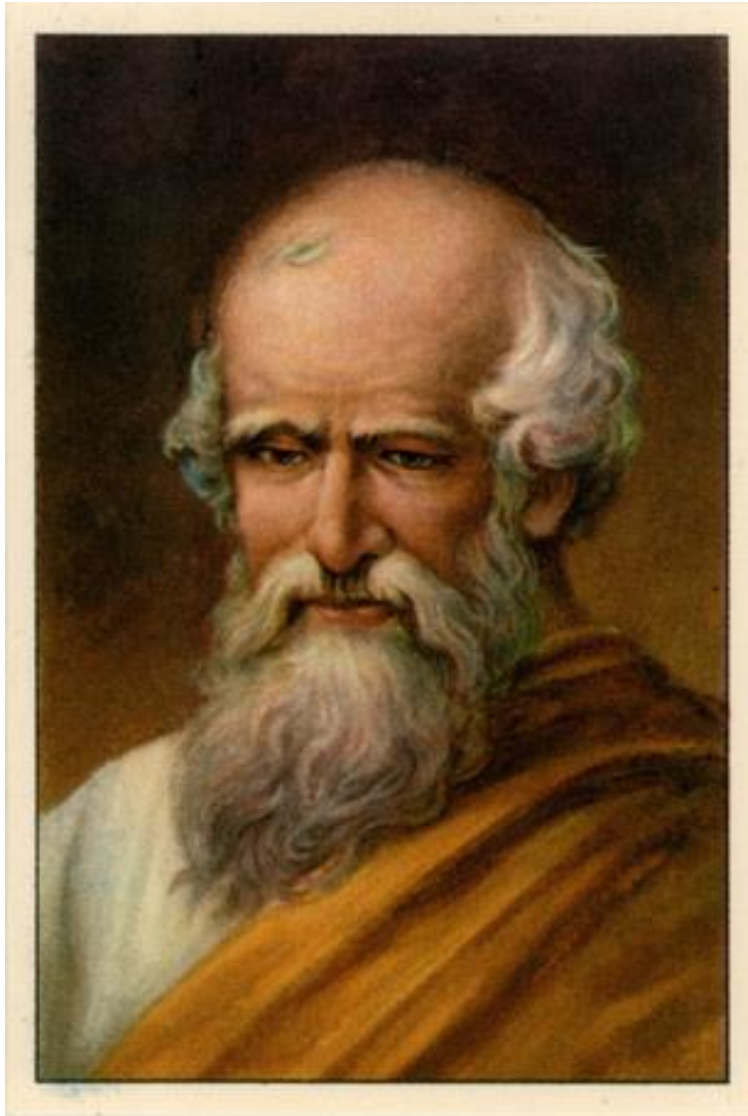
Actie = reactie

Michiel Helsen

M.M.Helsen@hr.nl

Lerarenopleiding Aardrijkskunde

Hogeschool Rotterdam



**HOGESCHOOL
ROTTERDAM**

Doelen

- Relaties van schoolvak aardrijkskunde met andere bètavakken
- Deze sessie gaan we in op de wetten van Newton en Archimedes
- De relatie met:
 - Drijvende ijsbergen in de vloeibare zee
 - Drijvende lithosfeer in de “vloeibare” asthenosfeer



2e wet van Newton

kracht = massa $\times$ versnelling

$$F = m a$$

*De verandering van de snelheid is
rechtevenredig met de resulterende kracht en
volgt de rechte lijn waarin de kracht werkt*



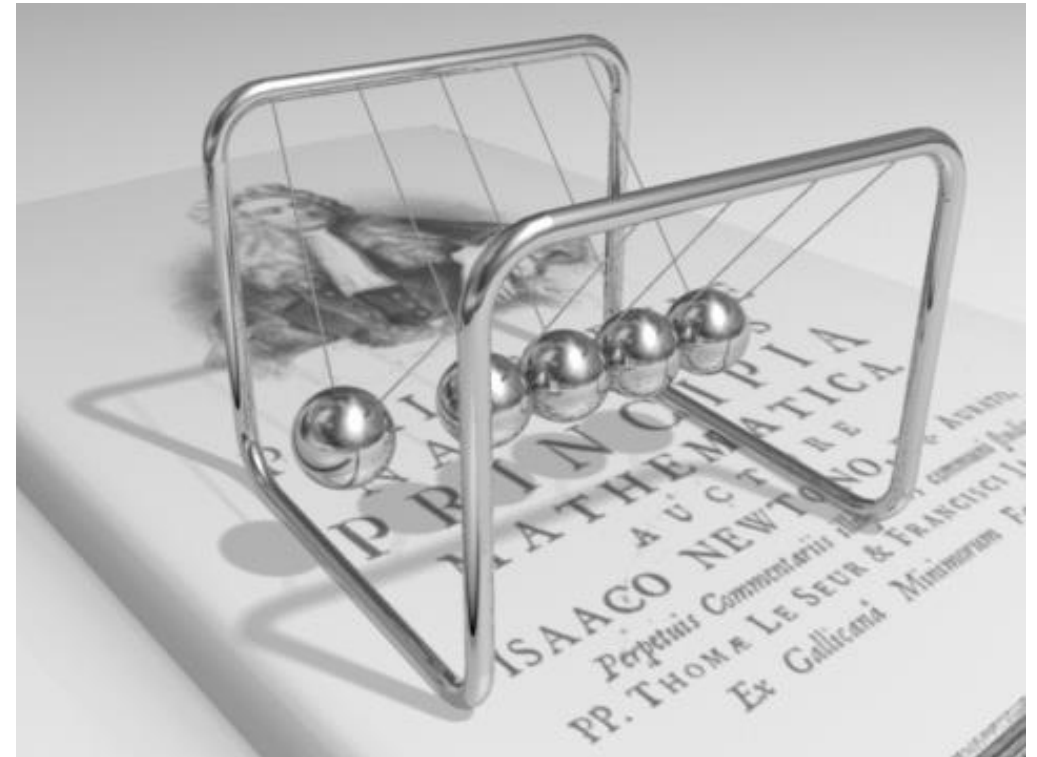
3e wet van Newton

Actie $\leftrightarrow$ Reactie

“Actie is reactie”

Als het ene voorwerp kracht uitoefent op de ander, zal het andere voorwerp een even grote, maar tegengestelde gerichte kracht uitoefenen op het ene.

Krachten komen nooit alleen voor, maar altijd in paren

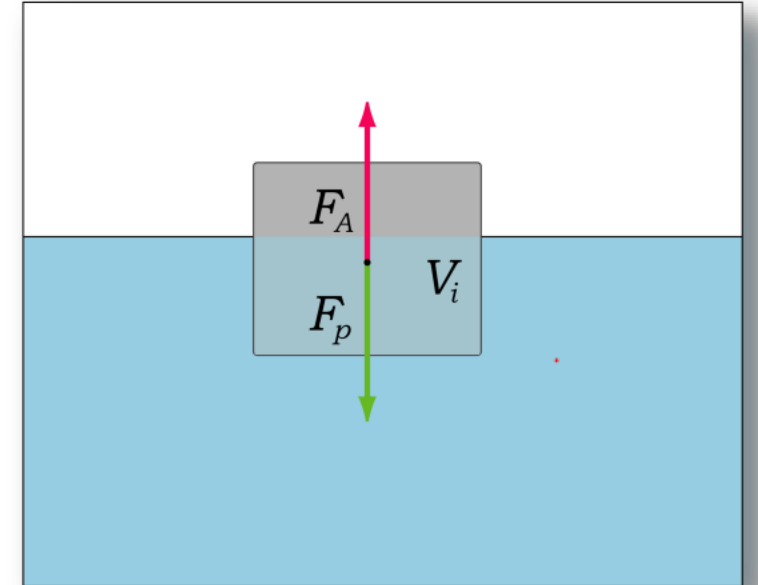


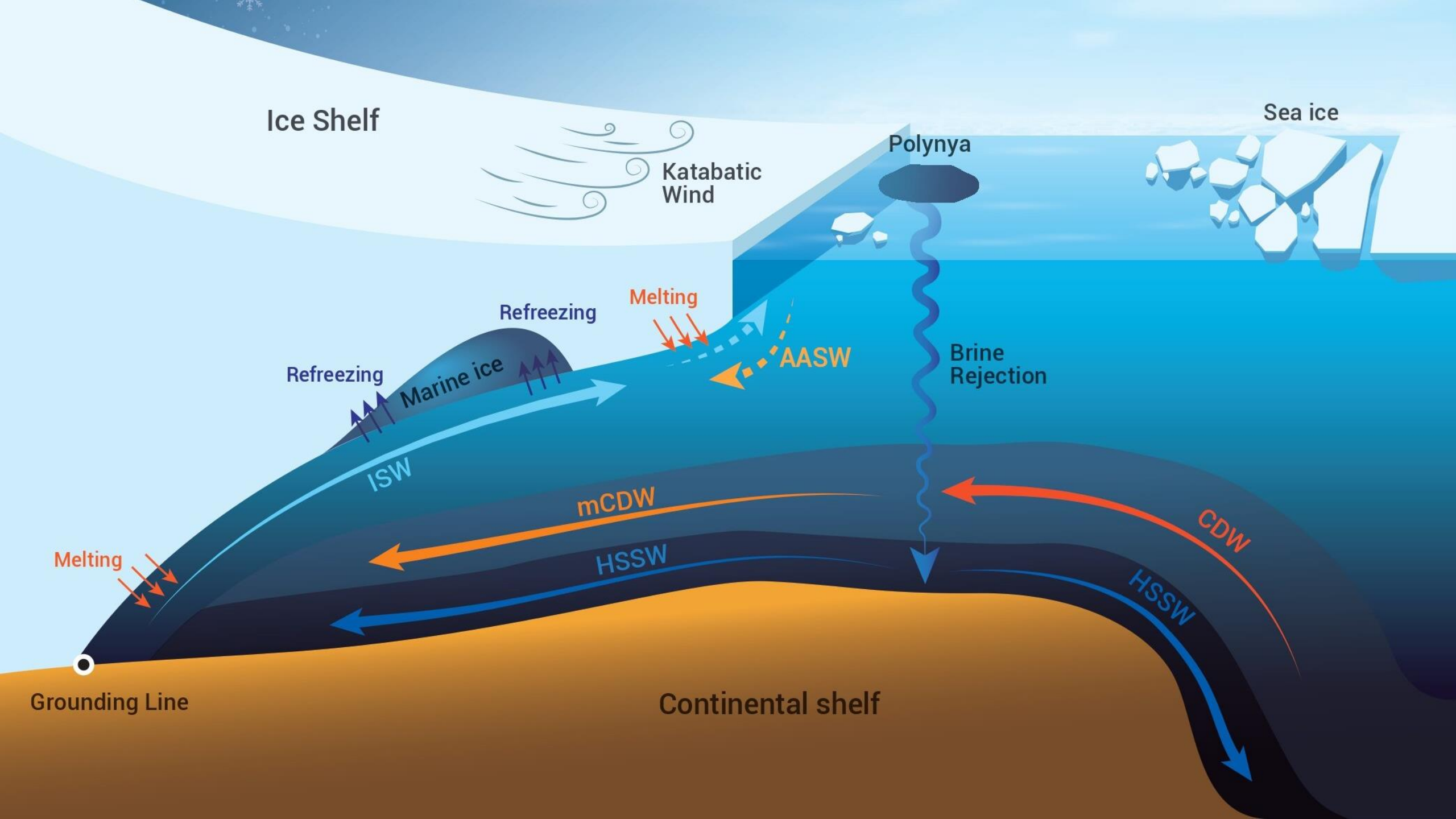
Wet van Archimedes

De **opwaartse kracht** die een lichaam in een vloeistof of gas ondervindt is even groot als het **gewicht** van de verplaatste vloeistof of gas.

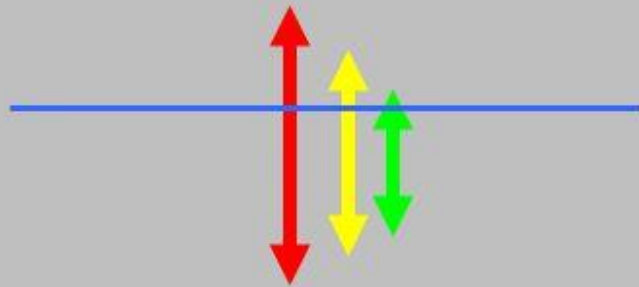
Opwaartse kracht = **dichtheid** x
zwaartekrachtsversnelling x **volume**

$$F = \rho g V$$

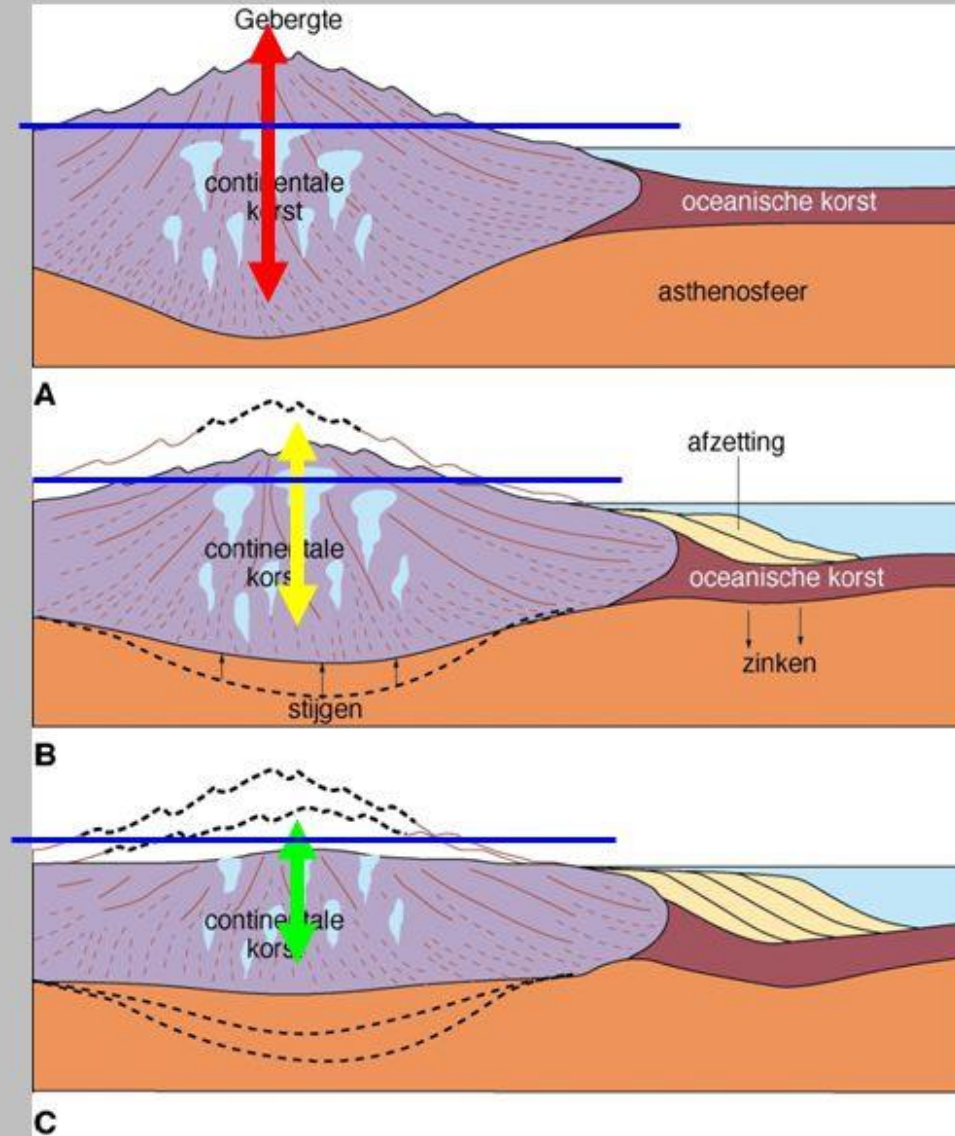




Isostatisch evenwicht



Hoe hoger het reliëf
hoe dikker de
aardkorst.



Opdrachten

1. Hoe zwaar is een ijsberg van 1m breed, 1m lang, en 1m diep?
 $m = \rho \times V$
 $m = 917 \times 1 \times 1 \times 1 = 917 \text{ kg}$
2. Hoe groot is de kracht waarmee de aarde aan deze ijsberg trekt?
 $F = m \times g$
 $F = 917 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 8\,986,6 \text{ N}$ met de juiste significante cijfers: $9 \cdot 10^3 \text{ N}$
3. Hoe groot moet (dus) de opwaartse kracht zijn om deze ijsberg te laten drijven?
Ook $9 \cdot 10^3 \text{ N}$
4. Bereken hoe ver deze ijsberg boven de waterspiegel uitsteekt

$$h_{\text{top}} = h_i (1 - \rho_i / \rho_w)$$
$$h_{\text{top}} = 1 (1 - 917/2026) = 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

Massa = dichtheid x volume

$$M = \rho \times V$$

Gegeven:

Dichtheid van ijs (ρ_{ijs}) = 917 kg/m^3

Dichtheid van zeewater (ρ_{water}) = 1026 kg/m^3

Zwaartekrachtsversnelling (g) = $9,8 \text{ m/s}^2$

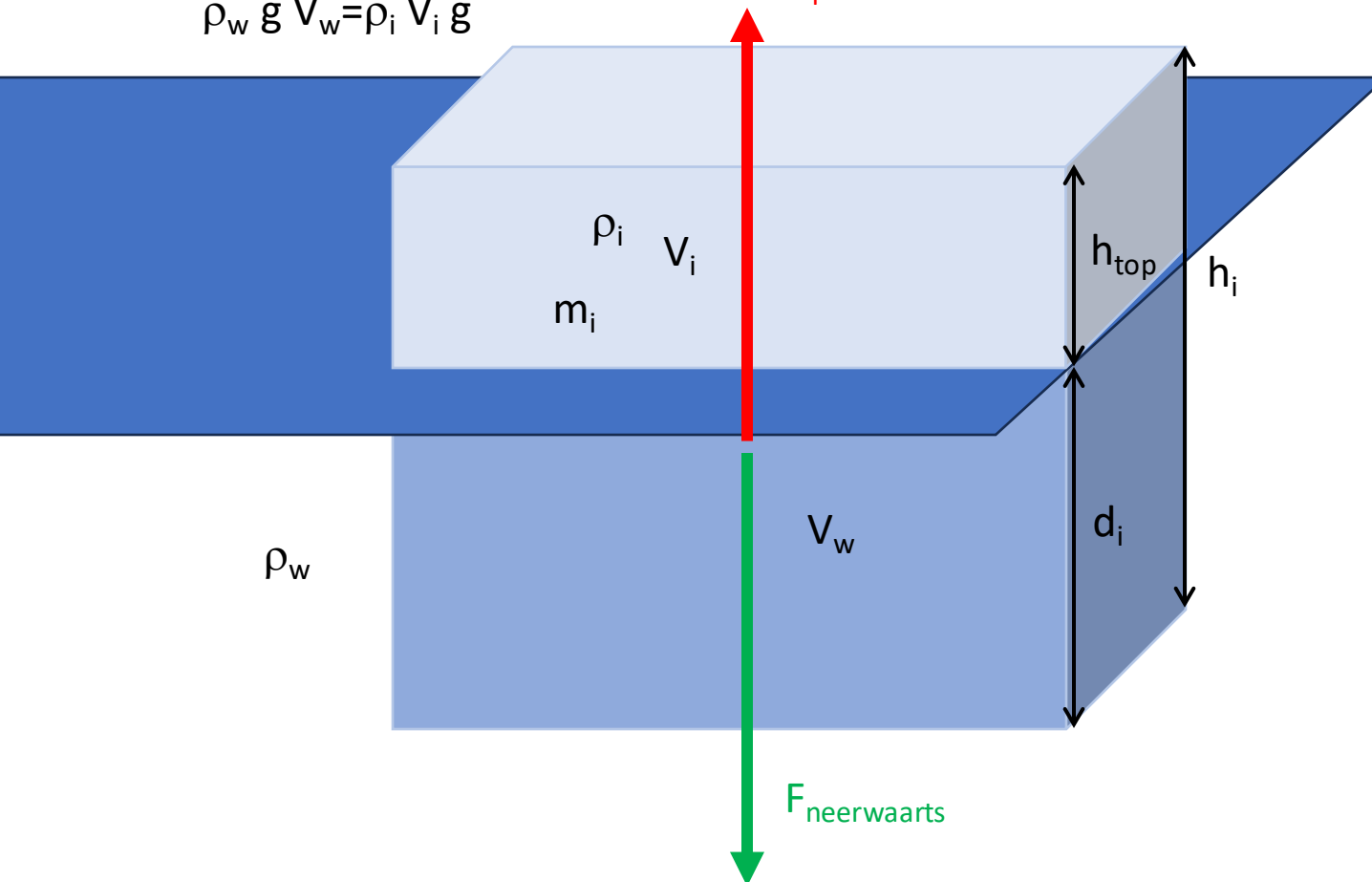
Wet van Archimedes (dit is de opwaartse kracht)

$$F_{\text{opwaarts}} = \rho_w g V_w \quad (\text{De } w \text{ staat hier voor water})$$

Deze kracht moet gelijk zijn aan de zwaartekracht die de ijsberg (i) naar beneden wil trekken (2^e wet van Newton):

Dus:

$$F_{\text{neerwaarts}} = m_i g = \rho_i V_i g$$
$$F_{\text{opwaarts}} = F_{\text{neerwaarts}}$$
$$\rho_w g V_w = \rho_i V_i g$$



Aan beide kanten van de vergelijking staat de zwaartekrachtsversnelling g , dus die kunnen we eruit halen door te delen door g :

$$\rho_w V_w = \rho_i V_i$$

Het volume V van het verplaatste water en van het blok ijs reken je uit door:

Lengte x breedte x diepte van het ijsblok. Lengte en breedte zijn aan aan beide kanten 1m, dus die kunnen we ook eruit delen. Dan blijft links de diepte d_i over (waarmee het ijsblok naar beneden in het water steekt) en rechts de totale hoogte h_i van het ijsblok):

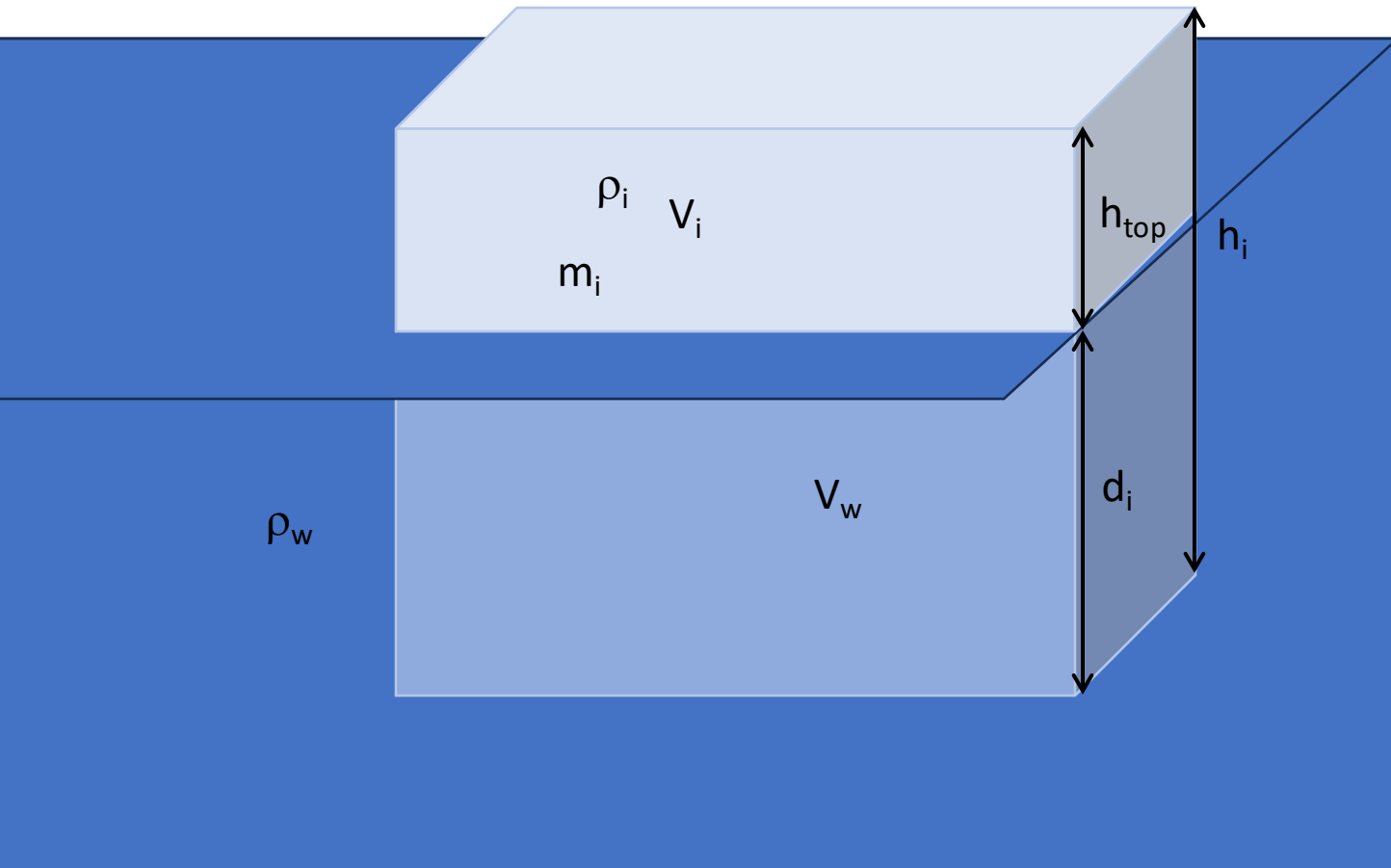
$$\rho_w d_i = \rho_i h_i$$

Deze vergelijking kunnen we herschrijven als:

$$d_i = \rho_i h_i / \rho_w$$

Met deze formule kunnen we de diepte berekenen tot waar het blok ijs in het water steekt
Of als je de hoogte van de top van de ijsberg wil berekenen:

$$h_{\text{top}} = h_i (1 - \rho_i / \rho_w)$$



$$h_{top} = h_i \left(1 - \frac{\rho_i}{\rho_w} \right)$$

$$h_{top} = 1 \left(1 - \frac{917}{1026} \right)$$

$$h_{top} = 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

Opdrachten

Oceanische korst is typisch zo'n 10 km dik. Continentale korst kan bij een gebergte wel 70 km dik zijn.

5. Bereken het hoogteverschil tussen de oceaانبodem en de top van het gebergte.

Het gebergte gaat eroderen, waardoor de continentale korst daar 1000 m dunner wordt.

6. Bereken hoeveel lager de berg wordt.

Er komt een ijskap van 3000m dikte te liggen op deze continentale korst.

7. Met hoeveel meter zakt de aardkorst naar beneden?

8. Naarmate de oceanische korst ouder wordt en afkoelt, neemt de dichtheid toe. Hoe groot moet de dichtheid zijn geworden om subductie te laten gebeuren?

Massa = dichtheid x volume

$$M = \rho \times V$$

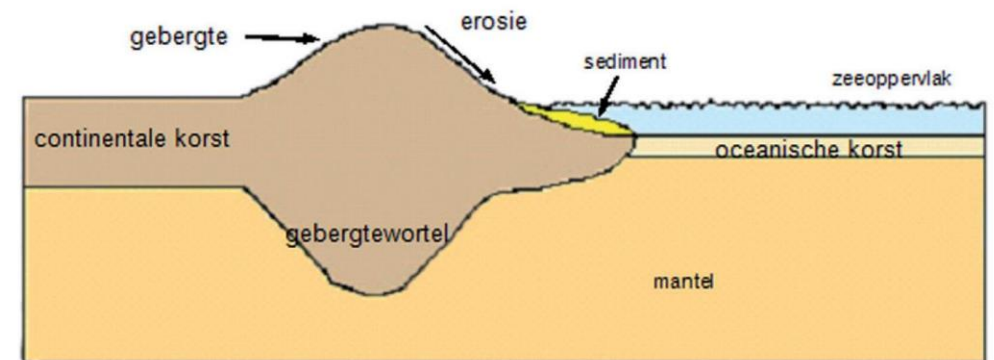
Gegeven:

Dichtheid van oceanische korst (ρ_o) = 3100 kg/m³

Dichtheid van continentale korst (ρ_c) = 2800 kg/m³

Dichtheid van mantel (ρ_m) = 3300 kg/m³

Zwaartekrachtsversnelling (g) = 9,8 m/s²



5. Bereken het hoogteverschil tussen de oceaانبodem en de top van het gebergte
Dit reken je uit door telkens de hoogte van de “drijvende” korst boven de “vloeibare” mantel uit te rekenen, analoog met de vorige opgave.

$$h_{\text{top, oceanische korst}} = h_o (1 - \rho_o / \rho_m)$$
$$h_{\text{top, oceanische korst}} = 10 (1 - 3100/3300) = 0,61 \text{ km}$$

$$h_{\text{top, continentale korst}} = h_c (1 - \rho_c / \rho_m)$$
$$h_{\text{top, continentale korst}} = 70 (1 - 2800/3300) = 10,61 \text{ km}$$

Verskil tussen oceaانبodem en top van gebergte: $10,61 - 0,61 = 10 \text{ km}$

Het gebergte gaat eroderen, waardoor de continentale korst daar 1000 m dunner wordt.

6. Bereken hoeveel lager de berg wordt.

De nieuwe hoogte van de berg (t.o.v. niveau mantel) is:

$$h_{\text{top, continentale korst}} = h_c (1 - \rho_c / \rho_m)$$
$$h_{\text{top, continentale korst}} = (70-1) (1 - 2800/3300) = 10.454 \text{ km}$$

het verschil is : $10.606 - 10.454 = 152 \text{ m}$

Dus de berg wordt slechts 152 m lager na erosie van 1000 m gesteente!

Er komt een ijskap van 3000m dikte te liggen op deze continentale korst.

7. Met hoeveel meter zakt de aardkorst naar beneden?

Je rekent dit uit door een laag van 3000 m ijs toe te voegen als “drijvend” object.

$$h_{\text{top, ijskap}} = h_{\text{ijskap}} (1 - \rho_i / \rho_m) = 3000 (1 - 917/3300) = 2166 \text{ m}$$

Dit is de (positieve!) hoogteverandering van het oppervlak
De aardkorst zakt dus $(3000 - 2166)$ **834 m** in.

Naarmate de oceanische korst ouder wordt en afkoelt, neemt de dichtheid toe.

8. Hoe groot moet de dichtheid zijn geworden om subductie te laten gebeuren?

Minimaal dezelfde dichtheid als die van de mantel, dus **3300 kg/m³**

Bedankt voor uw aandacht!

Vragen? opmerkingen?

M.M.Helsen@hr.nl

