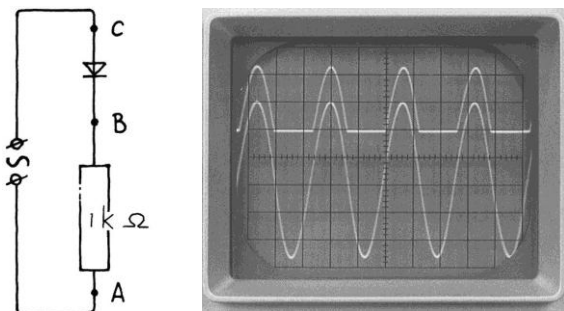


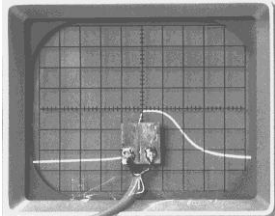
De oscilloscoop

De oscilloscoop is net als de computer een voltmeter. Zijn weerstand is minstens $1\text{ M}\Omega$ en daardoor is hij meestal een ‘ideale’ voltmeter. Hij heeft geen wijzer, maar schrijft met een stip. Als de spanning toeneemt, gaat de stip omhoog. De gevoeligheid van de y-ingang is in volt per schaaldeel (V/sd of mV/sd). Tijdens het meten van de spanning gaat de stip naar rechts. Daardoor ontstaat er een $U(t)$ -grafiek op het scherm. De *tijdbasis* geeft de tijd aan die nodig is voor één schaaldeel (s/sd, ms/sd of zelfs $\mu\text{s/sd}$).

De y-ingangen zijn verbonden met A en B en met A en C. De gevoeligheid van beide is 2 V/sd . De tijdbasis staat op 10 ms/sd .



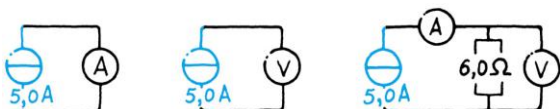
- a Leg uit dat het bovenste patroon bij AB hoort.
- b Bepaal I_{max} door de diode.
- c Bepaal de frequentie van de bron.
 - Een zonnecel is op het scherm geplakt en zijn spanning gaat naar de y-ingang.
- d Verklaar het patroon.



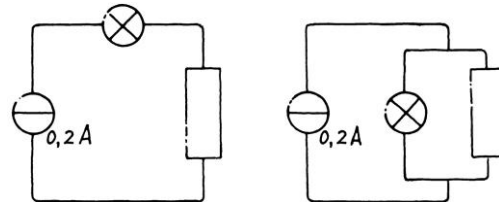
Stroombronnen

Sommige bronnen leveren, ongeacht de belasting, een constante stroom; dat worden *stroombronnen* genoemd (zie tabel 16F van *Binas*). Een voorbeeld is een audioversterker die een stroom levert aan een luidspreker. Laat je de luidspreker weg, dan kan die stroom nergens heen en heb je kans dat je de versterker ‘opblaast’. De Rijn is te vergelijken met een stroombron, die mag je niet afdammen. Een stuwmeer daarentegen kun je vergelijken met een spanningsbron.

Je maakt deze drie schakelingen met een ideale stroombron die $5,0\text{ A}$ levert.



- a Welke schakeling is riskant?
- b Welke schakeling is riskant als je met een spanningsbron te maken hebt?
- c Bereken wat de meters in de derde schakeling aanwijzen.
 - De pomp van een cv-installatie bevat een leiding die als bypass werkt.
- d Waarom is die nodig?
- e Is ons hart als bloedpomp een stroombron of een spanningsbron?
 - Je sluit het lampje en de weerstand van p. 160 aan op een stroombron van $0,2\text{ A}$.



- f Bepaal in beide gevallen wat de meter aanwijst.

Weerstand en temperatuur

De weerstand van een draad neemt toe met de temperatuur. In een betrekkelijk groot temperatuurgebied geldt voor de weerstand van een metaal:

$$R(T) = R(0)(1 + \alpha \cdot T) \quad T \text{ in } ^\circ\text{C}$$

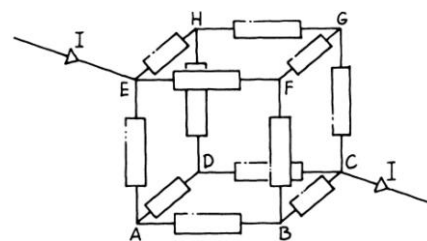
Hierin is de α de *weerstandstemperatuurcoëfficiënt* en $R(0)$ de weerstand bij 0°C . Vanwege deze eigenschap worden metaaldraden in thermometers gebruikt.

Een platinadraad heeft bij 20°C een weerstand van $100\ \Omega$.

- a Zoek ρ van platina op in *Binas*.
- b Bereken de weerstand bij 200°C .
- c Bij welke temperatuur is de weerstand $130\ \Omega$?
- d Bereken de soortelijke weerstand van platina bij 0°C .

Een weerstandskubus

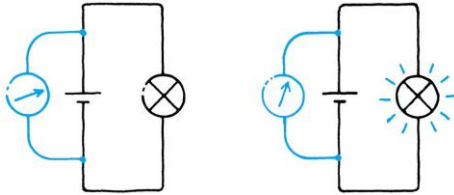
Iedere ribbe van een kubus heeft een weerstand van $12\ \Omega$.



- a Welke punten zijn bij de gegeven stromen gelijkwaardig aan A en welke aan B?
- b Kies $I = 6\text{ A}$ en bepaal de stroomsterkte in alle takken.
- c Bepaal de vervangingsweerstand van de kubus tussen E en C.

Klemspanning

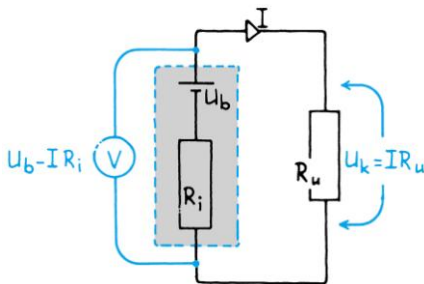
We sluiten een bimetaallampje aan op een batterij en we meten de spanning tussen de polen. Als het lampje uit is, wijst de meter 4,5 V aan, maar die waarde zakt zo gauw het lampje brandt.



De verklaring is, dat de batterij zelf ook een weerstand heeft, de *inwendige weerstand* R_i . De spanning van de bron U_b wordt verdeeld over twee weerstanden: de inwendige weerstand R_i en de uitwendige R_u . De uitwendige weerstand heet ook wel de *belasting*.

$$U_b = I \cdot R_i + I \cdot R_u$$

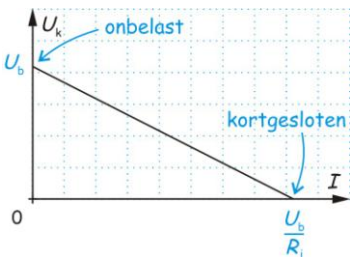
Dit noemt men *de tweede wet van Ohm*.



De spanning die de voltmeter meet als er stroom loopt, noemen we de *klemspanning* U_k . Deze is gelijk aan de bronspanning, verminderd met de spanningsdaling in de batterij zelf. Maar deze klemspanning is ook gelijk aan de spanning over de uitwendige weerstand. Er gelden dus twee formules:

$$U_k = U_b - I \cdot R_i \quad \text{en} \quad U_k = I \cdot R_u$$

Als we een accu met steeds een andere weerstand belasten en daarbij U_k en I meten, vinden we deze grafiek:



De grootste spanning meten we als de bron onbelast is:

$$U_{k,max} = U_b \quad \text{als} \quad I = 0 \text{ A.}$$

De grootste stroom meten we als we de bron kortsluiten:

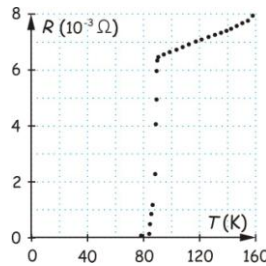
$$I_{max} = \frac{U_b}{R_i} \quad \text{dan is} \quad U_k = 0 \text{ V.}$$

In een zaklantaarn zit een platte batterij van 4,5 V. Als je die kortsluit, levert hij een stroomsterkte van 2,0 A.

- a Bereken R_i van de batterij.
- b Teken de $U_k(I)$ -grafiek.
 - We sluiten een lampje van 3,5 V–0,2 A op de batterij aan.
- c Geef het punt (0,2 A; 3,5 V) aan in het diagram van de $U_k(I)$ -grafiek van de batterij en schets de $U(I)$ -grafiek van het lampje.
- d Schat de spanning waarop het lampje brandt.
 - Een auto-accu moet meer dan 100 A kunnen leveren voor de startmotor.
- e Hoe groot is R_i van zo'n accu ongeveer?
- f Leg uit waarom je een batterij wel mag kortsluiten en een auto-accu zeker niet.
 - Je kunt de klemspanning U_k berekenen bij verschillende waarden van de belastingsweerstand R_u als je U_b en R_i weet.
- g Stel de $U_k(R_u)$ -formule op.
- h Schets de $U_k(R_u)$ -grafiek.

Supergeleiding

Bij een 'supergeleider' verdwijnt de weerstand geheel als de temperatuur onder het 'sprongpunt' komt. Dit is de $R(T)$ -grafiek van een supergeleider.



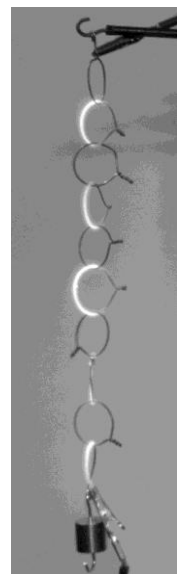
- a Bepaal het sprongpunt.
- b Bepaal α in de buurt van 120 K.

Een ketting

Deze ketting bestaat uit ringen van koperdraad afgewisseld door ijzerdraad. Alle draden zijn even lang en even dik.

Sommige draden gloeien links.

- a Leg uit welke metaalsoort gloeit.
- b Verklaar dat de ringen rechts niet gloeien.

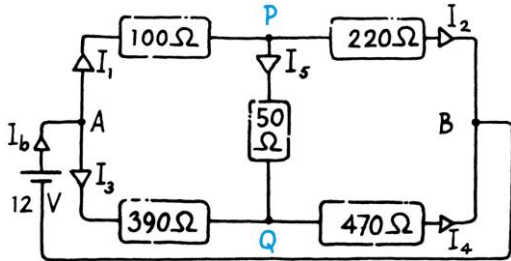


De truc van Thévenin

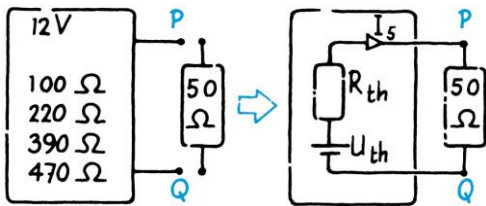
Om hier I_5 en de andere vijf stromen te berekenen, kun je de wetten van Kirchhoff toepassen op vier kringen waar de spanningsbron in zit en op vier knooppunten. Hier staan twee voorbeelden:

$$12 = I_1 \cdot 100 + I_5 \cdot 50 + I_4 \cdot 470$$

$$I_b = I_1 + I_3$$



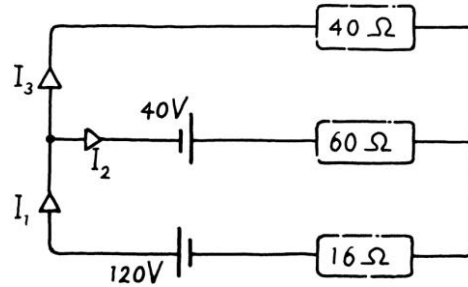
- a Geef de zes andere vergelijkingen.
 - b Hoeveel vergelijkingen heb je nodig om alle stromen uit te rekenen?
 - We zoeken I_5 . Los de vergelijkingen niet op, maar pas *de truc van Thévenin* toe.
- Dit is het plan: vervang alle spanningsbronnen (hier alleen die van 12,0 V) door één bron U_{th} en vervang alle weerstanden, behalve die van 50 Ω, door één weerstand R_{th} in serie. Stop U_{th} en R_{th} in gedachten in een doosje en sluit daar later de weerstand van 50 Ω op aan.



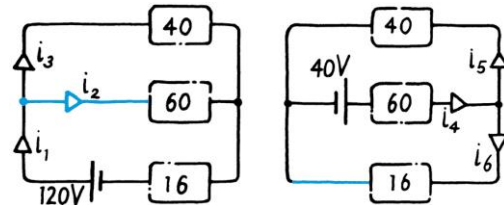
- De spanning U_{PQ} is de théveninspanning U_{th} als de weerstand van 50 Ω *niet* is aangesloten.
- c¹ Ga na dat $U_{AP} = 3,75$ V en $U_{AQ} = 5,44$ V.
- c² Leg aan je burens uit dat $U_{th} = 1,7$ V.
 - Nu sluiten we PQ kort in de oorspronkelijke figuur; dus: $U_{AP} = U_{AQ}$ en $U_{PB} = U_{QB}$.
- d Bereken die spanningen en de stromen I_1 t/m I_4 .
 - Dan ontdek je: $I_1 \neq I_2$. Er loopt dus stroom van P naar Q. Dit is de kortsluitstroom.
- e¹ Bereken die kortsluitstroom.
- e² Bereken R_{th} in het doosje.
- f Sluit de weerstand van 50 Ω aan en bereken I_5 .

Superpositie

Op p. 81 staat deze schakeling met twee knooppunten en drie mogelijke lussen. Je kunt dus met Kirchhoff vijf vergelijkingen opstellen, waarvan er twee overbodig zijn om de drie onbekende stromen uit te rekenen.



- a Geef de vijf vergelijkingen.
 - Los de vergelijkingen niet op, maar pas *superpositie* toe.
- Dit is het plan: vervang de spanningsbron van 40 V door een draadje en reken de stromen i_1 , i_2 en i_3 uit. Doe hetzelfde bij de bron van 120 V en reken de stromen i_4 , i_5 en i_6 uit.



- Leg de plaatjes over elkaar (*superpositie*) en bereken I_1 , I_2 en I_3 met:

$$I_1 = i_1 + i_6 \quad I_2 = i_2 + i_4 \quad I_3 = i_3 - i_5$$

- Bereken:
 - b¹ i_1 t/m i_6 ;
 - b² I_1 , I_2 en I_3 .
- c Controleer de waarden van I_1 , I_2 en I_3 door ze in te vullen in de vergelijkingen van Kirchhoff.