
Opgave 1

- a $R_{s, \text{serie}} = R_1 + R_2 + R_3 \rightarrow R_s = 40 + 60 + 90 = \mathbf{190 \Omega}$.
- b Door elke weerstand gaat dezelfde stroomsterkte:
 $I = U / R \rightarrow I = 80 \text{ V} / 190 \Omega = \mathbf{0,42 \text{ A}}$.
-

Opgave 2

Gegeven: $R_1 = 80 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$, in serie, $I = 0,85 \text{ A}$

Gevraagd: a) P_1 en P_2 , b) P_{totaal} , c) E als $t = 6,0$ uur

Oplossing:

- a Vermogen in elke weerstand: $P = U \cdot I$ en $U = I \cdot R \rightarrow P = I \cdot I \cdot R$
 $P_1 = 0,85^2 \times 80 = \mathbf{58 \text{ W}}$
 $P_2 = 0,85^2 \times 50 = \mathbf{36 \text{ W}}$
- b $P_{\text{totaal}} = 58 + 36 = \mathbf{94 \text{ W}}$
- c $E = P \cdot t \rightarrow E_1 = 58 \text{ W} \times 6,0 \text{ h} = 348 \text{ Wh} \rightarrow \mathbf{0,35 \text{ kWh}}$
 $E_2 = 36 \text{ W} \times 6,0 \text{ h} = 216 \text{ Wh} \rightarrow \mathbf{0,22 \text{ kWh}}$
-

Opgave 3

Kerstboomverlichting

Gegeven: 24 lampjes, $P_{\text{tot}} = 80 \text{ W}$, $U = 230 \text{ V}$

Gevraagd: a) I b) U_{lampje} , c) P_{lampje}

Oplossing:

- a $P = U \cdot I \rightarrow I = P / U \rightarrow I = 80 \text{ W} / 230 \text{ V} = \mathbf{0,35 \text{ A}}$
- b $U_{\text{lampje}} = 230 \text{ V} / 24 = \mathbf{9,6 \text{ V}}$
- c $P_{\text{lampje}} = U \cdot I \rightarrow 9,58 \times 0,348 = \mathbf{3,3 \text{ W}}$
Of natuurlijk: $80 \text{ W} / 24 = 3,3 \text{ W}$
-

Opgave 4

- a Drie in serie geschakelde weerstanden van 40Ω , 60Ω en 90Ω :
 $R_{s, \text{serie}} = R_1 + R_2 + R_3 \rightarrow R_s = 40 + 60 + 90 = \mathbf{190 \Omega}$.
- b En parallel geschakeld:

Uitwerkingen van de opgaven uit:

$$\frac{1}{R_s} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow 1/40 + 1/60 + 1/90 = 0,0528 \quad R_s = 18,9 \Omega \rightarrow \mathbf{19 \Omega}$$

Opgave 5

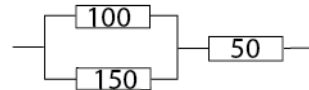
Twee parallelle weerstanden plus één in serie.

Gegeven: $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 150 \Omega$ parallel, samen in serie met $R_3 = 50 \Omega$

Gevraagd: R_s

Oplossing:

We berekenen eerst R_s voor de parallelschakeling:



$$\frac{1}{R_{s,par}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{100} + \frac{1}{150} = 0,0167 \quad R_s = \mathbf{60 \Omega}$$

Vervolgens voor de serieschakeling: $R_{s,serie} = R_1 + R_2 \rightarrow R_s = \mathbf{60 + 50 = 110 \Omega}$.

Opgave 6

Twee parallel.

Gegeven: $R_1 = 45 \Omega$, $R_2 = 75 \Omega$ parallel, $U = 30 \text{ V}$.

Gevraagd: a) R_s b) I c) I_1 en I_2

Oplossing:

a $1/R_s = 1/45 + 1/75 \rightarrow R_s = \mathbf{28 \Omega}$

b $U = I \cdot R \rightarrow I = 30 / 28 = 1,07 \text{ A} \rightarrow \mathbf{1,1 \text{ A}}$

c $I_1 = 30 / 45 = \mathbf{0,67 \text{ A}}$ $I_2 = 30 / 75 = \mathbf{0,40 \text{ A}}$

Opgave 7

Twee parallel.

Gegeven: $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 120 \Omega$ parallel, $I_{tot} = 0,75 \text{ A}$.

Gevraagd: a) R_s b) U_{R_s} c) U_{R_s} d) I_1 en I_2

Oplossing:

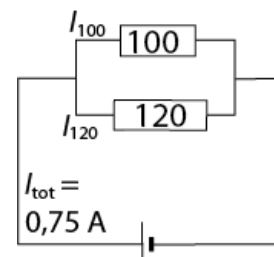
a $1/R_s = 1/100 + 1/120 \rightarrow R_s = \mathbf{54,5 = 55 \Omega}$

b $U = I \cdot R \rightarrow U = 0,75 \times 54,5 = 40,9 = \mathbf{41 \text{ V}}$

c Over beide weerstanden staat $\mathbf{41 \text{ V}}$.

d $U = I \cdot R \rightarrow I_{100} = 40,9 / 100 = \mathbf{0,41 \text{ A}}$

$I_{120} = 40,9 / 120 = \mathbf{0,34 \text{ A}}$



Opgave 8

Twee parallel.

Gegeven: $R_1 = 35 \Omega$, $R_2 = 120 \Omega$ parallel, $I_{35} = 0,023 \text{ A}$.

Gevraagd: I_{totaal}

Oplossing:

De stroomsterkte in de tak van 120Ω kunnen we berekenen als we de spanning weten.

$$U = I \cdot R \rightarrow U = 0,023 \times 35 = 0,805 \text{ V}$$

$$U = I \cdot R \rightarrow I_{120} = 0,805 / 120 = 0,0067 \text{ A}$$

$$I_{\text{totaal}} = 0,023 + 0,0067 = 0,0030 \text{ A} \rightarrow \mathbf{30 \text{ mA}}$$

Opgave 9

- a In huis zijn alle elektrische apparaten parallel geschakeld.
Zo krijgen ze alle dezelfde netspanning. Elk apparaat is gemaakt om op één spanningswaarde te werken. De netspanning was heel vroeger 127 V. Later heeft men daar 220 V van gemaakt. En vanaf 2004 is het 230 V.
- b De totale stroomsterkte wordt natuurlijk groter als je meer apparaten aansluit.
- c Zonder hoofdzekering zou de totale stroom te groot kunnen worden, warmteontwikkeling doet de bedrading smelten, kortsluiting en brand kunnen het gevolg zijn.
-

Opgave 10

Twee parallel geschakelde gloeilampen.

Gegeven: $P_1 = 40 \text{ W}$, $P_2 = 75 \text{ W}$ parallel, $U = 230 \text{ V}$, $t = 120 \text{ min}$.

Gevraagd: P_{tot} (kWh)

Oplossing:

Je kunt beide vermogens gewoon optellen: 115 W gedurende 2,0 uur:

$$P_{\text{tot}} = 115 \times 2,0 = 230 \text{ Wh} \rightarrow \mathbf{0,23 \text{ kWh}}$$

Opgave 11

Spanningsdeler.

Er staat spanning U_{in} over R_1 , R_2 en R_3 .

We nemen spanning U_{uit} af van R_2 :

$$\frac{U_{\text{uit}}}{U_{\text{in}}} = \frac{I \cdot R_2}{I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Transmissie:

$$\frac{U_{\text{uit}}}{U_{\text{in}}} = \frac{20}{10+20+30} = \mathbf{0,33} \text{ Of: } 33 \%$$

Opgave 12

- a R_{AB} is de hele weerstand, die is gegeven: **30 Ω** .
- b R_{AD} is de weerstand over 8,0 cm weerstandsdraad. $8,0 / (8,0 + 12,0) \times 30 \Omega = \mathbf{12 \Omega}$.
 $R_{AB} = 30 \Omega$ met $l_{AB} = 20,0$ cm. Dat is $1,5 \Omega/\text{cm}$. $R_{AD} = 8,0 \times 1,5 = \mathbf{12 \Omega}$.
- c R_{BD} is de weerstand over 12,0 cm: $12,0 \times 1,5 = \mathbf{18 \Omega}$.
- d R_{CD} is de weerstand over 0,0 cm weerstandsdraad, $R_{CD} = \mathbf{0,0 \Omega}$.
- e R_{BC} is de weerstand over 12,0 cm: $12,0 \times 1,5 = \mathbf{18 \Omega}$.
- f U_{BD} als $U_{AB} = 40$ V

$$\frac{U_{uit}}{40} = \frac{18 \Omega}{30 \Omega}$$

$$U_{AB} = 40 \times 18 / 30 = \mathbf{24 V}$$

Opgave 13

De voltmeter maakt geen deel uit van het eigenlijke stroomcircuit.
De voltmeter kun je het best zien als een los instrument dat de spanning kan meten tussen verschillende punten van het stroomcircuit.

Opgave 14

Een oscilloscoop is een schrijvende voltmeter en maakt dus ook geen deel uit van het eigenlijke stroomcircuit.

Opgave 15

Meetpennen om de spanning te meten gebruik je als je tussen verschillende punten het spanningsverschil wilt meten en de voltmeter niet blijvend aan het stroomcircuit wilt koppelen. Daarbij kun je lastige plekken bereiken.

Opgave 16

Dan is de stroomsterkte in het draaispoeltje te hoog.
De spoel kan doorbranden.
De wijzer krijgt een klap: de uitslag die de meter moet maken past niet op de schaal. De wijzer slaat dan tegen de blokkering aan het eind van de schaal.

Opgave 17

Schakelen met ingeschakelde spanning geeft steeds een vonk bij elke aansluiting die je maakt. Als je daarbij een fout maakt is er meteen schade. Bouw eerst de schakeling zonder spanning dan kun je nog een controle uitvoeren. Of uit laten voeren.

Opgave 18

Als je met een groot meetbereik begint is de afgelezen waarde steeds kleiner dan het meetbereik. Begin je met een te klein meetbereik dan wordt de meter overbelast.

Opgave 19

- a Je kiest een zo groot mogelijke wijzeruitslag omdat de nauwkeurigheid dan beter is dan bij een kleine uitslag.
 - b 6, 8 V meet je dan op het dichtstbijzijnde grotere meetbereik: 15 V.
-

Opgave 20

- a Een stroommeter is *in serie* geschakeld met de weerstand *waardoor* hij de stroom meet.
 - b Een spanningsmeter is *parallel* aan de weerstand *waarover* hij de spanning meet.
 - c Een ohmmeter is *parallel* geschakeld met de weerstand *waarvan* hij de weerstand meet. Een ohmmeter stuurt zelf een stroom door de weerstand en berekent de weerstand uit de stroomsterkte die er gaat lopen.
-

Opgave 21

- a De weerstand van een spanningsmeter moet *heel groot* zijn ten opzichte van de weerstand, waarover hij de spanning meet.
 - b De weerstand van een stroommeter moet *heel klein* zijn ten opzichte van de weerstand, waardoor hij de stroom meet.
-

Opgave 22

Brand ontstaat door overbelasting waarbij de bedrading warm wordt, smelt en kortsluiting geeft. Door kortsluiting gaat er een grote stroom lopen en is er veel warmte-ontwikkeling die brand veroorzaakt.

Opgave 23

Wisselspanning is gevaarlijker omdat het hartritme verstoort kan worden. Vooral bij frequenties in de buurt van het hartritme.

Heel hoge frequenties bijvoorbeeld 10 000 trillingen per seconde zijn dan weer minder gevaarlijk mits de stroomsterkte gering blijft. Dat is het geval als de stroombron een heel hoge inwendige weerstand heeft en zijn vermogen gering.

Opgave 24

Beter is het om hiermee niet de experimenteren.

Maar goed, feit is dat je totaal geen last hebt van een batterijtje van 9 V.

Het is de stroomsterkte en de wisselende spanning die gevaar opleveren. Maar de

stroomsterkte is niet bekend. De spanning wel.

Als vuistregel geldt dat voor gelijkspanning tot circa 100 V niet schadelijk is, voor wisselspanning tot circa 40 V.

Opgave 25

Een smeltveiligheid smelt door bij een bepaalde bovengrens voor de stroomsterkte. Als je daar overheen gaat door zelf een nieuwe verbinding te maken werkt de smeltveiligheid natuurlijk niet meer als *bescherming*.

Opgave 26

Voor drinkwaterleiding kan men ook kunststofbuis gebruiken. Dan heb je geen geleider meer die aardcontact maakt.

Opgave 27

Statische elektriciteit ontstaat bij wrijving van niet geleidende stoffen langs elkaar. Dat kan gemakkelijk bij vaste stoffen maar ook met een vloeistof die langs een vaste stof stroomt. Ook gassen maar dan in de vorm van kleine druppeltjes.

Opgave 28

Een aardlekschakelaar schakelt de stroom uit zodra de heengaande stroom groter is dan de terugkerende stroom. Er is dan stroomverlies, een lek. Een veel gebruikte waarde voor deze verschilmeting is 40 mA.

Opgave 29

Natte ruimte:
dubbel geïsoleerde apparaten,
spanning alleen via een aardlekschakelaar,
verlichting op lage spanning (bijvoorbeeld 12 V),
geaarde stopcontacten alleen in spatwatervrije zone.

Opgave 30

- a Er gaat pas een stroom door de spanningszoeker als je zelf met een vinger contact maakt aan de andere kant van de spanningszoeker. Je lichaam dient dan als stroomgeleider naar de aarde.
- b Een hoge weerstand natuurlijk. De stroom moet gering blijven.
- c De spanning wordt dan: $0,0001 \text{ A} \times 10.000 \text{ } \Omega = 1 \text{ V}$

Opgave 31

Vermogen via een zekering van 16 A: $P = U \times I \rightarrow P = 230 \text{ V} \times 16 \text{ A} = 3680 \text{ W} \rightarrow \mathbf{3,7 \text{ kW}}$.

Opgave 32

Hoofdzekering: 25 A

Vier groepen gebruiken elk 8 A.

Dan smelt de hoofdzekering van 25 A want $4 \times 8 = 32 \text{ A}$.

Opgave 33

Er mogen in een dergelijk laboratorium geen vonken optreden. Vonken zie je vaak niet maar ze zijn er wel.

De elektrische installatie bestaat dan uit:

- speciale vonkvrije schakelaars,
 - speciale vonkvrije stopcontacten,
 - vonkvrije apparatuur zoals pompen en motoren,
 - aarding van voorwerpen die gemakkelijk statisch geladen worden.
-

Opgave 34

Schakeling in de afbeelding.

Gegeven: $R_1 = 30 \Omega$ en $R_4 = 50 \Omega$ samen in serie met $R_2 = 100 \Omega$ en $R_3 = 150 \Omega$ die parallel geschakeld zijn, $U = 80 \text{ V}$.

Gevraagd: I_{totaal} en $I_{1,2,3,4}$

Oplossing:

Om de schakeling te vereenvoudigen berekenen we eerst

$$R_{s, 2,3} \cdot 1 / R_{s,2,3} = 1 / 100 + 1 / 150$$

$$R_{s, 2,3} = 60 \Omega$$

De totale weerstand in de stroomkring is dan: $30 + 60 + 50 = 140 \Omega$.

En de stroomsterkte: $I_{\text{totaal}} = 80 \text{ V} / 140 \Omega = \mathbf{0,57 \text{ A}}$

$$U = I \cdot R \rightarrow U_{30} = 0,571 \times 30 = 17,1 \text{ V}$$

$$U = I \cdot R \rightarrow U_{50} = 0,571 \times 50 = 28,6 \text{ V}$$

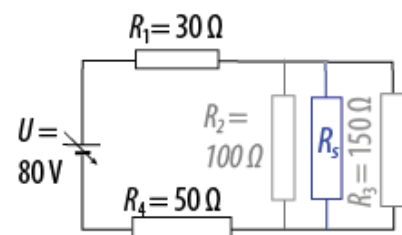
De spanning over de parallelschakeling is dan: $80 \text{ V} - 17,1 \text{ V} - 28,6 \text{ V} = 34,3 \text{ V}$.

Stroomsterkte $I_1 = I_4 = \mathbf{0,57 \text{ A}}$

Stroomsterkte in R_2 : $I_2 = 34,3 \text{ V} / 100 \Omega = \mathbf{0,34 \text{ A}}$

Stroomsterkte in R_3 : $I_3 = 34,3 \text{ V} / 150 \Omega = \mathbf{0,23 \text{ A}}$

Opgave 35



We moeten om te beginnen de schakeling vereenvoedigen:

1 bereken $R_{S, 4+5}$

2 vervolgens: bereken $R_{S, 1+2}$

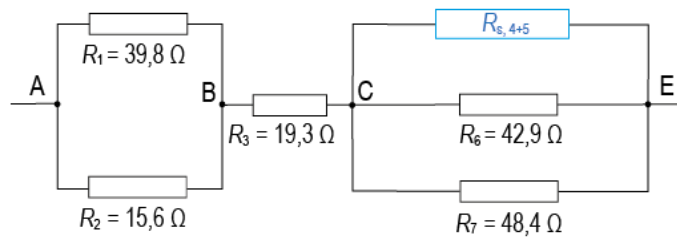
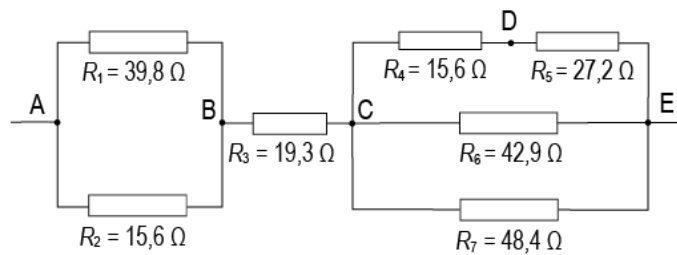
en: $R_{S, 4+5+6+7+8}$

3 nu kunnen we R_{totaal} berekenen:

I_{totaal} en vervolgens: U_{AB} , U_{BC} , U_{CE}

daarna I_1 , I_2 , I_{4+5} , I_6 en I_7

tenslotte U_{CD} en U_{DE}



1 $R_{S, 4+5} = 15,6 + 27,2 = 42,8 \Omega$

2 $1 / R_{S, 1+2} = 1 / 39,8 + 1 / 15,6$

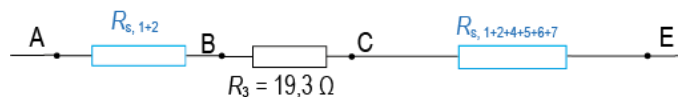
$R_{S, 1+2} = 11,2 \Omega$

$1/R_{S, 4+5+6+7+8} =$

$1/42,8 + 1/42,9 + 1/48,4 \rightarrow$

$R_{S, 4+5+6+7+8} = 14,9 \Omega$

$R_{S, 1+2}$ en $R_{S, 1+2+4+5+6+7}$



Bereken I en vervolgens: U_{AB} , U_{BC} en U_{CB}

Totale weerstand: $11,2 \Omega + 19,3 \Omega + 14,9 \Omega = 45,4 \Omega$

3 $I_{\text{totaal}} = U / R \rightarrow 120 \text{ V} / 45,4 \Omega = 2,65 \text{ A}$

$U_{AB} = I \cdot R \rightarrow 2,64 \times 11,2 = 29,6 \text{ V}$

$U_{BC} = I \cdot R \rightarrow 2,64 \times 19,3 = 51,0 \text{ V}$

$U_{CE} = I \cdot R \rightarrow 2,64 \times 14,9 = 39,3 \text{ V}$

Totaal 120 V, klopt.

Nu alle deelstroomsterkten nog.

$I = U / R \rightarrow I_1 = U_{AB} / R_1 \rightarrow I_1 = 29,7 / 39,8 = 0,745 \text{ A}$

$I_2 = U_{AB} / R_2 \rightarrow I_2 = 29,7 / 15,6 = 1,90 \text{ A}$

$I_3 = 2,64 \text{ A}$

$I_{4+5} = U_{CE} / R_{S, 4+5} \rightarrow I_4 = 39,3 / 42,8 = 0,918 \text{ A}$

$I_6 = U_{CE} / R_6 \rightarrow I_6 = 39,3 / 42,9 = 0,916 \text{ A}$

$I_7 = U_{CE} / R_7 \rightarrow I_7 = 39,3 / 48,4 = 0,813 \text{ A}$

Opgave 36

Drie weerstanden.

Gegeven: R_1 , R_2 en R_3 staan in serie, of parallel.

Gevraagd: *verhouding energieën.*

Oplossing:

- a De weerstanden staan in serie dus de stroomsterkte is in elke weerstand even groot.

$$E = U \cdot I \cdot t \text{ en } U = I \cdot R, \text{ zodat: } E = I^2 \cdot R \cdot t$$

De energieën ontwikkeld in verschillende weerstanden verhouden zich dus als de weerstandswaarden. De energie is evenredig met de weerstand.

$$E_1 : E_2 : E_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

- b De weerstanden staan parallel dus de spanning over elke weerstand even groot.

$$E = U \cdot I \cdot t \text{ en } I = U / R, \text{ zodat: } E = U^2 \cdot t / R$$

De energieën ontwikkelt in verschillende weerstanden verhouden zich dus als één gedeeld door de weerstandswaarden. De energie is omgekeerd evenredig met de weerstand.

$$E_1 : E_2 : E_3 = 1/R_1 : 1/R_2 : 1/R_3$$

Opgave 37

- a De meetonauwkeurigheid (absolute fout) is 2,5% van het schaalbereik.

$$0,025 \times 300 \text{ mA} = 8 \text{ mA.}$$

- b De meetwaarde 156,3 mA wordt dus: $(156 \pm 8) \text{ mA}$.

Opgave 38

Aflezing wisselspanning van 28,6 V met een multimeter.

- a Resolutie (afleesnauwkeurigheid): 0,01 V.

- b Schaalbereik: 32 V.

- c meetonauwkeurigheid (accuracy): $2\% \text{ meetwaarde} + 2 \times 0,01 = 0,02 \times 28,6 = 0,6 \text{ V}$

- d $28,6 \pm 0,6 \text{ V}$

Opgave 39

Meetwaarde wisselspanning 10 kHz: 24,65 V

Hoe nauwkeurig?

Tabel 2.1 geeft als informatie dat de meetwaarden gelden voor frequenties tot 1 kHz. We moeten ervan uitgaan dat de meting van 24,65 V onbetrouwbaar is omdat de multimeter voor

Uitwerkingen van de opgaven uit:

Natuurkunde voor het MBO deel 3 ISBN 9789491764462, 1e druk, Uitgeverij Syntax Media
Hoofdstuk 2 Elektrische schakelingen. bladzijde 10

dit frequentiebereik niet geschikt is.

Opgave 40

Spanningsbron, bronspanning 12,5 V.

Gegeven: $U_{\text{bron}} = 12,5 \text{ V}$, $R_i = 1,0 \Omega$, $R_u = 25,0 \Omega$.

Gevraagd: a) I b) U_{klem}

Oplossing: $U_{\text{bron}} = I \cdot R_i + I \cdot R_u \rightarrow 12,5 \text{ V} = I \times 1,0 + I \times 25,0$

a $I = 12,5 / 26,0 = \mathbf{0,481 \text{ A}}$

b $U_{\text{klem}} = I \cdot R_u \rightarrow U_{\text{klem}} = 0,481 \times 25,0 = \mathbf{12,0 \text{ V}}$

Opgave 41

Spanningsbron, bronspanning 4,95 V.

Gegeven: $U_{\text{bron}} = 4,95 \text{ V}$, $I = 240 \text{ mA}$ als $R_u = 18,7 \Omega$.

Gevraagd: a) U_{klem} b) R_i

Oplossing:

a $U_{\text{klem}} = I \cdot R_u \rightarrow U_{\text{klem}} = 0,240 \times 18,7 = \mathbf{4,49 \text{ V}}$

b $U_{\text{bron}} = I \cdot R_i + I \cdot R_u \rightarrow 4,95 = 0,240 \times R_i + 4,49 \rightarrow R_i = \mathbf{1,93 \Omega}$

Opgave 42

Stroombron, bronspanning 1,478 V

Gegeven: $U_{\text{bron}} = 1,478 \text{ V}$, $I = 25,9 \mu\text{A}$ als $R_u = 0 \Omega$.

Gevraagd: a) R_u b) R_i

Oplossing:

a Bij kortsluiting is $R_u = \mathbf{0 \Omega}$.

b $U_{\text{bron}} = I \cdot R_i + I \cdot R_u \rightarrow 1,478 = 25,9 \cdot 10^{-6} \times R_i + 25,9 \cdot 10^{-6} \times 0 \rightarrow R_i = 5,71 \cdot 10^4 \Omega$
 $R_i = \mathbf{57,1 \text{ k}\Omega}$

Opgave 43

Auto-accu

Gegeven: 6 cellen in serie, $U_{\text{cel}} = 2,0 \text{ V}$, $R_i = 0,10 \Omega$.

Gevraagd: a) U_{bron} b) R_i c) I_{max}

Oplossing:

a $U_{\text{bron}} = 6 \times 2,0 \text{ V} = \mathbf{12,0 \text{ V}}$

b $R_{i,\text{totaal}} = 6 \times 0,10 \Omega = \mathbf{0,60 \Omega}$

c De stroom is maximaal als $R_u = 0$

$$U_{bron} = I \cdot R_i + I \cdot R_u \rightarrow 12,0 = I_{max} \times 0,60 + I_{max} \times 0,0 \rightarrow I_{max} = 12,0 / 0,6 = \mathbf{20 \text{ A}}$$

Opgave 44

Drie batterijen.

Gegeven: 3 batterijen in serie, $U_{bat} = 4,5 \text{ V}$, $R_i = 1,0 \Omega$, $R_u = 50 \Omega$.

Gevraagd: I

Oplossing:

$$U_{bron,serie} = 3 \times 4,5 = 13,5 \text{ V}, R_{i,serie} = 3 \times 1,0 = 3,0 \Omega$$

$$U_{bron,serie} = I \cdot R_i + I \cdot R_u \rightarrow 13,5 = I \times 3,0 + I \times 50 \rightarrow I = 13,5 / 53 = \mathbf{0,25 \text{ A}}$$

Opgave 45

Bronspanning meten.

Gegeven: Spanningsbron, $R_i = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{u,voltm} = 500 \text{ k}\Omega$ of $R_{u,elektronische\ voltm} = 10 \text{ M}\Omega$.

Gevraagd: a) Beste meetresultaat? b) En als $R_i < 2 \Omega$?

Oplossing:

- a Je wilt de bronspanning meten. De stroom die gaat lopen verlaagt de bronspanning tot klemspanning:

$$U_{bron} = I \cdot R_i + I \cdot R_u$$

Spanningsverlies: $I \cdot R_i$

Spanningsverlies als deel van de bronspanning: $\frac{R_i}{R_i + R_u}$

Als $R_i = 100 \text{ k}\Omega$ en $R_{u,voltm} = 500 \text{ k}\Omega$ dan is de verhouding $\frac{R_i}{R_i + R_u} = \frac{1}{6}$

Het spanningsverlies ($I \cdot R_i$) is dan ook $1/6^e$ deel van de bronspanning. Je maakt een meetfout van -17% .

Als $R_i = 100 \text{ k}\Omega$ en $R_{u,voltm} = 10 \text{ M}\Omega$ dan is de verhouding $\frac{R_i}{R_i + R_u} = \frac{1}{10^6}$

Het spanningsverlies is dan één miljoenste deel van de bronspanning. De meetfout is dan verwaarloosbaar.

- b Als $R_i < 2 \Omega$ dan is het spanningsverlies $I \cdot R_i$ veel kleiner dan $I \cdot R_u$

Als bijvoorbeeld $R_i = 1 \Omega$ en $R_{u,voltm} = 500 \text{ k}\Omega$ dan is de verhouding $\frac{R_i}{R_i + R_u} = \frac{1}{500000}$

Het spanningsverlies is dan ook bij een eenvoudige draaispoelmeter verwaarloosbaar.

Opgave 46

Drie batterijen parallel.

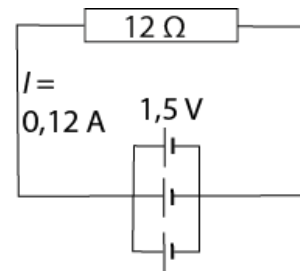
Gegeven: 3 batterijen, elk: $U_{bron} = 1,5 \text{ V}$, $R_i = 1,5 \Omega$, $R_u = 12 \Omega$.

Uitwerkingen van de opgaven uit:

Gevraagd: a) poling b) schema c) $U_{\text{bron, tot}}$ d) I e) I_{bat}

Oplossing:

- a Plus aan de plus, min aan de min.
- b Afbeelding schema.
- c $U_{\text{bron, tot}}$ is even groot als van elke batterij afzonderlijk.
Ze zijn naast elkaar geschakeld en tellen dus niet op.
De R_i van het geheel is $1,5 \Omega / 3 = \mathbf{0,50 \Omega}$.



- d $U_{\text{bron}} = I \cdot R_i + I \cdot R_u \rightarrow 1,5 = I \times (0,50 + 12) \rightarrow I = 1,5 / 12,5 = \mathbf{0,12 A}$
- e Per batterij is dat: $0,12 / 3 = \mathbf{0,04 A}$

Opgave 47

- a Spanningsbronnen met groot verschil in bronspanning en/of inwendige weerstand parallel schakelen heeft niet zoveel zin omdat de bijdrage van de sterkste (hoogste U_{bron} en kleinste R_i) dan toch bepaalt hoe groot de stroom wordt. De andere bronnen doen er dan niet veel toe.
- b Voordeel parallelschakeling spanningsbronnen: R_i kleiner dus: stabiele U_{bron} , grotere stroom mogelijk.

Opgave 48

- a Als de afstand tussen de condensatorplaten groter wordt dan wordt de capaciteit kleiner. Dus hoe dikker de folie des te kleiner de capaciteit. De wisselstroomweerstand wordt dan groter.
- b De *wisselstroomsterkte* wordt dan kleiner. Door de wisselstroom te meten kun je (na kalibratie) de dikte van de tussenruimte afleiden.

Opgave 49

Meer vocht betekent een verandering van de *permittiviteit* (*dielektrische constante*) en daarmee een verandering van de capaciteit.

Opgave 50

Parallelschakeling:

$$C_s = C_1 + C_2 \rightarrow C_s = 80 + 150 = \mathbf{230 \mu F}$$

Opgave 51

Serieschakeling:

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \rightarrow \frac{1}{C_s} = \frac{1}{80} + \frac{1}{150} \rightarrow C_s = \mathbf{52 \mu F}$$

Opgave 52

Elektrolyse water.

Gegeven: $I = 1,0 \text{ A}$, $t = 1,00 \text{ min}$

Gevraagd: a) n_{H_2} b) Verhouding: $n_{\text{H}_2} : n_{\text{O}_2}$

Oplossing:

Kathodereactie: $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

Voor de vorming van 1 mol H_2 is **2** mol e^- nodig

a $Q = I \cdot t \rightarrow Q = 1,0 \times 60,0 = 60 \text{ C}$

$$n_{\text{e}} = Q / F \rightarrow n_{\text{e}} = 60 / 9,648 \cdot 10^4 = 6,22 \cdot 10^{-4} \text{ mol elektronen}$$

$$= n_{\text{e}} / 2 \rightarrow n_{\text{H}_2} = 6,22 \cdot 10^{-4} / 2 = \mathbf{3,11 \cdot 10^{-4} \text{ mol waterstof}}$$

Anodereactie: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- + \text{O}_2$

Voor de vorming van 1 mol O_2 komt er **4** mol e^- vrij.

b Per 1 mol elektronen ontstaat 0,5 mol waterstof en 0,25 mol zuurstof.

$$n_{\text{H}_2} : n_{\text{O}_2} = 0,5 : 0,25 = \mathbf{2 : 1}$$

Opgave 53

Elektrolyse ZnSO_4 -oplossing.

Gegeven: $n_{\text{Zn}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, $I = 1,2 \text{ A}$

Gevraagd: a) Q b) t

Oplossing:

a Reactie: $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$

Voor de vorming van $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol Zn}$ is **2** $\times 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol elektronen}$ nodig.

$$Q = n \cdot F \rightarrow Q = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 9,648 \cdot 10^4 \text{ C/mol} = \mathbf{4,8 \cdot 10^2 \text{ C}}$$

b $n_{\text{e}} = \frac{I \cdot t}{F} \rightarrow 5,0 \cdot 10^{-3} = \frac{1,2 \times t}{9,648 \cdot 10^4} \rightarrow t = \mathbf{402 \text{ s}} \quad (4,0 \cdot 10^2 \text{ s})$

Opgave 54

Elektrolyse AgNO_3 -oplossing.

Gegeven: $I = 2,0 \text{ A}$, $t = 1,00 \text{ uur}$

Gevraagd: m_{Ag}

Oplissing: Één zilverion reageert met één elektron.

$$n_{\text{Ag}} = n_e = \frac{I \cdot t}{F}$$

$$t = 3600 \text{ s}, F = 9,648 \cdot 10^4 \text{ C/mol}$$

$$n_{\text{Ag}} = \frac{2,0 \cdot 3600}{9,648 \cdot 10^4} = 0,0756 \text{ mol} \rightarrow m = n \cdot M \rightarrow m = 0,0756 \text{ mol} \times 107,9 \text{ g/mol} = \mathbf{8,1 \text{ g}}$$

Opgave 55

Elektrodepotentiaal $\text{Cu}^{2+} / \text{Zn}^{2+}$.

Gegeven:

- Gevraagd: a) $U_{\text{Cu}^{2+}}$ en $U_{\text{Zn}^{2+}}$ als $c = 0,050 \text{ mol/L}$
 b) $U_{\text{Cu}^{2+}}$ en $U_{\text{Zn}^{2+}}$ als $c = 0,10 \text{ mol/L}$

Oplissing:

$$U = U^0 + \frac{0,0591}{2} \cdot \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{1}$$

a $U_{\text{Cu}^{2+}} = (0,34 + 0,0296 \times \log[0,05]) = (0,34 - 0,04) \text{ V} = \mathbf{0,30 \text{ V}}$
 $U_{\text{Zn}^{2+}} = (-0,76 + 0,0296 \times \log[0,05]) = (-0,76 - 0,04) \text{ V} = \mathbf{-0,80 \text{ V}}$
 $\Delta U = 0,30 \text{ V} - (-0,80 \text{ V}) = \mathbf{1,1 \text{ V}}$

b $U_{\text{Cu}^{2+}} = (0,34 + 0,0296 \times \log[0,10]) = (0,34 - 0,03) \text{ V} = \mathbf{0,31 \text{ V}}$
 $U_{\text{Zn}^{2+}} = (-0,76 + 0,0296 \times \log[0,10]) = (-0,76 - 0,03) \text{ V} = \mathbf{-0,79 \text{ V}}$
 $\Delta U = 0,31 \text{ V} - (-0,79 \text{ V}) = \mathbf{1,1 \text{ V}}$

Conclusie: de potentialen veranderen wel maar het potentiaalverschil niet.

Opgave 56

Elektrodepotentiaal Ag en Cd.

Gegeven: $\text{Ag}|\text{Ag}_2\text{SO}_4$ $c = 0,010 \text{ mol/L}$

$\text{Cd}|\text{Cd}^{2+}$ $c = 0,010 \text{ mol/L}$

- Gevraagd: a) U_{Ag^+}
 b) $U_{\text{Cd}^{2+}}$

Oplissing:

$$\text{a } U = U^0 + \frac{0,0591}{1} \times \log \frac{[\text{Ag}^+]}{1} \rightarrow U = +0,80 + \frac{0,0591}{1} \times \log \frac{0,01}{1}$$

$$U_{\text{Ag}} = 0,80 - 0,12 = \mathbf{0,68 \text{ V}}$$

$$\text{b } U = U^0 + \frac{0,0591}{2} \times \log \frac{[\text{Cd}^{2+}]_1}{1} \rightarrow U = +0,80 + \frac{0,0591}{1} \times \log \frac{0,01}{1}$$

$$U_{\text{Cd}} = -0,40 - 0,06 = \mathbf{-0,46 \text{ V}}$$

Opgave 57

De *pH-meter* is hier de voltmeter waarmee de elektrodepotentiaal wordt gemeten.

Een pH-elektrode kan natuurlijk geen stroom van betekenis geven. De Voltmeter mag feitelijk geen stroom afnemen dan zou de potentiaal instorten.

De weerstand van een pH-elektrode is in de orde van $10^9 \Omega$. De voltmeter moet dan liefst een weerstand hebben die ten miste 1000 maal zo hoog is, dus groter dan $10^{12} \Omega$.

Opgave 58

Je kunt alleen spanning meten tussen twee punten, het gaat altijd om een verschil.