



# Inhoudsopgave

3	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 3, deel A (1-50).....	3-5
3.1	Waar toe dient deze bundel uitgewerkte opgaven en hoe gebruik je hem? .....	3-5
3.2	Enkele praktische opmerkingen .....	3-6
3.3	Formularium .....	3-6
3.3.1	Stroom $I$ is verplaatsing van lading $Q$ .....	3-6
3.3.2	De Wet van Ohm: samenhang van spanning $U$ , stroom $I$ en weerstand $R$ ..	3-7
3.3.3	Weerstand, soortelijke of specifieke weerstand $\rho$ en geleiderafmetingen....	3-7
3.3.4	Vermogen $P$ , stroom en spanning .....	3-7
3.3.5	Vermogen en de wet van Ohm .....	3-8
3.3.6	De eerste wet van Kirchhoff gaat over stroom .....	3-8
3.3.7	De tweede wet van Kirchhoff gaat over spanning .....	3-8
3.3.8	Vervangingsweerstand bij serieschakeling .....	3-9
3.3.9	Vervangingsweerstand bij parallelschakeling .....	3-10
3.3.10	Spanningsdelers.....	3-10
3.3.11	Opsplitsen van een niet-ideale spanningsbron.....	3-11
3.3.12	Niet-ideale spanningsbron en belastingsweerstand .....	3-12
3.3.13	Serieschakeling van niet-ideale spanningsbronnen .....	3-12
3.4	Opgaven .....	3-13
3.4.1	Opgave 3-1.....	3-14
3.4.2	Opgave 3-2.....	3-15
3.4.3	Opgave 3-3.....	3-16
3.4.4	Opgave 3-4.....	3-17
3.4.5	Opgave 3-5.....	3-18
3.4.6	Opgave 3-6.....	3-19
3.4.7	Opgave 3-7.....	3-20
3.4.8	Opgave 3-8.....	3-21
3.4.9	Opgave 3-9.....	3-22
3.4.10	Opgave 3-10.....	3-23
3.4.11	Opgave 3-11.....	3-24



3.4.12	Opgave 3-12.....	3-25
3.4.13	Opgave 3-13.....	3-26
3.4.14	Opgave 3-14.....	3-27
3.4.15	Opgave 3-15.....	3-28
3.4.16	Opgave 3-16.....	3-29
3.4.17	Opgave 3-17.....	3-30
3.4.18	Opgave 3-18.....	3-31
3.4.19	Opgave 3-19.....	3-32
3.4.20	Opgave 3-20.....	3-33
3.4.21	Opgave 3-21.....	3-34
3.4.22	Opgave 3-22.....	3-35
3.4.23	Opgave 3-23.....	3-36
3.4.24	Opgave 3-24.....	3-37
3.4.25	Opgave 3-25.....	3-38
3.4.26	Opgave 3-26.....	3-39
3.4.27	Opgave 3-27.....	3-40
3.4.28	Opgave 3-28.....	3-41
3.4.29	Opgave 3-29.....	3-42
3.4.30	Opgave 3-30.....	3-43
3.4.31	Opgave 3-31.....	3-44
3.4.32	Opgave 3-32.....	3-45
3.4.33	Opgave 3-33.....	3-46
3.4.34	Opgave 3-34.....	3-47
3.4.35	Opgave 3-35.....	3-48
3.4.36	Opgave 3-36.....	3-49
3.4.37	Opgave 3-37.....	3-50
3.4.38	Opgave 3-38.....	3-51
3.4.39	Opgave 3-39.....	3-52
3.4.40	Opgave 3-40.....	3-53
3.4.41	Opgave 3-41.....	3-54
3.4.42	Opgave 3-42.....	3-55



3.4.43	Opgave 3-43.....	3-56
3.4.44	Opgave 3-44.....	3-57
3.4.45	Opgave 3-45.....	3-58
3.4.46	Opgave 3-46.....	3-59
3.4.47	Opgave 3-47.....	3-60
3.4.48	Opgave 3-48.....	3-61
3.4.49	Opgave 3-49.....	3-62
3.4.50	Opgave 3-50.....	3-63
3.5	Uitwerkingen.....	3-64
3.5.1	Uitwerking van Opgave 3-1 .....	3-65
3.5.2	Uitwerking van Opgave 3-2 .....	3-66
3.5.3	Uitwerking van Opgave 3-3 .....	3-67
3.5.4	Uitwerking van Opgave 3-4 .....	3-68
3.5.5	Uitwerking van Opgave 3-5 .....	3-69
3.5.6	Uitwerking van Opgave 3-6 .....	3-70
3.5.7	Uitwerking van Opgave 3-7 .....	3-71
3.5.8	Uitwerking van Opgave 3-8 .....	3-72
3.5.9	Uitwerking van Opgave 3-9 .....	3-74
3.5.10	Uitwerking van Opgave 3-10 .....	3-75
3.5.11	Uitwerking van Opgave 3-11 .....	3-77
3.5.12	Uitwerking van Opgave 3-12 .....	3-78
3.5.13	Uitwerking van Opgave 3-13 .....	3-79
3.5.14	Uitwerking van Opgave 3-14 .....	3-80
3.5.15	Uitwerking van Opgave 3-15.....	3-82
3.5.16	Uitwerking van Opgave 3-16 .....	3-83
3.5.17	Uitwerking van Opgave 3-17 .....	3-84
3.5.18	Uitwerking van Opgave 3-18 .....	3-85
3.5.19	Uitwerking van Opgave 3-19 .....	3-86
3.5.20	Uitwerking van Opgave 3-20 .....	3-87
3.5.21	Uitwerking van Opgave 3-21 .....	3-88
3.5.22	Uitwerking van Opgave 3-22 .....	3-89



3.5.23	Uitwerking van Opgave 3-23 .....	3-90
3.5.24	Uitwerking van Opgave 3-24 .....	3-91
3.5.25	Uitwerking van Opgave 3-25 .....	3-92
3.5.26	Uitwerking van Opgave 3-26 .....	3-93
3.5.27	Uitwerking van Opgave 3-27 .....	3-95
3.5.28	Uitwerking van Opgave 3-28 .....	3-96
3.5.29	Uitwerking van Opgave 3-29 .....	3-97
3.5.30	Uitwerking van Opgave 3-30 .....	3-98
3.5.31	Uitwerking van Opgave 3-31 .....	3-99
3.5.32	Uitwerking van Opgave 3-32 .....	3-100
3.5.33	Uitwerking van Opgave 3-33 .....	3-101
3.5.34	Uitwerking van Opgave 3-34 .....	3-102
3.5.35	Uitwerking van Opgave 3-35 .....	3-103
3.5.36	Uitwerking van Opgave 3-36 .....	3-104
3.5.37	Uitwerking van Opgave 3-37 .....	3-106
3.5.38	Uitwerking van Opgave 3-38 .....	3-107
3.5.39	Uitwerking van Opgave 3-39 .....	3-109
3.5.40	Uitwerking van Opgave 3-40 .....	3-110
3.5.41	Uitwerking van Opgave 3-41 .....	3-111
3.5.42	Uitwerking van Opgave 3-42 .....	3-112
3.5.43	Uitwerking van Opgave 3-43 .....	3-113
3.5.44	Uitwerking van Opgave 3-44 .....	3-114
3.5.45	Uitwerking van Opgave 3-45 .....	3-115
3.5.46	Uitwerking van Opgave 3-46 .....	3-116
3.5.47	Uitwerking van Opgave 3-47 .....	3-117
3.5.48	Uitwerking van Opgave 3-48 .....	3-118
3.5.49	Uitwerking van Opgave 3-49 .....	3-119
3.5.50	Uitwerking van Opgave 3-50 .....	3-120



## 3 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 3, deel A (1-50)

### 3.1 Waartoe dient deze bundel uitgewerkte opgaven en hoe gebruik je hem?


De voornaamste functie van deze bundel is dat je de kennis die je in cursushoofdstuk 3 hebt opgedaan, kunt toetsen aan echte examenvragen. Het is daarom een vorm van examentraining.

Het is niet de bedoeling, maar ook niet verboden, om te proberen het examen te halen door je enkel te trainen met examenvragen. Er bestaan mensen die op die manier het examen hebben gehaald. Bedenk dat sinds begin 2000 ongeveer 1400 examenvragen zijn gesteld. Die weg is daarom tijdrovend en de slagingskans niet groot. Bedenk ook dat examenvragen die op elkaar lijken, vaak niet precies gelijk zijn en dat de antwoorden op meerkeuzevragen niet altijd in dezelfde volgorde staan of precies gelijk zijn aan hun voorgangers. Of snappen sommigen de stof geleidelijk aan toch als ze maar heel veel examenvragen maken? Wie het weet, mag het zeggen.

Wel verwachten de schrijvers dat de opgedane kennis door het bestuderen en maken van de vragen scherper in je hoofd wordt geprent dan zonder examentraining. Want training is het natuurlijk wel.

Advies: maak in elk geval eerst de opgaven die in de tekst van het eigenlijke leerhoofdstuk staan, loop daarna de verkorte versie nog een keer door om te zien of alles bekend is en begin pas daarna aan de examenvragen in deze bundel.

De opgaven zitten in twee paragrafen. De eerste geeft alleen de opgaven. Zo kun je die maken zonder ongewild het antwoord toch te zien. Een gele pijl in een blauw veld aan het eind van elke opgave brengt je naar de uitwerking. Deze:

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

De uitwerking begint met de opgave en het goede antwoord **vetgedrukt**. Daarna volgt de eigenlijke uitwerking, soms gevolgd door een of meer opmerkingen. De uitwerking hoeft niet de enig juiste te zijn. Het is niet ongewoon dat je via een andere weg ook tot een goed antwoord komt. Leg dan beide antwoorden naast elkaar en vergelijk.

Bij veel opgaven begint de uitwerking met een korte analyse. Tenslotte is de eerste vraag die een examenkandidaat zich bij elke examenvraag moet stellen er één van “hoe zit dit precies in elkaar?”. Kort gezegd: begrijp wat je doet.


Aan het eind van een uitwerking kun je via een rode pijl in een blauw veld terug naar de opgave.

Dat is deze:



Terug naar de opgave

Via eenzelfde pijl, maar dan groen, kom je vanaf de uitwerking bij de volgende opgave. Dat is deze:

Naar de volgende opgave 

De cursusredactie beveelt elke cursist aan, de opgaven te maken langs de route van de pijlen. Dan weet je zeker dat je niets overslaat. Noteer het nummer van de laatst bekeken opgave als je stopt om wat anders te doen. Via de inhoudsopgave kun je er met één muisklik weer naartoe. Voor wie alleen geïnteresseerd is in de uitwerkingen: je kunt alle uitwerkingen ook achter elkaar doorlezen in paragraaf 3.5.

## 3.2 Enkele praktische opmerkingen

Wegens het grote aantal beschikbare examenopgaven is de bundel bij hoofdstuk 3 gesplitst in deel A en deel B. Dit is deel A en bevat 50 opgaven. Deel B bevat er 41.

Bij elke opgave is vermeld, in welk examen de opgave voorkomt. Voorbeeld: F-examen mei 2011 (1). De opgave is dan onderdeel geweest van het eerste examen in mei 2011. Gaat het om het tweede examen, dan staat er (2) in plaats van (1). Als er in een maand maar één examen is geweest, ontbreekt de aanduiding (1) of (2). Vóór het jaar 2008, waren er maar twee examens per jaar, het voorjaars- en najaarsexamen.

Het kan zijn dat een opgave jarenlang niet meer in een examen zit en plotseling, bijvoorbeeld 10 jaar later, weer opduikt. Denk dus niet dat een opgave die 15 jaar geleden voor het laatst in een examen zat, nu niet meer zal voorkomen. Maar een opgave die vaak voorkomt, zal een grotere kans hebben om weer op te duiken dan één die maar één of twee keer is voorgekomen.

Opgaven die opnieuw worden gevraagd, hebben heel vaak niet dezelfde volgorde van de antwoorden.

Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Dat is een overzicht van vergelijkingen (“formules”) met soms wat handigheidjes. We raden aan, dit eerst door te nemen.

## 3.3 Formularium

### 3.3.1 Stroom $I$ is verplaatsing van lading $Q$

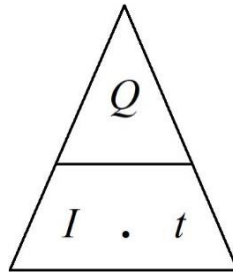
Elektrische lading  $Q$  (eenheid: coulomb, C) is stroom  $I$  (eenheid: ampère, A) maal tijd  $t$  (eenheid: seconde, s)

$$Q = It$$

Dat kun je ook schrijven als

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{en} \quad t = \frac{Q}{I}$$

In een figuur uitgedrukt:



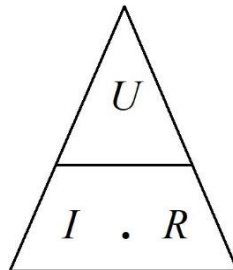
Denk de te berekenen grootheid weg of houd er iets voor. De overige symbolen geven het rechterlid van de bijbehorende vergelijking.

### 3.3.2 De Wet van Ohm: samenhang van spanning $U$ , stroom $I$ en weerstand $R$

De wet van Ohm beschrijft de relatie tussen spanning  $U$  (volt, V) stroom  $I$  en weerstand  $R$  (eenheid: ohm,  $\Omega$ )

$$U = IR$$

Ook deze vergelijking kan als figuur worden weergegeven:



Gebruiksaanwijzing: dezelfde als in de vorige tekening.

### 3.3.3 Weerstand, soortelijke of specifieke weerstand $\rho$ en geleiderafmetingen

De weerstand  $R$  van een geleider is afhankelijk van de soortelijke of specifieke weerstand  $\rho$  (eenheid: ohmmeter,  $\Omega\text{m}$ ) de lengte  $L$  (eenheid: meter, m) en de doorsnede  $A$  (eenheid: vierkante meter,  $\text{m}^2$ ) volgens

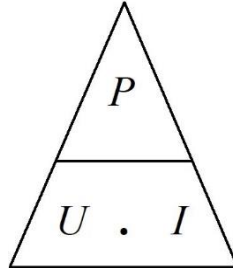
$$R = \rho \frac{L}{A}$$

### 3.3.4 Vermogen $P$ , stroom en spanning

Vermogen  $P$  (eenheid: watt, W) is stroom  $I$  maal spanning  $U$

$$P = UI$$

Ook hier worden twee grootheden vermenigvuldigd en kan de driehoek worden toegepast:



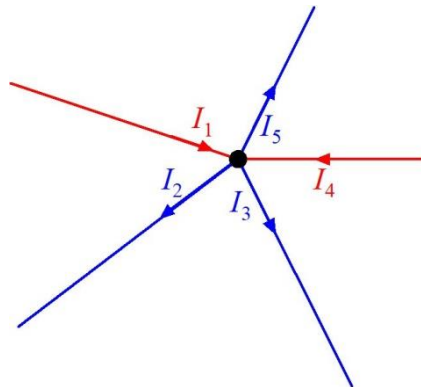
### 3.3.5 Vermogen en de wet van Ohm

Combineren met de wet van Ohm leidt tot

$$P = I^2 R \text{ en } P = \frac{U^2}{R}$$

### 3.3.6 De eerste wet van Kirchhoff gaat over stroom

De eerste wet van Kirchhoff: totale stroom naar en van een knooppunt van leidingen is 0.



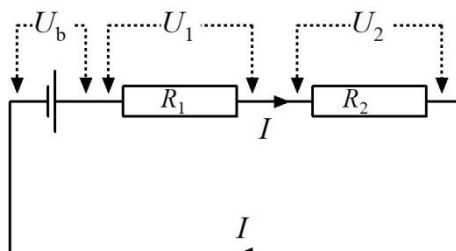
$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0 \tag{3.3-1}$$

En voor een knooppunt met  $n$  takken

$$I_1 + \dots + I_n = 0 \tag{3.3-2}$$

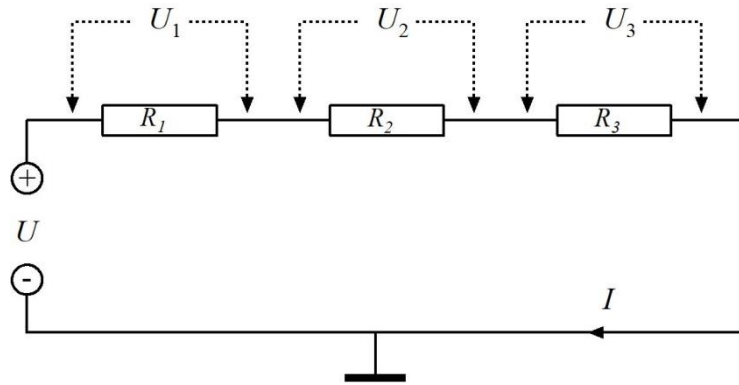
### 3.3.7 De tweede wet van Kirchhoff gaat over spanning

De tweede wet van Kirchhoff: de som van de spanningen in een gesloten circuit is 0.





In de figuur is de som van de spanningen over de weerstanden gelijk aan de spanning over de batterij of de spanningsbron als je niet let op de polariteit van de spanning (wat in de meeste schakelingen prima werkt). Doe je dat wel, dan is de ene richting plus en de andere min en kom je op 0 uit. Dat geldt ook in het schema hieronder.



$$U + U_1 + U_2 + U_3 = 0$$

Bij aanwezigheid van één spanningsbron is het niet nodig, je druk te maken over de polariteit en kun je rustig werken met

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Maar bij aanwezigheid van meer dan 1 bron is het zaak, op te letten of hun polariteit gelijk of tegengesteld is. Bereken dan eerst de totale spanning en pas daarna het gevraagde in de opgave. Zie ook 3.3.13.

### 3.3.8 Vervangingsweerstand bij serieschakeling

De weerstanden in de figuur hierboven kun je vervangen door één vervangingsweerstand  $R_{\text{tot}}$ . Voor weerstanden in serie is de stroom gelijk en verschillen de spanningen per weerstand. Dan geldt

$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Of voor  $n$  weerstanden

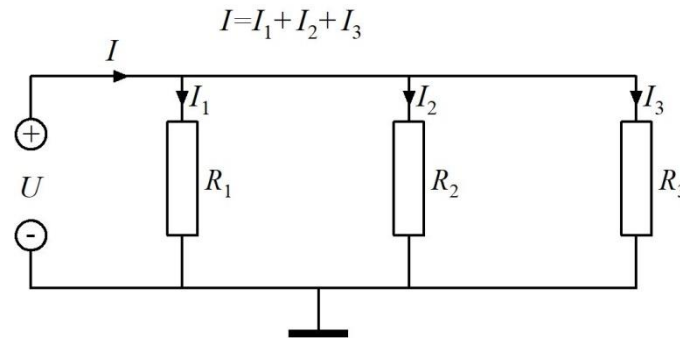
$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

**In woorden:** Voor de serieschakeling van weerstanden geldt dat de vervangende weerstand  $R_{\text{tot}}$  de som is van alle weerstanden in de serieschakeling. De vervangende weerstand is dus altijd *groter dan de grootste weerstand in de serieschakeling*.

In het bijzondere geval dat een serieschakeling alleen gelijke weerstanden  $R$  bevat, is de vervangende weerstand gelijk aan het aantal weerstanden maal  $R$ .

### 3.3.9 Vervangingsweerstand bij parallelschakeling

Voor parallel geschakelde weerstanden is de spanning gelijk en verschillen de stromen per weerstand. Dat leidt tot een andere manier van berekenen van de vervangingsweerstand.



$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Of voor  $n$  weerstanden

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Voor twee parallel geschakelde weerstanden kun je afleiden

$$R_{tot} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

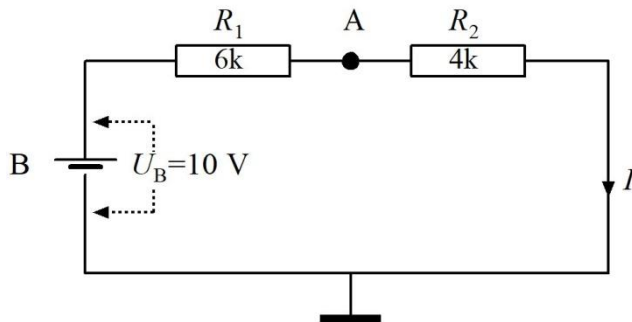
**Voor de parallelschakeling van weerstanden** geldt dat de vervangende weerstand *kleiner dan de kleinste weerstand* is. De omgekeerde waarde van de vervangende weerstand is de som van de omgekeerde waarden van alle weerstanden in de parallelschakeling.

In het bijzondere geval dat een parallelschakeling weerstanden  $R$  bevat die allemaal even groot zijn, is de vervangende weerstand gelijk aan  $R$  gedeeld door het aantal weerstanden.

Voorbeeld: de vervangende waarde van 4 parallelle weerstanden van  $100 \Omega$  is  $100 \Omega / 4$  is  $25 \Omega$ .

### 3.3.10 Spanningsdelers

**Spanningsdelers** met weerstanden komen veel voor. Een eenvoudig voorbeeld met twee weerstanden zien we hieronder.



De batterij B levert een spanning  $U_B = 10 \text{ V}$ . De spanning  $U_A$  op punt A bereken je met

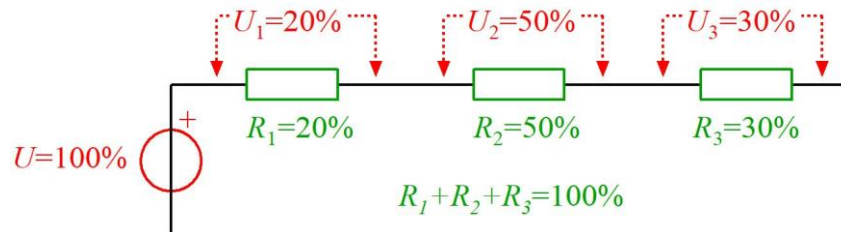
$$U_A = U_B \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

**Een spanningsdeler is een niet-ideale spanningsbron** met een inwendige weerstand die gelijk is aan de parallelweerstand van de (vervangings)weerstand in de beide takken.

In het voorbeeld is dat  $6 \text{ k}\Omega$  parallel aan  $4 \text{ k}\Omega$  is  $2,4 \text{ k}\Omega$ . De EMK of bronspanning is de eerder berekende  $4 \text{ V}$ . Bij meer weerstanden bereken je eerst de vervangingsweerstand in de ene tak van de deler, dan die van de andere tak en berekent vervolgens de parallelschakeling van beide vervangingsweerstand. Zit er maar één weerstand in een tak, dan is die weerstand zijn eigen vervangingsweerstand.

Een voor sommigen gemakkelijker benadering is de volgende, die ook voor meer dan twee weerstanden bruikbaar is:

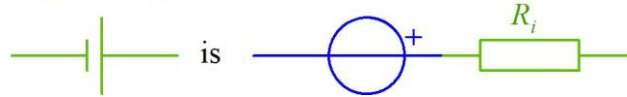
1. Bereken de vervangingsweerstand in de schakeling en vind zo de totale weerstand.
2. Bepaal voor elke weerstand welk deel van de totale weerstand deze is. In de vorige figuur is dat  $6/10$  voor  $R_1$  en  $4/10$  voor  $R_2$ .
3. Verdeel nu de spanning  $U_B$  op dezelfde manier. Dan staat er  $6 \text{ V}$  over  $R_1$  en  $4 \text{ V}$  over  $R_2$ , waarmee de spanning op punt A dus  $4 \text{ V}$  is. Bij meer dan 2 weerstanden werkt het net zo. Het plaatje hieronder laat dat zien.



### 3.3.11 Opsplitsen van een niet-ideale spanningsbron

Bij het werken met niet-ideale spanningsbronnen kan het handig zijn, ze op te splitsen in een ideale bron met een weerstand in serie die gelijk is aan de inwendige weerstand van de bron, zoals hieronder getekend.

Beschouw een spanningsbron in de werkelijke wereld als een ideale spanningsbron in serie met een reële weerstand  $R_i$



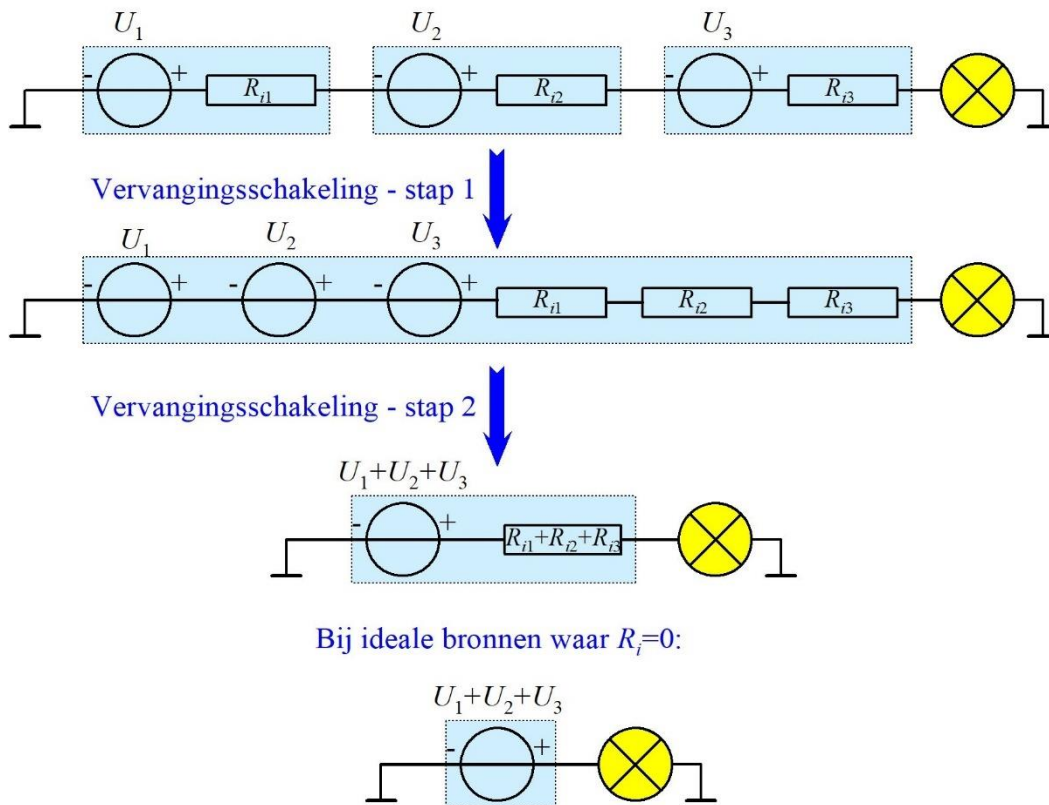
De blauw getekende bron stelt de EMK (bronspanning) voor, in serie met de groen getekende inwendige weerstand  $R_i$  van de eveneens groen getekende batterij.

### 3.3.12 Niet-ideale spanningsbron en belastingsweerstand

Een niet-ideale spanningsbron levert het hoogste vermogen aan een belastingsweerstand als die gelijk is aan de inwendige weerstand.

### 3.3.13 Serieschakeling van niet-ideale spanningsbronnen

Bij in serie schakelen van spanningsbronnen met een inwendige weerstand mag je zowel de spanningen van de bronnen als de inwendige weerstanden bij elkaar optellen volgens de figuur hieronder. Ze zijn getekend met een lampje als belasting.





## 3.4 Opgaven



### 3.4.1 Opgave 3-1

Twee gelijke spanningsbronnen worden in gelijke richting parallel geschakeld. De klemspanning:

- A. Wordt nul
- B. Wordt hoger
- C. Blijft gelijk
- D. Wordt lager

(F-examen voorjaar 2000, juni 2010, november 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.2 Opgave 3-2

Twee gelijke accu's worden parallel geschakeld. Hierdoor ontstaat een batterij met:

- A. Een lagere spanning
- B. Een hogere toelaatbare stroom
- C. Gelijke eigenschappen
- D. Een hogere spanning

(F-examen mei 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.3 Opgave 3-3

Twee batterijen met ongelijke klemspanning worden parallel geschakeld.

De klemspanning die nu ontstaat is:

- A. niet te voorspellen
- B. gelijk aan de hoogste spanning
- C. gelijk aan de laagste spanning
- D. gelijk aan de gemiddelde spanning

(F-examen voorjaar 2002, mei 2009 (2), september 2009 (2), januari 2011, juli 2011, 2-09-2015, 07-11-2018,)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking







### 3.4.4 Opgave 3-4

De beweging van elektronen onder invloed van een elektrische spanning heet:

- A. capaciteit
- B. weerstand
- C. EMK
- D. stroom

(F-examen november 2011(2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.5 Opgave 3-5

De lengte van een stuk koperdraad wordt verdubbeld en de diameter gehalveerd.

De weerstand wordt dan:

- A. 8x zo groot
- B. 4x zo groot
- C. Onveranderd
- D. 2x zo klein

(F-examen najaar 2001)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.6 Opgave 3-6

De lengte van een stuk koperdraad wordt gehalveerd en de diameter verdubbeld. De weerstand wordt dan:

- A. 2x zo klein
- B. 4x zo klein
- C. 8x zo klein
- D. 16x zo klein

(F-examen najaar 2005)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.7 Opgave 3-7

Een ronde koperdraad met een lengte van 1 meter wordt gelijkmatig uitgetrokken tot de halve doorsnede en een lengte van 2 meter.

De weerstand van de draad

- A. Blijft gelijk
- B. Wordt gehalveerd
- C. Wordt verdubbeld
- D. Wordt verviervoudigd

(F-examen voorjaar 2003)

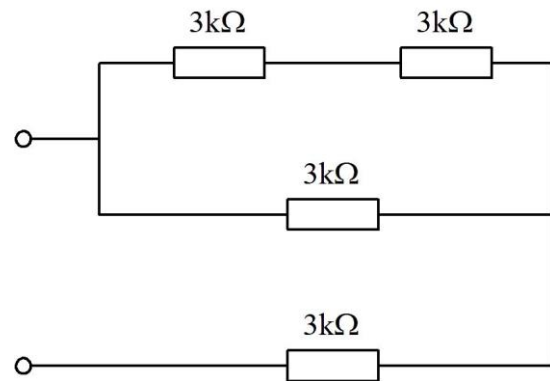
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**3.4.8 Opgave 3-8**

De vervangingsweerstand is:

- A. 3,5 k $\Omega$
- B. 4 k $\Omega$
- C. 4,5 k $\Omega$
- D. 5 k $\Omega$



(F-examen najaar 2002, 7-03-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.9 Opgave 3-9

Drie weerstanden worden parallel geschakeld. De waarden zijn 10, 15 en 30  $\Omega$ . De vervangingsweerstand is

- A. 5  $\Omega$
- B. 7,5  $\Omega$
- C. 18,3  $\Omega$
- D. 55  $\Omega$

(F-examen voorjaar 2003, juni 2011, mei 2013 (1))

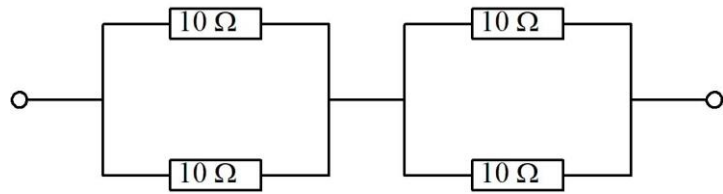
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**3.4.10 Opgave 3-10**

De vervangingsweerstand is

- A.  $2,5 \Omega$
- B.  $10 \Omega$
- C.  $40 \Omega$
- D.  $5 \Omega$



(F-examen augustus 2010)

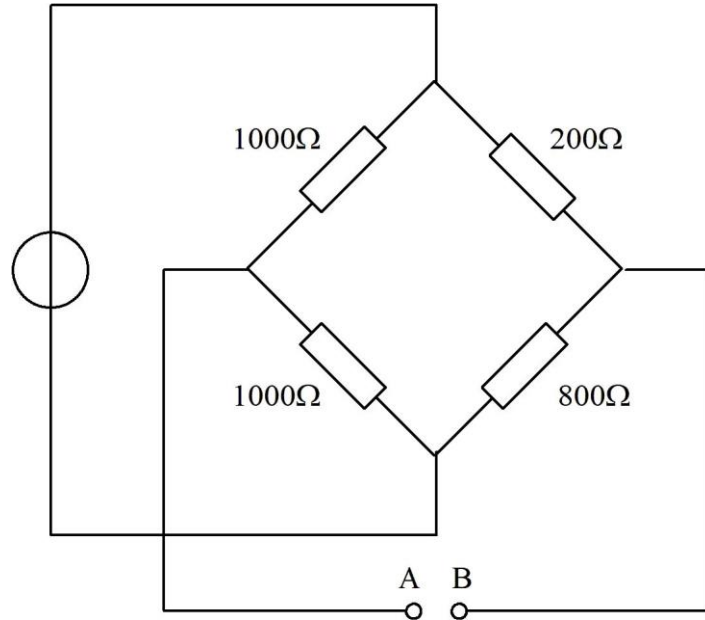
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



## 3.4.11 Opgave 3-11

De weerstand tussen A en B is

- A. 221  $\Omega$
- B. 750  $\Omega$
- C. 660  $\Omega$
- D. 720  $\Omega$



(F-examen september 2009 (1), maart 2010, mei 2010 (1), augustus 2010, februari 2011, mei 2015 (2), 7-09-2016, 09-09-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



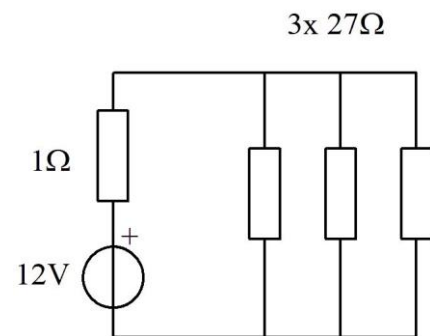



**3.4.12 Opgave 3-12**

De stroom die de batterij levert is

- A. 0,4 A
- B. 1,33 A
- C. 1,2 A
- D. 12 A

(F-examen april 2011, september 2011 (2), mei 2013 (2))

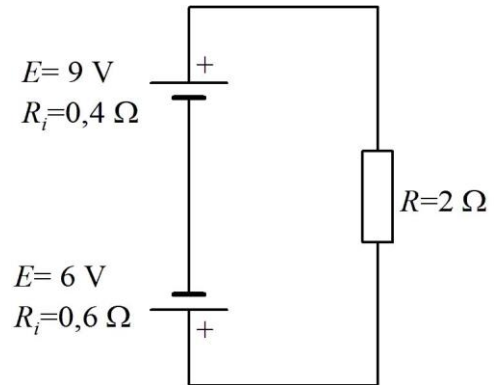
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**3.4.13 Opgave 3-13**De stroom door de weerstand  $R$  is

- A. 1 A
- B. 7,5 A
- C. 1,5 A
- D. 5 A

(F-examen september 2013 (2), 2-09-2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

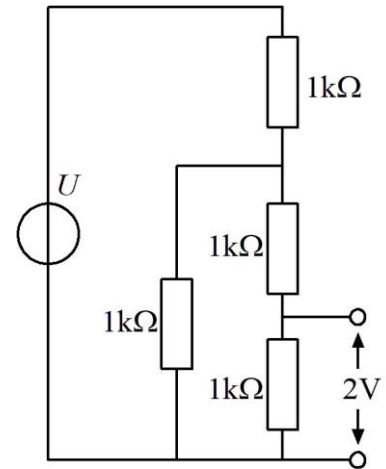


**3.4.14 Opgave 3-14**De spanning  $U$  is

- A. 10 V
- B. 8 V
- C. 6 V
- D. 5 V

(F-examen voorjaar 2007, juli 2009, mei 2011 (1), 2-09-2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

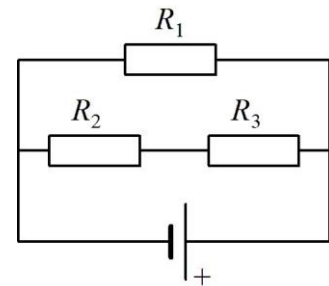


**3.4.15 Opgave 3-15**

In de schakeling zijn alle weerstanden 100 ohm. In  $R_2$  wordt een vermogen gedissipeerd van 1 watt.

In  $R_1$  wordt een vermogen gedissipeerd van

- A. 4 W
- B. 0,5 W
- C. 2 W
- D. 1 W



(F-examen mei 2010 (1), februari 2011, mei 2013 (1), 4-03-2015, 2-11-2016, 05-09-2018, november 2019)

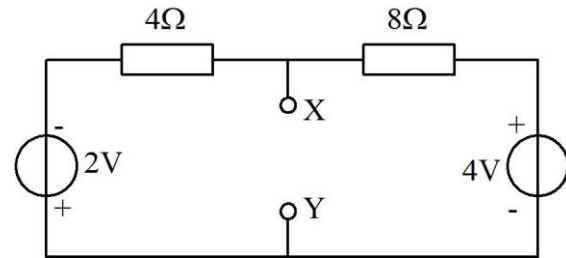
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**3.4.16 Opgave 3-16**

De spanning tussen de punten X en Y is

- A. 2 V
- B. 3 V
- C. 1 V
- D. 0 V



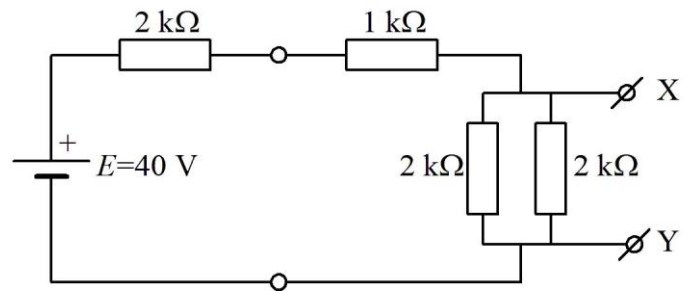
(F-examen najaar 2001, april 2008, november 2009, juni 2010, mei 2011 92), mei 2012 (1), 4-11-2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**3.4.17 Opgave 3-17**

De spanning tussen X en Y is

- A. 30 V
- B. 10 V
- C. 8 V
- D. 20 V



(F-examen 4-11-2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.18 Opgave 3-18

Als een digitale universeelmeter als spanningmeter wordt gebruikt, is de ingangsweerstand

- A. Laag
- B. Nul
- C. Zeer hoog
- D. 10 k $\Omega$

(F-examen februari 2010 (2), 4-03-2015, mei 2019 (2))

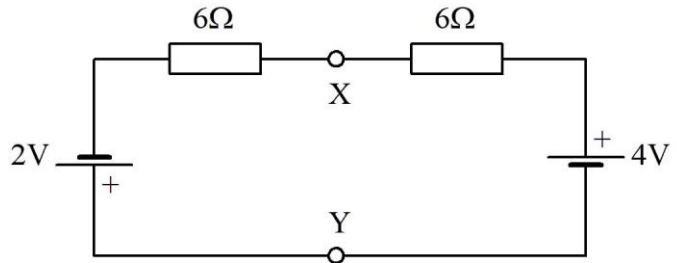
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**3.4.19 Opgave 3-19**

De spanning tussen de punten X en Y is

- A. 1 V
- B. 3 V
- C. 0 V
- D. 2 V



(F-examen najaar 2002, januari 2009, maart 2011 (1), 8-01-2015, 1-11-2017, 5-09-2018 opgave 7, mei 2019 (2), november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

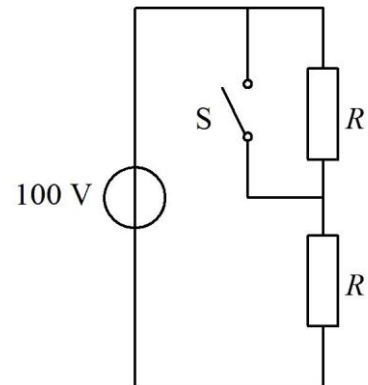


**3.4.20 Opgave 3-20**

Bij geopende schakelaar S dissiperen de weerstanden elk 50 W.

Als de schakelaar S wordt gesloten, is het gedissipeerde vermogen

- A. 400 W
- B. 200 W
- C. 50 W
- D. 100 W



(F-examen voorjaar 2001, november 2010, 13-05-2015, opgave 3, 2-11-2016, opgave 2 met verwisselde antwoorden)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



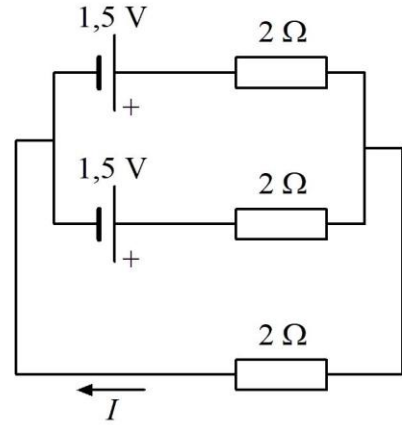
### 3.4.21 Opgave 3-21

De stroom  $I$  is:

- A. 0,5 A
- B. 0,25 A
- C. 2 A
- D. 1 A

(F-examen voorjaar 2006, maart 2011 (1), mei 2011 (2), mei 2012 (1), 13-05-2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



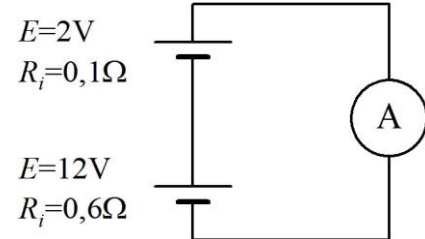
**3.4.22 Opgave 3-22**

De ampèremeter wijst aan:

- A. 28 A
- B. 7,2 A
- C. 20 A
- D. 0,2 A

(F-examen 13-05-2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.23 Opgave 3-23

Elektrische energie wordt uitgedrukt in

- A. volt per seconde
- B. watt per seconde
- C. ampère seconde
- D. wattseconde

(F-examen 7-09-2016)

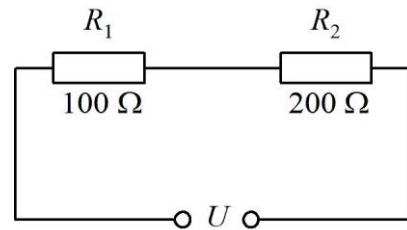
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**3.4.24 Opgave 3-24**

In  $R_1$  wordt 36 watt gedissipeerd. In  $R_2$  wordt gedissipeerd:

- A. 72 W
- B. 18 W
- C. 144 W
- D. 36 W



(F-examen 7-09-2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**3.4.25 Opgave 3-25**

Een accu heeft een inwendige weerstand van  $1 \Omega$  en een bronspanning (EMK) van 6 volt. Op de klemmen sluiten we een weerstand aan van 3 ohm.

De stroom door de weerstand is:

- A. 2 A
- B. 6 A
- C. 0,67 A
- D. 1,5 A

(F-examen voorjaar 2001, maart 2012, september 2014 (1))

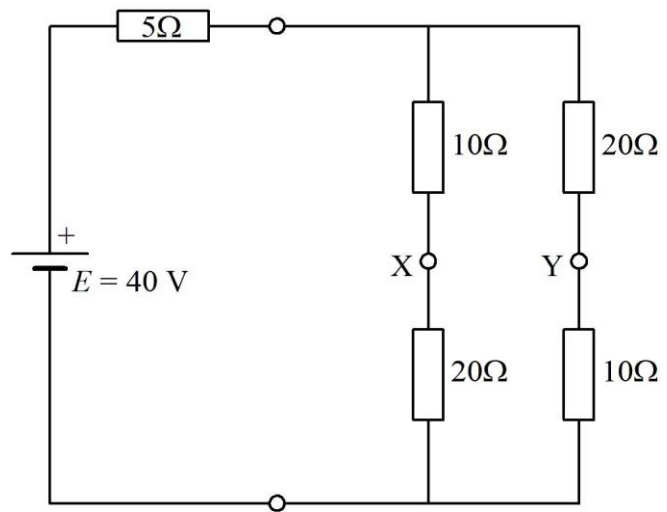
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**3.4.26 Opgave 3-26**

De spanning tussen X en Y is

- A. 20 V
- B. 0 V
- C. 10 V
- D. 30 V



(F-examen maart 2009 (1), november 2010 (1), 11-05-2016, 5-09-2018, 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.27 Opgave 3-27

De wattseconde is de eenheid van

- A. Kracht
- B. Vermogen
- C. Tijd
- D. Arbeid

(F-examen mei 2013, 27-05-2016, 6-05-2018,)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

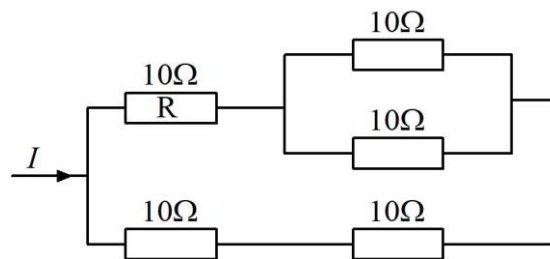




**3.4.28 Opgave 3-28**De stroom  $I$  is 84 mA

De stroom door R is

- A. 63 mA
- B. 48 mA
- C. 21 mA
- D. 39 mA



(F-examen mei 2009 (2), maart 2011 (2), 1-03-2017, januari 2020)

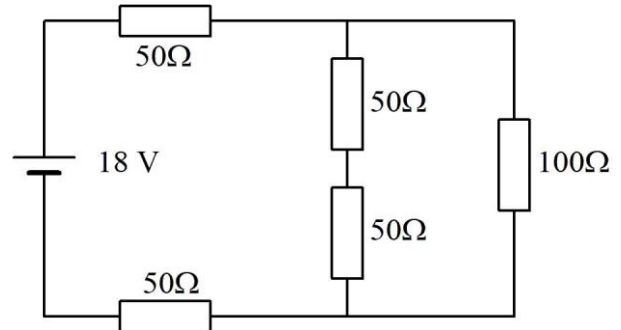
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**3.4.29 Opgave 3-29**

De spanning over de weerstand van  $100\ \Omega$  is

- A. 4 V
- B. 12 V
- C. 3 V
- D. 6 V



(F-examen 1-03-2017, 29-05-2018, mei 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**3.4.30 Opgave 3-30**

De meter wijst aan:

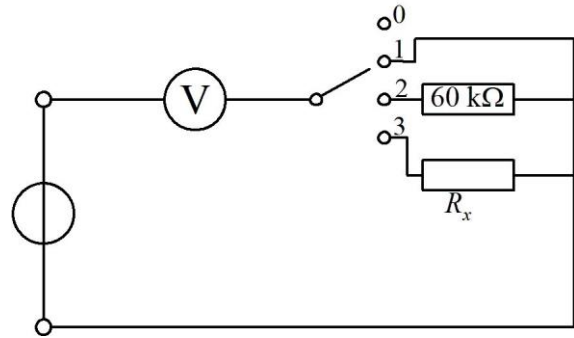
In stand 1: 10 V

In stand 2: 5 V

In stand 3: 2,5 V

De waarde van  $R_x$  is:

- A. 20 k $\Omega$
- B. 90 k $\Omega$
- C. 180 k $\Omega$
- D. 30 k $\Omega$



(F-examen najaar 2005, februari 2010 (2), juni 2010, september 2010 (1), december 2010, 1-03-2017, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 3.4.31 Opgave 3-31

Een gloeilampje van 24 volt en 50 milliampère wordt via een voorschakelweerstand aangesloten op een spanning van 60 volt

De juiste waarde van de voorschakelweerstand is

- A. 1200  $\Omega$
- B. 720  $\Omega$
- C. 1800  $\Omega$
- D. 480  $\Omega$

(F-examen maart 2009 (2), 11-01-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






### 3.4.32 Opgave 3-32

Een gloeilampje van 12 volt en 200 mA wordt met behulp van een voorschakelweerstand aangesloten op een spanning van 24 volt

De juiste waarde van de voorschakelweerstand is

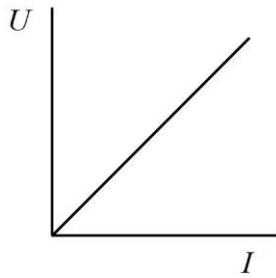
- A. 60  $\Omega$
- B. 36  $\Omega$
- C. 12  $\Omega$
- D. 24  $\Omega$

(F-examen januari 2010, februari 2010 (2), maart 2014)

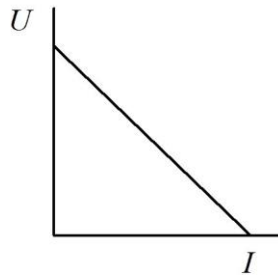
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**3.4.33 Opgave 3-33**

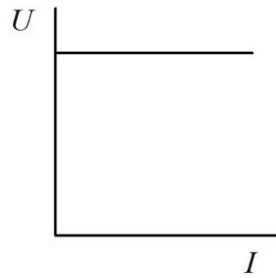
De karakteristiek van een metaalfilmweerstand is



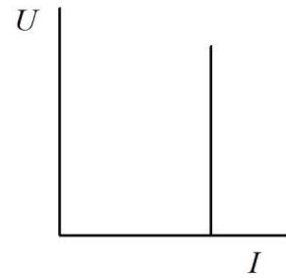
afbeelding 1



afbeelding 2




afbeelding 3



afbeelding 4

- A. Afbeelding 4
- B. Afbeelding 1
- C. Afbeelding 3
- D. Afbeelding 2

(F-examen voorjaar 2002, voorjaar 2006, voorjaar 2007, november 2009, december 2010, mei 2017 (1))

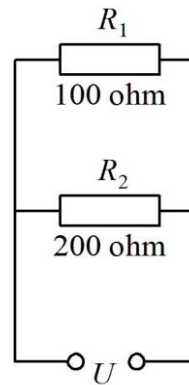
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**3.4.34 Opgave 3-34**

In  $R_1$  wordt 36 watt aan warmte ontwikkeld.

De warmteontwikkeling in  $R_2$  bedraagt

- A. 9 W
- B. 18 W
- C. 72 W
- D. 36 W



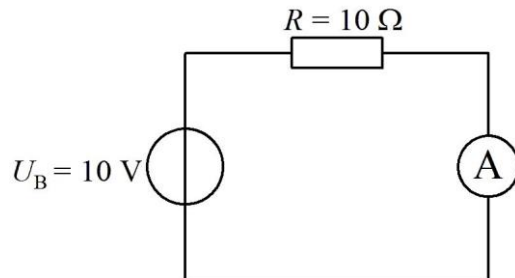
(F-examen najaar 2001, maart 2009 (1), mei 2009 (1), november 2014 (1), 24-05-2017, 10-01-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**3.4.35 Opgave 3-35**


De inwendige weerstand van de ampèremeter bedraagt 1 ohm.



De stroom door de weerstand is gelijk aan

- A.  $11/10 \text{ A}$
- B.  $10/11 \text{ A}$
- C.  $10 \text{ A}$
- D.  $1 \text{ A}$

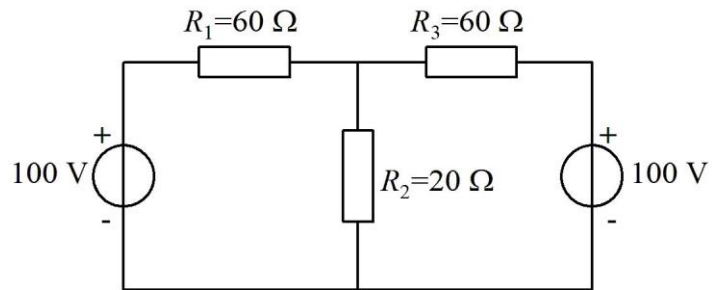
(F-examen, voorjaar 2003, mei 2010 (1), november 2013 (1), november 2016 en 24-05-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




**3.4.36 Opgave 3-36**De spanning over  $R_2$  is

- a. 40 V
- b. 60 V
- c. 100 V
- d. 80 V

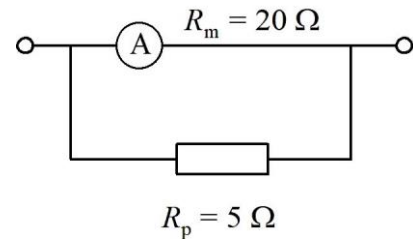


(F-examen voorjaar 2001, najaar 2006, januari 2017, 10-01-2018, 29-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**3.4.37 Opgave 3-37**


Een ampèremeter heeft een inwendige weerstand van 20 ohm.  
Met een parallelweerstand van 5 ohm is het meetgebied 20 mA.



Het meetgebied van de meter zonder parallelweerstand is:

- A. 15 mA
- B. 16 mA
- C. 5 mA
- D. 4 mA

(F-examen najaar 2002, mei 2009 (1), augustus 2009, november 2009 (2), juni 2011, 10-01-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

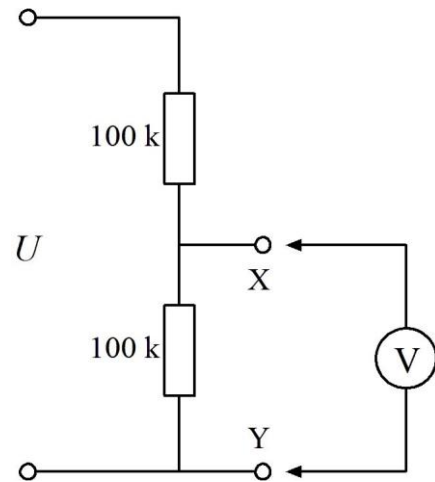
**3.4.38 Opgave 3-38**


De voltmeter heeft een inwendige weerstand van 200 kilo-ohm.

Wanneer de spanning tussen de punten X en Y wordt gemeten, bedraagt de meetfout ongeveer

- A. 10%
- B. 2%
- C. 40%
- D. 20%

(F-examen voorjaar 2005, maart 2011 (2), december 2011, augustus 2013, september 2013 (2), 28-11-2014, 10-01-2018, 5-09-2018)



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 3.4.39 Opgave 3-39

Aan een milliampèremeter met een eigen weerstand van 50 ohm en een meetbereik van 0,5 mA wordt een weerstand van 5 ohm parallel geschakeld.

Bij volle uitslag is de totale stroom door deze meetschakeling

- A. 0,55 mA
- B. 5,5 mA
- C. 5 mA
- D. 4,5 mA

(F-examen voorjaar 2006, augustus 2013, september 03-09-2014, november 2015, 7-03-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

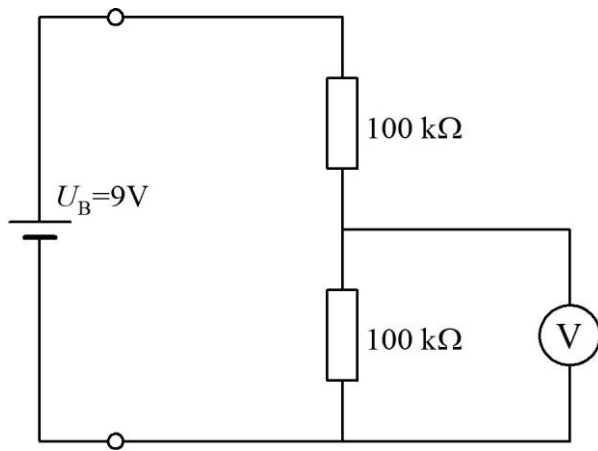


**3.4.40 Opgave 3-40**


De voltmeter met een inwendige weerstand van 10 kilo-ohm per volt is ingesteld op het meetbereik van 10 volt. De inwendige weerstand van de batterij is te verwaarlozen.

De meter wijst aan:

- A. 1 V
- B. 6 V
- C. 3 V
- D. 4,5 V



(F-examen november 2008 (1), april 2009, juni 2009, maart 2011 (1), september 2014 (1), mei 2015 (1), 7-03-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

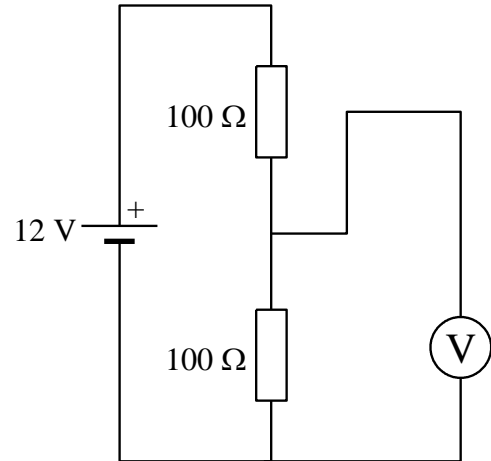
**3.4.41 Opgave 3-41**

De voltmeter wijst aan:

- A. 6 V
- B. 12 V
- C. 3 V
- D. 0 V

(F-examen 16-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






### 3.4.42 Opgave 3-42

Er is een hoeveelheid energie beschikbaar van 360 Ws. Hierop brandt een lampje dat 1W opneemt.

Dat kan gedurende

- A. 1 seconde
- B. 360 seconden
- C. 6 seconden
- D. 60 seconden

(F-examen 11-01-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 3.4.43 Opgave 3-43

Een batterij heeft een bronspanning (EMK) van 62 volt en een inwendige weerstand van  $2\Omega$ . De batterij wordt belast met een weerstand, De klemspanning is nu 58 V  
De belastingsweerstand is

- A.  $124\ \Omega$
- B.  $29\ \Omega$
- C.  $31\ \Omega$
- D.  $116\ \Omega$

(F-examen najaar 2003, 11-01-2017)

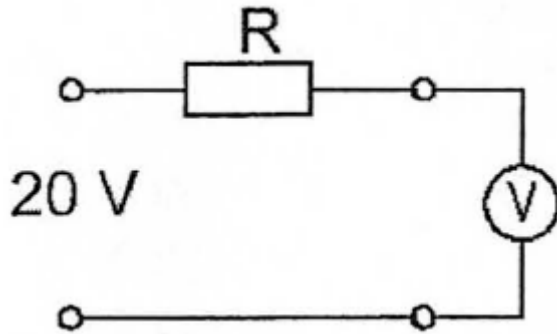
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





**3.4.44 Opgave 3-44**


Een voltmeter met een gevoeligheid van  $10 \text{ k}\Omega/\text{V}$  is via een onbekende weerstand  $R$  aangesloten op een spanning van  $20 \text{ V}$ . Als de meter op het  $10 \text{ volt}$  bereik staat, wijst deze  $5 \text{ V}$  aan.



De waarde van de weerstand  $R$  is:

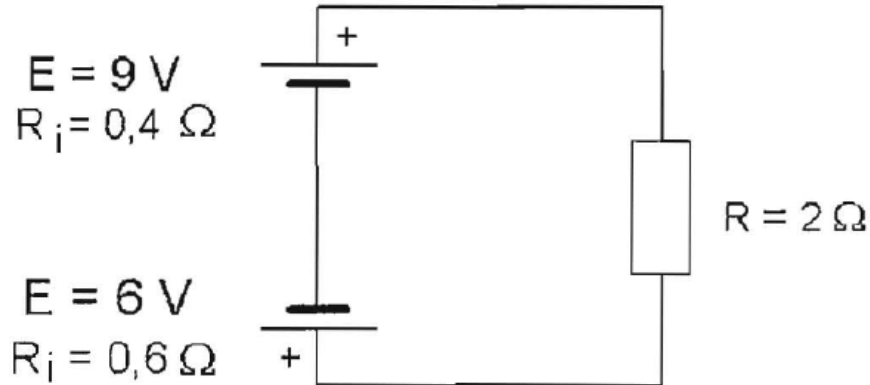
- A.  $300 \text{ k}\Omega$
- B.  $50 \text{ k}\Omega$
- C.  $150 \text{ k}\Omega$
- D.  $100 \text{ k}\Omega$

(F-examen september 2009 (2), augustus 2010, april 2011, 29-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


## 3.4.45 Opgave 3-45

De stroom door de weerstand is:



- A. 1 A
- B. 7,5 A
- C. 5 A
- D. 1,5 A

F-examen september 2013 (2), september 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 3.4.46 Opgave 3-46

Een batterij heeft een bronspanning (EMK) van 8,4 V en een inwendige weerstand van 0,3 ohm. De batterij wordt belast met een weerstand; de klemspanning is nu 7,2 volt.

De belastingsweerstand is

- A. 1,5  $\Omega$
- B. 1,8  $\Omega$
- C. 2,1  $\Omega$
- D. 2,4  $\Omega$

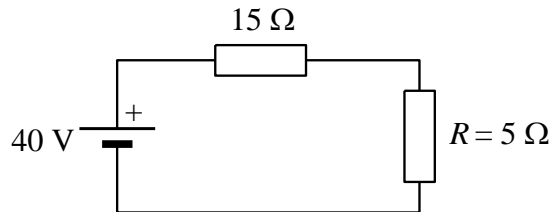
(F-examen najaar 2002, januari 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**3.4.47 Opgave 3-47**

In de weerstand  $R$  wordt een vermogen gedissipeerd van:



- A. 20 W
- B. 80 W
- C. 200 W
- D. 10 W

(F-examen juli 2007, november 2014, 08-01-2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




### 3.4.48 Opgave 3-48

Een batterij met een inwendige weerstand van 15 ohm en een bronspanning (EMK) van 30 volt wordt aangesloten op een parallelschakeling van twee weerstanden van 30 ohm.

De stroom die de batterij levert, is:

- A. 0,5 A
- B. 2 A
- C. 4 A
- D. 1 A

(F-examen oktober 2009, september 2010 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 3.4.49 Opgave 3-49

Met de capaciteit (Ah) van een batterij of accu wordt bedoeld:

- A. Het maximaal te leveren vermogen
- B. Het product van de EMK en de kortsluitstroom
- C. Het product van de elektrische spanning en de maximaal te leveren stroomsterkte
- D. Het product van de afgenomen stroom en de tijd dat deze stroom kan worden geleverd.

(F-examen, najaar 2002)

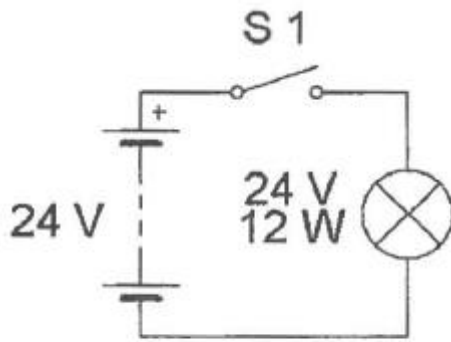
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



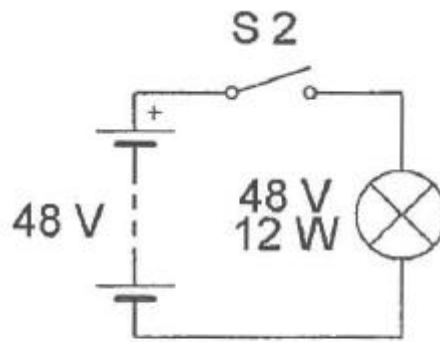
**3.4.50 Opgave 3-50**

De batterijen zijn geheel geladen. De schakelaars S1 en S2 worden gelijktijdig gesloten. Na 48 uur zijn beide batterijen gelijktijdig uitgeput.

De capaciteit (Ah) in schakeling X is:



schakeling X



schakeling Y

- A. Niet vergelijkbaar met die in schakeling Y omdat de spanningen verschillend zijn
- B. Gelijk aan die in schakeling Y
- C. Groter dan die in schakeling Y
- D. Kleiner dan die in schakeling Y

(F-examen voorjaar 2004, januari 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





## 3.5 Uitwerkingen



### 3.5.1 Uitwerking van Opgave 3-1

Twee gelijke spanningsbronnen worden in gelijke richting parallel geschakeld. De klemspanning:

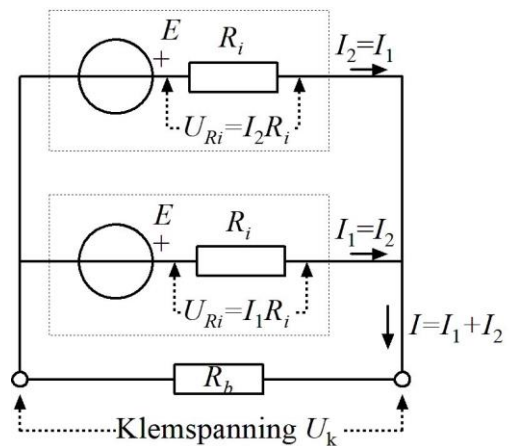
- A. Wordt nul
- B. **Wordt hoger (maar lees vooral de opmerking aan het eind)**
- C. Blijft gelijk
- D. Wordt lager

#### Uitwerking

Het gebruik van de term ‘klemspanning’ duidt op niet-ideale belaste bronnen zoals batterijen, dus met een inwendige weerstand  $R_i > 0$  en met een belastingsweerstand  $R_b$ .

Een schakeling met een niet-ideale spanningsbron, belast met een weerstand levert een stroom  $I$ . Over de aansluitingen staat de klemspanning  $U_k$ .  $U_k$  is het verschil tussen  $E$  en de spanning  $U_{R_i}$  over  $R_i$ . De vraag is: wordt  $U_k$  na parallel schakelen van nog zo’n bron nul, hoger, gelijk of lager? De nieuwe schakeling zien we hiernaast met onderin belastingsweerstand  $R_b$ .

Samen leveren beide bronnen dezelfde EMK  $E$  als een enkele bron, maar door elk van de twee  $R_i$  loopt maar de helft van de totale stroom  $I$ . Effectief staan beide  $R_i$  daarom parallel. Door de parallelschakeling hebben we effectief één bron met dezelfde EMK  $E$ , maar met een  $R_i$  die de helft is van de oorspronkelijke. Dat betekent minder spanning over  $R_i$  en meer over  $R_b$ , want de som van beide moet gelijk blijven aan  $E$ . De klemspanning  $U_k$  wordt dus groter (=hoger): antwoord B is goed.



#### Opmerking

**MAAR:** In de opgave staat niet met zoveel woorden dat de bronnen belast worden, hoewel dat bij deze vraagstelling wel volstrekt logisch zou zijn. Dan zouden we de weerstand  $R_b$  uit de figuur moeten wegdenken, zijn de bronnen stroomloos en zou de klemspanning gelijk aan de EMK moeten zijn.

En dan is het juiste antwoord niet B, maar C: de klemspanning blijft gelijk. Laat dat nu het officiële goede antwoord zijn!

Misschien niet zo vreemd, dat deze opgave na 2010 niet meer is voorgekomen...



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 3.5.2 Uitwerking van Opgave 3-2

Twee gelijke accu's worden parallel geschakeld. Hierdoor ontstaat een batterij met:

- A. Een lagere spanning
- B. Een hogere toelaatbare stroom**
- C. Gelijke eigenschappen
- D. Een hogere spanning

#### **Uitwerking**

Zie de uitwerking van Opgave 3-1. Het juiste antwoord is B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.3 Uitwerking van Opgave 3-3

Twee batterijen met ongelijke klemspanning worden parallel geschakeld.

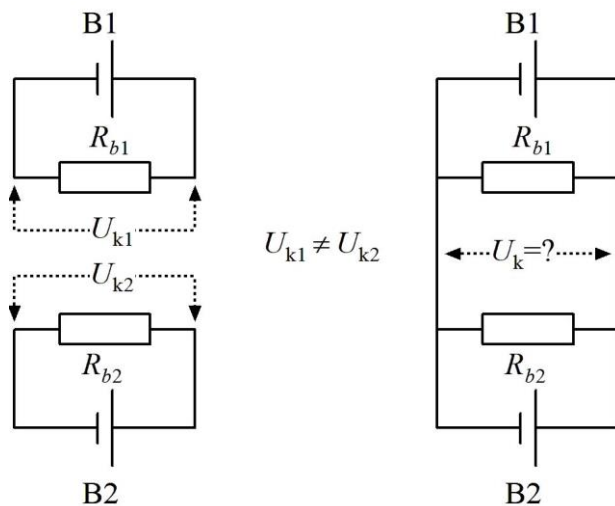
De klemspanning die nu ontstaat is:

- A. **niet te voorspellen**
- B. gelijk aan de hoogste spanning
- C. gelijk aan de laagste spanning
- D. gelijk aan de gemiddelde spanning

#### Uitwerking

De situatie is weergegeven in de figuur hiernaast.

Links: twee batterijen B1 en B2 met belastingsweerstand  $R_{b1}$  en  $R_{b2}$  en klemspanningen  $U_{k1}$  en  $U_{k2}$ .  $U_{k1}$  is ongelijk aan  $U_{k2}$ . Rechts: beide schakelingen parallel geschakeld. Er is nu één klemspanning  $U_k$ . Maar hoe groot?



De klemspanning  $U_k$  hangt af van de belastingsweerstand, de inwendige weerstand van de bronnen en de EMK van beide bronnen. Geen van deze

waarden wordt gegeven. Stel dat de belastingsweerstand en de EMK's gelijk zouden zijn, dan voedt de batterij met de laagste  $R_i$  de andere batterij, maar we weten door gebrek aan gegevens niet met welke stroom. De klemspanning van de parallel geschakelde batterijen (rechts in de figuur) is dus niet te voorspellen: antwoord A.

#### Opmerking

Uitgangspunt is dat de batterijen niet-ideale spanningsbronnen zijn, dus met een eigen inwendige weerstand die in de schema's niet is getekend.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 3.5.4 Uitwerking van Opgave 3-4

De beweging van elektronen onder invloed van een elektrische spanning heet:

- A. capaciteit
- B. weerstand
- C. EMK
- D. **stroom**

#### Uitwerking

Spanning over een gesloten circuit is de oorzaak van een stroom (door een open circuit kan geen stroom lopen!)

Stroom is verplaatsing van elektronen onder invloed van een potentiaalverschil (= elektrische spanning): antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.5 Uitwerking van Opgave 3-5

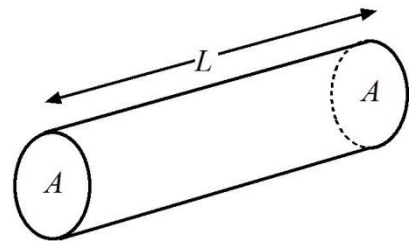
De lengte van een stuk koperdraad wordt verdubbeld en de diameter gehalveerd.

De weerstand wordt dan:

- A. 8x zo groot
- B. 4x zo groot
- C. Onveranderd
- D. 2x zo klein

#### Uitwerking

Bekijk de figuur hiernaast. De figuur stelt een ronde massieve geleider voor (hetzelfde plaatje staat in Hoofdstuk 3 van de cursustekst). In dit geval heet het koperdraad, maar eigenlijk geldt voor alles dat geleidt en een draadvorm heeft, hetzelfde.



De doorsnede is  $A$  en de lengte  $L$ . De soortelijke weerstand heeft het symbool  $\rho$  (rho, Griekse letter  $r$ ). Soms kom je in plaats van *soortelijke weerstand* de term *specifieke weerstand* tegen. De laatste term komt uit het Engels; beide betekenen hetzelfde. De weerstand  $R$  van onze ronde geleider wordt berekend volgens

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

De vergelijking zegt dat de weerstand evenredig is met de door de lading af te leggen afstand  $L$  en omgekeerd evenredig met de doorsnede  $A$  langs die weg, niet te verwarren met de diameter  $D$ .

Als de draad 2x zo lang wordt, dus  $L$  2x zo groot, dan wordt volgens de vergelijking  $R$  ook 2x zo groot. Als de diameter  $D$  wordt gehalveerd, wordt  $A$  niet 2x, maar 4x zo klein, want  $A$  is evenredig met  $D^2$  (cursusboek, hoofdstuk 3). 4x in combinatie met de 2x door de verdubbeling van de lengte betekent dat  $R$  8x zo groot wordt: antwoord A.

#### Opmerkingen

**Antwoord B:** als je doorsnede  $A$  en diameter  $D$  met elkaar verwart, krijg je dit antwoord.

**Antwoord C:** misschien heb je dit antwoord als je  $A$  en  $D$  met elkaar verwart en denkt dat met toenemende lengte de weerstand lager wordt. Lees het deel van Hoofdstuk 3 over soortelijke weerstand nog een keertje door.

**Antwoord D:** Wie Hoofdstuk 3 heeft doorgewerkt en begrepen, zal dit antwoord niet snel geven. Lees als je dit antwoord hebt, in elk geval het deel van Hoofdstuk 3 over soortelijke weerstand nog een keer door.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.6 Uitwerking van Opgave 3-6

De lengte van een stuk koperdraad wordt gehalveerd en de diameter verdubbeld. De weerstand wordt dan:

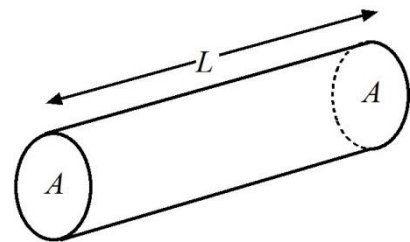
- A. 2x zo klein
- B. 4x zo klein
- C. **8x zo klein**
- D. 16x zo klein

#### Uitwerking

Na Opgave 3-5 voelt dit als een herhaling, maar deze examenvraag is precies omgekeerd geformuleerd. Dit is het soort valkuil waarin je terecht kunt komen als je alleen examenvragen leert. We behandelen de vraag op dezelfde manier, als Opgave 3-5, zodat het niet nodig is, terug te bladeren. Enkele zinnen zijn weggelaten.

Bekijk de figuur hiernaast. De figuur stelt een ronde massieve geleider voor. Hetzelfde plaatje staat in Hoofdstuk 3 van de cursustekst.

De doorsnede is  $A$  en de lengte  $L$ . De soortelijke weerstand heeft het symbool  $\rho$ . De weerstand  $R$  van onze ronde geleider wordt berekend volgens



$$R = \rho \frac{L}{A}$$

De vergelijking zegt dat de weerstand evenredig is met de door de lading af te leggen afstand  $L$  en omgekeerd evenredig met de doorsnede  $A$  langs die weg.  $A$  wordt soms ten onrechte verward met de diameter  $D$ .  $A$  is evenredig met  $D^2$  (Hoofdstuk 3 van het

Als de draad wordt gehalveerd, dus  $L$  2x zo klein, dan wordt  $R$  ook 2x zo klein. Als de diameter  $D$  wordt verdubbeld, wordt  $A$  niet 2x, maar 4x zo groot, want  $A$  is evenredig met  $D^2$ . De vergelijking zegt dat  $R$  dan 4x zo klein wordt. 4x in combinatie met de 2x als gevolg van de halvering van de lengte betekent dat  $R$  8x zo klein wordt: antwoord C.

#### Nu nog iets over de andere antwoorden.

**Antwoord A:** Hoe kom je aan dit antwoord? Lees het deel van Hoofdstuk 3 over soortelijke weerstand nog een keertje door.

**Antwoord B:** als je  $A$  en  $D$  met elkaar hebt verwisseld, krijg je dit antwoord.

**Antwoord D:** Dit antwoord is alleen mogelijk als je denkt dat  $R$  evenredig is met  $L^2$ , maar  $R$  is evenredig met  $L$ . Lees het stuk over soortelijke weerstand in Hoofdstuk 3 nog eens.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.7 Uitwerking van Opgave 3-7

Een ronde koperdraad met een lengte van 1 meter wordt gelijkmatig uitgetrokken tot de halve doorsnede en een lengte van 2 meter.

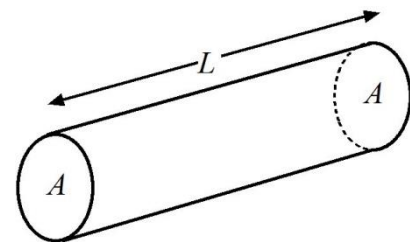
De weerstand van de draad

- A. Blijft gelijk
- B. Wordt gehalveerd
- C. Wordt verdubbeld
- D. Wordt verviervoudigd**

#### Uitwerking

Bekijk de figuur hiernaast. De figuur stelt een ronde massieve geleider voor, zoals een koperdraad. Hetzelfde plaatje staat in Hoofdstuk 3 van de cursustekst.

De doorsnede is  $A$  en de lengte  $L$ . De soortelijke weerstand heeft het symbool  $\rho$ . De weerstand  $R$  van onze ronde geleider wordt berekend volgens



$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3.5-1)$$

$L$  wordt 2x zo groot: verdubbeling van  $R$

$A$  wordt 2x zo klein: nog een verdubbeling van  $R$

Twee verdubbelingen betekent een verviervoudiging: antwoord D

#### Opmerkingen:

De lengte van 1 meter is hier een overbodig gegeven: verdubbeling van iedere lengte van een draad betekent een verdubbeling van de weerstand. De draaddoorsnede is niet vermeld, maar zou voor het antwoord even overbodig zijn geweest.

Overbodige gegevens komen in zendexamens vaker voor: laat je er niet door op een dwaalspoor brengen, want daar zijn ze precies voor bedoeld!

Verwar doorsnede  $A$  niet met diameter  $D$ . Zie het deel over soortelijke weerstand in Hoofdstuk 3 van het cursusboek.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.8 Uitwerking van Opgave 3-8

De vervangingsweerstand is:

- A. 3,5 kΩ
- B. 4 kΩ
- C. 4,5 kΩ
- D. 5 kΩ

#### Uitwerking

We rollen de schakeling stap voor stap op. Die stappen moet je leren zien.

Bekijk de groep van drie weerstanden bovenin. Die staat in serie met de onderste weerstand. We beginnen daarom met het bovenste drietal. Daarvan staan de bovenste twee in serie. De vervangingsweerstand van die twee is daarom  $3\text{k}\Omega + 3\text{k}\Omega = 6\text{k}\Omega$ . Dat geeft de eerste vereenvoudiging (tweede schema rechts).

De weerstand van 6 kΩ staat parallel aan de bovenste overgebleven weerstand van 3 kΩ. Samen staan ze in serie met de onderste weerstand van 3 kΩ. We kunnen de vervangingsweerstand  $R_{tot}$  van de parallel geschakelde weerstanden van 6 kΩ en 3 kΩ bepalen:

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{3\text{k}\Omega} + \frac{1}{6\text{k}\Omega} = \frac{3}{6\text{k}\Omega} \rightarrow R_{tot} = \frac{6\text{k}\Omega}{3} = 2\text{k}\Omega$$

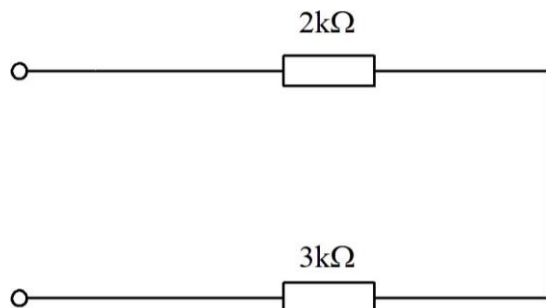
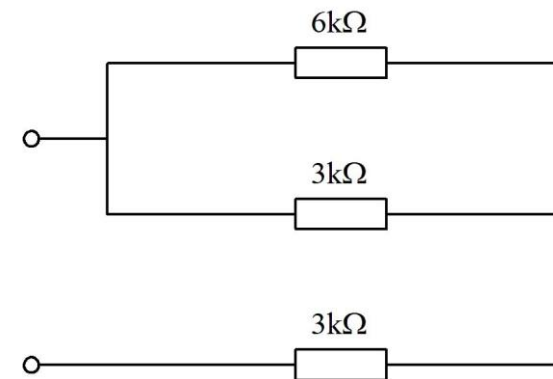
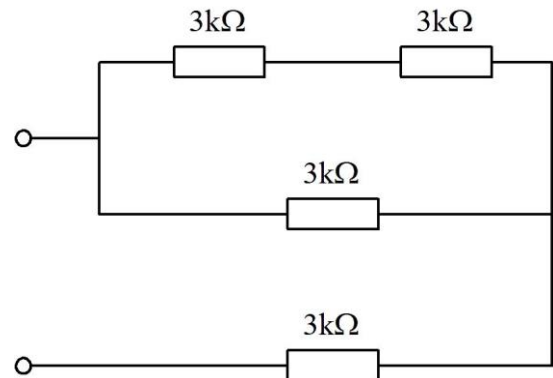
Of met de bijzondere vergelijking voor twee parallel geschakelde weerstanden:

$$R_{tot} = \frac{6\text{k}\Omega \cdot 3\text{k}\Omega}{6\text{k}\Omega + 3\text{k}\Omega} = 2\text{k}\Omega$$

Zoals het hoort, met dezelfde uitkomst. Nu hebben we het schema rechts over met een serieschakeling van een weerstand van 2 kΩ en één van 3 kΩ; opgeteld (want in serie geschakeld): 5 kΩ, antwoord D

**Onthoud** (staat ook in 3.3 “Formularium”):

- Bij parallelschakeling is de vervangingsweerstand kleiner dan de kleinste weerstand.
- Bij serieschakeling is de vervangingsweerstand groter dan de grootste weerstand.







Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



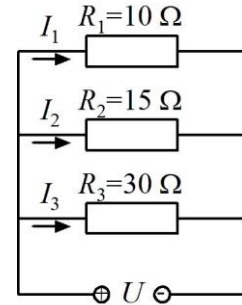
### 3.5.9 Uitwerking van Opgave 3-9

Drie weerstanden worden parallel geschakeld. De waarden zijn 10, 15 en 30 Ω. De vervangingsweerstand is

- A. 5 Ω
- B. 7,5 Ω
- C. 18,3 Ω
- D. 55 Ω

#### Uitwerking:

Maak eerst een schema, bijvoorbeeld zoals hiernaast weergegeven. Bij het vinden van de vervangingsweerstand  $R_{tot}$  van parallel geschakelde weerstanden geldt:



$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Deze vergelijking kun je in het formularium en het cursusboek vinden. Nu de uitwerking. Invullen van de weerstandswaarden in de vergelijking

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{15\Omega} + \frac{1}{30\Omega}$$

Alles onder één noemer (30Ω) brengen levert

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{3}{30\Omega} + \frac{2}{30\Omega} + \frac{1}{30\Omega} = \frac{6}{30\Omega}$$

$R_{tot}$  is dus  $30\Omega/6$  (de uitkomst op zijn kop) is 5Ω: antwoord A.

#### Opmerkingen:

Bij parallelschakeling van weerstanden is de uitkomst altijd kleiner dan de kleinste weerstand. Daarmee vallen de uitkomsten C en D zonder rekenwerk af.

Ook de 7,5 Ω van antwoord B kun je zonder rekenwerk afschrijven. De middelste weerstand is 15 Ω. 7,5 Ω is de helft van 15 Ω, Die waarde krijg je door parallelschakeling met een tweede weerstand van 15 Ω. In het schema staat er een kleinere weerstand, namelijk 10 Ω naast. Die moet samen met de 15 Ω dus minder dan 7,5 Ω opleveren. Dan hebben we het nog niet gehad over de 30 Ω van de derde weerstand, die de uitkomst nog wat verder verkleint. Dan blijft antwoord A als enige mogelijkheid over. Zo kan het met een beetje inzicht en listigheid dus ook.



Terug naar de opgave

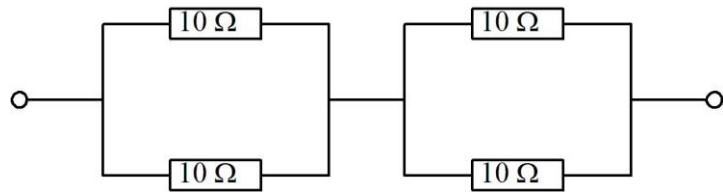
Naar de volgende opgave



### 3.5.10 Uitwerking van Opgave 3-10

De vervangingsweerstand is

- A.  $2,5 \Omega$
- B.  $10 \Omega$
- C.  $40 \Omega$
- D.  $5 \Omega$



#### Uitwerking

In het schema staan twee setjes van twee parallel geschakelde weerstanden van  $10 \Omega$ . De twee setjes staan ten opzichte van elkaar in serie. We hebben dus een serieschakeling van twee parallelschakelingen die elk bestaan uit twee weerstanden.

#### De parallelschakelingen

In dit geval zijn de twee parallelle weerstanden gelijk. De vervangingsweerstand is dan de waarde van 1 weerstand gedeeld door 2, dus  $5 \Omega$ .

Het kan ook voluit met de vergelijking: (zie Hoofdstuk 3 van de cursustekst):

$$R_{tot} = \frac{10\Omega \cdot 10\Omega}{10\Omega + 10\Omega} = \frac{100\Omega \cdot \Omega}{20\Omega} = 5\Omega$$

Zoals het hoort, levert dit dezelfde uitkomst.

#### Nu de serieschakeling

We hebben effectief een serieschakeling van twee weerstanden van  $5 \Omega$ . Ook hier is het goed om even bij de handigheidjes te kijken.

De vervangingswaarde van gelijke weerstanden in serie is hun aantal maal de weerstandswaarde; in dit geval 2 keer  $5 \Omega$  is  $10 \Omega$ . Het kan ook algemener:

In een serieschakeling van weerstanden moeten de waarden van de weerstanden worden opgeteld om de vervangingswaarde te vinden. In dit geval:  $5\Omega + 5\Omega = 10\Omega$ . Ook hier dezelfde uitkomst. Antwoord B dus.

#### Opmerkingen

Dit lijkt op het eerste gezicht een nogal onzinnige schakeling: je gebruikt vier weerstanden van eenzelfde waarde om een nieuwe weerstand van diezelfde waarde te maken. In fabrieksapparatuur zul je hem dan ook niet gauw aantreffen. Maar bij experimenten kan hij soms nut hebben. Stel, er is een weerstand nodig die  $\frac{1}{2} W$  moet kunnen dissiperen en je hebt van die waarde alleen maar exemplaren die maximaal  $\frac{1}{4} W$  aankunnen. Dan maak je op de manier van de figuur een weerstand van dezelfde waarde die  $1 W$  aankan en daarmee ruim aan de eis van  $\frac{1}{2} W$  voldoet. Zoals gezegd, vaak voorkomen doet het niet, maar het kan in geval van nood een handige truc zijn.



**Antwoord A:** je kunt niet zomaar door 4 delen om het antwoord te krijgen. Dat zou goed zijn als de weerstanden alle vier parallel zouden staan, maar dat is niet zo.

**Antwoord C:** Je mag de vier weerstandswaarden alleen maar optellen als ze alle vier in serie staan. Ook dat is hier niet zo.

**Antwoord D:** Dat lukt alleen bij een rekenfout.

**Algemeen:**

- Parallel schakelen van  $n$  gelijke weerstanden  $R$  levert als vervangingsweerstand  $R/n$  op (zie formularium).
- In serie schakelen van  $n$  gelijke weerstanden  $R$  levert als vervangingsweerstand  $nR$  op (zie formularium).

Als je dit weet, is deze examenopgave razendsnel op te lossen:  $n(R/n)=R$



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



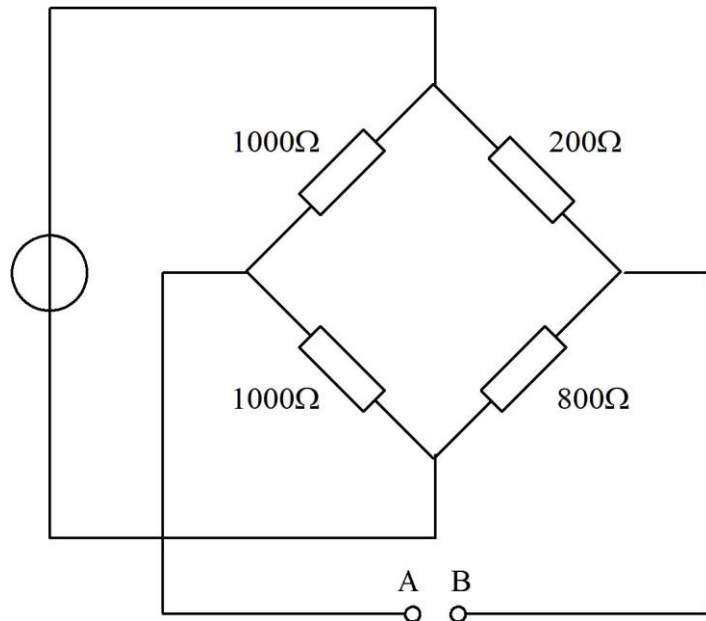
### 3.5.11 Uitwerking van Opgave 3-11

De weerstand tussen A en B is

- A. 221  $\Omega$
- B. 750  $\Omega$
- C. **660  $\Omega$**
- D. 720  $\Omega$

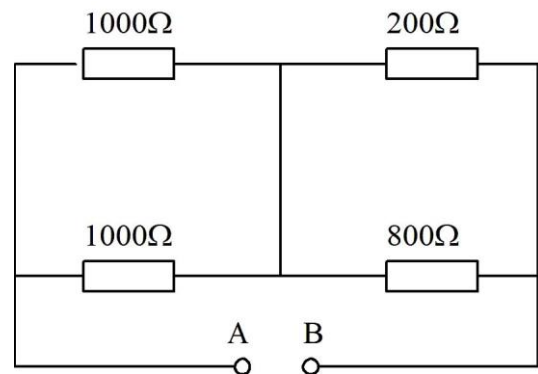
#### Uitwerking

Dit is een lastpak. Om te beginnen draagt een ideale bron met een inwendige weerstand van 0  $\Omega$  niets bij aan de weerstand van de schakeling. Er worden ook geen spanningen gevraagd, dus dat ding kan worden vervangen door een draad. Een voorbeeld van een vraag met een valkuil die bestaat uit te veel gegevens.



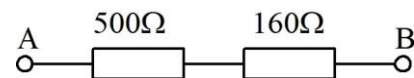
Schuin geplaatste weerstanden in een schema zijn we niet zo gewend, hoewel je het in de praktijk wel eens tegenkomt. Omzetten naar een schema met horizontaal getekende weerstanden is niet moeilijk. Dat vervangende schema zien we rechts, met de bron als doorverbinding getekend.

De twee weerstanden van 1000  $\Omega$  blijken parallel te staan, net als die van 200  $\Omega$  en 800  $\Omega$ . Beide groepjes van twee staan in serie. De twee weerstanden van 1000  $\Omega$  hebben een vervangingsweerstand van 500  $\Omega$ . De weerstanden van 200  $\Omega$  en 800  $\Omega$  zijn samen 160  $\Omega$ . Zie hieronder:



$$R_{tot} = \frac{200\Omega \cdot 800\Omega}{200\Omega + 800\Omega} = \frac{160\,000\Omega \cdot \Omega}{1000\Omega} = 160\Omega$$

Het schema is dus verder terug te brengen tot een serieschakeling van 500  $\Omega$  en 160  $\Omega$ . Dat is 660  $\Omega$ : antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**3.5.12 Uitwerking van Opgave 3-12**

De stroom die de batterij levert is

- A. 0,4 A
- B. 1,33 A
- C. 1,2 A
- D. 12 A

**Uitwerking**

De drie parallel geschakelde weerstanden van  $27\ \Omega$  elk zijn samen  $27\ \Omega/3$  is  $9\ \Omega$ . In serie met de weerstand van  $1\ \Omega$  is dat  $10\ \Omega$ .

$12\ \text{V}$  over  $10\ \Omega$  leidt volgens de wet van Ohm tot een stroom van  $12\ \text{V}/10\ \Omega$  is  $1,2\ \text{A}$ : antwoord C.

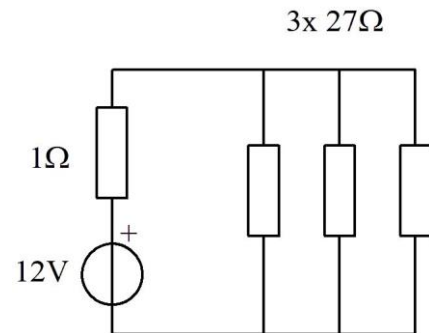
**Opmerking**

**Antwoord B** krijg je als je de weerstand van  $1\ \Omega$  over het hoofd ziet



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



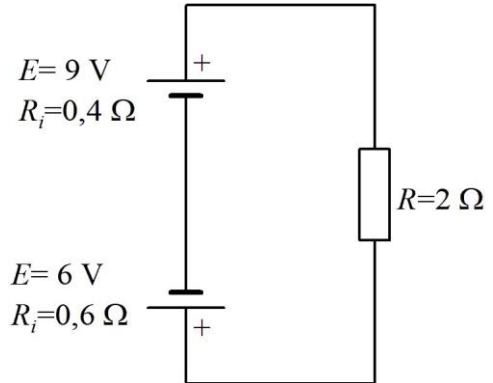
### 3.5.13 Uitwerking van Opgave 3-13

De stroom door de weerstand  $R$  is

- A. 1 A
- B. 7,5 A
- C. 1,5 A
- D. 5 A

#### Uitwerking

Let op: de twee batterijen staan weliswaar in serie, maar met omgekeerde polariteit. Ook dat zijn dingen waarop je op het examen bedacht moet zijn.



De netto EMK ( $E$ ) is dus geen 15 V, maar 3 V!

De inwendige weerstanden veranderen er niet door. We hebben dan ook te maken met een totale  $R_i$  van  $1\ \Omega$ . In serie met de 'gewone' weerstand in de schakeling wordt dat  $3\ \Omega$ .

$3\text{ V}$  over  $3\ \Omega$  betekent een stroom van  $1\text{ A}$ : antwoord A.

#### Opmerkingen

**Antwoord B** krijg je als je niet op de polariteit let en de  $R_i$  verwaarloost. Dat levert  $15\text{ V}$  over  $2\ \Omega$  is  $7,5\text{ A}$  op.

**Antwoord C** krijg je als je de  $R_i$  verwaarloost. Dat leidt tot  $3\text{ V}$  over  $2\ \Omega$  is  $1,5\text{ A}$ .



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



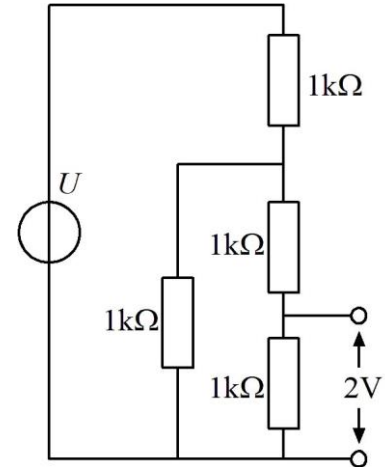
### 3.5.14 Uitwerking van Opgave 3-14

De spanning  $U$  is

- A. 10 V
- B. 8 V
- C. 6 V
- D. 5 V

#### Uitwerking

Begin met het opsplitsen van het schema in parallel- en serieschakelingen. Dat kan in drie stappen. We tekenen daarvoor een tweede figuur met de weerstanden in verschillende kleuren die overeenkomen met de bijbehorende stap.



#### Stap 1

Stap 1 heeft betrekking op de twee **rode weerstanden**. Het is een serieschakeling van twee gelijke weerstanden. Hun waarde van  $1\text{ k}\Omega$  doet er pas bij Stap 2 toe. Van belang is nu dat ze gelijk zijn. De twee zijn samen een spanningsdeler van twee gelijke weerstanden. Dan is de spanning op het knooppunt de helft van de spanning over de hele spanningsdeler. Die laatste is dus  $2 \times 2\text{V} = 4\text{V}$ .

#### Stap 2

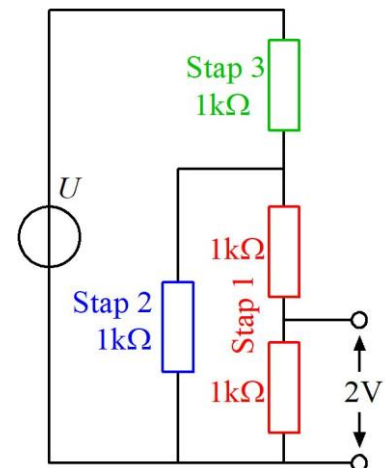
De twee **rode weerstanden** staan parallel geschakeld met de **blauwe weerstand** van  $1\text{ k}\Omega$  met "Stap 2" ernaast. De twee rode weerstanden in serie zijn samen  $2\text{ k}\Omega$ . Samen met de blauwe weerstand hebben ze de vervangingswaarde van

$$\frac{1\text{ k}\Omega \cdot 2\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega + 2\text{ k}\Omega} = \frac{2\text{ k}\Omega \cdot \Omega}{3\text{ k}\Omega} = 0,667\text{ k}\Omega$$

Over dit geheel met vervangingsweerstand  $0,667\text{ k}\Omega$  staat nog steeds de  $4\text{V}$  van Stap 1.

#### Stap 3

De **groene weerstand** van  $1\text{ k}\Omega$ , met "Stap 3" ernaast, staat in serie met de zojuist gevonden vervangingsweerstand van  $0,667\text{ k}\Omega$ . Samen zijn ze een spanningsdeler met  $4\text{ V}$  op het knooppunt. We kunnen nu de vergelijking voor een spanningsdeler met 2 weerstanden toepassen om  $U$  te vinden. Het kan ook via het berekenen van de stroom. We kiezen voor het laatste; dat scheelt een vergelijking.







De stroom  $I$  door de onderste helft van de spanningsdeler is gelijk aan  $4V/0,667k\Omega = 6 \text{ mA}$ . Die 6 mA moet ook door de bovenste helft, de groene weerstand, lopen. Dan staat over die weerstand  $6\text{mA} \cdot 1k\Omega = 6V$ . 4V over het rode en blauwe deel in serie met 6V over de groene weerstand is 10 V: antwoord A.

### Opmerkingen

Behalve met kleur kun je ook nummers op de knooppunten zetten. In dat geval: even uitprinten.

**Antwoord B** krijg je als je de 4 V goed hebt uitgerekend en alleen de blauwe weerstand met “Stap 2” ernaast als onderste helft van de spanningsdeler hebt gebruikt. Dan ben je waarschijnlijk vergeten, de vervangende weerstand van de rode en de blauwe weerstand uit te rekenen.

**Antwoord C** krijg je als je via de 2 V en de 4 V doortelt naar 6, zonder acht te slaan op de blauwe weerstand.

**Antwoord D** vraagt meer fantasie dan goed is voor een examenkandidaat.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

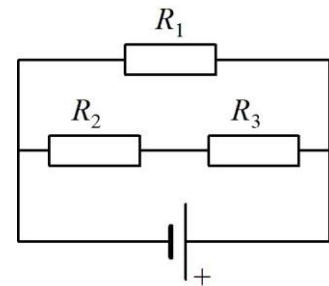


### 3.5.15 Uitwerking van Opgave 3-15

In de schakeling zijn alle weerstanden 100 ohm. In  $R_2$  wordt een vermogen gedissipeerd van 1 watt.

In  $R_1$  wordt een vermogen gedissipeerd van

- A. 4 W
- B. 0,5 W
- C. 2 W
- D. 1 W



#### Uitwerking

Als alle weerstanden 100 ohm zijn, heeft de serieschakeling van  $R_1$  en  $R_2$  een vervangingsweerstand van 200 ohm. Over  $R_1$  en over de serieschakeling van  $R_1$  en  $R_2$  staat dezelfde spanning. De stroom door  $R_1$  is dus 2x zo groot als die door de serieschakeling. De dissipatie  $P$  is evenredig met het kwadraat van de stroom, want

$$P = I^2 R$$

De dissipatie in  $R_1$  is dus 4x zo groot als die in  $R_2$ . Dat is dus 4 watt: antwoord A.

#### Opmerkingen

Je kunt ook uitgaan van

$$P = \frac{U^2}{R}$$

De spanning over  $R_2$  is de helft van de batterijspanning en dus de helft van de spanning over  $R_1$ . De dissipatie van  $R_1$  is dus 4x zo groot als die van  $R_2$ , dus 4 watt en dat is natuurlijk ook antwoord A.

Het gegeven van de weerstand van 100 ohm is overbodig. Je kunt elke weerstandswaarde invullen, als alle drie de weerstanden maar gelijk zijn.

**Antwoord B** krijg je als je denkt dat twee weerstanden twee keer zoveel vermogen dissiperen als één. Dat kan kloppen als ze even groot zijn en parallel staan, maar dat is hier niet zo.

**Antwoord C** krijg je als je het kwadraat in de vergelijking voor  $P$  vergeet

**Antwoord D** krijg je als je denkt dat elke weerstand evenveel dissipeert, zolang de weerstanden even groot zijn. Ook dat is een af te leren gedachte.



Terug naar de opgave

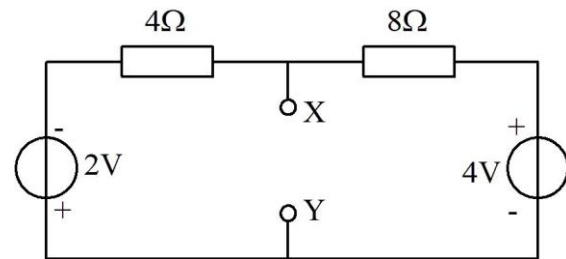
Naar de volgende opgave



### 3.5.16 Uitwerking van Opgave 3-16

De spanning tussen de punten X en Y is

- A. 2 V
- B. 3 V
- C. 1 V
- D. 0 V



#### Uitwerking

Spanning is een grootheid die je altijd tussen twee punten meet. Het is daarom een verschilgrootheid, zou je kunnen zeggen. Daarvan maken we hier gebruik. We geven punt Y 0 volt en dan berekenen we hoeveel X is.

Punt X ligt op het knooppunt van een spanningsdeler tussen -2 V links en +4 V rechts. De gemakkelijkste werkwijze is, eerst de stroom door beide weerstanden te berekenen en dan de spanningen erover. Samen zijn de weerstanden  $12\ \Omega$ , de spanning erover is 6 V, dus de stroom erdoor is 0,5 A. Over de weerstand van  $4\ \Omega$  staat daarom 2 V. Dan is de spanning op X gelijk aan  $-2\ \text{V} + 2\ \text{V} = 0\ \text{V}$ .

De controle is de spanning over de weerstand van  $8\ \Omega$ . Bij 0,5 A is die 4 V. Met de spanning van 4 V op de bron rechts is dat ook 0 V.

Antwoord D.

#### Opmerking

Dit is zo'n opgave die je eigenlijk in één oogopslag (nou vooruit, twee dan) moet kunnen zien.



Terug naar de opgave

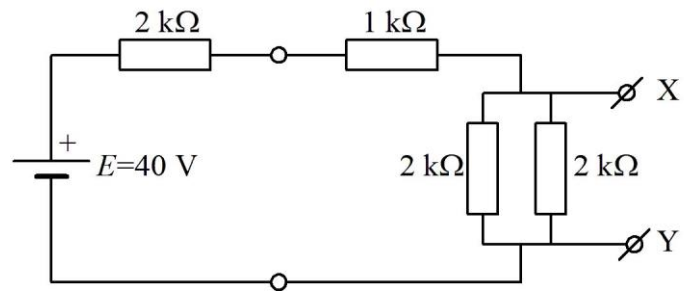
Naar de volgende opgave



### 3.5.17 Uitwerking van Opgave 3-17

De spanning tussen X en Y is

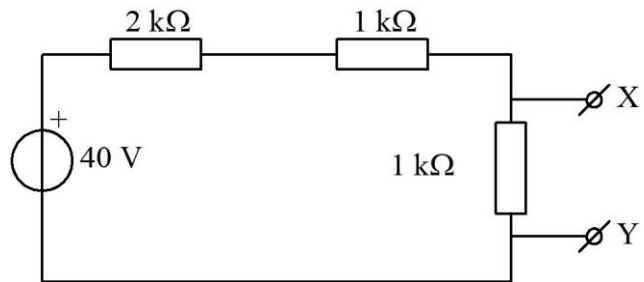
- A. 30 V
- B. 10 V
- C. 8 V
- D. 20 V



#### Uitwerking

Links zien we een batterij met EMK van 40 V en een inwendige weerstand van 2 kΩ (je mag aannemen dat alles links van de aansluitpunten, de twee rondjes zonder streep erdoor, binnen de batterij zit). De batterij voedt een schakeling van 1 kΩ in serie met een parallelschakeling van twee weerstanden van 2 kΩ.

We beginnen met een vereenvoudiging, het berekenen van de vervangingsweerstand van de parallel geschakelde weerstanden van 2 kΩ. Hun vervangingsweerstand is 1 kΩ, de helft van 2 kΩ, want de twee weerstanden zijn gelijk. De batterij kan worden vervangen door een spanningsbron van 40 V met de inwendige weerstand van 2 kΩ 'buitenboord'. Dan ziet de vervangende schakeling eruit als in de figuur hiernaast.



De vraag is hiermee teruggebracht tot "hoe groot is de spanning over de weerstand van 1 kΩ"? De weerstanden vormen samen een belasting van 4 kΩ, dus over de 1 kΩ tussen X en Y staat dan  $\frac{1}{4}$  van de 40 V is 10 V.

Voor wie het iets minder kort door de bocht wil doen: 40 V over 4 kΩ betekent een stroom van 10 mA. 10 mA door 1 kΩ betekent dat over de 1 kΩ een spanning van 10 V staat. In beide gevallen: antwoord B.

#### Opmerkingen

We hebben gebruik gemaakt van 3.3.11 om de batterij te vervangen door een ideale bron. Voor de rest is het rechttoe-rechtaan.

Als je antwoord A, C of D hebt en de vergissing die daarbij is gemaakt is niet onmiddellijk duidelijk, dan is dat een goede reden om de stof over serie- en parallelschakeling van Hoofdstuk 3 nog eens grondig door te nemen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.18 Uitwerking van Opgave 3-18

Als een digitale universeelmeter als spanningmeter wordt gebruikt, is de ingangsweerstand

- A. Laag
- B. Nul
- C. **Zeer hoog**
- D. 10 k $\Omega$

#### Uitwerking

Een spanningmeter moet een hoge ingangsweerstand hebben om zomin mogelijk stroom aan de te bemeten schakeling te onttrekken. Iets nauwkeuriger geformuleerd: de ingangsweerstand van de meter moet veel hoger zijn dan de weerstand op het te bemeten punt in de schakeling.

De reden is, dat door de meting de stroom door de schakeling wordt beïnvloed. Een meting is bedoeld om een uitkomst te krijgen die praktisch gezien gelijk is aan de spanning op het meetpunt zonder aangesloten meetapparaat.

Antwoord C is dus het juiste antwoord.

#### Opmerking

Of een spanningmeter digitaal of analoog is, doet er in dit geval niet toe. Of het een als spanningmeter geschakelde universeelmeter of alleen een voltmeter is, maakt ook niets uit.



Terug naar de opgave

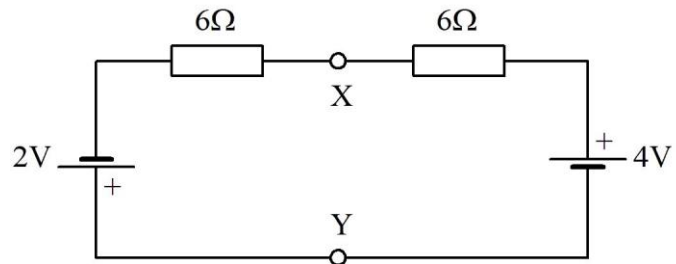
Naar de volgende opgave



### 3.5.19 Uitwerking van Opgave 3-19

De spanning tussen de punten X en Y is

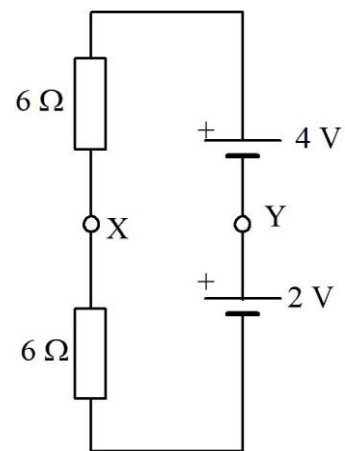
- A. 1 V
- B. 3 V
- C. 0 V
- D. 2 V



#### Uitwerking

Deze opgave lijkt sprekend op Opgave 3-16. Er zijn wat verschillen. De twee batterijen van nu zijn daarin twee bronnen. Dat laatste is correcter, want er is in het schema van deze opgave geen inwendige weerstand te zien. Maar dat doet er bij het examen weinig toe.

Verder zit het enige verschil in de weerstandswaarden: nu twee keer  $6\ \Omega$ , in Opgave 3-16 was dat  $4\ \Omega$  en  $8\ \Omega$ . Dat betekent een ander antwoord. Kijk desgewenst eerst naar de uitwerking van Opgave 3-16 voor de werkwijze. Je kunt het schema voor meer duidelijkheid ook op zijn kant zetten (schema hiernaast).



Geef Y 0 V (massa of aarde). De twee weerstanden hangen dan tussen  $-2\ \text{V}$  links en  $+4\ \text{V}$  rechts. Omdat de weerstanden even groot zijn vinden we bij X de gemiddelde spanning, namelijk  $(-2\text{V} + 4\text{V})/2 = 1\ \text{V}$ . Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

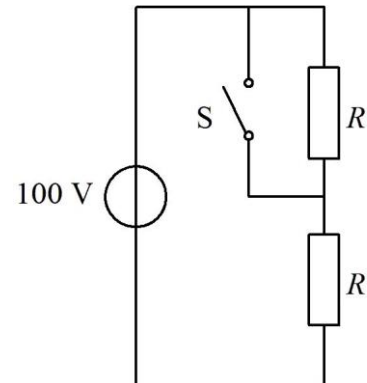


### 3.5.20 Uitwerking van Opgave 3-20

Bij geopende schakelaar S dissiperen de weerstanden elk 50 W.

Als de schakelaar S wordt gesloten, is het gedissipeerde vermogen

- A. 400 W
- B. **200 W**
- C. 50 W
- D. 100 W



#### Uitwerking

Bij geopende schakelaar S hebben we te maken met een serieschakeling van twee weerstanden, beide met waarde  $R$ . Het is niet nodig, de weerstandswaarde uit te rekenen. Als we uit weerstand en spanning de dissipatie  $P$  uit moeten rekenen, hebben we daarvoor de vergelijking

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Over elke  $R$  staat bij geopende schakelaar 50 V en de dissipatie is 50 W per weerstand. Als de schakelaar dichtgaat, wordt de bovenste weerstand kortgesloten en komt de volle spanning van 100 V over de onderste weerstand te staan. Dat is 2x zoveel als 50 V en volgens de vergelijking moet de dissipatie in de onderste weerstand dan 4x zo groot worden: 200 W. De bovenste weerstand dissipeert door de kortsluiting niets. 200 W plus 0 W is 200 W: antwoord B

#### Opmerking 2

Aan de vergelijking is te zien dat bij kleinere  $R$  de dissipatie groter wordt. Samen dissiperen de weerstanden bij geopende S 100 W. Bij gesloten S is de weerstand de helft van wat hij was. Daarmee vallen C en D uit. Voor antwoord A had er in de vergelijking een  $R^2$  moeten staan. Zo kom je er ook uit, als je de vergelijking maar scherp in het hoofd hebt.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.21 Uitwerking van Opgave 3-21

De stroom  $I$  is:

- A. 0,5 A
- B. 0,25 A
- C. 2 A
- D. 1 A

#### Uitwerking

We zien twee batterijen van 1,5 V, elk in serie met een weerstand van  $2\ \Omega$ . Of het een uitwendige of een inwendige weerstand betreft, vermeldt de historie niet, maar dat doet er ook niet toe.

Deze combinatie staat in serie geschakeld met een weerstand van alweer  $2\ \Omega$ .

Eerst vereenvoudigen we de spanningsbronnen met elk een weerstand tot één spanningsbron met één weerstand. Beide zijn gelijk, dus parallel schakelen mag. De spanning blijft daarbij dezelfde en de vervangingsweerstand is de weerstanden van  $2\ \Omega$  parallel geschakeld, is  $1\ \Omega$ .

Het oorspronkelijke schema is daarmee vereenvoudigd tot het schema rechts.

Dus  $1,5\ \text{V}$  in serie met  $1\ \Omega + 2\ \Omega = 3\ \Omega$ . Dan is  $I$  gelijk aan spanning gedeeld door weerstand is  $0,5\ \text{A}$ : antwoord A.

#### Opmerkingen

Het is vooral zaak dat je snapt hoe je twee parallel geschakelde stroombronnen met serieweerstand behandelt. De spanningen moeten exact gelijk zijn (zie Opgave 3-3). De vervangingsweerstand is de parallelweerstand van de twee serieweerstanden. Zo'n schakeling is in werkelijkheid nogal lastig door de eis van perfecte gelijkheid. Als de twee bronnen iets verschillen, zal de ene bron meer stroom leveren dan de andere en wordt de berekening een stuk ingewikkelder, als hij al is uit te voeren.

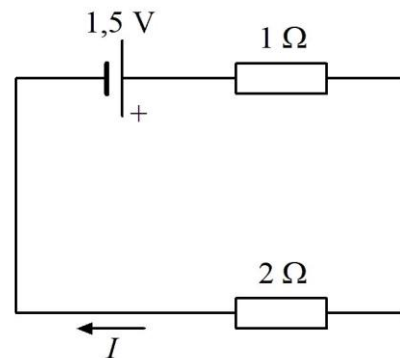
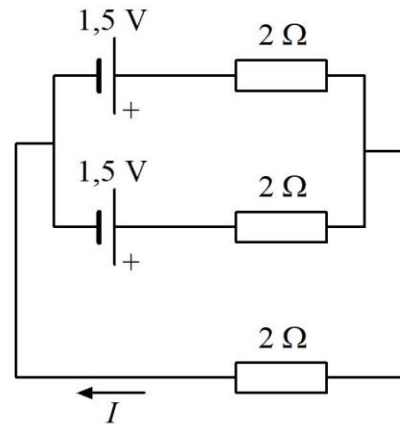
**Antwoord B** krijg je als je alle drie de weerstanden in gedachten in serie zet.

**Antwoorden C en D** hebben een nogal hoog 'gokgehalte'.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

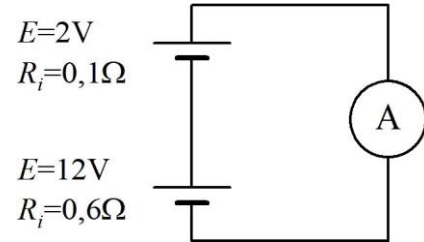




### 3.5.22 Uitwerking van Opgave 3-22

De ampèremeter wijst aan:

- A. 28 A
- B. 7,2 A
- C. 20 A
- D. 0,2 A



#### Uitwerking

In het schema zien we twee in serie geschakelde batterijen, één met een EMK van 2 V en één van 12 V. De inwendige weerstanden zijn respectievelijk 0,1  $\Omega$  en 0,6  $\Omega$ .

Door de serieschakeling mogen we zowel de EMK's als de inwendige weerstanden optellen. Dat leidt tot een vervangende batterij met een EMK van 14 V en een inwendige weerstand van 0,7  $\Omega$ .

Over de ampèremeter wordt niets vermeld. We mogen daarom aannemen dat de weerstand ervan verwaarloosbaar klein is en gaan uit van 0  $\Omega$ .

Daarmee is de vraag teruggebracht tot: "hoeveel ampère loopt er door een weerstand van 0,7  $\Omega$  als er 14 V overheen staat?" Dat wordt  $14V/0,7\Omega = 20$  A: antwoord C.

#### Opmerkingen

Bij **antwoord A** moeten de inwendige weerstanden niet opgeteld, maar van elkaar afgetrokken zijn. Negatieve weerstanden in batterijen bestaan niet.

Hoe je met een minimum aan kennis van elektriciteitsleer aan **antwoord B** zou kunnen komen, is onduidelijk. 0,6 maal 12 is weliswaar 7,2, maar dan moet je van één batterij EMK met weerstand vermenigvuldigen en daarmee krijg je geen ampères.

**Antwoord D** is mogelijk als je de komma's in de weerstandswaarden over het hoofd ziet en ze daarna met 10 vermenigvuldigt.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.23 Uitwerking van Opgave 3-23

Elektrische energie wordt uitgedrukt in

- A. volt per seconde
- B. watt per seconde
- C. ampèreseconde
- D. wattseconde

#### **Uitwerking**

Dit is een weetje, maar wel een belangrijk weetje. De eenheid van elektrische energie is de joule en 1 joule is 1 wattseconde. De watt is de eenheid van vermogen. Energie is vermogen maal tijd. Antwoord D dus.

#### **Opmerking**

Nog iets over het woordje “per”. Als je in 2 uur 100 km aflegt, is je gemiddelde snelheid of afstand per tijd 100 km per 2 uur. Anders geschreven: 100 km/2 uur. Aan beide kanten van de deelstreep delen door 2 geeft 50 km/uur. De meesten van ons lezen de deelstreep automatisch als “per”.



Terug naar de opgave

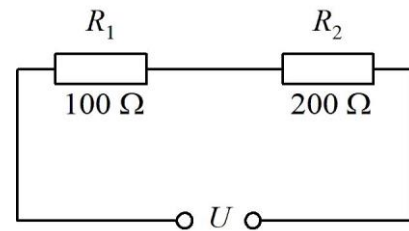
Naar de volgende opgave



### 3.5.24 Uitwerking van Opgave 3-24

In  $R_1$  wordt 36 watt gedissipeerd. In  $R_2$  wordt gedissipeerd:

- A. 72 W
- B. 18 W
- C. 144 W
- D. 36 W



#### Uitwerking

Door beide weerstanden loopt dezelfde stroom  $I$ . Het verband tussen stroom, weerstand en vermogen (in dit geval dissipatie) is

$$P = I^2 R$$

Als  $I$  voor beide weerstanden gelijk is, is  $I^2$  dat ook. De weerstand  $R_2$  is 2 maal zo groot als  $R_1$ . Dan moet de dissipatie in  $R_2$  ook 2 maal zo groot zijn als in  $R_1$ . Dat wordt dus  $2 \cdot 36 \text{ W}$  is 72 W: antwoord A.

#### Opmerkingen

Het is niet nodig om  $U$  uit te rekenen, maar het kan bij deze gegevens wel (probeer maar!).

**Onthoud:** bij serieschakeling van weerstanden is de stroom door de weerstanden dezelfde en is de dissipatie per weerstand evenredig met de weerstandswaarden



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.25 Uitwerking van Opgave 3-25

Een accu heeft een inwendige weerstand van  $1\ \Omega$  en een bronspanning (EMK) van 6 volt.

Op de klemmen sluiten we een weerstand aan van  $3\ \text{ohm}$ .

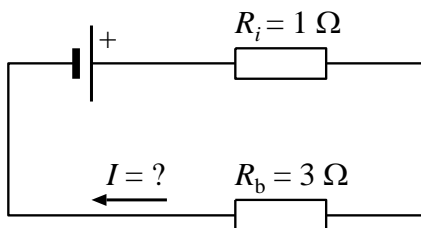
De stroom door de weerstand is:

- A. 2 A
- B. 6 A
- C. 0,67 A
- D. 1,5 A

#### Uitwerking

We beginnen met een tekening.

EMK=6 V



Het is niet nodig, eerst de klemspanning uit te rekenen. Door beide weerstanden loopt dezelfde stroom. We berekenen eerst de totale weerstand in de schakeling en daaruit en uit de EMK de stroom.

De totale weerstand in de schakeling is  $1\ \Omega + 3\ \Omega = 4\ \Omega$ . De EMK is 6V en de stroom  $I = 6V / 4\ \Omega = 1,5\ \text{A}$ .

Dat is antwoord D.

#### Opmerking

In deze opgave is het niet nodig, eerst de klemspanning uit te rekenen. Het mag wel, maar vergeleken met de hier gegeven methode -bereken in één keer de totale weerstand- is het een omweg.



Terug naar de opgave

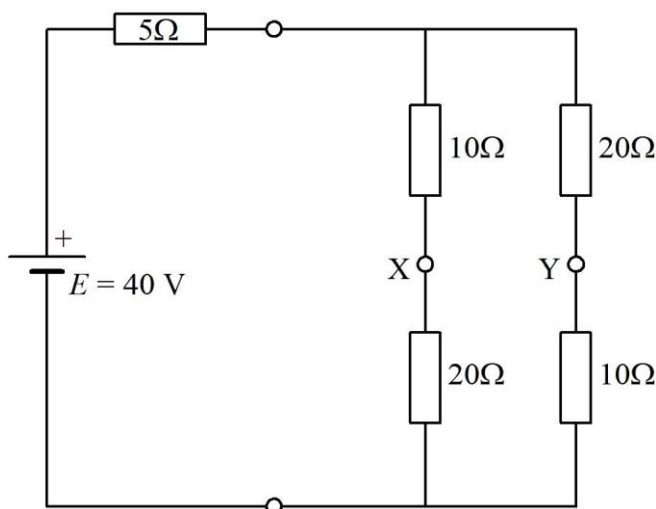
Naar de volgende opgave



### 3.5.26 Uitwerking van Opgave 3-26

De spanning tussen X en Y is

- A. 20 V
- B. 0 V
- C. 10 V
- D. 30 V



#### Uitwerking

We zien een batterij met EMK  $E$  van 40 V en een inwendige weerstand van  $5\Omega$ .

De batterij voedt een parallelschakeling van twee serieschakelingen van elk

twee weerstanden. De weerstanden van elke serieschakeling zijn 10 en  $20\Omega$ , maar per serieschakeling staan ze in omgekeerde volgorde.

Hoe pakken we dit aan? Om te beginnen hebben we de spanning nodig die over de schakeling met de weerstanden van 10 en  $20\Omega$  staat. Dat is de klemspanning van de batterij. Pas daarna heeft het zin om ons druk te maken over de spanning tussen X en Y. Dat wordt dus de werkvolgorde.

Stap 1: de klemspanning

Beide serieschakelingen zijn  $30\Omega$ , want  $10\Omega + 20\Omega$ . De vervangingsweerstand wordt dan de helft van  $30\Omega$ , is  $15\Omega$ . Die  $15\Omega$  vormt samen met de inwendige weerstand van  $5\Omega$  van de batterij een spanningsdeler van in totaal  $20\Omega$ . Het knooppunt ervan is het aansluitpunt (de "klem") van de batterij.  $E$  is 40 V. De  $5\Omega$  van de inwendige weerstand is  $\frac{1}{4}$  van diezelfde  $20\Omega$ , dus over de inwendige weerstand staat  $\frac{1}{4}$  van 40 V is 10 V. Dan staat over de schakeling van de vier weerstanden in totaal 30 V, de klemspanning van de batterij.

Stap 2: de spanning tussen X en Y

Beide serieschakelingen zijn een spanningsdeler, links met knooppunt X en rechts met knooppunt Y. De totale weerstand van beide is  $30\Omega$ . Daarover staat een spanning van 30V. Dan staat over de weerstanden van  $10\Omega$  een spanning van 10 V en over de weerstanden van  $20\Omega$  een spanning van 20 V. Dus hebben we 20 V op punt X en 10 V op punt Y, verschil 10 V: antwoord C.

#### Opmerkingen

Met wat inzicht en slimheid kun je stap 2 met nog minder rekenen tot het goede antwoord komen. Kijk maar.



**Antwoord A** geeft de spanning over elk van de weerstanden van  $20 \Omega$ . Niet goed dus.

**Antwoord B** is op voorhand onmogelijk door de omgekeerde weerstandsvolgorde tussen de serieschakeling van punt X en van punt Y.

**Antwoord D** is ook onmogelijk, omdat de  $30 \text{ V}$  over beide serieschakelingen staat. Wat over een deel ervan staat, moet altijd kleiner zijn.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 3.5.27 Uitwerking van Opgave 3-27

De wattseconde is de eenheid van

- A. Kracht
- B. Vermogen
- C. Tijd
- D. **Arbeid**

#### **Uitwerking**

Watt is vermogen. Wattseconde is vermogen maal tijd (symbool  $W$  van Work) en dat is energie of arbeid. 1 wattseconde (Ws) is hetzelfde als 1 joule (J). 1 J/s is 1 W.

Zie ook Opgave 3-23 die sterk op deze vraag lijkt. Daar wordt gesproken over energie. Dat is hetzelfde als arbeid. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

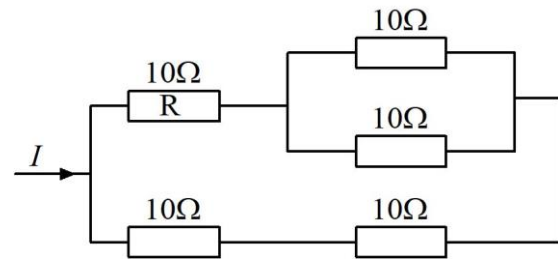


### 3.5.28 Uitwerking van Opgave 3-28

De stroom  $I$  is 84 mA

De stroom door R is

- A. 63 mA
- B. 48 mA**
- C. 21 mA
- D. 39 mA



#### Uitwerking

Het schema toont een schakeling met twee parallel geschakelde takken met weerstanden van uitsluitend  $10\ \Omega$ . De onderste tak is twee weerstanden in serie; de bovenste tak bevat twee parallelle weerstanden (samen dus  $5\ \Omega$ ) die in serie staan met de weerstand R.

De onderste tak is  $20\ \Omega$ , de bovenste  $10\ \Omega + 5\ \Omega = 15\ \Omega$ . Hiermee kunnen we bepalen hoe de stroom  $I$  zich over beide takken verdeelt. Die verhouding is omgekeerd evenredig met de weerstand van elke tak, dus

$$I_{\text{boven}}:I_{\text{onder}} = \frac{1}{15}:\frac{1}{20}$$

Dat is hetzelfde als

$$I_{\text{boven}}:I_{\text{onder}} = 20:15 = 4:3$$

Merk op dat door het omkeren van de breuken de 20 en de 15 van plaats moeten wisselen. De stroom  $I$  gaat daarmee in  $4+3=7$  delen, waarvan er 3 de onderste tak volgen en 4 de bovenste. De weerstand R hoort bij de bovenste tak die  $4/7$  van 84 mA krijgt, is 48 mA: antwoord B.

#### Opmerkingen

Bij de andere antwoorden staat nergens de uitkomst van  $3/7$  van 84 mA, dus 36 mA. Als je de stroomverhouding van bovenste en onderste tak verwisselt, krijg je een uitkomst die niet in het lijstje staat. Dat zou voldoende te denken moeten geven om uiteindelijk tot de goede oplossing te komen.

Strikt genomen is de weerstandswaarde van  $10\ \Omega$  overbodig; het gegeven dat alle weerstanden gelijk zijn, is voldoende om de opgave op te lossen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

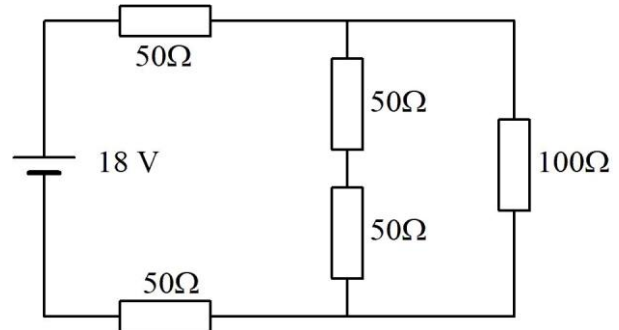




### 3.5.29 Uitwerking van Opgave 3-29

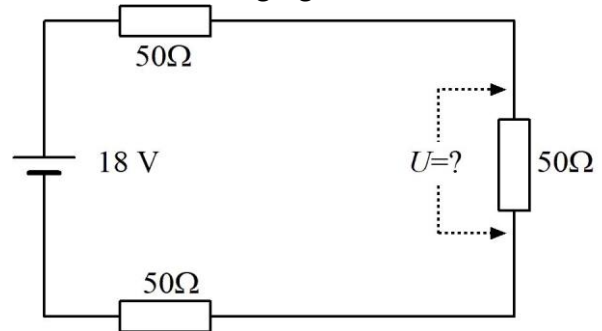
De spanning over de weerstand van  $100\ \Omega$  is

- A. 4 V
- B. 12 V
- C. 3 V
- D. 6 V



#### Uitwerking

Eigenlijk is dit een spanningsdeler met drie weerstanden. De middelste weerstand bestaat uit de twee in serie geschakelde weerstanden van  $50\ \Omega$ , samen dus  $100\ \Omega$ , parallel geschakeld met de weerstand van  $100\ \Omega$  rechts, zodat de vervangingsweerstand van het drietal weer op  $50\ \Omega$  uitkomt. Kortom: een spanningsdeler van  $3 \times 50\ \Omega$ , waarbij de spanning over de middelste weerstand wordt gevraagd. Het vereenvoudigde schema staat hiernaast.



Over elke weerstand van  $50\ \Omega$  staat  $1/3$  van de totale spanning van  $18\ \text{V}$  is  $6\ \text{V}$ :  
antwoord D.

#### Opmerkingen

Van de antwoorden A, B en C is het de schrijver niet erg duidelijk hoe je daar zonder gokken op zou moeten uitkomen. Als je de drie rechter weerstanden in serie zet, kom je op  $200\ \Omega$  en antwoord B, maar ook dan is het aan te raden, het deel over serie- en parallelschakeling van Hoofdstuk 3 nog maar eens door te nemen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.30 Uitwerking van Opgave 3-30

De meter wijst aan:

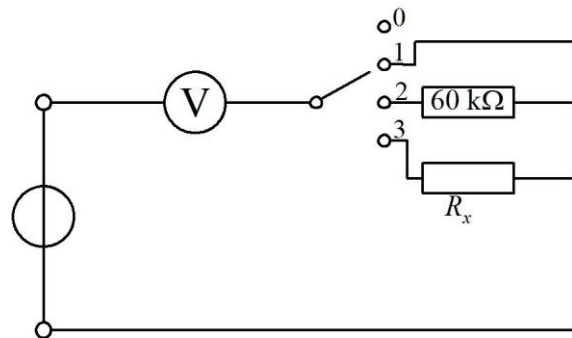
In stand 1: 10 V

In stand 2: 5 V

In stand 3: 2,5 V

De waarde van  $R_x$  is:

- A. 20 k $\Omega$
- B. 90 k $\Omega$
- C. 180 k $\Omega$**
- D. 30 k $\Omega$



#### Uitwerking

De voltmeter staat op een wat ongebruikelijke manier geschakeld. Hij staat niet over, maar in de schakeling. Hij vervult daardoor de rol van weerstand en voltmeter tegelijk. Voor wie de truc doorheeft, is de oplossing snel gevonden.

In stand 1 staat de voltmeter elektrisch gezien over de bron. Daarmee lezen we de bronspanning af: 10 V

In stand 2 is de voltmeter een spanningsdeler samen met de weerstand van 60 k $\Omega$ . Dan staat de halve bronspanning (5 V) over de meter. De weerstand van de meter is dus ook 60 k $\Omega$ .

In stand 3 wijst de meter nog 2,5 V aan. Dus staat er 7,5 V over  $R_x$ . Dat is 3x zoveel als over de meter. De weerstand  $R_x$  moet dus ook 3x zo groot zijn als die van de meter; 3x 60 k $\Omega$  is 180 k $\Omega$ : antwoord C.

#### Opmerking

Dit is een ongebruikelijke manier om een voltmeter te schakelen, maar het kan elektrisch gezien wel. Belangrijk is dat je je door dit soort merkwaardige vragen niet van je stuk laat brengen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.31 Uitwerking van Opgave 3-31

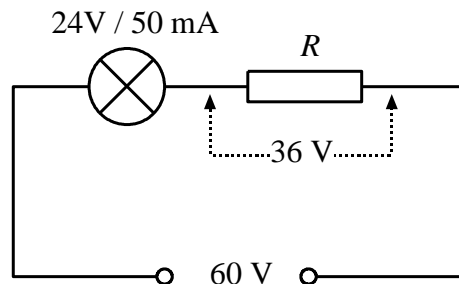
Een gloeilampje van 24 volt en 50 milliampère wordt via een voorschakelweerstand aangesloten op een spanning van 60 volt

De juiste waarde van de voorschakelweerstand is

- A. 1200  $\Omega$
- B. 720  $\Omega$**
- C. 1800  $\Omega$
- D. 480  $\Omega$

#### Uitwerking

Een voorschakelweerstand is hetzelfde als een serieweerstand. Een schema werkt hier misschien verhelderend.



Over de lamp moet 24 V komen te staan. Dat is 36 V minder dan 60 V. Die 36 V komt over de voorschakelweerstand te staan. De stroom door de weerstand moet dezelfde zijn als die door de lamp, want lamp en weerstand staan in serie. 36 V bij 50 mA vraagt een weerstand van  $36 \text{ V} / 50 \text{ mA} = 0,72 \text{ k}\Omega$  en dat is hetzelfde als 720  $\Omega$ . Antwoord B dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.32 Uitwerking van Opgave 3-32

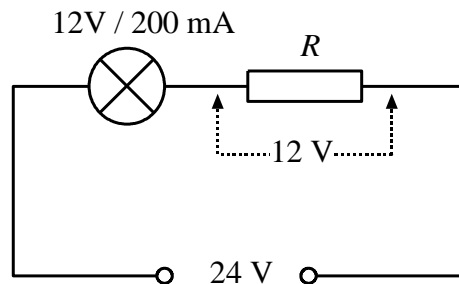
Een gloeilampje van 12 volt en 200 mA wordt met behulp van een voorschakelweerstand aangesloten op een spanning van 24 volt

De juiste waarde van de voorschakelweerstand is

- A.  $60 \Omega$
- B.  $36 \Omega$
- C.  $12 \Omega$
- D.  $24 \Omega$

#### Uitwerking

Een voorschakelweerstand is hetzelfde als een seriweerstand. Zie het plaatje.



Over de lamp moet 12 V komen te staan. Dat is 12 V minder dan 24 V. Die 12 V minder komt over de voorschakelweerstand te staan. De stroom door de weerstand is dezelfde als die door de lamp, want lamp en weerstand staan in serie. 12 V bij 200 mA (0,2 A) vraagt een weerstand van  $12 \text{ V} / 0,2 \text{ A} = 60 \Omega$ . Antwoord A dus.



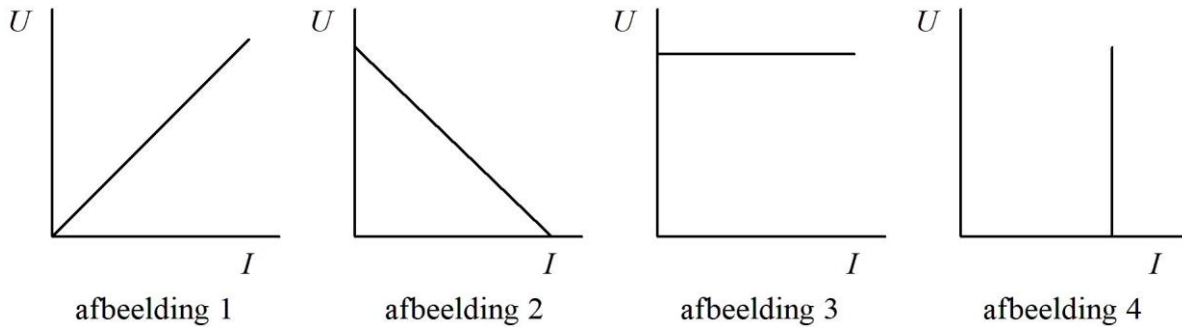
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.33 Uitwerking van Opgave 3-33

De karakteristiek van een metaalfilmweerstand is



- A. Afbeelding 4
- B. Afbeelding 1**
- C. Afbeelding 3
- D. Afbeelding 2

#### Uitwerking

Bij elke gewone weerstand loopt de stroom rechtlijnig op met de spanning. Dan loopt de spanning onvermijdelijk ook rechtlijnig op met de stroom. De enige grafiek die daaraan voldoet, is afbeelding 1. Controleer maar met de wet van Ohm:  $U = IR$ ;  $2U = 2IR$ , enz. Antwoord B dus.

#### Opmerkingen

Of het om een draadgewonden, een koolfilm-, een metaalfilm- of nog een ander soort weerstand gaat, doet niet ter zake. Weerstand is weerstand. Laat je door toevoegingen als 'metaalfilm' of andere overbodigheden niet van de wijs brengen.

In **afbeelding 2** neemt de spanning af met toenemende stroom. Daar is de wet van Ohm het niet mee eens.

In **afbeelding 3** blijft de spanning gelijk, ongeacht de stroom. Daarvoor is wel een schakeling te bedenken, maar die is heel wat ingewikkelder dan één enkele weerstand.

**Afbeelding 4** toont één en dezelfde stroom, ongeacht de spanning. Ook hiervoor is wel een schakeling te bedenken, maar alleen met meer en ingewikkelder onderdelen dan één weerstand.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

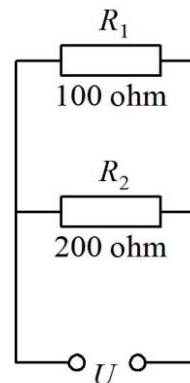


### 3.5.34 Uitwerking van Opgave 3-34

In  $R_1$  wordt 36 watt aan warmte ontwikkeld.

De warmteontwikkeling in  $R_2$  bedraagt

- A. 9 W
- B. 18 W
- C. 72 W
- D. 36 W



#### Uitwerking

De vergelijking voor de warmteontwikkeling (dissipatie)  $P$  in een weerstand  $R$  bij een gegeven spanning  $U$  is

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Over beide weerstanden staat dezelfde spanning  $U$ . Een twee keer zo grote  $R$  leidt dus tot een twee keer zo kleine  $P$ .  $R_2$  die twee keer zo groot is als  $R_1$ , dissipeert dus de helft van wat  $R_1$  dissipeert. 18 W dus: antwoord B.

#### Opmerkingen

Wie niet op het verschil in weerstandswaarden let, krijgt **antwoord D**.

Wie het kwadraat in de vergelijking bij  $R$  zet in plaats van bij  $U$ , krijgt **antwoord A**.

**Antwoord C** is lastig te verklaren; kijk als je dat antwoord hebt, nog eens naar de paragraaf over de wet van Ohm.

**Onthoud:** Omdat de spanning over parallel geschakelde weerstanden voor elke weerstand dezelfde is, is het opgenomen vermogen per weerstand omgekeerd evenredig met de weerstandswaarde.

Daarom neemt bij parallelschakeling de kleinste weerstand het grootste vermogen op.



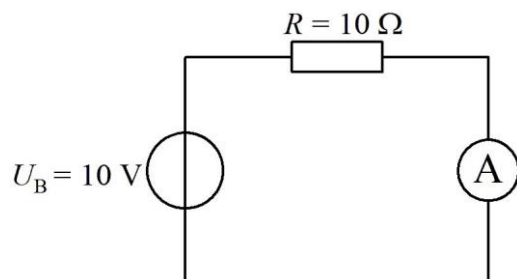
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.35 Uitwerking van Opgave 3-35

De inwendige weerstand van de ampèremeter bedraagt  $1 \Omega$ .



De stroom door de weerstand is gelijk aan

- A.  $11/10 \text{ A}$
- B.  $10/11 \text{ A}$
- C.  $10 \text{ A}$
- D.  $1 \text{ A}$

#### Uitwerking

De spanningsbron geeft  $10 \text{ V}$  en de belastingsweerstand is  $10 \Omega$ . Daar komt  $1 \Omega$  van de ampèremeter bij. De serieschakeling van weerstand en meter heeft daarmee een vervangingsweerstand van  $11 \Omega$ .  $10 \text{ V}$  over  $11 \Omega$  betekent een stroom van  $10/11 \text{ A}$ , antwoord B.

#### Opmerkingen

**Antwoord A:** Voor stroom geldt  $I = U/R$ ;  $R/U$  is fout. Kijk nog eens bij de wet van Ohm.

**Antwoord C:** Als je alleen de weerstand van de ampèremeter in rekening brengt en in de haast de weerstand van  $10 \Omega$  over het hoofd ziet, krijg je dit antwoord.

**Antwoord D:** Als je de interne weerstand van de ampèremeter verwaarloost, ontstaat dit antwoord. Misschien heb je te veel haast gehad.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



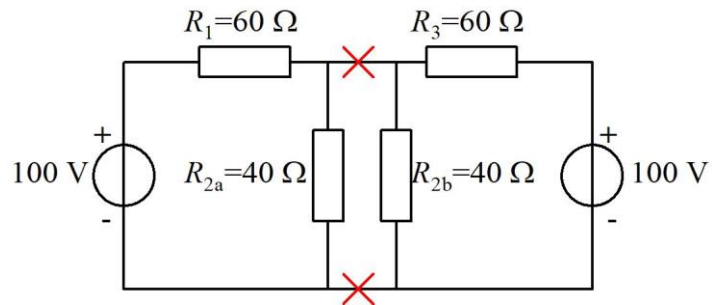
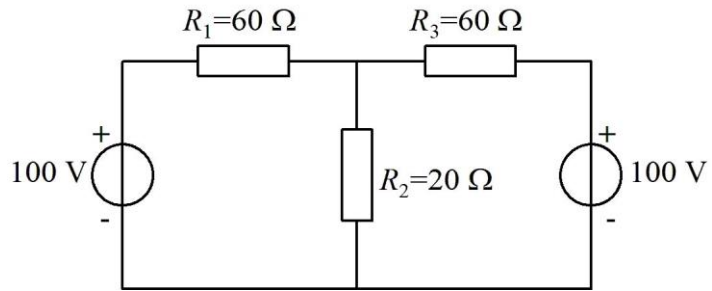
### 3.5.36 Uitwerking van Opgave 3-36

De spanning over  $R_2$  is

- A. 40 V
- B. 60 V
- C. 100 V
- D. 80 V

#### Uitwerking

We zien twee spanningsbronnen van elk 100 V aan weerskanten van een T-schakeling van drie weerstanden. De bronnen zijn van elkaar gescheiden door twee weerstanden van  $60\ \Omega$  die samen in serie staan met een weerstand van  $20\ \Omega$ . Een manier om het probleem op te lossen, is het scheiden van weerstand  $R_2$  in twee parallelle weerstanden  $R_{2a}$  en  $R_{2b}$  van  $40\ \Omega$ . Dan krijgen we een linker en een rechter schakeling die elkaars spiegelbeeld zijn, maar elektrisch volkomen aan elkaar gelijk. Dat zien we in het schema rechts.



Ook zonder verbinding zijn de spanningen over  $R_{2a}$  en  $R_{2b}$  aan elkaar gelijk. We kunnen daarom de verbinding doorknippen zonder dat er iets verandert. Tussen twee punten met exact dezelfde spanning loopt geen stroom. Wel of geen verbinding maakt dus niets uit.

Vandaar de twee rode kruisjes in de leidingen. We houden twee in spiegelbeeld getekende, maar elektrisch gelijke schakelingen over. Elk bestaat uit een bron van 100 V en een weerstand van  $60\ \Omega$  in serie met één van  $40\ \Omega$ . Gevraagd: de spanning over de weerstand van  $40\ \Omega$ . Dat is een spanningsdelervraag. Samen zijn de weerstanden  $100\ \Omega$  en er staat in totaal 100 V overheen.  $40\ \Omega$  is 40% van  $100\ \Omega$  en er staat dus ook 40% van 100 V, dus 40 V overheen: antwoord A.

#### Opmerking 1

Dit is een lastpak, maar ook een leerzame vraag onder de examenvragen. Het omgekeerde van de actie die we zojuist hebben uitgevoerd -opsplitsen van een weerstand- komt nogal eens voor. T-schakelingen zoals deze zijn daarvan een voorbeeld. Het is dus goed als je in een schakeling herkent dat twee weerstanden of andere onderdelen die we met name in hoofdstuk 4 zullen tegenkomen, zijn samengevoegd tot één waarde, omdat ze parallel zijn geschakeld.

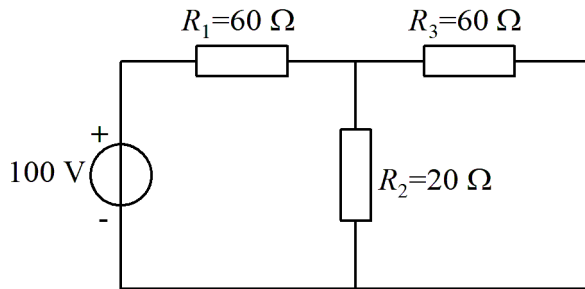
#### Opmerking 2

Je kunt dit vraagstuk ook oplossen door middel van superpositie. Dat betekent dat je het effect van elke afzonderlijke spanningsbron op de spanning over  $R_2$  bepaalt en die twee



effecten bij elkaar optelt. Dat doe je door achtereenvolgens één van beide bronnen te vervangen door een kortsluiting (een draadje dus) en daarna de gevonden spanningen over  $R_2$  bij elkaar op te tellen. Omdat in dit geval het schema symmetrisch is, hoef je maar één bron kort te sluiten, de spanning over  $R_2$  uit te rekenen en die met 2 te vermenigvuldigen. We doen het even voor:

Eerst het schema met één bron vervangen door een kortsluiting:



We zien nu een spanningsdeler met  $R_1$  in serie met de parallel geschakelde  $R_2$  en  $R_3$ . De vervangingsweerstand van laatstgenoemd tweetal is  $15 \Omega$  (reken zelf na). De spanning op het knooppunt met  $R_2$  is dan  $100 \text{ V} * 15 / (60 + 15) = 20 \text{ V}$ . Het andere geval is, zoals gezegd, het plaatje in spiegelbeeld, dus weer  $20 \text{ V}$ . Optellen:  $20 \text{ V} + 20 \text{ V} = 2 * 20 \text{ V} = 40 \text{ V}$ ; zelfde uitkomst als daarnet (en dat is maar goed ook).



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



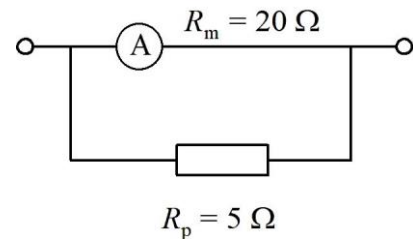
### 3.5.37 Uitwerking van Opgave 3-37

Een ampèremeter heeft een inwendige weerstand van 20 ohm.

Met een parallelweerstand van 5 ohm is het meetgebied 20 mA.

Het meetgebied van de meter zonder parallelweerstand is:

- A. 15 mA
- B. 16 mA
- C. 5 mA
- D. 4 mA



### Uitwerking

Het vergroten van het meetbereik van een ampèremeter door die te voorzien van een parallelweerstand van bekende waarde (*shunt* wordt dat meestal genoemd), is een gebruikelijke techniek. Een deel van de stroom gaat dan door de parallelweerstand zonder dat de meter dat deel meet. Het meetbereik verkleinen door de parallelweerstand te vergroten of weg te halen, kan natuurlijk ook.

Als  $I_m$  de stroom door de meter is en  $I_p$  de stroom door de parallelweerstand is, dan geldt voor de totale stroom  $I$  door de gegeven schakeling

$$I = I_m + I_p = 20 \text{ mA}$$

De vraag wat het meetgebied van de meter is, komt neer op de vraag hoe groot  $I_m$  is als  $I=20$  mA. Omdat over weerstand en meter dezelfde spanning staat, zijn de twee stromen omgekeerd evenredig met de weerstanden  $R_m$  en  $R_p$ . Dus

$$I_m : I_p = \frac{1}{R_m} : \frac{1}{R_p} = R_p : R_m = 5 : 20 = 1 : 4$$

Dus 1/5 van 20 mA loopt door de meter en 4/5 van 20 mA loopt door de parallelweerstand. Dat betekent 4 mA door de meter. Antwoord D.

### Opmerking

Hierover valt weinig meer op te merken dan dat de vraag in de praktijk meestal andersom is: welke weerstand (shunt) moet ik over de meter zetten om een bepaald bereik te krijgen?



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

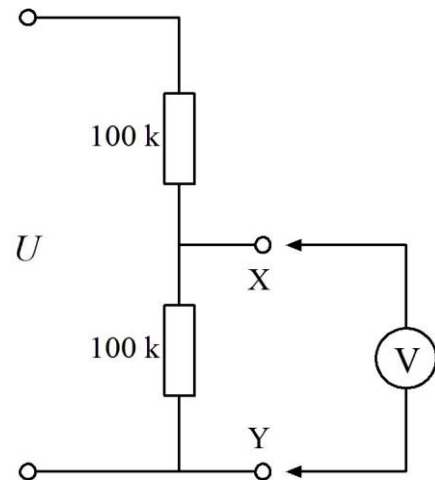


### 3.5.38 Uitwerking van Opgave 3-38

De voltmeter heeft een inwendige weerstand van 200 kilo-ohm.

Wanneer de spanning tussen de punten X en Y wordt gemeten, bedraagt de meetfout ongeveer

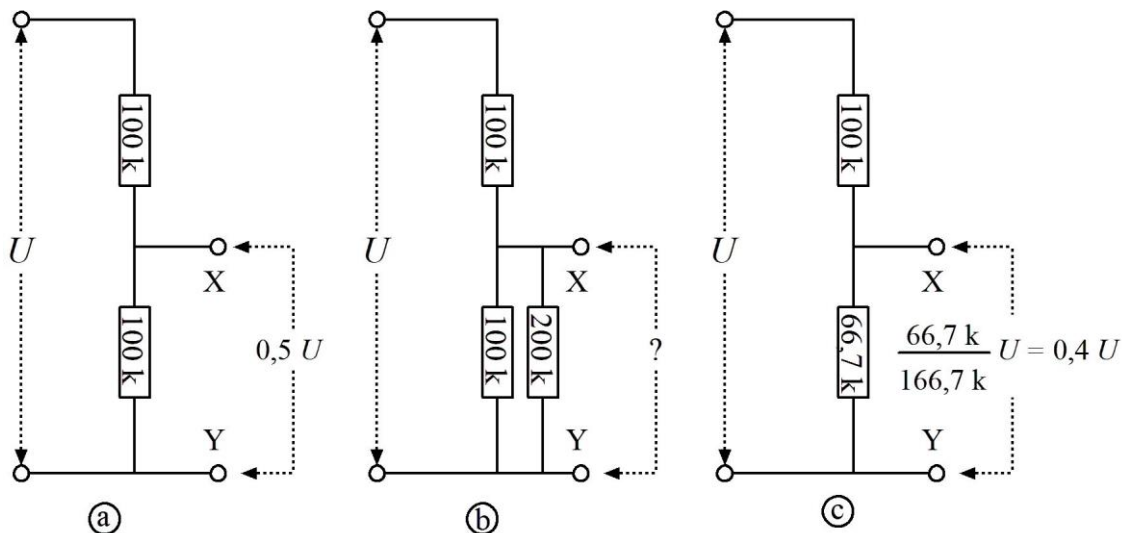
- A. 10%
- B. 2%
- C. 40%
- D. 20%



#### Uitwerking

De twee weerstanden vormen een spanningsdeler. De spanning tussen X en Y is dan  $0,5 U$ . De vraag komt erop neer, hoeveel die spanning verandert als over X en Y, dus parallel aan de onderste weerstand van 100 k, nog een weerstand van 200 k wordt geplaatst. Dat die weerstand een voltmeter is, doet er voor de berekening niet toe.

De oplossing gaat vergezeld van een soort strip hieronder. De weerstandswaarden staan in de weerstanden om in de tekeningen wat ruimte te maken.



**Afbeelding a** toont de uitgangssituatie.

**Afbeelding b** toont de situatie na toevoeging van de weerstand van 200 k.

**Afbeelding c** toont de vervangingsweerstand van de parallel geschakelde 100 k en 200 k en de door de toevoeging van de 200 k ontstane spanning tussen X en Y.



We kunnen weer terug naar de meter. Die wijst als gevolg van zijn inwendige weerstand van  $200k$   $0,4 U$  aan in plaats van de  $0,5 U$  die hij had moeten aanwijzen. Dat is  $0,1 U$  te weinig. Op de juiste waarde van  $0,5 U$  is dat  $20\%$  verschil: antwoord D.

### Opmerkingen

Voor gemakkelijker rekenwerk kun je voor de gelegenheid  $100k$  als eenheid van weerstand nemen. Dan hebben we in het begin twee weerstanden van elk 1 eenheid in serie. Op het knooppunt staat ook dan  $0,5 U$ . De meterweerstand is dan 2 eenheden. Parallel aan 1 eenheid is dat  $2/3$  eenheid. De totale serieschakeling wordt dan  $1 \frac{2}{3}$  eenheid is  $5/3$  eenheid. We krijgen dan tussen X en Y een spanning van  $((2/3) : (5/3)) U = (2/3) \cdot (3/5) U = 6/15 U = 0,4 U$ . Natuurlijk dezelfde uitkomst!

Denk eraan, het verschil als gevolg van het aansluiten van de meter te delen door  $0,5 U$  en niet door  $U$ . Dan krijg je **antwoord A**. Bij **antwoord B** ben je vermoedelijk ergens een factor 10 kwijtgeraakt. **Antwoord C** is moeilijk te verklaren.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.39 Uitwerking van Opgave 3-39

Aan een milliampèremeter met een eigen weerstand van 50 ohm en een meetbereik van 0,5 mA wordt een weerstand van 5 ohm parallel geschakeld.

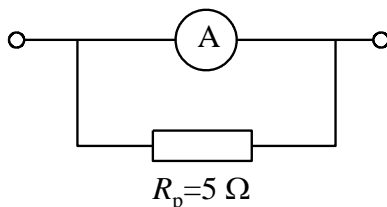
Bij volle uitslag is de totale stroom door deze meetschakeling:

- A. 0,55 mA
- B. 5,5 mA**
- C. 5 mA
- D. 4,5 mA

#### Uitwerking

Eerst een plaatje ter verduidelijking.

$R_m=50 \Omega$  bij 0,5 mA volle uitslag



De weerstand  $R_m$  van de meter is 50 ohm, die van de parallelweerstand  $R_p$  5 ohm. Dan lopen van elke stroom door de hele schakeling 10 delen door de parallelweerstand en 1 deel door de meter. Als de meter 0,5 mA aanwijst, loopt er 0,5 mA door de meter en 10x zoveel, 5 mA dus, door  $R_p$ . Samen is dat voor de hele schakeling 5,5 mA: antwoord B.

#### Opmerkingen

Wie **antwoord A** heeft, heeft zich waarschijnlijk een factor 10 vergist.

Wie **antwoord C** heeft, heeft vermoedelijk alleen de stroom door de parallelweerstand meegeteld

Bij **antwoord D** is waarschijnlijk de meterstroom afgetrokken van de stroom door de weerstand in plaats van erbij opgeteld.

In schakelingen met een ampère- of milli(micro)ampèremeter wordt zo'n parallelweerstand meestal *shunt* of voluit: *shuntweerstand* genoemd.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

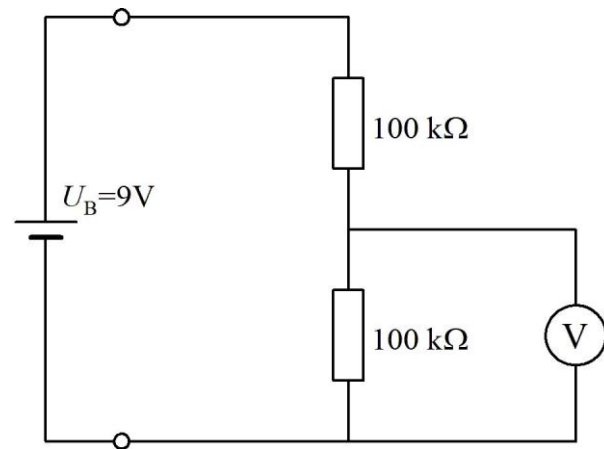


### 3.5.40 Uitwerking van Opgave 3-40

De voltmeter met een inwendige weerstand van 10 kilo-ohm per volt is ingesteld op het meetbereik van 10 volt. De inwendige weerstand van de batterij is te verwaarlozen.

De meter wijst aan:

- A. 1 V
- B. 6 V
- C. 3 V
- D. 4,5 V



#### Uitwerking

Om te beginnen iets over de eenheid kilo-ohm per volt ( $k\Omega/V$ ). Die wordt gebruikt bij multimeters en omschakelbare voltmeters. Het is de inwendige weerstand voor een schaalbereik. Dat leer je wel in de cursus, maar pas bij de meetapparatuur.  $10 k\Omega/V$  in combinatie met een meetbereik van 10 V betekent een inwendige weerstand van 10 V maal  $10k\Omega/V$  is 100 k $\Omega$ . Onze meter heeft dus een inwendige weerstand van 100 k $\Omega$ .

Nu aan de slag. De meter staat parallel aan nog een weerstand van 100 k, samen 50 k $\Omega$ .

Die weerstand vormt een spanningsdeler met de bovenste weerstand van 100 k $\Omega$ . De spanningsdeler bestaat dus uit 100 k $\Omega$  (boven) in serie met 50 k $\Omega$  (onder). Dan staat op het knooppunt  $50/150 = 1/3$  van 9 V is 3 V. Dat is de spanning die de meter aanwijst, antwoord C.

#### Opmerking

**Antwoord A** krijg je bij benadering (in werkelijkheid ongeveer 0,9 V) als je voor de weerstand van de meter 10 k $\Omega$  aanhoudt in plaats van 100 k $\Omega$ . Kwestie van goed lezen.

**Antwoord B** ontstaat als je de spanningsdeler na verrekening van de weerstand van de meter op zijn kop berekent (50 k $\Omega$ boven in plaats van beneden)

**Antwoord D** krijg je als je de weerstand van de meter niet verrekent, dus de spanning vóór aansluiten van de meter.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



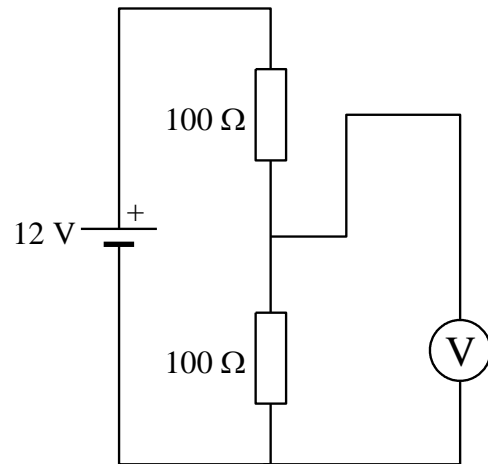
### 3.5.41 Uitwerking van Opgave 3-41

De voltmeter wijst aan:

- A. 6 V
- B. 12 V
- C. 3 V
- D. 0 V

#### Uitwerking

Er wordt niet gerept over de inwendige weerstand van de batterij of de voltmeter. Die zijn blijkbaar zodanig dat ze geen noemenswaardige invloed op de situatie hebben.



Dan is de oplossing eenvoudig: een spanningsdeler van twee weerstanden van 100 ohm en een voltmeter met zeer hoge inwendige weerstand op het knooppunt. Op het knooppunt vinden we dan de helft van de batterijspanning terug, dat is 6 V: antwoord A.

#### Opmerkingen

Alle andere antwoorden zijn zo verkeerd, dat er weinig over te zeggen valt. Bij een spanningsdeler van twee gelijke weerstanden vind je niet de volle batterijspanning op het knooppunt (**antwoord B**), net zomin als 0 V (**antwoord D**). Antwoord C is met twee gelijke weerstanden in de spanningsdeler ook niet te verklaren. Als je dit antwoord toch hebt, kijk dan in hoofdstuk 3 de tekst over de spanningsdelers nog eens goed door.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.42 Uitwerking van Opgave 3-42

Er is een hoeveelheid energie beschikbaar van 360 Ws. Hierop brandt een lampje dat 1W opneemt.

Dat kan gedurende

- A. 1 seconde
- B. 360 seconden**
- C. 6 seconden
- D. 60 seconden

#### Uitwerking

1 Ws betekent 1 W gedurende 1 seconde. De andere naam van de eenheid Ws is 1 J (Joule).

10 Ws is dan 10 W gedurende 1 seconde of 1 W gedurende 10 s, enz.

Een lampje van 1 W houdt het bij beschikbaarheid van 360 Ws (=360 J) dus 360 seconden vol, antwoord B.

#### Opmerking

Het kan ook iets fundamenteeler. Vermogen  $P$  is stroom maal spanning, dus  $P = UI$ . De eenheid van  $P$  is Watt (W). Energie ( $W$  van work) is vermogen maal tijd, dus  $W = Pt$  en  $t = W/P$ . In dit geval is  $W = Pt = 360$  Ws. Dan is  $t = 360$  Ws / 1W = 360 s.

Merk op dat W voor watt rechtop staat omdat het een eenheid is en  $W$  van energie of arbeid cursief, omdat het een grootte is. We proberen ons in deze cursus aan internationale normen te houden; op het examen doet men dat niet, maar het is eigenlijk altijd wel duidelijk wat er wordt bedoeld.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



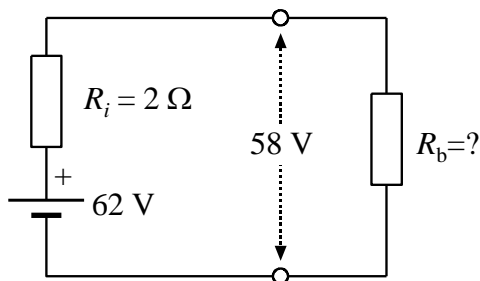


### 3.5.43 Uitwerking van Opgave 3-43

Een batterij heeft een bronspanning (EMK) van 62 volt en een inwendige weerstand van  $2\Omega$ . De batterij wordt belast met een weerstand, De klemspanning is nu 58 V  
De belastingsweerstand is

- A.  $124\ \Omega$
- B.  $29\ \Omega$**
- C.  $31\ \Omega$
- D.  $116\ \Omega$

#### Uitwerking



Allereerst maken we een schema. Dat staat hierboven. Nu moeten we weten hoe groot de stroom door de schakeling is. Bij een inwendige weerstand van  $2\Omega$  is hier het verschil tussen EMK en klemspanning  $62\text{ V} - 58\text{ V} = 4\text{ V}$ . De Wet van Ohm zegt dan dat de stroom 2A moet zijn ( $I = U/R = 4\text{V}/2\Omega = 2\text{A}$ ).

Over de belastingsweerstand  $R_b$  staat 58 V en er loopt 2A doorheen, berekenen we. Volgens opnieuw de Wet van Ohm geldt dat  $R_b = 58\text{V}/2\text{A} = 29\Omega$ . Antwoord B.



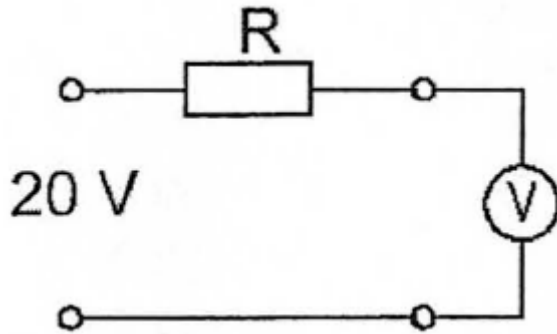
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.44 Uitwerking van Opgave 3-44

Een voltmeter met een gevoeligheid van  $10 \text{ k}\Omega/\text{V}$  is via een onbekende weerstand  $R$  aangesloten op een spanning van  $20 \text{ V}$ . Als de meter op het  $10 \text{ volt}$  bereik staat, wijst deze  $5 \text{ V}$  aan.



De waarde van de weerstand  $R$  is:

- A.  $300 \text{ k}\Omega$
- B.  $50 \text{ k}\Omega$
- C.  $150 \text{ k}\Omega$
- D.  $100 \text{ k}\Omega$

#### Uitwerking

De voltmeter van  $10 \text{ k}\Omega/\text{V}$  staat op zijn  $10\text{-volts}$  bereik. De inwendige weerstand is dan  $10 \cdot 10 \text{ k}\Omega = 100 \text{ k}\Omega$ , ongeacht de aanwijzing. Als de meter  $5 \text{ V}$  aanwijst, staat er  $5 \text{ V}$  over de meter. Dan staat er  $20 \text{ V} - 5 \text{ V} = 15 \text{ V}$  over de weerstand. Dat is  $3$  maal zoveel als over de meter. Dan moet de weerstand  $R$  ook drie keer zo groot zijn als die van de meter.

$3 \cdot 100 \text{ k}\Omega = 300 \text{ k}\Omega$ . Antwoord A.



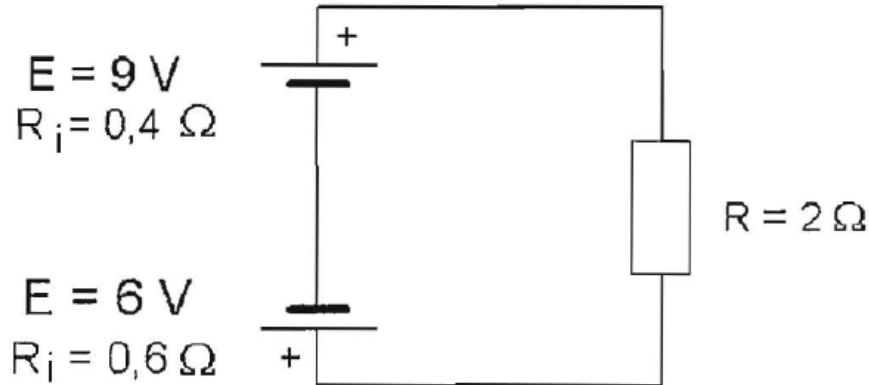
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.45 Uitwerking van Opgave 3-45

De stroom door de weerstand is:



- A. 1 A
- B. 7,5 A
- C. 5 A
- D. 1,5 A

#### Uitwerking

Het eerste dat opvalt of zou moeten opvallen, is dat beide batterijen met de pluspolen van elkaar af staan. Met andere woorden: ze staan tegen elkaar in. De effectieve EMK ( $E$ ) is dus geen  $9 \text{ V} + 6 \text{ V} = 15 \text{ V}$ , maar  $9 \text{ V} - 6 \text{ V} = 3 \text{ V}$ .

De totale weerstand in de schakeling bedraagt  $2 \Omega$  plus de inwendige weerstanden  $R_i$ , dus:

$$2 \Omega + 0,4 \Omega + 0,6 \Omega = 3 \Omega$$

Over die  $3 \Omega$  staat een spanning van  $3 \text{ V}$ . Dan is de stroom  $\frac{3 \text{ V}}{3 \Omega} = 1 \text{ A}$ . Dat is antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.46 Uitwerking van Opgave 3-46

Een batterij heeft een bronspanning (EMK) van 8,4 V en een inwendige weerstand van 0,3 ohm. De batterij wordt belast met een weerstand; de klemspanning is nu 7,2 volt.

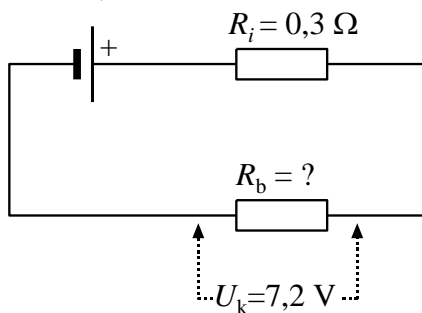
De belastingsweerstand is

- A. 1,5  $\Omega$
- B. 1,8  $\Omega$**
- C. 2,1  $\Omega$
- D. 2,4  $\Omega$

#### Uitwerking

Begin met een tekening:

EMK=8,4 V



Door de inwendige weerstand  $R_i$  loopt een stroom die een spanning van  $8,4\text{V} - 7,2\text{V} = 1,2 \text{ V}$  over  $R_i$  veroorzaakt. 1,2 V over 0,3  $\Omega$  betekent

$$\frac{1,2\text{V}}{0,3\Omega} = 4\text{A}$$

De belastingsweerstand  $R_b$  vind je uit

$$R_b = \frac{7,2\text{V}}{4\text{A}} = 1,8\Omega$$

Dat betekent antwoord B.



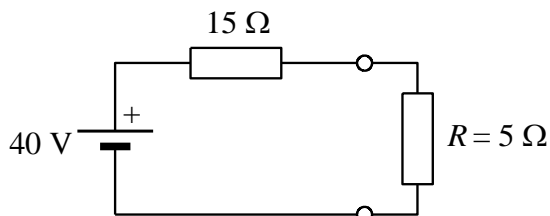
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**3.5.47 Uitwerking van Opgave 3-47**

In de weerstand  $R$  wordt een vermogen gedissipeerd van:



- A. 20 W
- B. 80 W
- C. 200 W
- D. 10 W

**Uitwerking**

We beginnen met de stroom, want die is nodig om de dissipatie van  $R$  te berekenen.

De totale weerstand van de schakeling is  $15\ \Omega + 5\ \Omega = 20\ \Omega$ . De spanning over de twee weerstanden is 40 V, zodat de stroom  $I = 40\text{V}/20\ \Omega = 2\text{A}$ .

De dissipatie  $P$  wordt berekend volgens  $P = I^2 R = 2\text{A} * 2\text{A} * 5\ \Omega = 20\text{W}$ . Antwoord A.

**Opmerking**

Doordat de stroom overal dezelfde is, is het tijdverspilling om eerst de klemspanning uit te rekenen. Tel de weerstanden op, deel de uitkomst op de spanning en je hebt de stroom.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 3.5.48 Uitwerking van Opgave 3-48

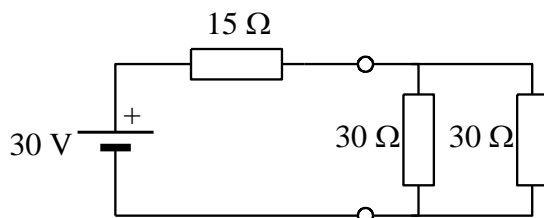
Een batterij met een inwendige weerstand van 15 ohm en een bronspanning (EMK) van 30 volt wordt aangesloten op een parallelschakeling van twee weerstanden van 30 ohm.

De stroom die de batterij levert, is:

- A. 0,5 A
- B. 2 A
- C. 4 A
- D. 1 A

#### Uitwerking

We beginnen met een tekening die de opgave weergeeft.



De eerste stap is het terugbrengen van de twee parallel geschakelde weerstanden van  $30\ \Omega$  tot een vervangende enkele weerstand. Die is de helft van  $30\ \Omega$ , dus  $15\ \Omega$ . Dan hebben we in de schakeling twee weerstanden van  $15\ \Omega$  in serie, wat een totale weerstand van (opnieuw)  $30\ \Omega$  oplevert. De spanning is 30 V, dus de stroom is 1 A. Dat betekent antwoord D.

#### Opmerking

Ook hier heeft het geen zin, eerst de klemspanning uit te rekenen. Zonde van je examentijd. Bereken de weerstand van de hele schakeling, inclusief de inwendige weerstand van de batterij en reken dan uit spanning en weerstand de stroom uit.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 3.5.49 Uitwerking van Opgave 3-49

Met de capaciteit (Ah) van een batterij of accu wordt bedoeld:

- A. Het maximaal te leveren vermogen
- B. Het product van de EMK en de kortsluitstroom
- C. Het product van de elektrische spanning en de maximaal te leveren stroomsterkte
- D. **Het product van de afgenomen stroom en de tijd dat deze stroom kan worden geleverd.**

#### Uitwerking

Hieraan valt weinig te redeneren; je moet het gewoon weten. Het is antwoord D. Een capaciteit van 7 Ah (ampèreuur) betekent bijvoorbeeld dat de accu of batterij gedurende 1 uur 7 A kan leveren, of 2 A gedurende 3,5 uur, enz.

#### Opmerking

De letter h in Ah komt van het Franse heure of het Latijnse hora. Allebei betekenen ze uur. Voor batterijen wordt de capaciteit vaak in mAh (milliampèreuur) aangegeven.



Terug naar de opgave

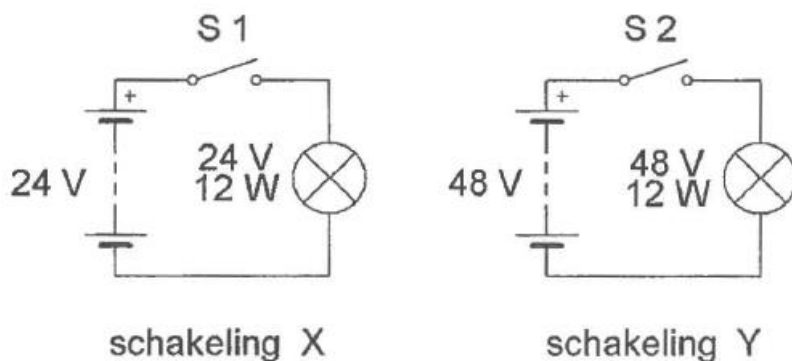
Naar de volgende opgave



### 3.5.50 Uitwerking van Opgave 3-50

De batterijen zijn geheel geladen. De schakelaars S1 en S2 worden gelijktijdig gesloten. Na 48 uur zijn beide batterijen gelijktijdig uitgeput.

De capaciteit (Ah) in schakeling X is:



- A. Niet vergelijkbaar met die in schakeling Y omdat de spanningen verschillend zijn
- B. Gelijk aan die in schakeling Y
- C. Groter dan die in schakeling Y
- D. Kleiner dan die in schakeling Y

#### Uitwerking

Beide lampen verbruiken 12 W. De lamp in schakeling X doet dat bij een spanning van 24 V, die in schakeling Y bij 48 V. Dan moet de stroom in schakeling Y de helft zijn van die in schakeling X, want de spanning in Y is tweemaal zo groot als die in X. Anders gezegd: in schakeling X loopt bij eenzelfde vermogen 2x zoveel stroom als in schakeling Y. Als beide batterijen er na dezelfde tijd mee ophouden, heeft de batterij in schakeling X 2x zoveel Ah geleverd als die in schakeling Y. Dan is de capaciteit van de batterij in X ook 2x zo groot als die in schakeling Y. Dat betekent dat antwoord C goed is.

#### Opmerking 1

Dit vraagstuk laat goed zien dat capaciteit van een batterij niet hetzelfde is als de hoeveelheid opgeslagen energie. In dat laatste geval zou antwoord B goed zijn geweest, want beide schakelingen hebben 48 uur lang 12 W geleverd.  $W=Pt$ !

#### Opmerking 2

Antwoord D is de instinker. Je denkt bij de lagere spanning al gauw aan een lagere capaciteit. En antwoord A is vooral geschikt om je te vertellen dat het verstandig kan zijn, hoofdstuk 3 en vooral de tekst over batterij- en accucapaciteit nog eens door te nemen.



Terug naar de opgave

Of ga door met opgavenbundel B.