

# Luku 24

## Sähkövirta ja vastus

Virta  
Ohmin laki ja resistanssi  
Teho

# Luku 25

## Tasavirtapiirit

Sähkömotorinen voima  
Vastusten kytkennät  
Kirchhoffin lait  
Kondensaattori piirissä  
Sähköturvallisuudesta  
Sähköisistä mittauksista

# Luvut 24 ja 25

## Tavoitteet

- Määrittää sähkövirta ja sähkömotorinen voima
- Tunnistaa ohminen materiaali ja käyttää Ohmin lakia
- Määrittää sähköteho komponentissa
- Analysoida tasavirtapiiriä, jossa on jännitelähteitä, vastuksia ja kondensaattoreita
- Kerrata virtamittarin ja jännitemittarin kytkeminen

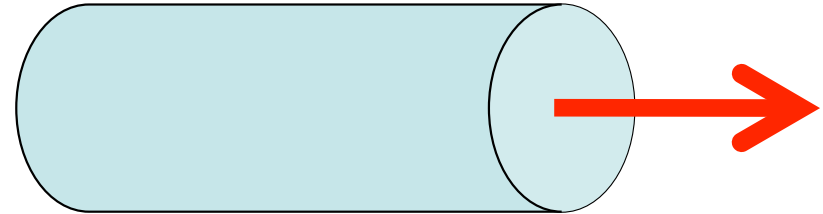
## Esitiedot

- Potentiaali, varaus
- Varausten käyttäytyminen metalleissa
- Kondensaattori

## 24.1 Virta

Virta on jonkin poikkipinnan läpi aikayksikössä kulkenut varaus

$$I = \frac{dQ}{dt}$$



Virran suunta on (positiivisten) varausten kulkusuunta; jos varausta kuljettaa negatiiviset varaukset, virran suunta on näiden suunnalle vastakkainen

## Esimerkki 25-1

Vakiovirta, jonka suuruus on 2,5 A, kulkee johtimessa 4 min ajan. Määritä kuinka suuri varaus kulkee johtimen läpi ja kuinka montaa elektronia se vastaa.

## 25.3 Resistanssi ja Ohmin laki

Kytetään laite jännitelähteeseen.

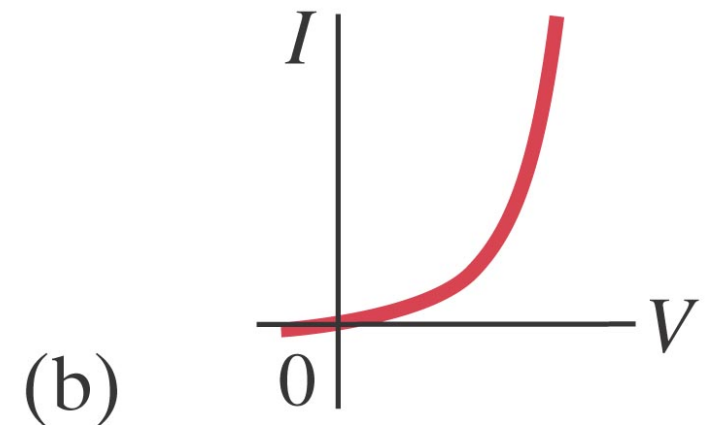
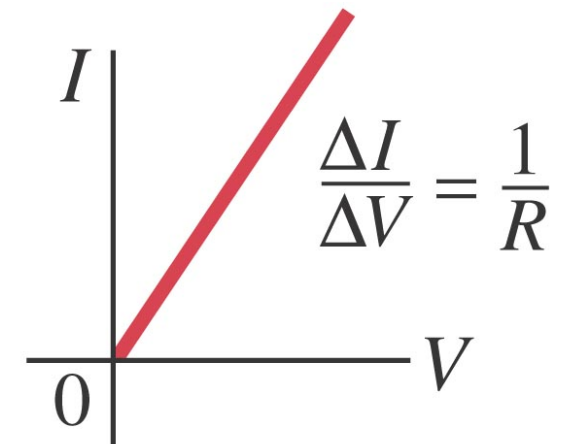
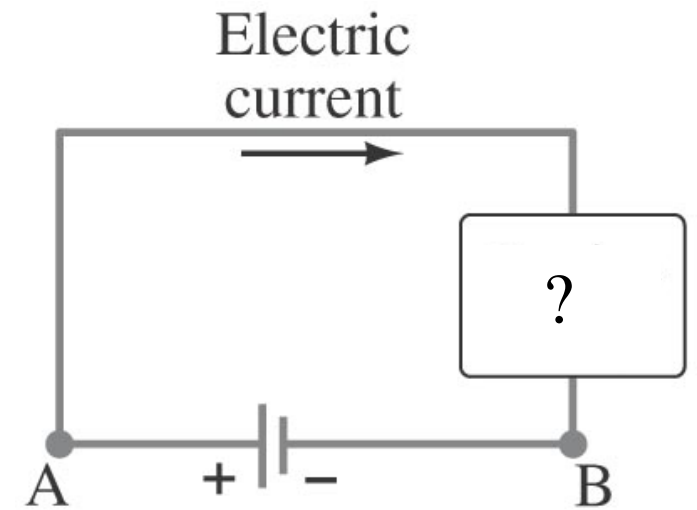
Miten virta riippuu jännitteestä?

Ohmiset materiaalit tai komponentit,  
esimerkiksi vastus  $I \propto V$

Muilla riippuvuus ei ole lineaarinen

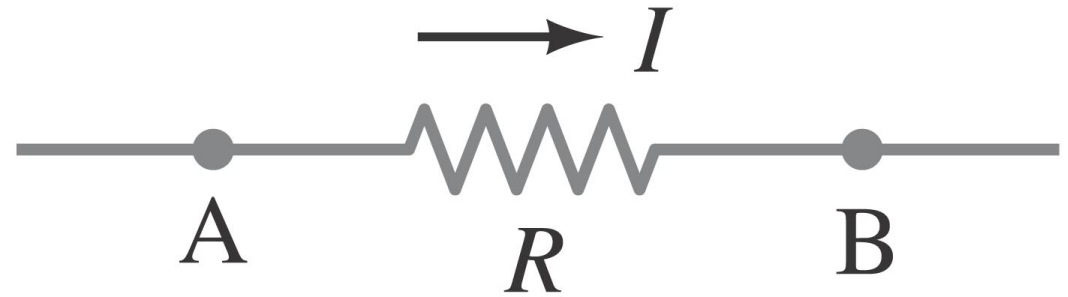
Ohmin laki: Kappaleen resistanssi  $R$  ei riipu kappaleen läpi menevästä virrasta tai kappaleen yli vaikuttavasta jännitteestä.

$$I = \frac{V}{R}$$



## Esimerkki 25-3

Virta tulee vastukseen kuvan osoittamasta suunnasta.

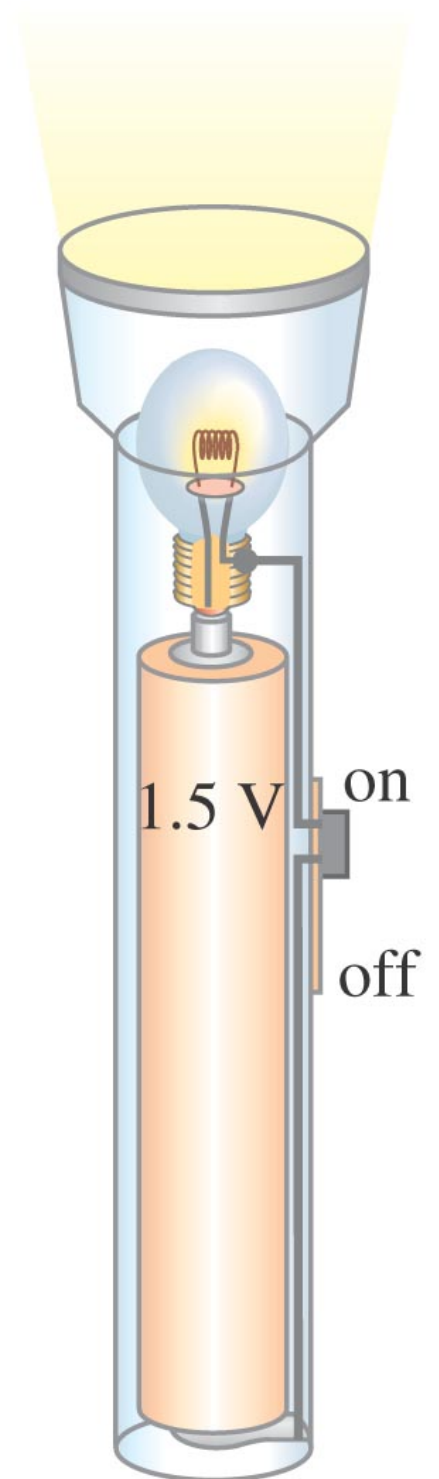


## Esimerkki 25-4

Pieni taskulampun polttimo ottaa 300 mA virtaa 1,5 V:n paristosta.

Määritä polttimon resistanssi.

Patterin ikääntyessä sen jännite laskee 1,2 V:iin. Selvitä, miten muuttuu virta?

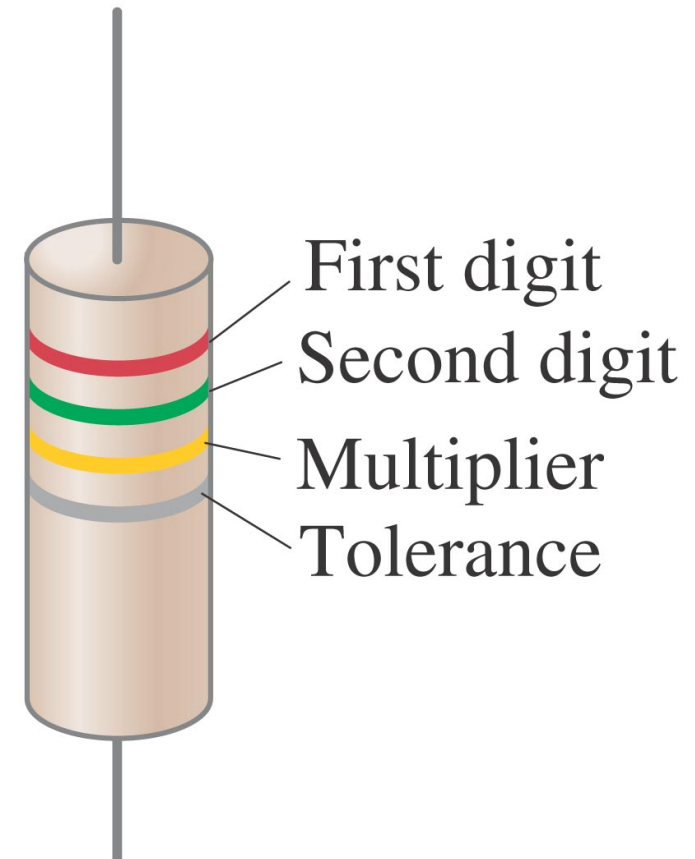


# Vastusten värikoodi

Tämä vastus on

$$25 \cdot 10^4 \Omega = 250 \text{ k}\Omega$$

Resistor Color Code			
Color	Number	Multiplier	Tolerance
Black	0	1	
Brown	1	$10^1$	1%
Red	2	$10^2$	2%
Orange	3	$10^3$	
Yellow	4	$10^4$	
Green	5	$10^5$	
Blue	6	$10^6$	
Violet	7	$10^7$	
Gray	8	$10^8$	
White	9	$10^9$	
Gold		$10^{-1}$	5%
Silver		$10^{-2}$	10%
No color			20%

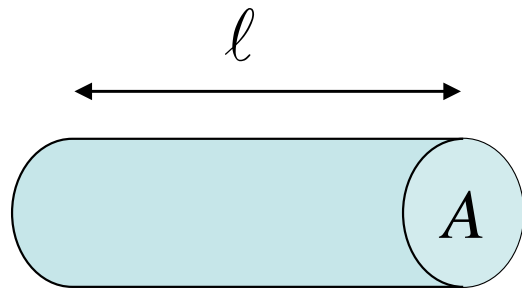




## 25-4 Resistivisyys

Resistanssi  $R$  on komponentin ominaisuus.

Resistivisyys  $\rho$  ja sähkönjohtavuus  $\sigma$  ovat materiaalin ominaisuuksia



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

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

TABLE 25-1 Resistivity and Temperature Coefficients (at 20°C)

Material	Resistivity, $\rho$ ( $\Omega \cdot \text{m}$ )	Temperature Coefficient, $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
<i>Conductors</i>		
Silver	$1.59 \times 10^{-8}$	0.0061
Copper	$1.68 \times 10^{-8}$	0.0068
Gold	$2.44 \times 10^{-8}$	0.0034
Aluminum	$2.65 \times 10^{-8}$	0.00429
Tungsten	$5.60 \times 10^{-8}$	0.0045
Iron	$9.71 \times 10^{-8}$	0.00651
Platinum	$10.60 \times 10^{-8}$	0.003927
Mercury	$98.00 \times 10^{-8}$	0.0009
Nichrome (Ni, Fe, Cr alloy)	$100.00 \times 10^{-8}$	0.0004
<i>Semiconductors</i> <sup>†</sup>		
Carbon (graphite)	$(3 - 60) \times 10^{-5}$	-0.0005
Germanium	$(1 - 500) \times 10^{-3}$	-0.05
Silicon	0.1 - 60	-0.07
<i>Insulators</i>		
Glass	$10^9 - 10^{12}$	
Hard rubber	$10^{13} - 10^{15}$	

<sup>†</sup> Values depend strongly on the presence of even slight amounts of impurities.

## 25-5 Sähköteho

Teho on  $P = IV$

### Esimerkki 25-8

Määritä kuinka suuri vastus on auton ajovalojen polttimossa, jos sen teho on 40 W.

## Esimerkki 25-10

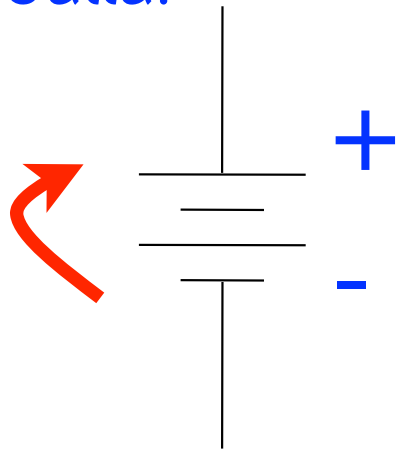
Salamassa tyypillinen jännite-ero pilvestä maahan on 500 kV, salaman kesto-aika 0,2 s ja siinä vapautuva energia 1 GJ.

Arvioi kuinka paljon varausta salaman aikana siirtyy, kuinka suuri on virta ja keskimääräinen teho.



# Sähkömotorinen voima

Sähkömotorinen voima (emf) on vaikutus, joka saa positiiviset varaukset kulkemaan matalammasta potentiaalista korkeampaan jännitelähteen sisällä.

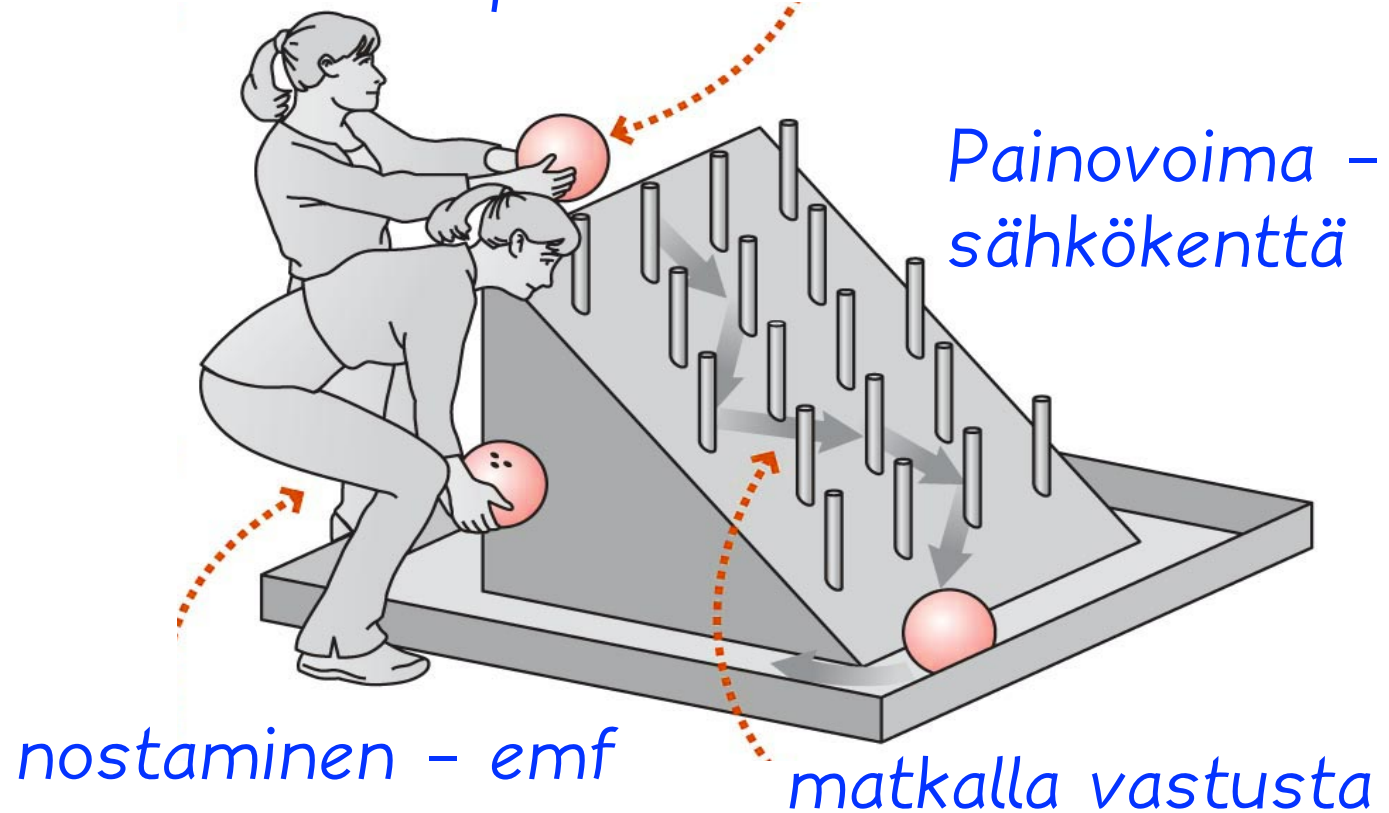


## Analogiaa

massa - varaus

pallon liike -  
positiivisen varauksen liike

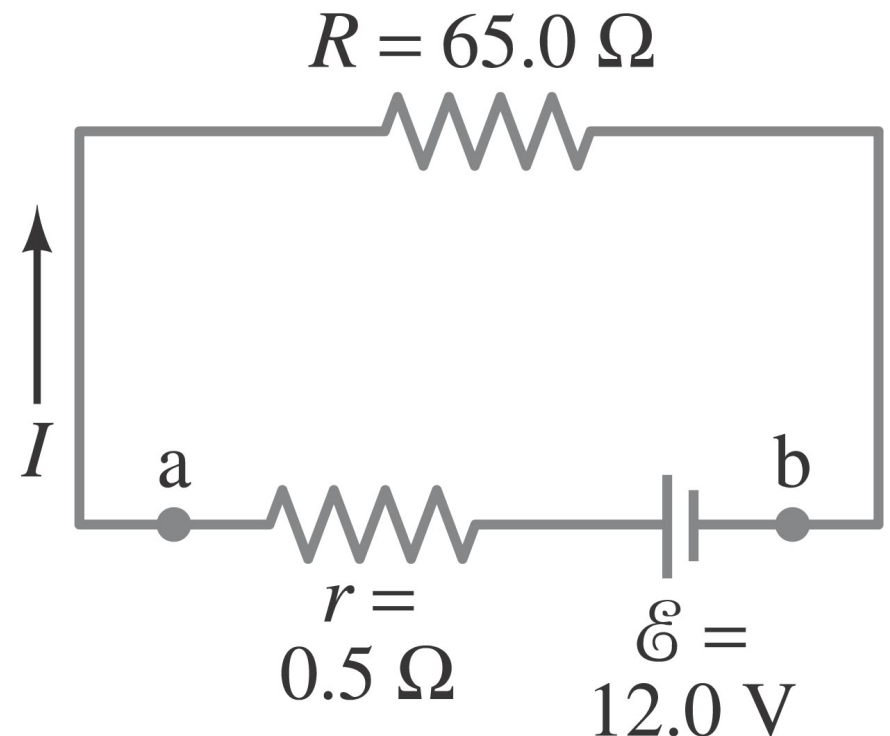
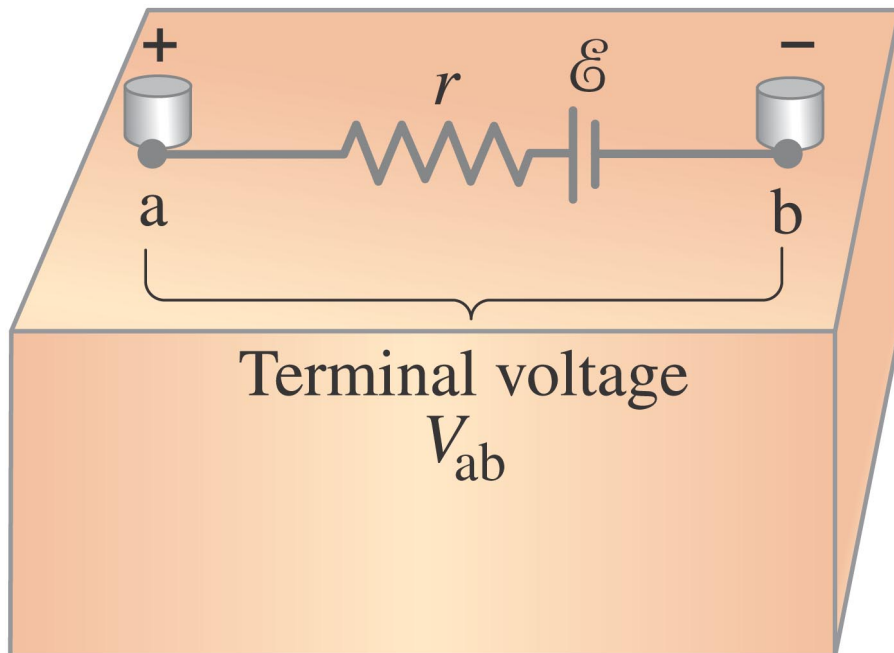
Painovoima -  
sähkökenttä



# Esimerkki 26-1 Jännitelähde: napajännite, lähdejännite ja sisäinen vastus

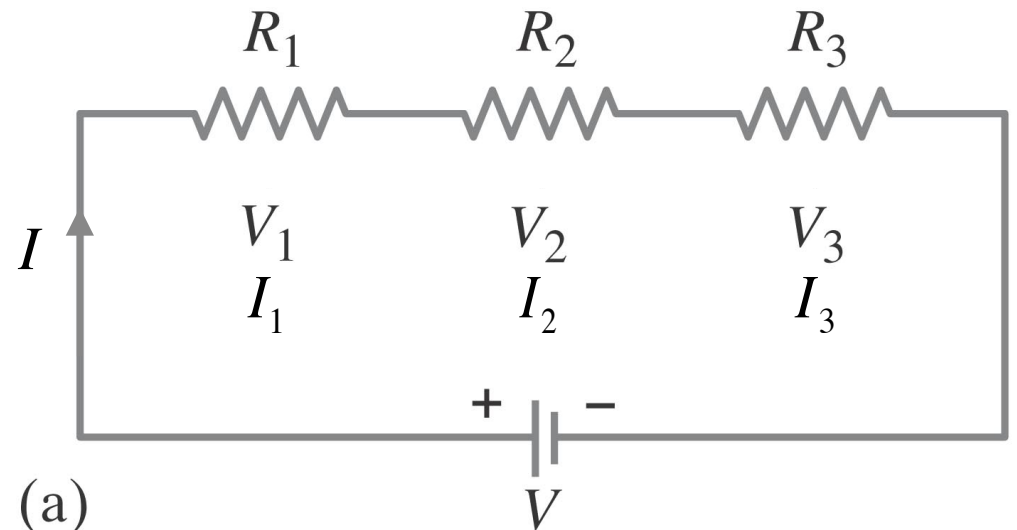
Akku, jonka sähkömotorinen voima on 12 V ja jonka sisäinen vastus on  $0,5 \Omega$ , kytetään  $65 \Omega$  vastukseen.

Määritä piirissä kulkeva virta ja akun napajännite. Määritä kuinka suuri teho kuluu ulkoisessa vastuksessa ja akun sisäisessä vastuksessa.



## 26.2 Vastusten kytkennät

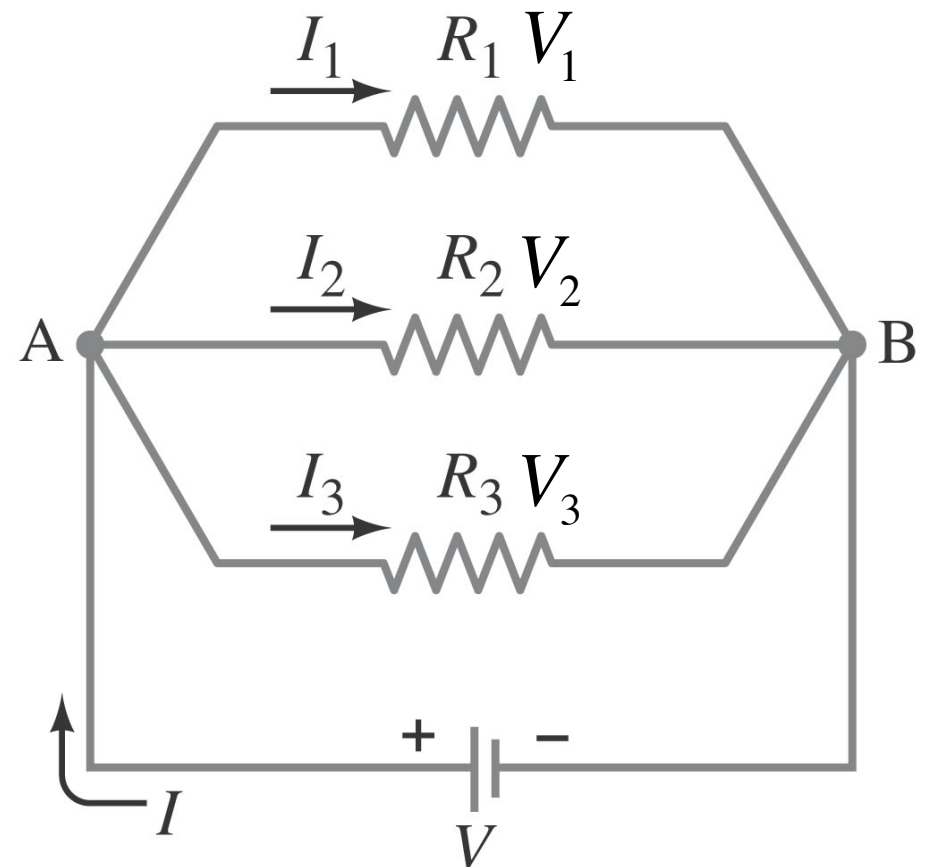
Kuinka suuri vastus saadaan kytkemällä kolme vastusta sarjaan?



(a)

## 26.2 Vastusten kytkennät

Kuinka suuri vastus saadaan kytkemällä kolme vastusta rinnan?

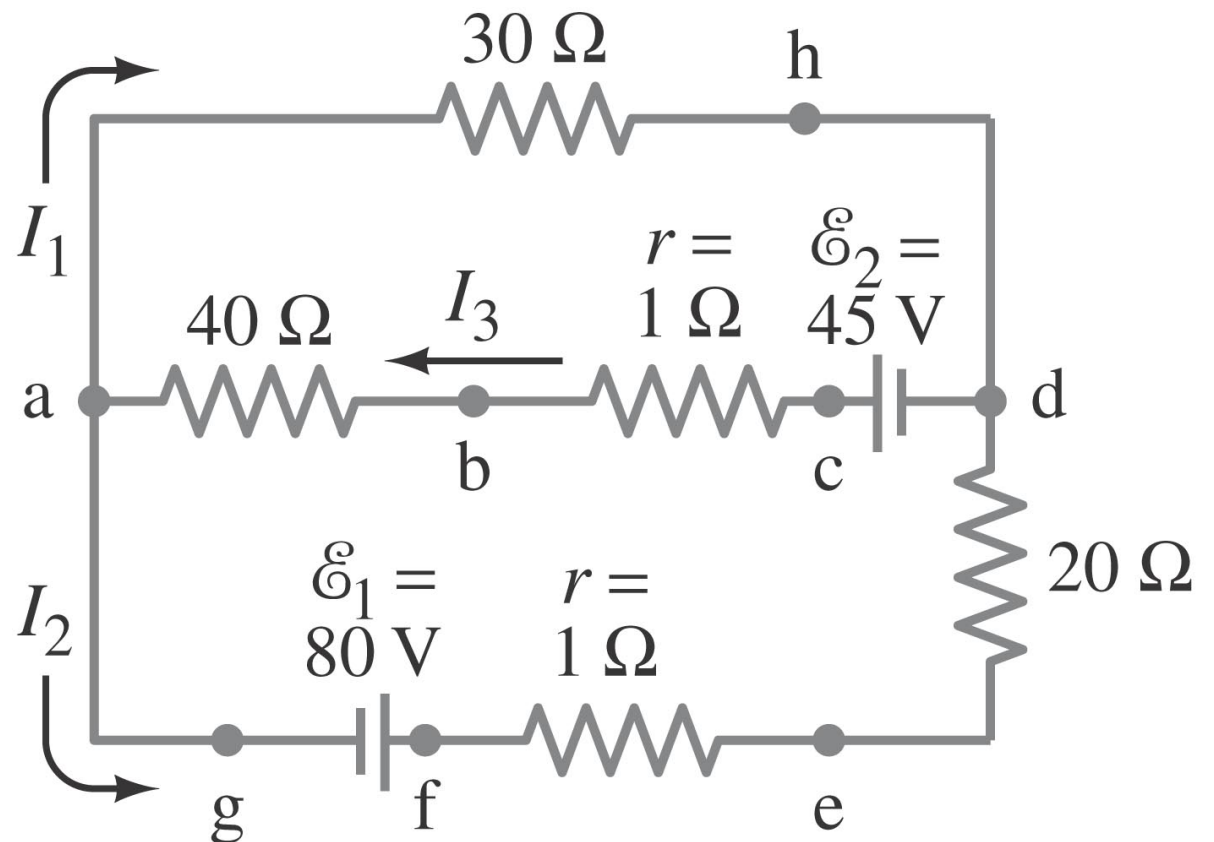


(a)

## 26-3 Kirchhoffin lait

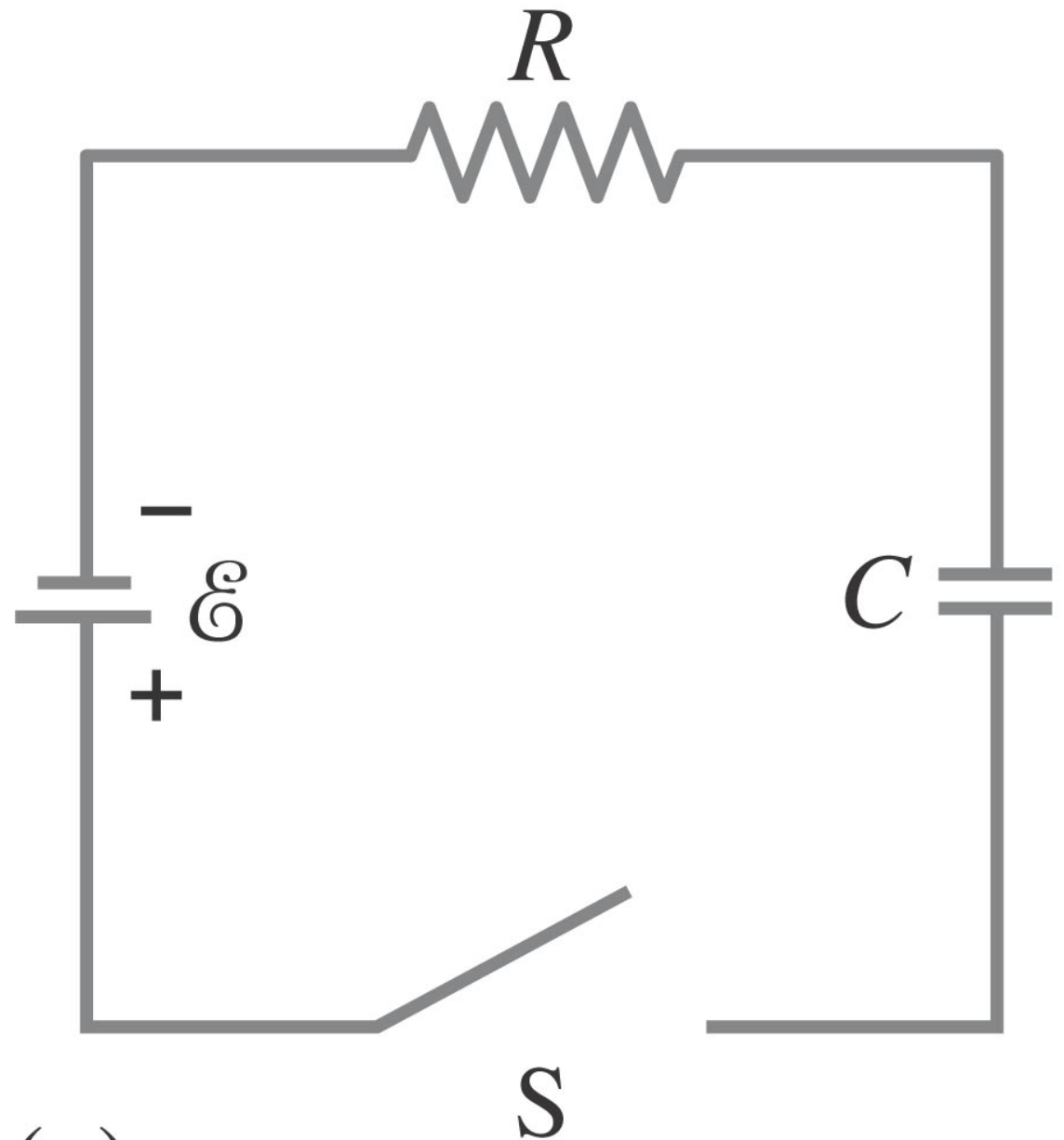
Varauksen säilymislaki => jokaisessa virtapiirin pisteessä pisteeseen tulevien ja pisteestä lähtevien virtojen summa on yhtä suuri.

Staattisen sähkökentän konservatiivisuus => virtapiirissä olevien potentiaalierojen summa kierrettäessä silmukka on nolla



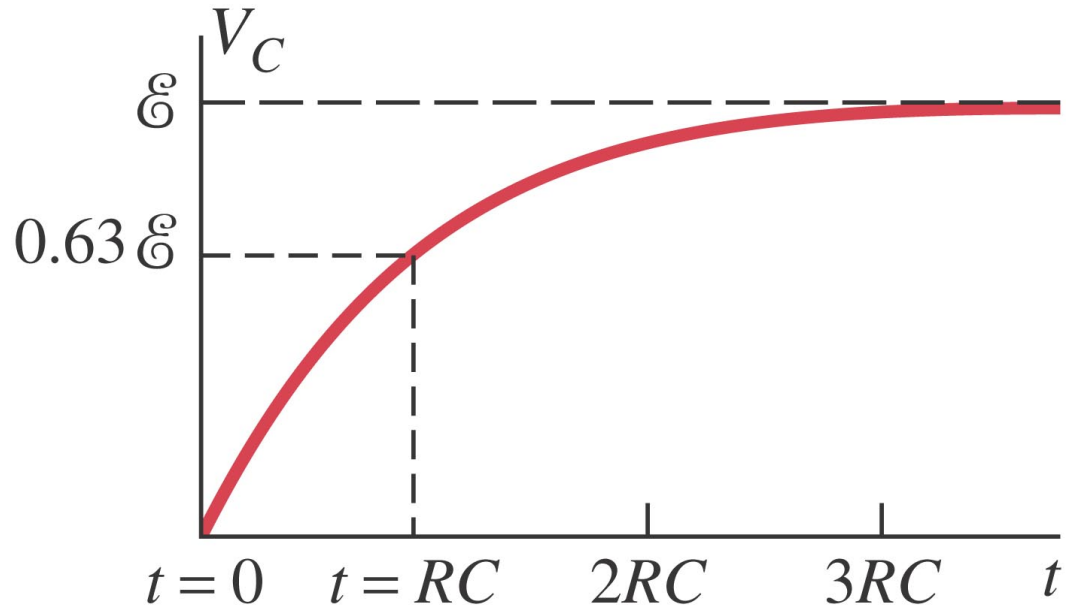


## 26-5 Kondensaattori piirissä



(a)

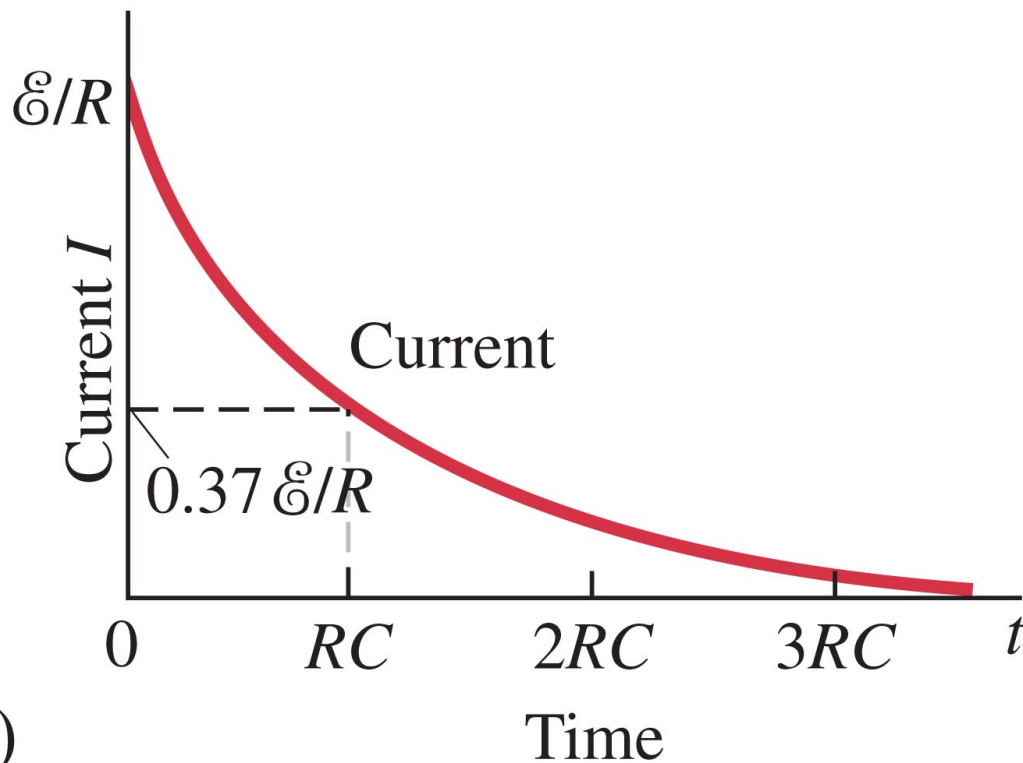
# Kondensaattorin lataaminen



$$V_C = \mathcal{E} \left( 1 - e^{-t/RC} \right)$$

$RC$  piirin aikavakio on

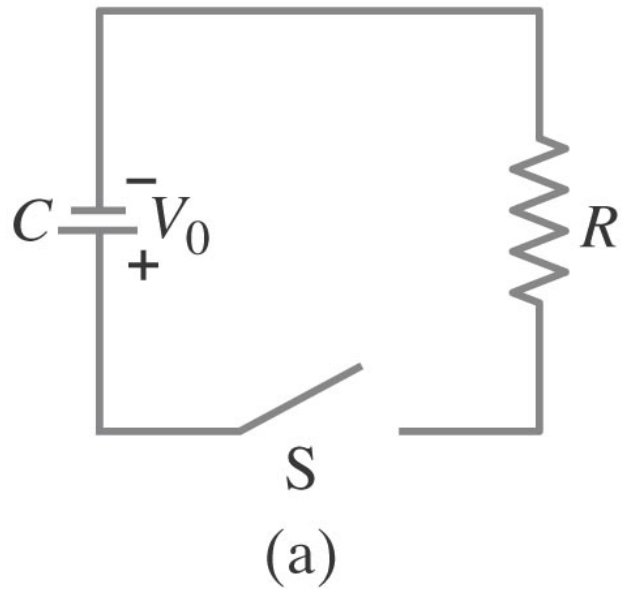
$$\tau = RC$$



$$I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} e^{-t/RC}$$

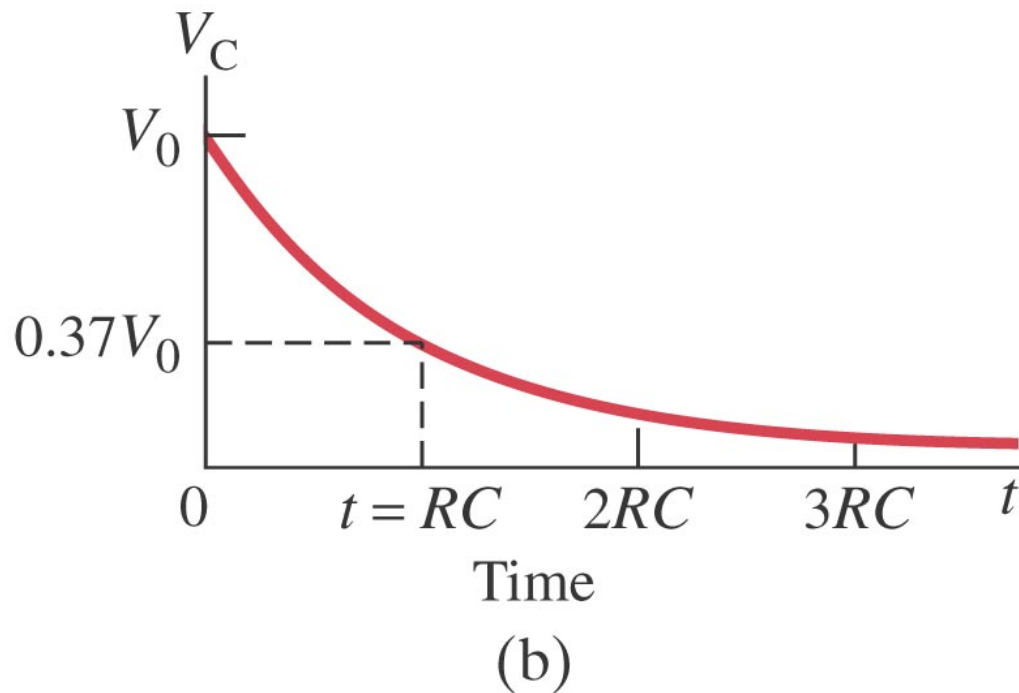
(c)

# Kondensaattorin purkaminen



$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{1}{RC}t}$$

$$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-t/RC}$$



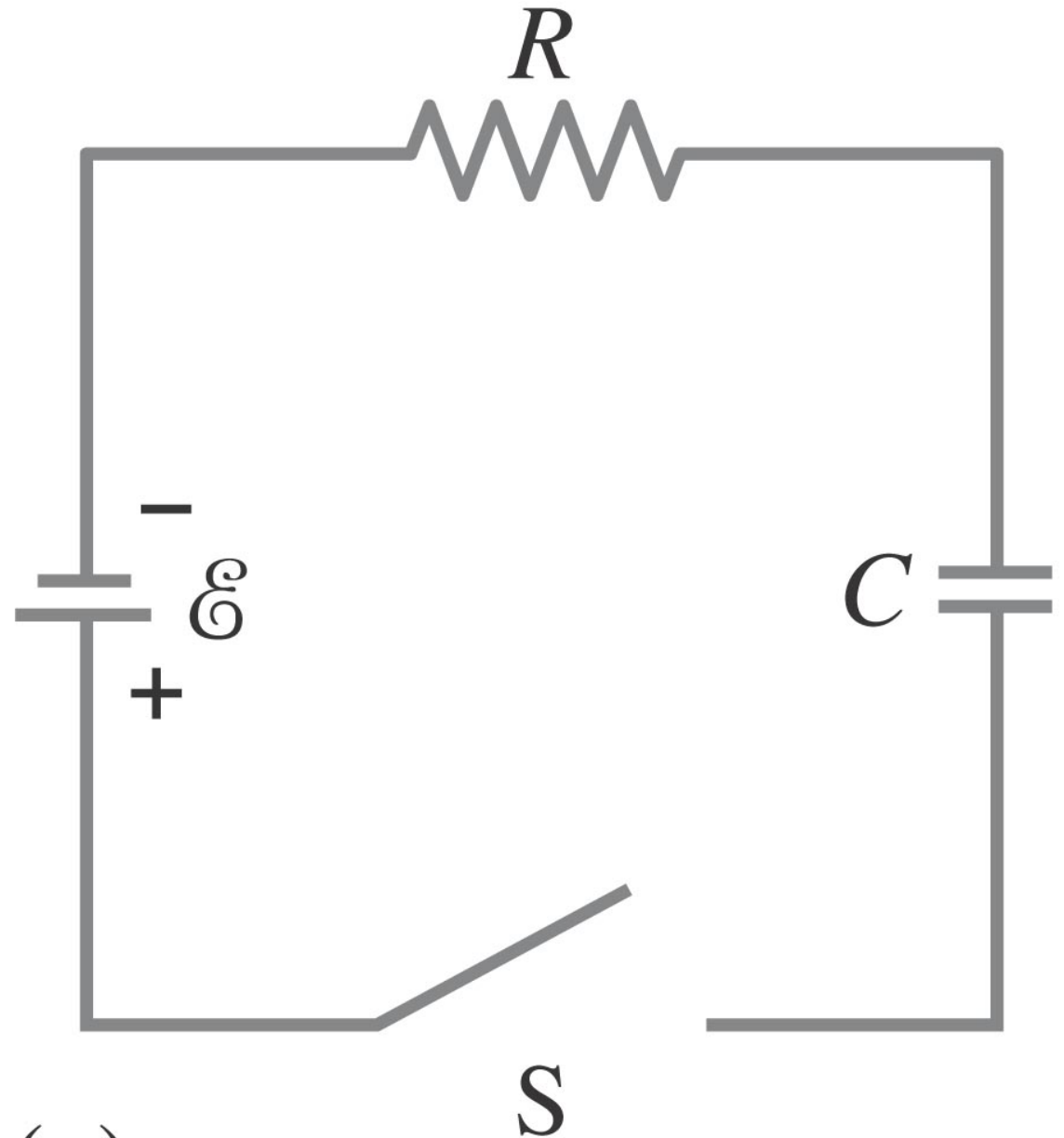
# Kondensaattori piirissä

Kolme aikaperspektiiviä

Hetkellinen ( $dt \ll RC$ )

Transientit ( $dt \approx RC$ )

Pitkä aika ( $dt \gg RC$ )



(a)

# Sähköturvallisuus

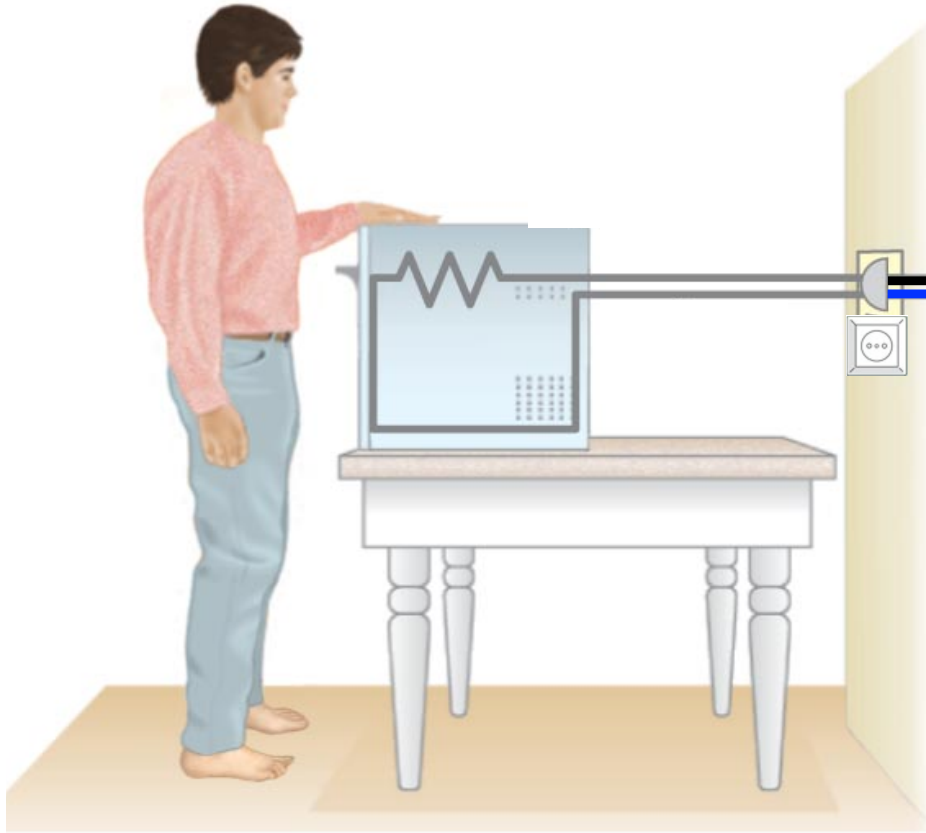
*Onko sähkö vaarallista?*

*Onko pistorasiassa virtaa?*

*Miksi kylvyssä ei saa kuivata hiuksiaan hiustenkuivaajalla, mutta akkukoneella saa ajaa parran?*



# Sähköturvallisuus



vaihejohtin

L

240 V

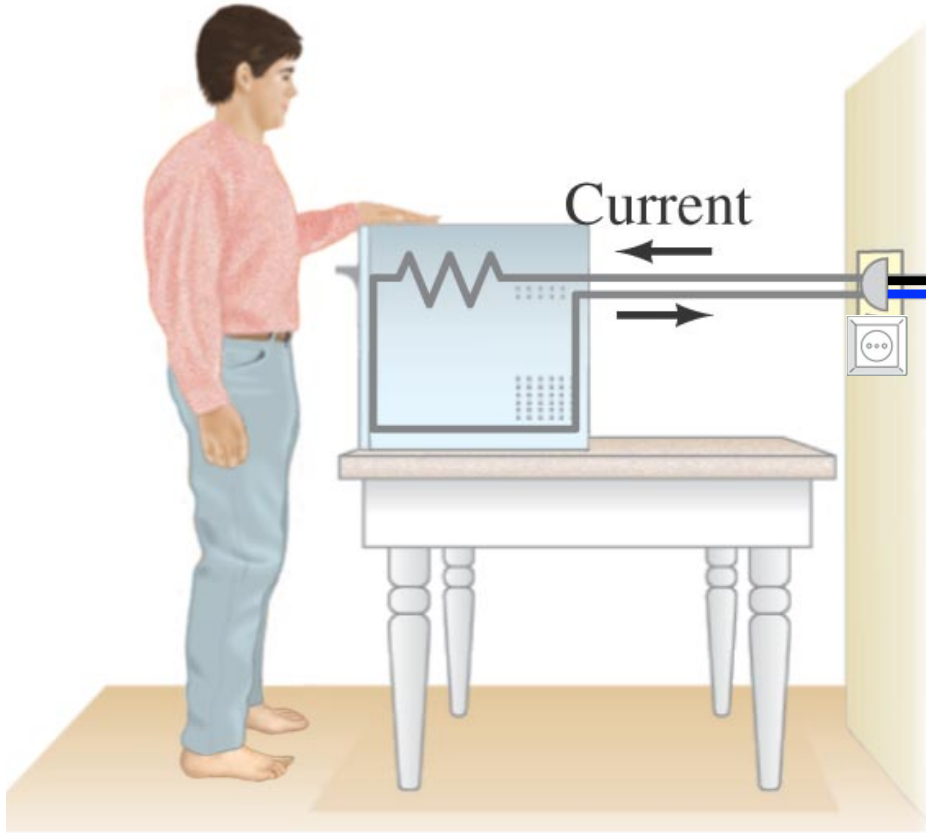
nollajohtin

N

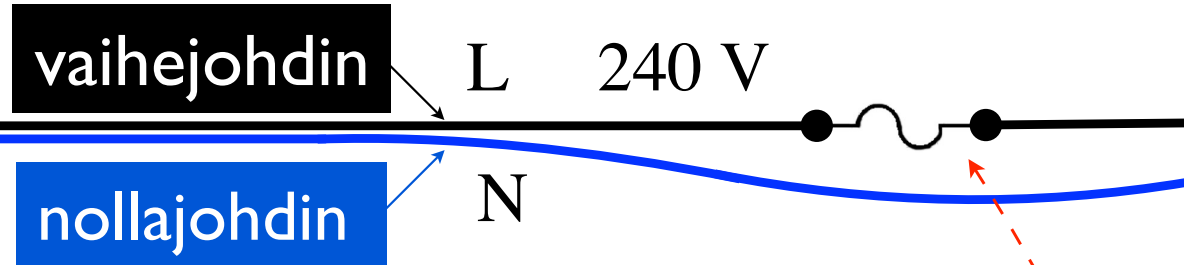
*Verkkosähkön kytkennöissä on aina vähintään vaihejohtin ja nollajohtin. Kahdella johtimella toteutetaan maadoittamattomat pistorasiat.*

(a)

# Sähköturvallisuus



(a)

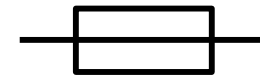
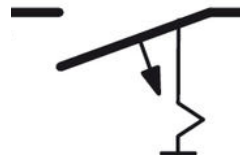


Verkkosähkön kytkennöissä on aina vähintään vaihejohtin ja nollajohtin. Kahdella johtimella toteutetaan maadoittamattomat pistorasiat.

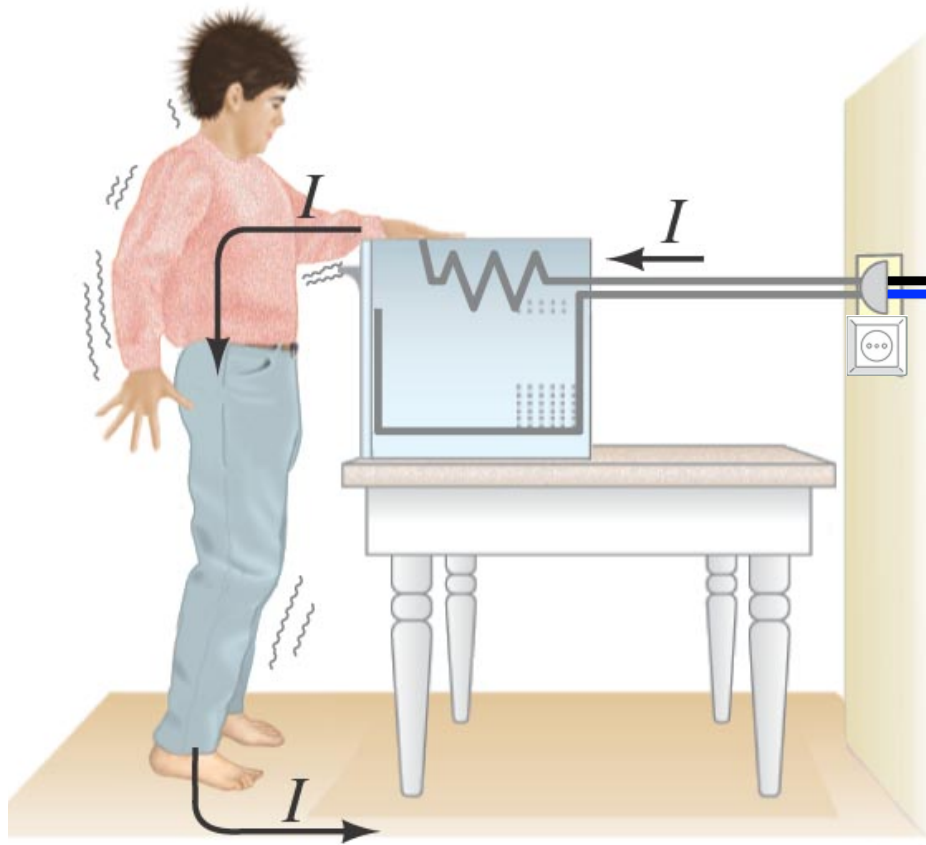


right © 2008 Pearson Education, Inc.

**Johtimet** suojataan johdonsuojakytkimillä tai sulakkeilla. Ne suojaavat rakennusta.



# Sähköturvallisuus



(b)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc.

*Moni sähkölaite toimii kyllä maadoittamattomassa pistorasiassa, mutta "vaiheen" vuotaminen voi aiheuttaa vaaratilanteen.*

*Johdonsuojakytkin tai sulake ei tässä auta.*

*Maadoittamattomassa pistorasiassa voidaan käyttää suojaeristettyä laitetta.*

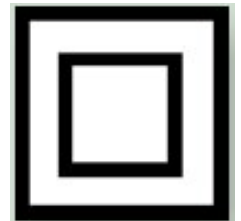
vaihejohtin

L

nollajohdin

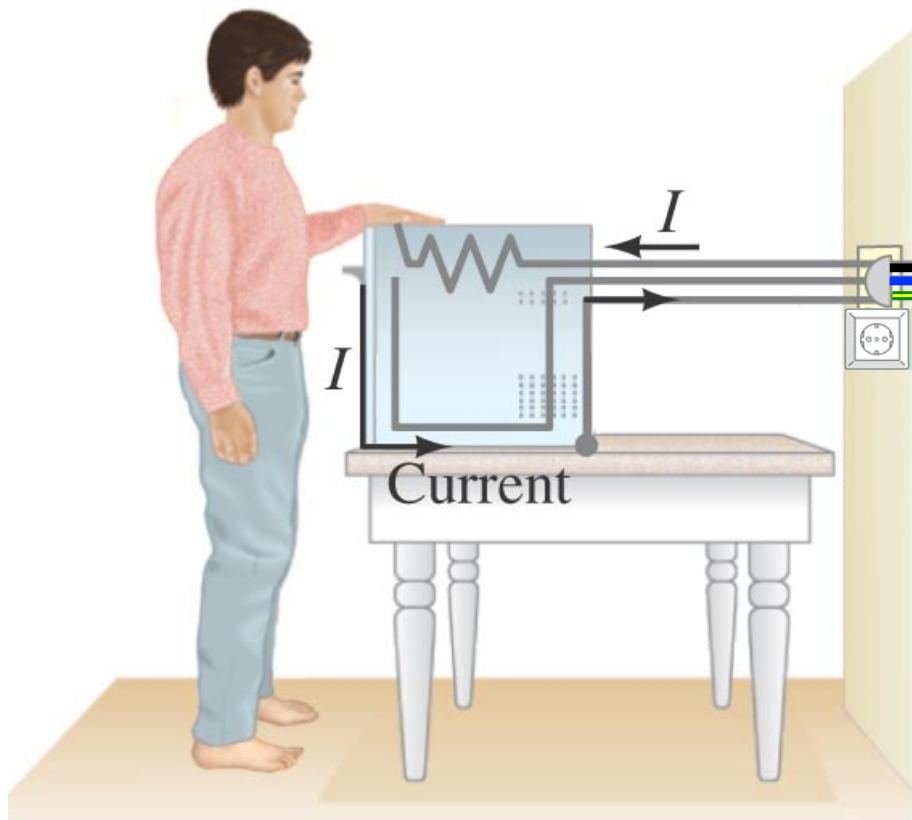
N

*Verkkosähkön kytkennöissä on aina vähintään vaihejohtin ja nollajohdin. Kahdella johtimella toteutetaan maadoittamattomat pistorasiat.*





# Sähköturvallisuus



(c)

pyright © 2008 Pearson Education, Inc.

vaihejohdin

nollajohdin

maajohdin

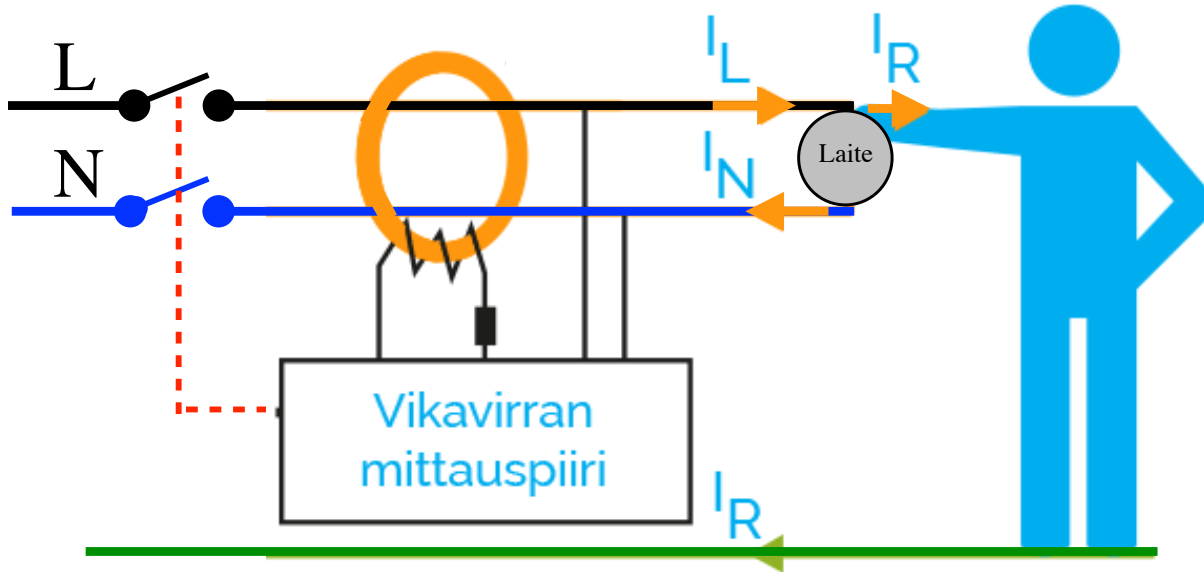


Suojamaadoitetun pistorasian kautta laitteen kuoreen tuodaan maapotentiaali. Maadotettu pistorasia edellyttää kolmea johdinta.

Jos vaihe pääsee laitteen kuoreen, virta kulkee maajohtimen kautta eikä käyttäjän kautta.

Vaaditaan ulkona ja kosteissa tiloissa.

# Sähköturvallisuus



$$I_L - I_N = I_R$$

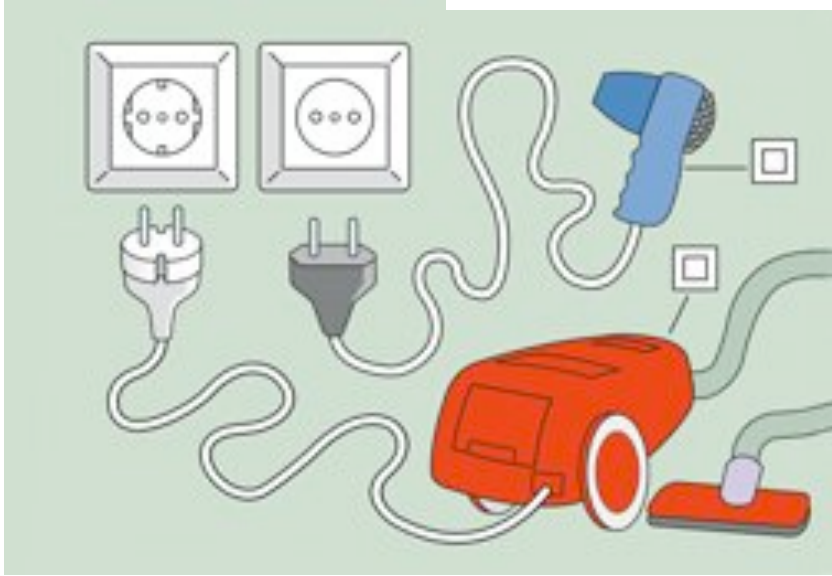
Uudemmissa asennuksissa on suojamaadoitettuun pistorasioihin liitetty vikavirtasuojakytkin, joka mittaa vaihejohtimessa ja nollajohtimessa kulkevien virtojen erotusta.

Jos ero on 10–30 mA, kytkin katkaisee sähkönsyötön.

Vikavirtasuojakytkin suojaa käyttäjää.

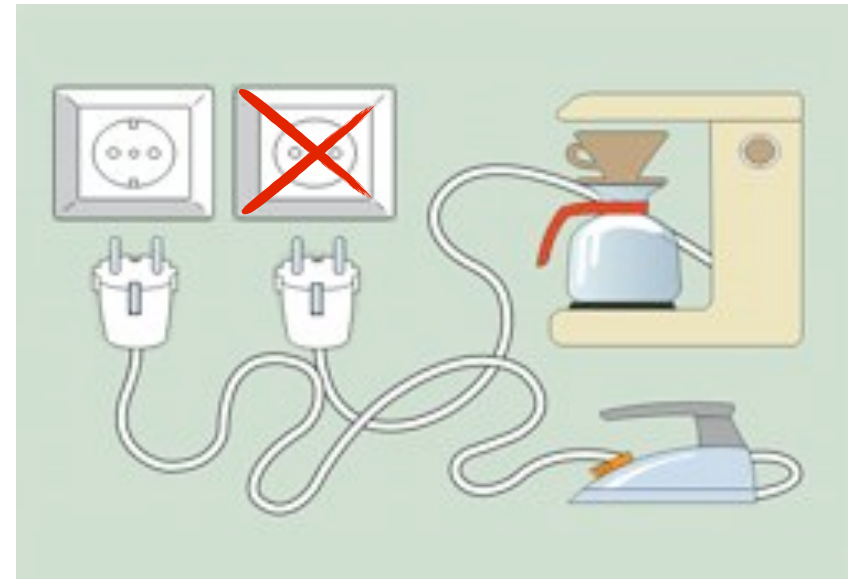


# Sähköturvallisuus



*Suojaeristettyjä* laitteita voidaan käyttää maadoittamattomissa tai suojamaadoitetuissa pistorasioissa.

*Suojamaadoitettuja* laitteita tulee käyttää vain suojamaadoitetuissa pistorasioissa



*Suojajännitteellisiä* laitteita voidaan käyttää maadoittamattomissa tai suojamaadoitetuissa pistorasioissa.

