

## KONDENSAATTORILLE

VARASTOITUNUT VARAUS = VAKIO · JÄNNITE  
KONDENSAATTORIN NAPOJEN VÄLILLÄ

$$\Rightarrow Q = CU$$

SÄHKÖVIRTA ON VARAUKSEN LIIKETTÄ,  
JOS POSITIIVISTA VARAUSTA KULKEE JOHTIMEN  
POIKKI PINNAN LÄPI  $1C$  AJASSA  $1s$ ,  
NIIN SÄHKÖVIRTA ON  $1A = 1$  AMPPEERI

$$\Rightarrow J = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{VIRTA} = \frac{\text{KULKENUT VARAUS}}{\text{AIKA}}$$

ESIM. KONDENSAATTORIN ( $C = 100 \text{ nF}$ ,  
 $U = 10 \text{ V}$ ) LATAUS PURKOUTUU

SALAMA VALOSSA AJASSA  $1 \text{ ms}$ ,  
LASKE a) KONDENSAATTORIN VARAUS  
b) KESKIMÄÄRÄINEN VIRTA

Reitti a)  $Q = CU = 100 \text{ nF} \cdot 10 \text{ V}$   
 $= 1000 \text{ nC} = \underline{1 \mu\text{C}}$

b)  $J_{\text{keski}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1 \mu\text{C}}{1 \text{ ms}}$   
 $= \frac{1 \mu\text{C}}{1000 \mu\text{s}} = 0,001 \text{ A} = \underline{1 \text{ mA}}$

TEHT. KONDENSAATTORIA LADAPPAAN  
VIRRALLA  $J = 30 \text{ mA}$  JA  
JÄNNITTEELLÄ  $U = 5 \text{ V}$ .

LATAAMINEN KESTÄÄ  $t = 22 \text{ s}$ , JONKA  
JÄLKEEN HUOMATAAN, ETTÄ KONDENSAATTORI  
ON TÄYNNÄ, KOSKA VIRTA MENEÄ NOLLAAN.

LASKE a) LATAAMISESSA SIIRTÄNYT VARAUS

b) KONDENSAATTORIN KAPASITANSSI

## NORMAALIPOTENTIAALEJA

Pelkistymisreaktio	Normaalipotentiaali $E^0/V$
$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	-3,05
$K^+ + e^- \rightarrow K$	-2,93
$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$	-2,87
$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2,71
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2,37
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Ca$	-1,66
$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$	-1,18
$2 H_2O + 2e^- \rightarrow 2 OH^- + H_2$	-0,83
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-0,76
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-0,74
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0,44
$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	-0,40
$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb + SO_4^{2-}$	-0,35
$Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$	-0,28
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0,25
$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-0,14
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0,13
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	-0,00
$Sn^{4+} + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}$	+0,15
$Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$	+0,15
$SO_4^{2-} + 4 H^+ + 2e^- \rightarrow H_2SO_3 + 2 H_2O$	+0,20
$AgCl + e^- \rightarrow Ag + Cl^-$	+0,22
$Hg_2Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Hg + 2Cl^- (kylil.KCl)$	+0,22
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	+0,34
$O_2 + 2 H_2O + 4e^- \rightarrow 4 OH^-$	+0,40
$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$	+0,52
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	+0,53
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	+0,77
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2 Hg$	+0,79
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+0,80
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2 H_2O$	+0,96
$AuCl_4^- + 3e^- \rightarrow Au + 4 Cl^-$	+1,00
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2 Br^-$	+1,07
$O_2 + 4 H^+ + 4e^- \rightarrow 2 H_2O$	+1,23
$MnO_2 + 4 H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2 H_2O$	+1,23
$Cr_2O_7^{2-} + 14 H^+ + 6e^- \rightarrow 7 Cr^{3+} + 7 H_2O$	+1,23
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2 Cl^-$	+1,36
$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Pb^{2+} + 2 H_2O$	+1,46
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	+1,50
$MnO_4 + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4 H_2O$	+1,52
$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2 H_2O$	+1,68
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2 H_2O$	+1,52
$Co^{3+} + e^- \rightarrow Co^{2+}$	+1,82
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2 SO_4^{2-}$	+2,01
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2 F^-$	+2,87

Normaalipotentiaaliarvot mitattu +25 °C:ssa normaalivetyelektrodiin NHE nähden.

**HAAAA!**

Hapettimen vahvuus kasvaa

Pelkistimen vahvuus kasvaa

## AKKU

### PURKAMINEN:

SPONTAANI  
KEMIALLINEN  
REAKTIO  
( $E^0 > 0$ )

→ SÄHKÖVIRTAA

### LATAAMINEN:

SÄHKÖVIRTAA →

PAKOTETTU  
KEMIALLINEN  
REAKTIO  
( $E^0 < 0$ )

TÄSSÄ  $E^0$  ON REAKTION  
NORMAALI POTENTIAALI

### ESIM. Cu - Zn - AKKU



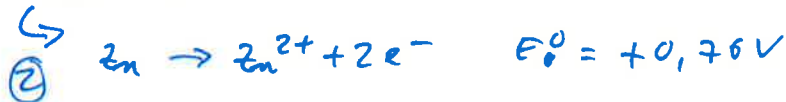
MUUTTUU  
METALLIKSI

↑ HAPETUU  
" TULEE JOITAIN  
 $\text{Zn}^{2+}$  IONEJA  
JA

" PELKISTYY IONI-TÖHMÄSTÄ: MOSKIA"  
KUNNON METALLIKSI "

PALJONKO SAA DAAN a) JÄNNITETÄ?  
JA b) VIRTAA ?

### RATK a)



$\textcircled{1} + \textcircled{2}$



$$U = +0,34 \text{ V} + 0,76 \text{ V}$$

$$U = \underline{1,1 \text{ V}} \quad \text{TUOTTA 1 VOLTIN JÄNNITTEÄ.}$$

b)

JOS AKUSSA ON

$$1 \text{ mol Cu} \rightarrow 63,546 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol Zn} \rightarrow 65,39 \text{ g}$$

NIIN SAADAAN

2 mol ELEKTRONEJA  $e^-$

→ VARAUS

$$Q = NAe$$
$$= 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$= \boxed{96484 \text{ A}}$$

FARA DAYN  
VAKIO

$$= 96484 \text{ A} \cdot \frac{1000 \text{ mA}}{1 \text{ A}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$= 26801 \text{ mAh}$$

$$\rightarrow Q = 2 \cdot 26801 = \underline{53602 \text{ mAh}}$$

$$\boxed{1 \text{ MOOLI} = 96484 \text{ A} = 26801 \text{ mAh}}$$



OHMIN LAKI:

VAKIO LÄMPÖTILASSA METALLIJOHTESSA  
KULKEVA VIRTA ON SUORAAN  
VERRANNOLLINEN JÄNNITTEESEEN.

SIIS JÄNNITE = VAKIO · VIRTA

$$\Rightarrow U = R_m(T) J$$

M  $\Rightarrow$  METALLIJOHDIN

$R_m(T)$  RIIPPUU LÄMPÖTILASTA T, MUTTA  
T VAKIO  $\Rightarrow R_m(T)$  VAKIO

OHMIN LAKI SEKOITETAAN USEIN  
PELKKÄÄN KAAVAAN  $U = RJ$ .

TEHTÄVÄ YMPYRÖI OIKEA VAIHTOEHTO

a OHMIN LAKI ON  $U = RJ$

b OHMIN LAKI ON:  
VAKIO LÄMPÖISISSÄ METALLI-  
JOHTESSA JÄNNITE ON  
SUORAAN VERRANNOLLINEN  
VIRTAAN

TEHTÄVÄ SAUNAN KIUAS LÄMPENEE.  
RAUTAINEN VASTUS (KERAMISEN KUOREN  
SISÄLLÄ) ON ALUKSI LÄMPÖTILASSA  
20°C. TÄLLÖIN VASTUKSEN LÄPI  
KULKEE ~~VA~~  $J_1 = 13$  A VIRTA  
JÄNNITTEEN OLEISSA  $U = 230$  V.

KUN KIUAS ON LÄMMENNYT, RAUTAINEN  
VASTUS ON PUNAHEIKKINEN JA  
LÄMPÖTILALTAAN 700°C, JÄNNITE ON  
EDELLEEN  $U_0 = 230$  V, MUTTA VIRTA ON  
NYT VAIN  $J_2 = 9,3$  A.

SAA OAAV SUHDELUVUT

$$R_1 = \frac{U}{J_1} = \frac{230 \text{ V}}{13 \text{ A}} = 17,7 \Omega$$

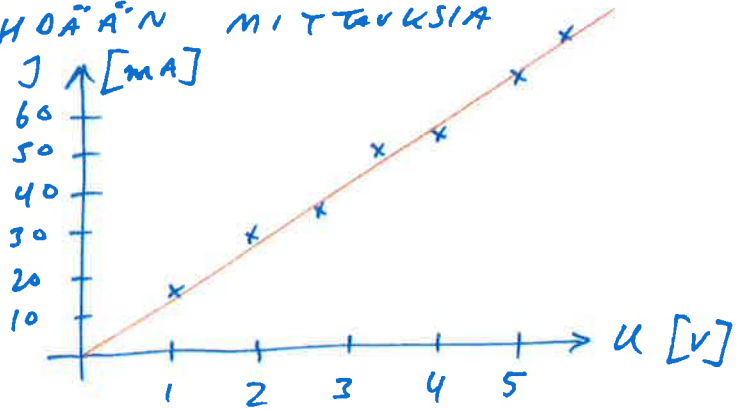
$$R_2 = \frac{U}{J_2} = \frac{230 \text{ V}}{9,3 \text{ A}} = 24,7 \Omega.$$

KYSYMYS: OSOITTAAKO YLLÄ OLEVA  
ESIMERKKITILANNE, ETTÄ  
OHMIN LAKI EI OLE TOTA?

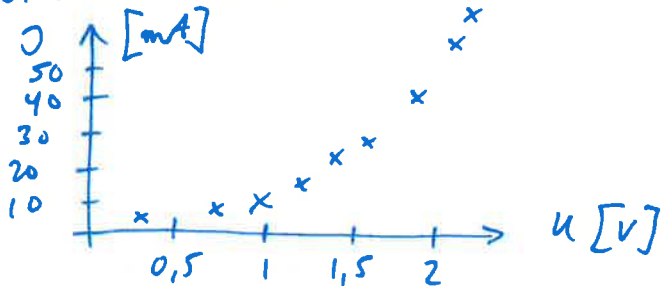
a KYLLÄ

b EI

RAUTAISELLE VASTUKSELLE  
TEHOÄÄN MITTAKSIA



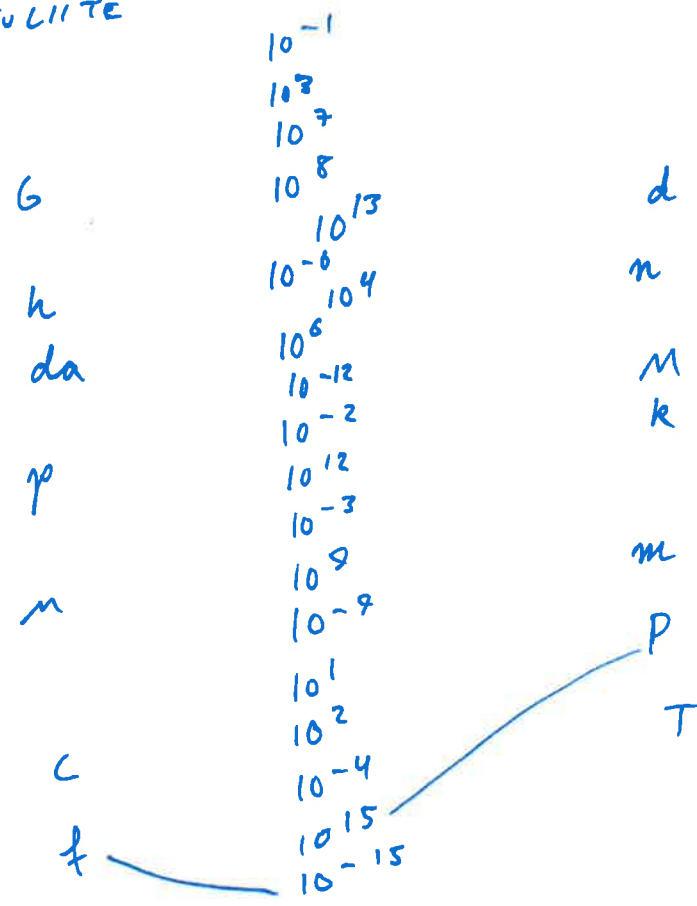
MITATUT ARVOT ASETTUVA T SUORALLE  
HIILI VASTUKSELLE TEHOÄÄN MITTAKSIA



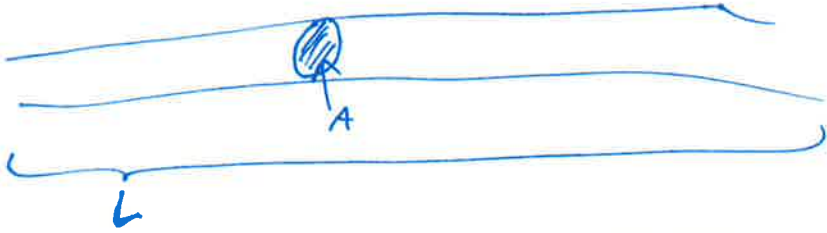
KYSYMYS: OSOITTAAKO HIILIVASTUS, ETÄ  
OHMIN LAKI EI OLE TOTA

- a KYLLÄ'
- b EI

YHOISTÄ KYMMENPOTENSSI JA  
ETULIITE



# METALLIJOHTIMEN



RESISTANSSI SAADAN LASKETTUA  
KAAVALLA [TÄSSÄ  $T = 20^{\circ}\text{C}$ ]

$$R_0 = \rho_R \frac{L}{A}$$

OMINAIS RESISTANSSI

KUN LÄMPÖTILA KASVAA, RESISTANSSI  
KASVAA [YLEENSÄ SIIS NÄIN, ELI  $\alpha_R > 0$ ]

$$R(T) = R_0 (1 + \alpha_R T)$$

RESISTANSSIN LÄMPÖTILA  
LÄMPÖTILA  
KERROIN

## Metallien resistiivisyyksiä ja resistiivisuuden lämpötilakertoimia

	resistiivisyys [Ohm *m]	res. lämpötilakerroin [1/°C]
Aluminium	$2.8 \times 10^{-8}$	$43 \times 10^{-4}$
Antimony	$3.9 \times 10^{-7}$	$40 \times 10^{-4}$
Bismuth	$1.3 \times 10^{-6}$	$42 \times 10^{-4}$
Brass	$\sim 0.6 - 0.9 \times 10^{-7}$	$\sim 10 \times 10^{-4}$
Cadmium	$6 \times 10^{-8}$	$40 \times 10^{-4}$
Cobalt	$5.6 \times 10^{-8}$	$7 \times 10^{-5}$
Copper	$1.7 \times 10^{-8}$	$40 \times 10^{-4}$
Gold	$2.4 \times 10^{-8}$	$34 \times 10^{-4}$
Carbon (Graphite)	$1 \times 10^{-5}$	$-5.6 \times 10^{-4}$
Germanium	$4.6 \times 10^{-1}$	$-4.8 \times 10^{-2}$
Iron	$1.0 \times 10^{-7}$	$56 \times 10^{-4}$
Lead	$1.9 \times 10^{-7}$	$39 \times 10^{-4}$
Manganin	$4.2 \times 10^{-7}$	$\sim 2 \times 10^{-5}$
Nichrome	$1.1 \times 10^{-6}$	$1.7 \times 10^{-4}$
Nickel	$7 \times 10^{-8}$	$59 \times 10^{-4}$
Platinum	$0.98 \times 10^{-7}$	$38 \times 10^{-4}$
Silicon	$6.4 \times 10^2$	$-7.5 \times 10^{-24}$
Silver	$1.6 \times 10^{-8}$	$40 \times 10^{-4}$
Tantalum	$1.3 \times 10^{-7}$	$33 \times 10^{-4}$
Tin	$1.1 \times 10^{-7}$	$45 \times 10^{-4}$
Tungsten	$4.9 \times 10^{-8}$	$45 \times 10^{-4}$
Zinc	$5.5 \times 10^{-8}$	$36 \times 10^{-4}$



ESIM. KUPARIJOHTIMEN POIKKIPINTA-ALUE  
ON  $A = 2,5 \text{ mm}^2$  JA PITUUS  
 $L = 10 \text{ m}$ , LASKE JOHTIMEN RESISTANSSI

- a) KVN  $T = 20^\circ\text{C}$
- b) KVN  $T = 100^\circ\text{C}$

RATK. a) KUPARILLE  $\rho_R(\text{Cu}) = 17,2 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$ ,  
SIIS

$$R(20^\circ\text{C}) = \rho_R(\text{Cu}) \frac{L}{A} = 17,2 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{10 \text{ m}}{(2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}$$

$$= 17,2 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{10}{2,5 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 68,8 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$= \underline{\underline{68,8 \text{ m}\Omega}}$$

b) KUPARILLE  $\alpha_R(\text{Cu}) = 3,9 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ . SIIS

$$R(100^\circ\text{C}) = R(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + 3,9 \cdot 10^{-3} \cdot 80)$$

$$= R(20^\circ\text{C}) \cdot (1 + 0,312)$$

$$= 68,8 \text{ m}\Omega \cdot 1,312$$

$$= 90,2656 \text{ m}\Omega$$

$$\approx \underline{\underline{90,2 \text{ m}\Omega}}$$

TEHT.  $\rho_R(\text{ALUMIINI}) = 27,2 \cdot 10^{-9} \Omega \text{ m}$   
 $\alpha_R(\text{ALUMIINI}) = 4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

LASKE ALUMIINISEN JOHTIMEN  
( $L = 20 \text{ m}$ ,  $A = 5 \text{ mm}^2$ )

a)  $R(20^\circ\text{C})$

b)  $R(500^\circ\text{C})$  [TULIPAUTUKUNNE]

TEHT.  $\rho_R(\text{INVAR-TERÄS}) = 100 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$   
 $\alpha_R(\text{INVAR-TERÄS}) = 210 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

LASKE INVAR-JOHTIMELLE

( $L = 5 \text{ m}$ ,  $A = 100 \text{ mm}^2$ ) JAPANILAISISSA  
SAUNAN KIUKAASSA

- $R(20^\circ\text{C})$
- $R(700^\circ\text{C})$  [SAUNOMISTILANNE]

TEHT.  $\rho_R(\text{HOPEA}) = 15,8 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$   
 $\alpha_R(\text{HOPEA}) = 4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

SVEITSILÄINEN POHATTA ON TILANNUT  
HOPEALANGASTA VALMISTETUN KÄÄMIN  
KÄÄMISÄÄ ON 1 m PITUISEN, 2 cm  
VALKAISIJALTAAN OLEVAN PUTKEN YMPÄRILLE  
KÄÄRITYY 1000 KIERROSTA HOPEALANKA,  
JONKA PAKSUUS ON 1 mm.

LASKE

- JOHTIMEN PITUUS  $L$
- JOHTIMEN POIKKIPIINTALA  $A$
- JOHTIMEN  $R(20^\circ\text{C})$
- JOHTIMEN  $R(50^\circ\text{C})$  [AURINGON PAIS-  
TESSÄ]

JOS KAKSI VASTUSTA ON SARJASSA,  
NIIN  $R_{KOK} = R_1 + R_2$



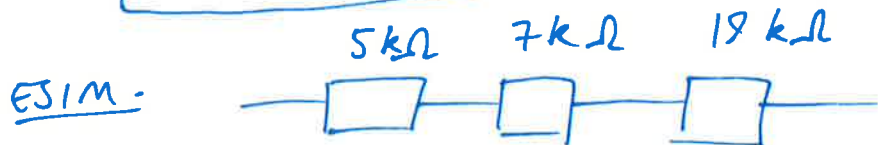
VOIDAAN AJATELLA ↓

$$R_1 = \rho R \frac{L_1}{A} \quad \& \quad R_2 = \rho R \frac{L_2}{A}$$

$$\rightarrow R_{KOK} = \rho R \frac{L_1 + L_2}{A}$$

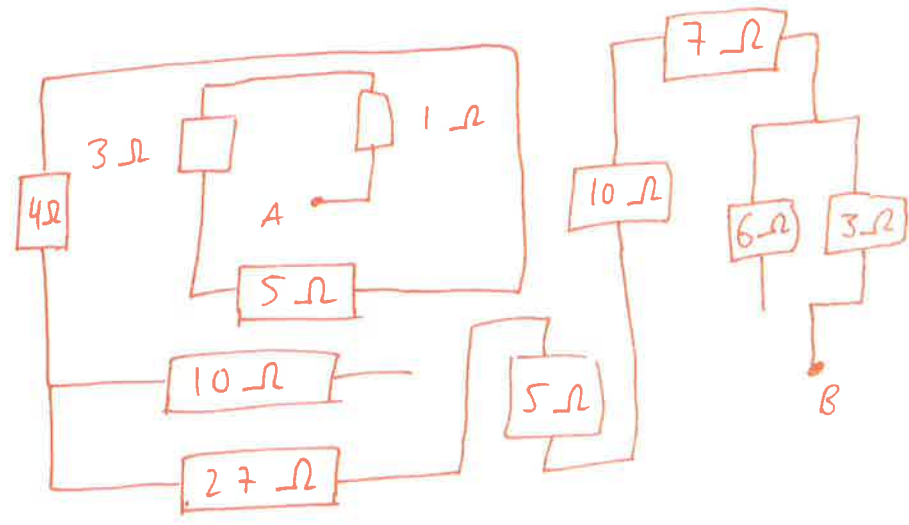
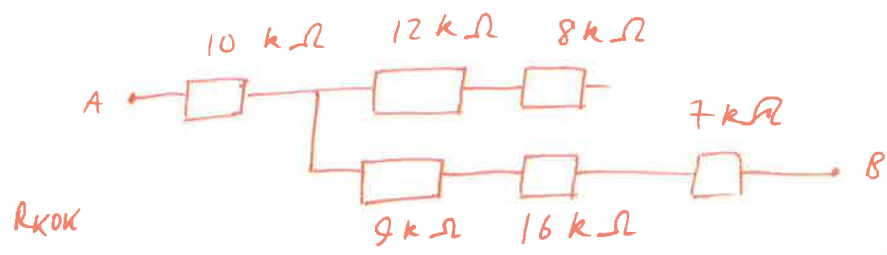
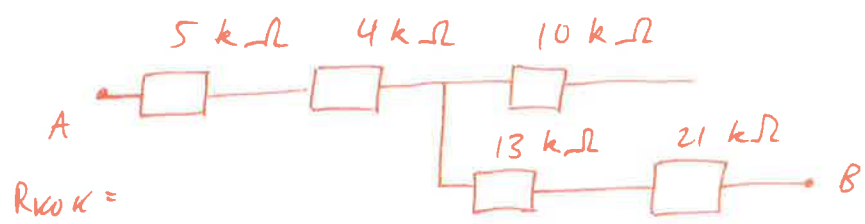
$$= \rho R \frac{L_1}{A} + \rho R \frac{L_2}{A} = R_1 + R_2$$

$$\Rightarrow \boxed{R_{KOK} = R_1 + R_2}$$



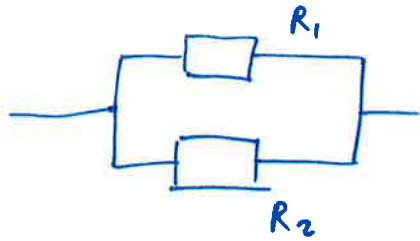
$$R_{KOK} = 5 + 7 + 19 = \underline{\underline{31 \text{ k}\Omega}}$$

LASKE  $R_{KOK}$   
(TERMINAALIEN  
A JA B VÄLILLÄ)  
 $R_{KOK} =$





# VASTU KSET RINNAN



VOIDAAN AJA TELU

$$R_1 = \rho R \frac{L}{A_1}$$

$$R_2 = \rho R \frac{L}{A_2}$$

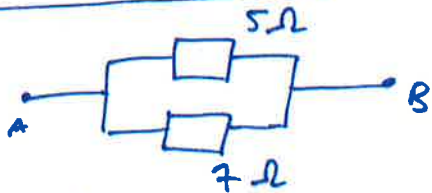
$$R_{\text{kok}} = \rho R \frac{L}{A_1 + A_2}$$

$$\frac{1}{R_{\text{kok}}} = \frac{1}{\rho R} \frac{A_1 + A_2}{L}$$

$$= \frac{1}{\rho R} \frac{A_1}{L} + \frac{1}{\rho R} \frac{A_2}{L} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\boxed{\frac{1}{R_{\text{kok}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

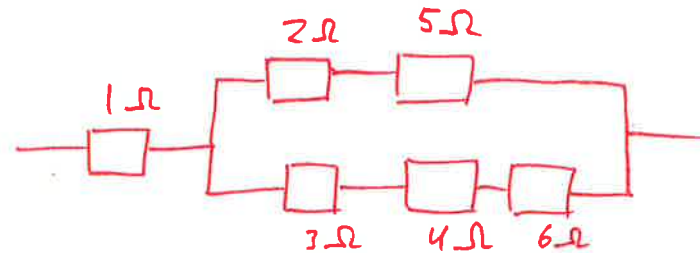
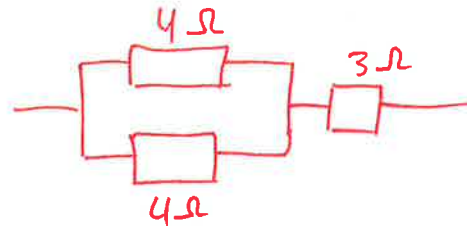
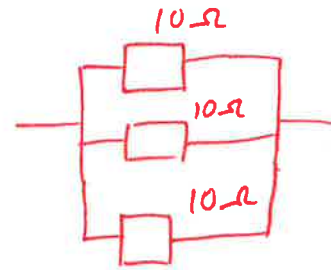
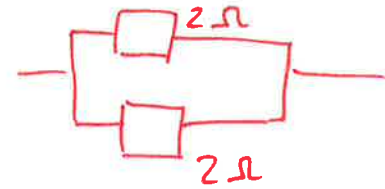
ESIM,



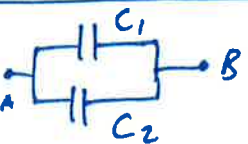
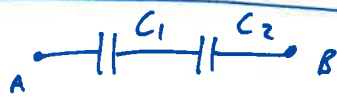
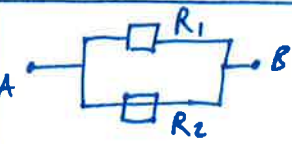

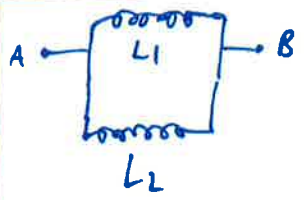

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{7} = 0,3428 \frac{1}{\Omega}$$

$$R_{AB} = \frac{1}{0,3428} = \underline{\underline{2,917 \Omega}}$$

# LASKE R KOK



KERTUSTA

	RINNAN	SARJASSA
KONDENSAATTORI	 $C_{AB} = C_1 + C_2$ <p>HELPPO!</p>	 $\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
VASTUS	 $\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	 $R_{AB} = R_1 + R_2$ <p>HELPPO!</p>
KÄÄMIN INDUKTANSSI	 $\frac{1}{L_{AB}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$	 $L_{AB} = L_1 + L_2$

- SiiS L & R LASKETAISIIN SAMALLA TAVALLA
- C & R "ERI PÄIN"

USEIN VASTUSLASKUNNASSA

KÄY TETÄIN ~~...~~

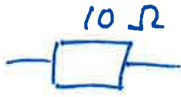
RESISTANSSIN R SIIVAN

KONDUKTANSSIA  $G = \frac{1}{R}$

$[R] = \Omega = \text{"OHMI"}$


$[G] = \left[\frac{1}{R}\right] = \frac{1}{\Omega} = S = \text{"SIEMENS"}$

ESIM.



$R = 10 \Omega$

$G = \frac{1}{10 \Omega} = 0,1 \frac{1}{\Omega} = \underline{\underline{0,1 S}}$



$R = 50 k\Omega$

$G = \frac{1}{50 k\Omega} = 0,02 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\Omega}$   
 $= \underline{\underline{0,02 mS}}$

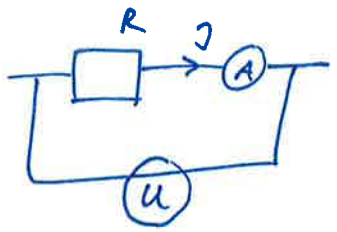
LASKE KONDUKTANSSIT

$R = 20 \Omega \quad G = \frac{1}{R} =$

$R = 1 k\Omega \quad G = \frac{1}{R} =$

$R = 4 M\Omega \quad G = \frac{1}{R} =$

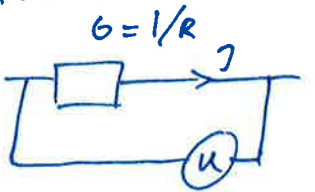
VIRRAN JA JÄNNITTEEN VÄLINEN YHTEYS



$$U = RI \rightarrow I = \frac{U}{R}$$

$$\rightarrow R = \frac{U}{I}$$

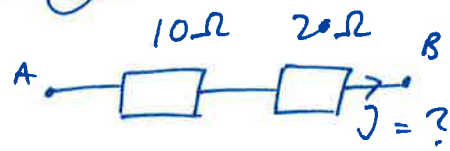
KONDUKTIANSSIN AVULLA



$$U = RI = \frac{I}{G} \rightarrow I = GU$$

$$\rightarrow G = \frac{I}{U}$$

ESIM.



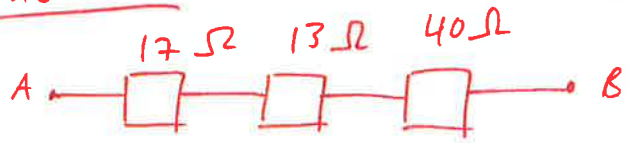
$U_{AB} = 50\text{ V}$

$R_{AB} = 10 + 20 = 30\ \Omega$

$U = RI \rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{50\text{ V}}{30\ \Omega} = \underline{\underline{1,67\text{ A}}}$

LASKE  $R_{AB}$  JA  $I$

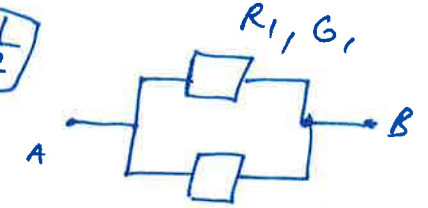
$U_{AB} = 210\text{ V}$



KAAVOVA  $G = \frac{1}{R}$



$R_{AB} = R_1 + R_2$



$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

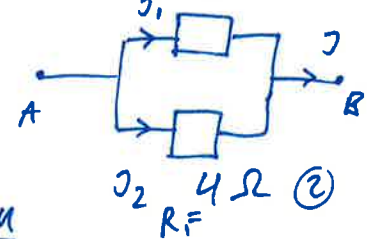
$G_{AB} = G_1 + G_2$

$\left[ \frac{1}{G_{AB}} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} \right]$

EI EHKÄ KANNATA

Käytetään  $R_2 = 3\ \Omega$  ①

ESIM.



$U = RI$

$\rightarrow I = \frac{U}{R}$

~~KAUVA~~

$I_1 = \frac{20\text{ V}}{3\ \Omega} = 6,66\text{ A}$

+  $I_2 = \frac{20}{4\ \Omega} = 5\text{ A}$

$I = I_1 + I_2 = \underline{\underline{11,66\text{ A}}}$

JOSKAS TÄINEN ON KÄYTEVÄMPI

$U_{AB} = 20\text{ V}$

## II TAPA LASKEA J

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} =$$
$$= 0,333 + 0,25 = 0,583$$

$$\rightarrow G_{AB} = \frac{1}{R_{AB}} = 0,583 \frac{1}{\Omega}$$

$$U = R \cdot J \rightarrow J = \frac{U}{R} = U \cdot G$$

$$J = 20 \text{ V} \cdot 0,583 \frac{1}{\Omega}$$
$$= \underline{\underline{11,66 \text{ A}}}$$