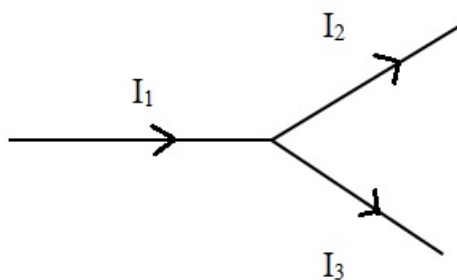


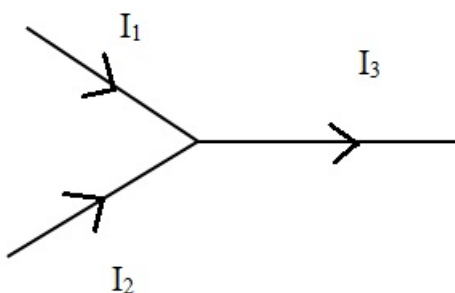
## 12. kafli - Rafrásir

### 12.1 Fyrsta lögmál Kirchoffs

Þegar rafrás greinist þá greinist straumurinn líka rétt eins og þegar vatn flæðir um vatnspípu sem greinist. Þegar greinar í rafrás sameinast þá sameinast straumurinn einnig.



Mynd 1: Straumur sem greinist,  $I_1 = I_2 + I_3$



Mynd 2: Straumar sem sameinast,  $I_1 + I_2 = I_3$

Lögmál Kirchoff's segir að summa allra strauma sem koma inn að greinipunkti er 0 ef reiknað er með formerki, straumur sem kemur inn í punktinn hefur þá

jákvætt formerki en straumur sem fer frá punktinum hefur neikvætt formerki:

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0. \quad (12.1)$$

## 12.2 Samtenging viðnáma

Hægt er að tengja tvö viðnám í rafrás á tvenna vegu. Annars vegar með því að raðtengja þau og hins vegar með því að hliðtengja þau.

Þegar tvö viðnám  $R_1$  og  $R_2$  eru raðtengd þá mynda þau heildarviðnámið

$$R = R_1 + R_2. \quad (12.2)$$

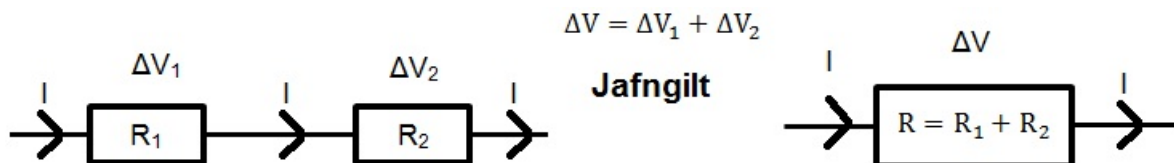
Þegar tvö viðnám  $R_1$  og  $R_2$  eru hliðtengd þá mynda þau heildarviðnámið  $R$  þar sem

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (12.3)$$

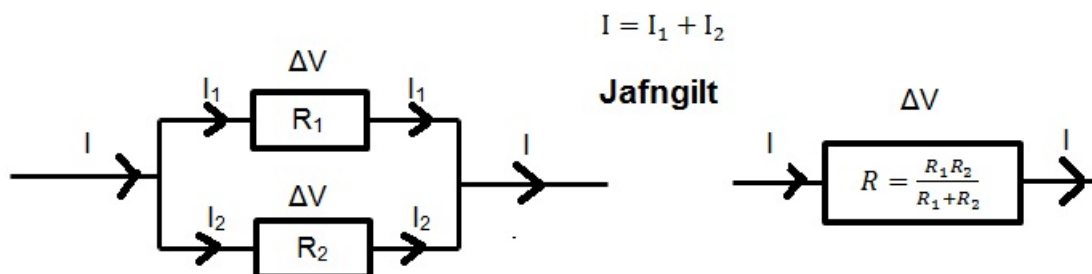
en þetta er jafngilt

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \quad (12.4)$$

Sjá betur á eftirfarandi myndum:



Mynd 3: Raðtenging tveggja viðnáma



Mynd 4: Hliðtenging tveggja viðnáma

### 12.3 Straum- og spennumælar

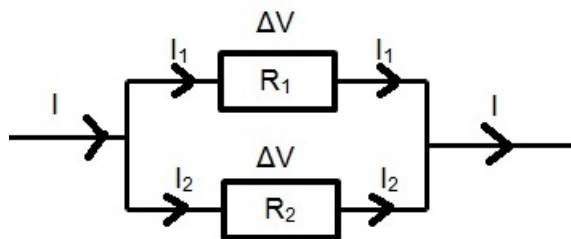
Straummælar hafa mjög lágt innra viðnám og eru raðtengdir inn í rafrásir.

Spennumælar hafa hátt innra viðnám og eru hliðtengdir við íhlut í rafrás.

### 12.4 Spenna óháð leið í rafrás

Það er mjög mikilvægt að vita að spennufall er óháð leið í rafrás.

Með því að nýta okkur þessa staðreynd getum við leitt út sambandið á milli  $I_1$  og  $I_2$  í hliðtengdum viðnánum  $R_1$  og  $R_2$  (sjá mynd):



Mynd 5: Hliðtengd viðnám  $R_1$  og  $R_2$

(Athugið að hér er gert ráð fyrir að vírarnir séu viðnámslausir. Í öllum dæmunum í 12. kafla í bók Davíðs er líka gert ráð fyrir því)

Þar sem spennufallið er óháð leið táknum við spennufallið yfir efra viðnámið  $\Delta V$  og spennufallið yfir neðra viðnámið einnig  $\Delta V$ .

Nýtum okkur nú Ohmslögmál:

$$\Delta V = I_1 R_1 \quad \text{og} \quad \Delta V = I_2 R_2$$

sem gefur

$$I_1 R_1 = I_2 R_2.$$

Þá fáum við tvær **gríðarlega nytsamlegar** formúlur

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1} I_2 \quad \text{og} \quad I_2 = \frac{R_1}{R_2} I_1 \quad (12.5)$$

Heildarviðnámið sem hliðtengdu viðnámin  $R_1$  og  $R_2$  mynda er

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Margföldum þessa jöfnu beggja megin með  $I$  og fáum

$$IR = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I$$

en athugum að spennufallið yfir heildarviðnámið  $R$  er einfaldlega  $\Delta V$  og straumurinn í gegnum það er heildarstraumurinn  $I$  svo Ohmslögmál gefur  $\Delta V = IR$ . Jafnan lítur þá svona út:

$$\Delta V = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I$$

og nú getum við notað að  $\Delta V = I_1 R_1$  sem gefur

$$I_1 R_1 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I$$

og með því að stytta út  $R_1$  fæst **mjög gagnleg** formúla

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad (12.6)$$

með því að nota  $\Delta V = I_2 R_2$  fæst á sama hátt önnur **mjög gagnleg** formúla

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (12.7)$$

## 12.5 Íspenna rafhlöðu

Þegar rafhlaða er tengd við rafrás þá myndar hún spennunum og kallast spennunurinn yfir póla rafhlöðunnar **pólspenna** hennar. Hins vegar þá er þessi spenna ekki heildarspennan sem rafhlaðan gefur því það verður spennufall innan í henni vegna **innra viðnáms** í rafhlöðunni.

Heildarspennan sem rafhlaða gefur áður en spennan fellur örlítið innan í henni kallast **íspenna** og er táknuð  $\mathcal{E}$ . Spennan sem fellur innan í rafhlöðunni er háð straumnum í rásinni.

Ef við köllum innra viðnámið í rafhlöðunni  $r$ , pólspennu rafhlöðunnar  $V_p$  og strauminn í rásinni  $I$  þá gildir:

$$\mathcal{E} = V_p + rI \quad (12.8)$$

svo um pólspennu rafhlöðunnar gildir:

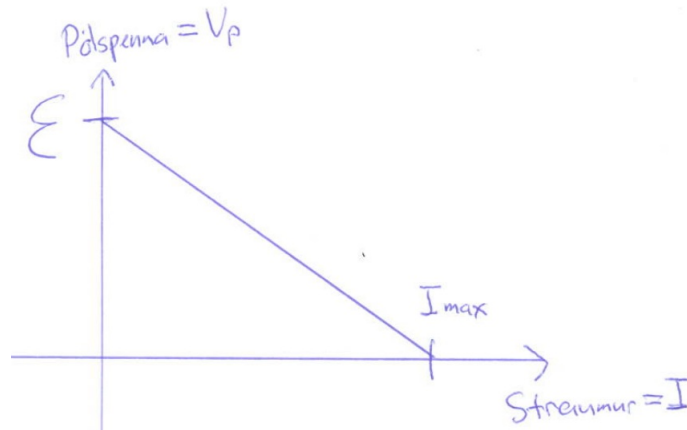
$$V_p = \mathcal{E} - rI \quad (12.9)$$

Athugum að pólspenna rafhlöðunnar fellur í ytri rásinni og ef við köllum ytra viðnámið í rásinni  $R$  þá gildir  $V_p = IR$  svo  $\mathcal{E} = RI + rI$  og um strauminn í rásinni gildir því:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} \quad (12.10)$$

## 12.6 Pólspenna sem fall af straum

Hér má sjá graf af pólspennu rafhlöðu sem fall af straum: Athugum tvennt:

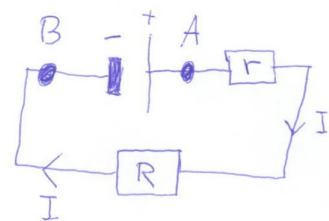


Mynd 6: Pólspenna rafhlöðu sem fall af straum

- Þegar enginn straumur er í rásinni þá er pólspennan jöfn íspennu rafhlöðunnar.
- Straumurinn getur mest orðið  $I_{max}$ . Þá fellur öll spennan í innra viðnámi rafhlöðunnar og pólspennan er 0.

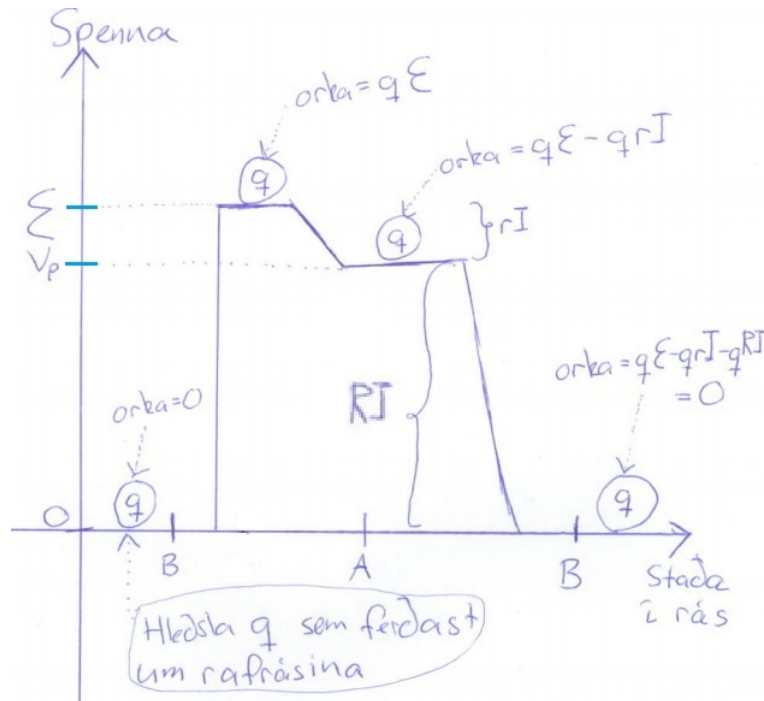
## 12.7 Spennufall í rafrás

Hugsum okkur rafrás með rafhlöðu og viðnámi. Köllum íspennu rafhlöðunnar  $\mathcal{E}$ , pólspennu rafhlöðunnar  $V_p$ , strauminn í rásinni  $I$ , innra viðnámið  $r$  og ytra viðnámið  $R$ . Sjá mynd:



Mynd 7: Rafrás

Skodum nú hvernig spennan fellur í rásinni þegar farið er einn hring um hana. Á mynd 8 sést hvernig orkuástand hleðslu  $q$  breytist á meðan hún fer einn hring í rásinni. Rifjum upp að orka hleðslu  $q$  er gefin með  $U = qV$ .



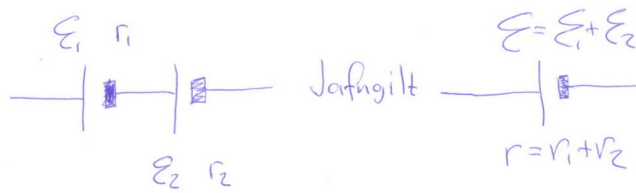
Mynd 8: Ferð hleðslu um rafrás

Hér gerum við ráð fyrir að viðnámið í vírunum sé ekkert. Þegar hleðslan fer í gegnum rafhlöðuna fær hún orkuna  $q\mathcal{E}$ . Hún missir orkuna  $qrI$  þegar hún fer í gegnum innra viðnám rafhlöðunnar og þessi orka breytist í varma og ljós. Þegar hún fer í gegnum ytra viðnámið  $R$  þá missir hún orkuna  $qRI$  og sú orka breytist líka í varma og ljós. Þegar hleðslan er komin út úr ytra viðnáminu er hún búin að missa alla orkuna sem hún fékk í rafhlöðunni.

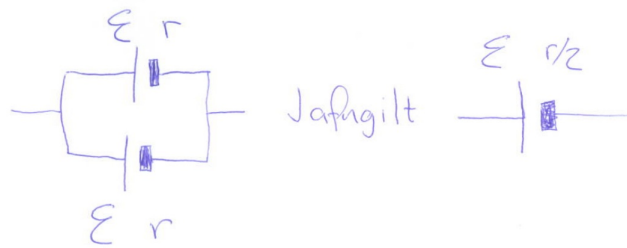
## 12.8 Raðtenging og hliðtenging rafhlaða

Hér koma myndir sem útskýra hvernig virkar að hliðtengja og raðtengja rafhlöður:

Athugið að ef þið hliðtengið ÓLÍKAR rafhlöður þá sendir önnur rafhlaðan straum öfuga leið í gegnum hina.



Mynd 9: Raðtengdar ÓLÍKAR rafhlöður



Mynd 10: Hliðtengdar EINS rafhlöður

## 12.9 Núllspenna

Núllspenna er punktur í rafrás þar sem spennan er 0. Dæmi um núllspennu er jörðin. Þegar vír er tengdur við jörð þá er hann jarðtengdur og þá er núllspenna í rafrásinni þar sem vírinn snertir jörð.



Mynd 11: Tákn fyrir núllspennu