

761103P Sähkö- ja magnetismioppi

**Kondensaattorikytkennät,
kondensaattorin energia ja eristeet**

ESIMERKKEJÄ

Kondensaattori kytkennät

- Sarjaan kytkentä: *varaus sama kaikissa*



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

- Rinnankytkentä: *jännite sama kaikissa*

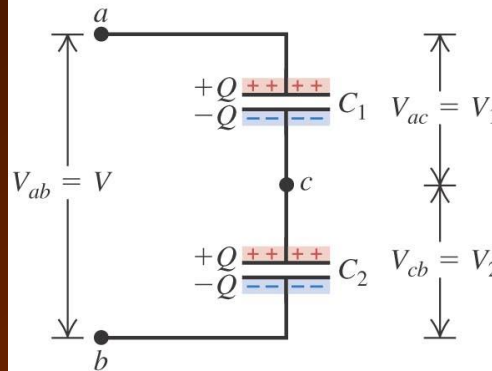


$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots$$

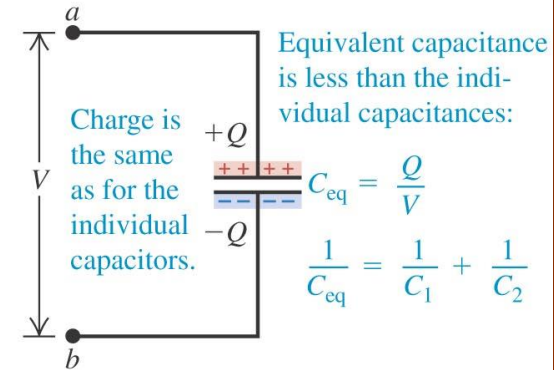
(a) Two capacitors in series

Capacitors in series:

- The capacitors have the same charge Q .
- Their potential differences add:
 $V_{ac} + V_{cb} = V_{ab}$.



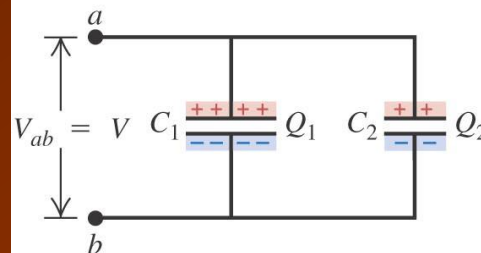
(b) The equivalent single capacitor



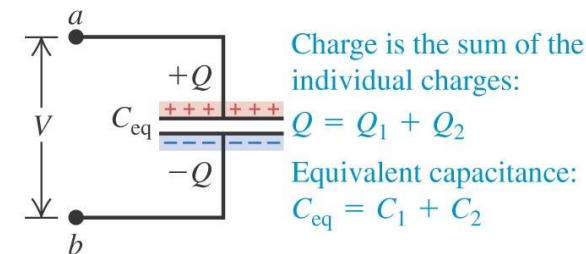
(a) Two capacitors in parallel

Capacitors in parallel:

- The capacitors have the same potential V .
- The charge on each capacitor depends on its capacitance: $Q_1 = C_1V$, $Q_2 = C_2V$.



(b) The equivalent single capacitor



ESIMERKKEJÄ

Kondensaattorin energia

- Kun varausta siirretään levyltä toiselle, tehdään työtä
- Työ varastoituu kondensaattoriin sähköiseksi potentiaalienergiaksi
- LASKETAAN nyt, että kun kondensaattoriin on ladattu varaus Q tehty työ on:

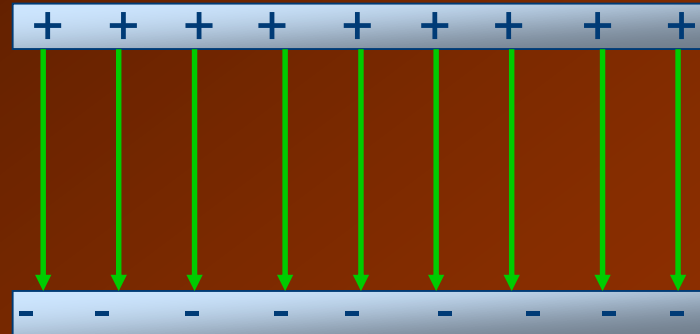
$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} C V_{ab}^2 = \frac{1}{2} Q V_{ab}$$

Sähkökentän energiatiheys (1)

- Kondensaattorin lataamisessa:

varaus kasvaa → levyjen välissä oleva sähkökenttä voimistuu!

- → Tehty työ sitoutuu sähkökentän energiaksi



Sähkökentän energiatiheys (2)

- Tarkastellaan levykondensaattoria. Tämän energia on

$$U = \frac{1}{2} C V_{ab}^2$$

- Sijoittamalla levykondensaattorille pätevät lausekkeet:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

saadaan kondensaattorin energiaksi

$$V_{ab} = E d$$

$$U = \frac{1}{2} A d \epsilon_0 E^2$$

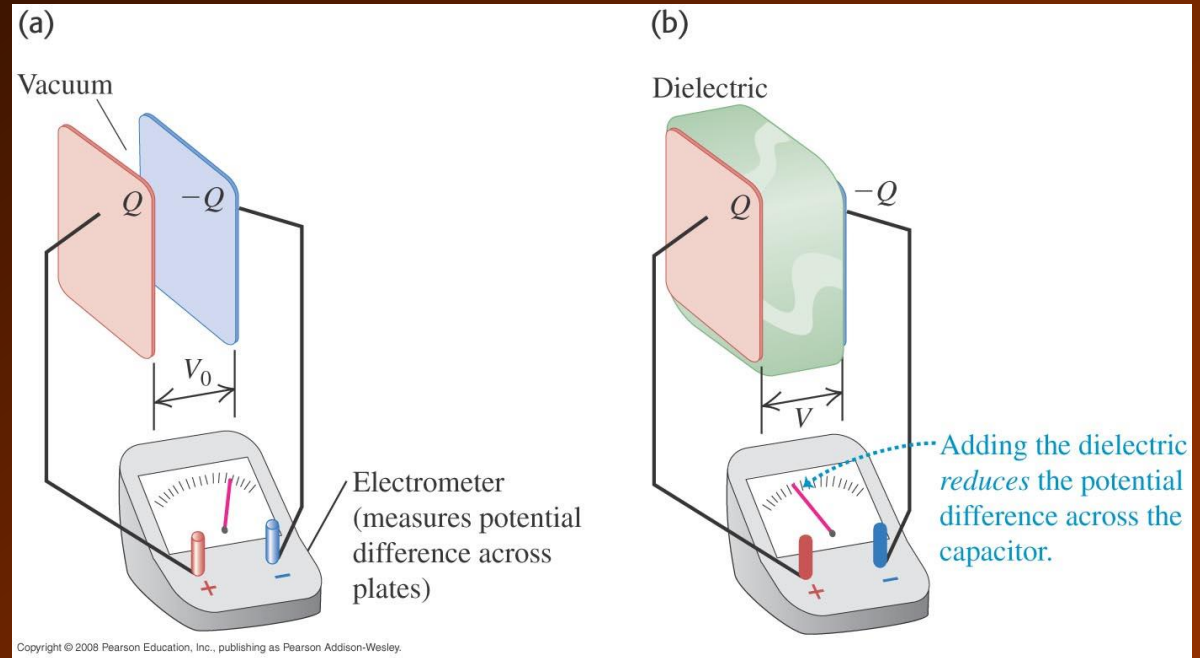
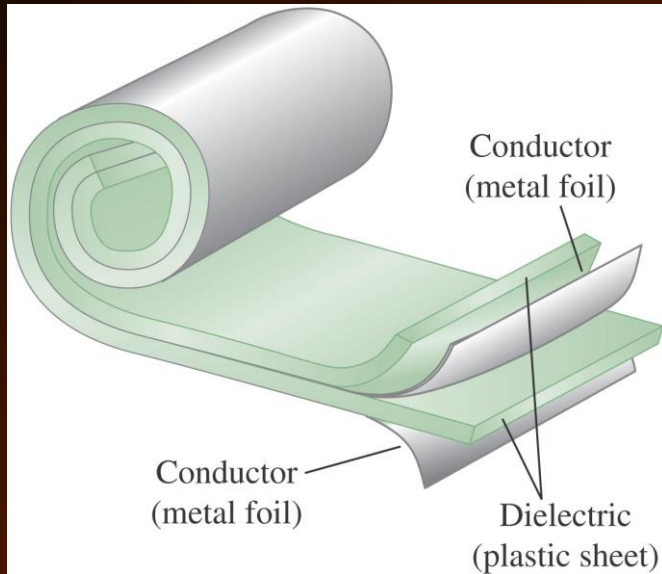
- Nyt kondensaattorin energiatiheys (energia/tilavuus) on

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Riippuu VAIN sähkökentästä, ei ollenkaan kondensaattorin muodosta tms.

ESIMERKKEJÄ

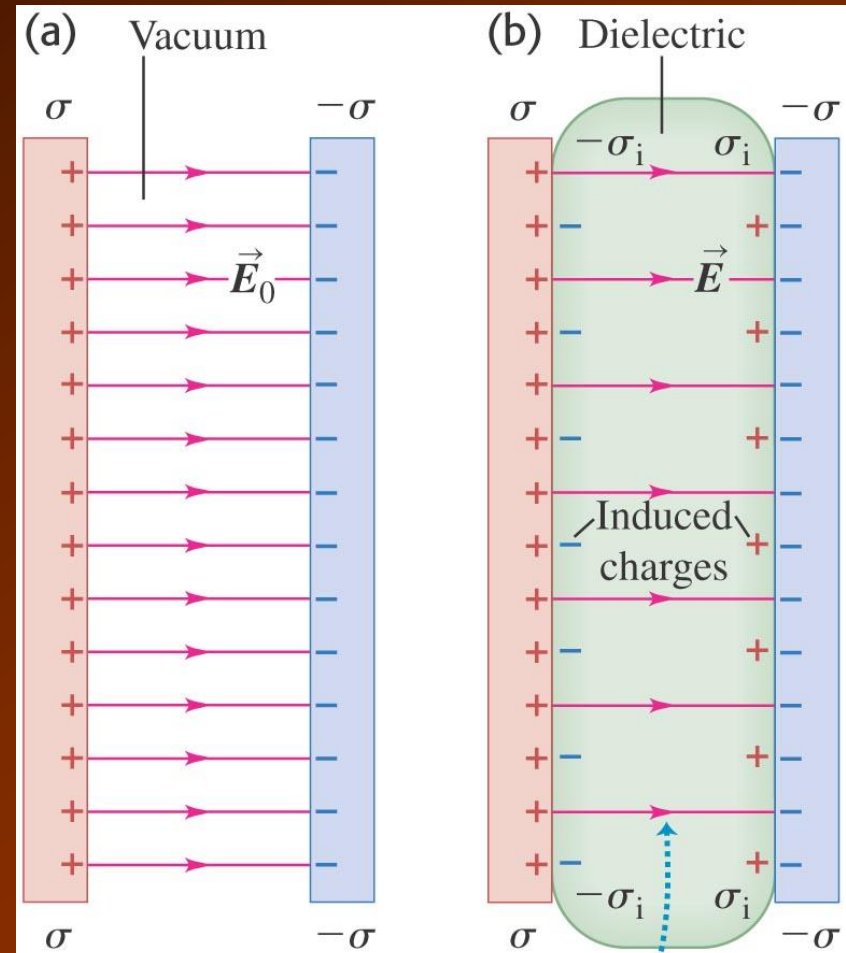
Eristeet kondensaattorissa



- Laittamalla eristeainetta (muovi tms.) kondensaattorin levyjen väliin, levyjen välinen jännite pienenee!
- Varaus pysyy samana → kapasitanssi kasvaa! (muista: $C = Q/V_{ab}$)

Mikä aiheuttaa kapasitanssin muutoksen?

- Polarisaatio eristeaineessa →
indusoituneet varaukset eristelevyn
pinnoilla pienentävät
kokonaissähkökenttää
kondensaattorissa



For a given charge density σ , the induced charges on the dielectric's surfaces reduce the electric field between the plates.

Dielektrinen vakio

- Määritellään eristeaineelle ominainen vakio, ns. *dielektrinen vakio* tai *suhteellinen permittiivisyys*

$$K = \frac{C}{C_0}$$

C = kapasitanssi eristeen KANSSA

C_0 = kapasitanssi ILMAN eristettä

- Tämän avulla saadaan eristettä kuvaava suure *permittiivisyys*

$$\varepsilon = K\varepsilon_0$$

- Nyt esim. levykondensaattorin kapasitanssi ja sähkökentän energiatiheys voidaan kirjoittaa muotoon:

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}, \quad u_E = \frac{1}{2} \varepsilon E^2$$

ESIMERKKEJÄ