

Elektrisk pendel

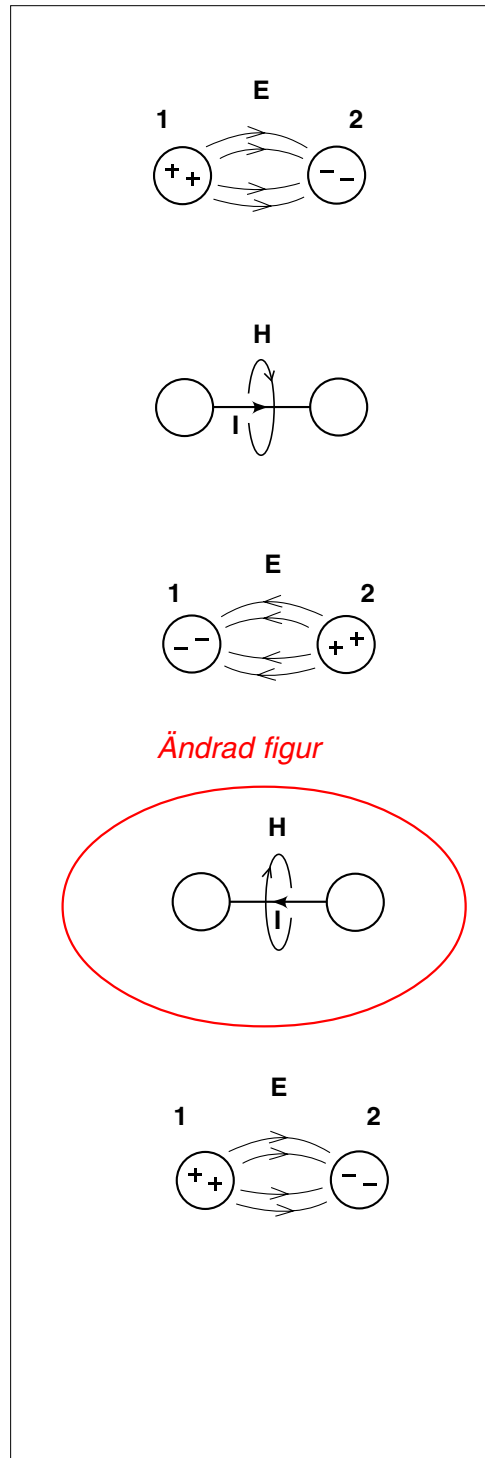
Om vi flyttar över elektroner från klot 1 till klot 2 får klot 2 överskott på elektroner. Elektronerna vill tillbaka till klot 1. De har fått lägesenergi (lika med energin i det elektriska fältet mellan kloten).

Om vi sammanbinder kloten med en metalltråd rusar elektronerna över till klot 1. Men rusningen ger ström. Ström är rörelseenergi (energin i magnetfältet som bildas runt ledaren). Vad händer med rörelseenergin när alla elektroner kommit över?

När strömmen avtar minskar magnetfältet och det frigörs rörelseenergi som "pressar" över ytterligare elektroner till klot 1. Nu får vi i stället för många elektroner på klot 1. Pendeln har svängt till andra läget,

... och pendeln svänger tillbaka ...

... och vi är där vi började. Vi har startat en elektrisk pendel.

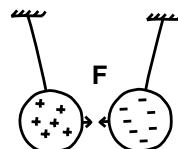


Maxwells ekvationer

Coulomb

Coulomb studerade dragningskraften mellan elektriskt laddade klot (1785). Coulombs lag kan skrivas på följande sätt:

$$\nabla \cdot D = \rho$$



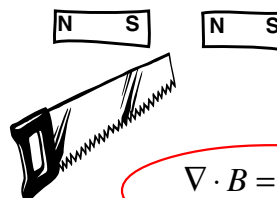
$$\nabla \cdot D = \rho$$

Elektriska och magnetiska fenomen

Vid slutet av 1700-talet kände man till såväl elektriska fenomen, i form av elektriska laddningar, som magnetiska, t ex permanentmagneter, som kompassnålen, men trodde att de elektriska och magnetiska fenomenen var helt oberoende av varandra.

Man visste att två nya magneter bildas om magneten delas. Det går inte att få nord- eller syd-poler för sig. De hör ihop. Gauss kom på att detta kan skrivas på följande sätt:

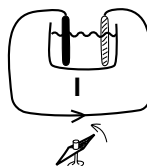
$$\nabla \cdot B = 0$$



$$\nabla \cdot B = 0$$

Ørsted

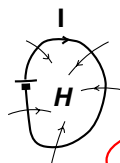
År 1819 upptäckte dansken Ørsted att kompassnålen visar fel om den placeras nära en strömgenomfluten ledare. Magneten påverkas av de elektriska laddningarna!



Ampère

Ampère beräknade magnetfältet genom trådslingan. Detta skrivs på följande sätt:

$$\nabla \times H = I$$

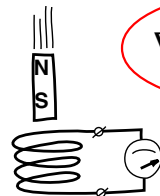


$$\nabla \times H = I$$

Faraday

Faraday skulle visa att magneten inte påverkade strömmen i spolen, men tappade magneten och upptäckte att om magnetfältet ändras fås spänning (generatorprincipen). Detta skrivs på följande sätt:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$



$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

Maxwell utvidgar Ampères lag

Maxwell tyckte att något fattades. Faradays lag beskriver vad som händer om magnetfältet ändras. Varför finns inget uttryck som beskriver vad som händer om elektriska fältet ändras?

Maxwell utvidgade Ampères lag. Om man kopplar in en kondensator kan det inte gå några laddningar mellan plattorna. Men där finns elektriskt fält. Förändringar i detta elektriska fält skulle kunna påverka magnetfältet på samma sätt som strömmen:

$$\nabla \times H = I + \frac{\partial D}{\partial t}$$

Strålar energi ut?

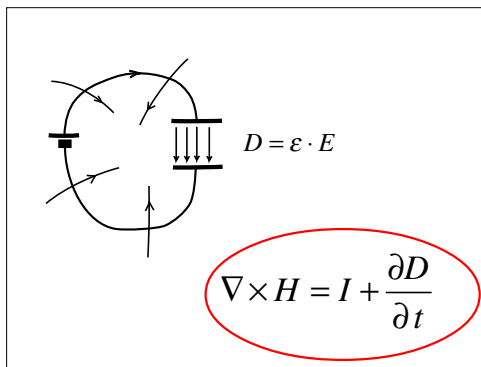
En mekanisk pendel i vakuum som är upphängd utan friktion pendlar i det oändliga, trodde man. Men när Maxwell tillämpade dessa ekvationer på en elektrisk pendel i vakuum med en ledare utan resistans, blev resultatet märkligt:

Han fick växling mellan lägesenergi och rörelseenergi, elektriskt fält och magnetfält. Men dessutom kom en liten del av energin att stråla ut som elektromagnetisk strålning! Energi försvann från pendeln! Pendlingen bör enligt Maxwell avklinga mot noll! Detta var något mycket sensationellt.

Många tvivlade

Maxwell beskrev sina teorier inför Vetenskapsakademien i London år 1864. År 1873 publicerade han en bok i ämnet. Men först när Hertz gjort sina experiment 1887, åtta år efter Maxwells död, började man acceptera Maxwells idéer. Och än i dag har ingen lyckats utföra ett enda experiment som motsäger hans teorier.

Maxwell kallade energin för elektromagnetisk strålning. Han räknade ut att energin rör sig utåt med ljushastigheten, och antog därför att ljus skulle kunna vara en typ av elektromagnetisk strålning.

**Gravitationsvågor**

Numera tror man (Einstein) att det finns strålning även från en mekanisk pendel. Inte elektriska vågor, men gravitationsvågor.

Gravitationsvågorna är svåra att upptäcka. Tänk dig gravitationsvågor så kraftiga att väggarna i våra hus gungar. Men eftersom gravitationsvågorna även sätter oss i gungning, med en fördröjning som motsvarar ljushastigheten, så kan vi inte se att väggarna gungar. Allt runt oss inklusive vi själva gungar.

Forskarna har letat i världsrymden och funnit en mekanisk pendel, två tunga himlakroppar som roterar runt varandra, och ändringen i rotationshastighet svarar mot den energiförlust man skulle få på grund av gravitationsvågor, jfr Nobelpriset i fysik 1993.

Många förslag till evighetsmaskiner, perpetuum mobile, innehåller omvandling från läges- till rörelseenergi och tvärt om. Vid denna omvandling finns alltså risk att man "förlorar" energi som strålar ut som gravitationsvågor. Även om vi kan undvika all friktion är det därför omöjligt att hålla igång en rörelse som innebär förändring av läges- och rörelseenergi.

Vi kan i själva verket inte röra oss utan att förlora energi i form av gravitationsvågor. Har du "känt" någon som kommit smygandes bakifrån? Känner vi med hörseln eller känner vi gravitationsvågorna? Att smygga innebär att undvika häftiga rörelser. Häftiga rörelser ger kraftigare gravitationsstrålning.