## Inducerede spænding i en leder og Faradays induktionslov

**Induceret spændingsfald. Metalskinne vinkelret gennem et magnetfelt**

Når en leder med længden *L* bevæger sigvinkelret gennem et magnetfelt *B*, vil alle lederens elektroner bliver påvirket af en kraft $F\_{elektron}$ i retning nedad (fra *a* til *b*)

$$F\_{elektron}=e∙v∙B$$

og der opstår et overskud negativ ladning nederst i lederen. og i den øverste del vil der være et overskud af positiv ladning. Når elektronerne bevæger sig langs lederen, påvirkes de af en magnetisk kraft mod venstre, hvilket er modsat af lederens bevægelsesretning. Lederen skal derfor påvirkes af en krat mod højre, for at opretholde den konstante fart



Ladningsforskellen skaber et elektriske felt og der opstår (induceres) en spændingsforskel $U\_{ind}$. Ophobningen af elektroner forsætter lige indtil den elektriske kraft modsvarer den magnetiske kraft

$$F\_{el}=F\_{mag}$$

$$e∙E=e∙v∙B$$

$$E=v∙B$$

Når en elektron flyttes afstanden *L* gennem lederen fra *a* til *b,* kræver det et arbejde, fordi elektronen bliver frastødt af den negative ladning ved *b* og tiltrukket af den positive ladning ved *a.*

$$A=F\_{el}∙L=e∙E∙L=e∙v∙B∙L$$

Da arbejdet pr. ladning er lig spændingsforskellen

$$U\_{ind}=\frac{A}{e}=\frac{e∙v∙B∙L}{e}=B∙L∙v$$

Den inducerede spænding i lederen fungerer på samme måde som hvilespændingen i et element. Inde i lederen og i elementet bevæger elektronerne sig fra + til -, hvilket kræver en tilførsel af energi.

**Faradays induktionslov. Metalskinne vinkelret gennem et magnetfelt i et lukket kredsløb**

****

Betragt en leder, der glider på en U-formet metalskinne, så der dannes et lukket kredsløb, der afgrænser et areal. Når metalskinnen med længden *L* bevæger sigvinkelret gennem et magnetfelt *B*, vil den inducerede spænding få elektronerne til at bevæge sig rundt i kredsløbet. Elektronerne i den U-formede metalskinne bliver frastødt af lederens nedre negative ladning og tiltrukket af den øvre positive del, for der er ingen magnetisk kraft, der virker på elektronerne i metalskinnerne, der ligger stille. Den magnetiske flux $Φ$ (Phi) gennem et areal *A,* der er vinkelret på det konstante magnetfelt *B*

$$Φ=B∙A⇒∆Φ=B∙∆A$$

Ændringen af den magnetiske flux per tid

$$\frac{∆Φ}{∆t}=\frac{∆(B∙A)}{∆t}=B∙\frac{∆A}{∆t}=B∙\frac{L∙∆x}{∆t}=B∙L∙\frac{∆s}{∆t}=B∙L∙v$$

Vi har nu, at

$$\frac{∆Φ}{∆t}=B∙L∙v$$

og da $U\_{ind}=B∙L∙v$ fra side 1, fås Faradays induktionslov$$U\_{ind}=\frac{∆Φ}{∆t}$$

*Kilder*

Young and Freedman, University Physics, Addison-Wesley, 2000, p. 707-709 og p. 949 og 952

Hecht E., Physics, Brooks/Cole, 1994, p. 770-773

Andersen&Jensen, BasisfysikA, Praxis 2022, side 258-260 og side 324-326

figur side 1

<https://physics.stackexchange.com/questions/71309/is-there-an-emf-in-a-conductor-moving-at-constant-speed-across-the-uniform-magne/71323#71323?newreg=0606a0901c044af78a24541a91ed39e2>

figur til højre side 2

[**https://courses.lumenlearning.com/suny-physics/chapter/23-3-motional-emf/**](https://courses.lumenlearning.com/suny-physics/chapter/23-3-motional-emf/)

[**https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University\_Physics/Book%3A\_Introductory\_Physics\_-\_Building\_Models\_to\_Describe\_Our\_World\_(Martin\_Neary\_Rinaldo\_and\_Woodman)/23%3A\_Electromagnetic\_Induction/23.02%3A\_Induction\_in\_a\_Moving\_Conductor**](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_Introductory_Physics_-_Building_Models_to_Describe_Our_World_%28Martin_Neary_Rinaldo_and_Woodman%29/23%3A_Electromagnetic_Induction/23.02%3A_Induction_in_a_Moving_Conductor)

**Videoer. Induceret spænding i et lederstykke udledt ud fra Faradays induktionslov, Hafner**

[**https://www.youtube.com/watch?v=5p6bhggQjsI**](https://www.youtube.com/watch?v=5p6bhggQjsI)

[**https://www.youtube.com/watch?v=3QNMDB3ix0g**](https://www.youtube.com/watch?v=3QNMDB3ix0g)

# Electromagnetic Induction: Induced EMF in a Moving Bar in a Magnetic Field, se de første 8 min.

<https://www.youtube.com/watch?v=hVfsNCnYZz0>

<https://www.youtube.com/watch?v=cDOAdQi39-w>

<https://www.youtube.com/watch?v=JkCVwsJq7PQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=rqq11Id_x5E>

demo U=BVL

<https://www.youtube.com/watch?v=EAc534Ztww4>

foræller om hvordan der skabes et modsat rettet magnetisk felt

<https://www.youtube.com/watch?v=hvMHs36dA2c>

back EMT in a motor

<https://www.youtube.com/watch?v=5mf4NmmLWnE>

Grundig gennemgang

<https://studylib.net/doc/18393796/the-emf-induced-in-a-moving-conductor>

<https://www.google.com/search?sca_esv=10b0df70546ae567&q=induction+in+a+moving+conductor&udm=2&fbs=ABzOT_DDfJxgmsKFIwrWKcoyw2RfJqGkkqki750M79P4CCNPfXbeGzIDsAfWa9j6SnfDZGUZv4IKTJNbTQB65ANZM5aTQEQOKjj3XWO3WQ7p1b3PG5lfqNt2EKLIugpOneeFw9dOaDg3KDM79ZJ11tbiWTsnLgSPCC67qFQhuip7U-mroL5Xn-HHJZfBTnKX-1gsJOT0vOVebx1TY7JNOER4qtuY1c7V2w&sa=X&ved=2ahUKEwiok9CivouMAxV3HxAIHU99LCQQtKgLegQIEBAB&biw=1384&bih=740&dpr=2&safe=active&ssui=on#vhid=8dhRb6-QJYArpM&vssid=mosaic>

<https://physics15.weebly.com/uploads/3/0/2/7/30272185/590giancoliphysics6th0616.pdf>

<https://web.physics.utah.edu/~woolf/2020_Jui/mar19.pdf>

frsaklip

Udledning af den inducerede spænding ved brug af den ydre krafts arbejde

Kaldes kredsløbets resistans for *R*, er den inducerede strøm i kredsløbet er givet ved

$$I=\frac{U\_{ind}}{R}=\frac{B∙L∙v}{R}$$

Ifølge Laplaces lov påvirker denne strøm skinnen med en kraft mod venstre, der er modsat i forhold til skinnens bevægelsesretning. Skinnen skal altså påvirkes af en kraft $F\_{ydre}$, for at opretholde bevægelsen mod højre. Den tilførte krafts effekt er givet ved

$$P\_{tilført}=F\_{ydre}∙v=F\_{mag}∙v=B∙I∙L∙v=B∙\frac{B∙L∙v}{R}∙L∙v=\frac{B^{2}∙L^{2}∙v^{2}}{R}$$

Den afsatte effekt i resistoren

$$P\_{afsat}=R∙I^{2}=R∙\left(\frac{B∙L∙v}{R}\right)^{2}=\frac{B^{2}∙L^{2}∙v^{2}}{R}$$