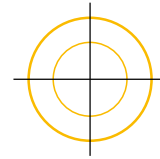


· opgaver og cases ·



FYSIKUNDERVISNING
GYMNASIESKOLEN

elforsyning



danskenergi

Forord

De følgende opgaver og tilhørende cases er skrevet som et supplement til undervisningshæftet "Elforsyning" af Vladislav Akhmatov.

Opgaverne henvender sig til fysik på B- og C-niveau i de gymnasiale uddannelser (STX og HTX), hvor de er med til at understøtte undervisningen i kernestoffet om energi og elektriske kredsløb.

Formålet med opgaverne er at sætte de fysiske emner i relation til hverdagen og belyse vigtigheden af grundlæggende naturvidenskabelig forståelse i stillingtagen til samfundet.

Juni 2010, Kim Vedel Pedersen

elforsyning

· opgaver og cases ·

Forfatter: Kim Vedel Pedersen

Layout og opsætning: MONTAGEbureauet ApS

Repro og tryk: KLS Grafisk Hus

Udgiver: EnergyMinds, se www.energyminds.dk, juni 2010

ISBN: 978-87-91326-07-3

Forsidefoto: Nysted Havmøllepark

Indhold



Eksperimenter s.12



Byens energi s.4



Kraftvarme eller vind s.5



Solceller s.11



elforsyning

· opgaver og cases ·



En vaskemaskine s.6



**Hvorfor benytte
højspænding? s.10**



**Sikringer og elektriske
installationer s.9**



Dit værelse s.8



Udskift dine elpærer s.7

OPGAVE
1

Byens energi



Københavns årlige energiforbrug fordelt på el, fjernvarme, olie og bygas eksklusive transport er ca. 7.000 GWh – Foto: Polfoto

Brændværdien for kul er ca. 25 MJ/kg, og der kan antages en total virkningsgrad på 90 % for produktion af el og varme. Antag at København har 1,5 mio. indbyggere.

- a) Udregn hvor mange kg kul, der skal afbrændes på et år, hvis Københavns energiforbrug udelukkende kom fra kul. Hvad svarer det til pr. indbygger?

Når kul afbrændes, sker følgende kemiske reaktion: $C + O_2 \rightarrow CO_2$

- b) Hvis det groft antages, at 1 kg kul bliver til 3 kg CO_2 , hvor mange kg CO_2 , ville der så blive udledt på et år i København? Hvad svarer det til pr. indbygger?
- c) Udfør ovenstående regnestykke, men på den kemisk rigtige måde.

CASE

Moderne storbyer ønsker i fremtiden at gøre deres energisystemer mere bæredygtige. Ikke kun for miljøets og klimaets skyld, men også af økonomiske årsager!

- Overvej hvordan den by/det område, du bor i, får sin energi. Kom herunder ind på forskellige former for energiproduktion.
- Overvej hvorfor nogle mener, at byer skal elektrificeres, dvs. at stort set al energi skal transporteres via ledninger, når fx el-varme er en af de mest kostbare måder at opvarme huse på.

Kraftvarme eller vind?

Amagerværket i København består af tre produktionsenheder – eller blokke – hvoraf to er i brug i øjeblikket. Blok 1 og 3 leverer el til det nordiske elnet og fjernvarme til det storkøbenhavnske fjernvarmenet.

Amagerværket kan på blok 1 og 3 maksimalt tilsammen producere 900 MW til både el og fjernvarme. En 100 m høj vindmølle må nøjes med en maximal kapacitet på 2 MW.

- Hvor mange vindmøller skal der opstilles for at erstatte Amagerværket?
- Brændværdien for halm er ca. 15 MJ/kg. Hvor meget halm skal afbrændes i timen, hvis Amagerværket udelukkende skulle fyre med halm på blok 1, som kan yde 318 MW, og idet der antages en total virkningsgrad på 90 %?
- Hvorfor foretrækkes biomasse frem for fossile brændsler?
- Strøm er svær at lagre, men batterier til elbiler kan oplades til ca. 30 kWh. Hvor mange elbiler kan en vindmølle oplade på et døgn?
- Hvor mange el-biler kan Amagerværket oplade på et døgn, hvis el-produktionen er på 300 MW?
- Undersøg hvilke andre muligheder man har for at lagre strøm.



Amagerværket – kraftvarme med bl.a. halm. – Foto: Vattenfall



Avedøreværket producerer el og varme med bl.a. vindmøller. – Foto: DONG Energy

CASE

Umiddelbart burde man i morgen stoppe importen af kul, bygge og opsætte mange flere vindmøller og benytte biomasse i langt højere grad.

- Overvej hvilke teknologiske, økonomiske, miljømæssige problemer der er forbundet med hhv. vindenergi, biomasseproduktion og elbiler.
- Overvej hvornår det kunne være muligt at afskaffe kulkraftværker i Danmark.
- Overvej om det er muligt at fjerne CO₂ fra produktion af el og varme, og hvilken betydning det kan have for den danske energipolitik.
- Overvej hvilke politiske problemer en visionær klimaminister kunne have ved at skulle overbevise hele verden om at afskaffe kulkraftværker.

OPGAVE
3

En vaskemaskine



Foto: Colourbox

Det antages, at effekten for en vaskemaskine i gennemsnit under vaskeperioden for en 40-gradersvask er 1.000 W, en kWh koster 2 kr., samt at 1 m³ vand koster 50 kr.

- Udregn hvor meget elektrisk energi maskinen omsætter på en vask, der tager 2 timer. Hvad koster den omsatte elektriske energi?
- Vurdér hvad hele vasken koster, når vaske – og skyllemiddel og vand medregnes. Ved en vask bruger maskinen ca. 50 l vand. Find selv en pris for vaske –og skyllemiddel.
- Vurdér hvad det koster at vaske tøj i din familie på et år.
- Ved vasken opvarmes 25 l koldt vand på 15°C til 40°C. De resterende 25 l vand bruger maskinen til at skylle med.
- Udregn hvor meget energi vandet har modtaget under vasken.

CASE

Mange forskellige apparater er mærket A, B, C osv. for at angive, hvor energibesparende de er. De allermest energibesparende apparater mærkes AAA.

- Overvej hvor meget du og din familie kunne spare i tøjvask om året, hvis I omlagde jeres vaner og kun vaskede ved 20, 30 og 40 grader.
- Undersøg og overvej om det kan betale sig at udskifte jeres vaskemaskine, når det påstås, at gamle vaskemaskiner kan have et energiforbrug, der er 3 gange højere end en ny AAA-mærket maskine.

Udskift dine elpærer

En husejer har installeret udendørslys langs sin indkørsel op til sin hoveddør, i alt 7 lamper. Han overvejer nu, om han skal sætte gammeldags glødepærer i lamperne eller energisparepærer.

Den gammeldags glødepære har en effekt på 60 W, koster 15 kr. pr. stk. og brænder ca. 1.000 timer, hvorimod sparepærene lyser ligeså kraftigt med kun 11 W, koster dog 50 kr. pr. stk., men kan brænde i ca. 8.000 timer. Det antages, at 1 kWh koster 2 kr.

Husejeren regner med, at udendørslyset vil være tændt ca. 6 timer i gennemsnit pr. dag.

- Hvor meget elektrisk energi omsættes der i løbet af et år i lamperne, hvis husejeren vælger glødepærer? Og hvad koster den el?
- Hvor meget elektrisk energi omsættes der i løbet af et år i lamperne, hvis husejeren vælger sparepærer? Og hvad koster den el?
- Hvad koster det husejeren at have lys i sine uden-dørslamper i 8.000 timer (lidt over 3½ år), hvis han vælger sparepærene? Husk at medregne udskiftning af pærene.



Foto: Colourbox

- Hvad koster det husejeren at have lys i sine uden-dørslamper i 8.000 timer, hvis han vælger glødepærene? Husk at medregne udskiftning af pærene.

CASE

Det er i øjeblikket ikke muligt at købe en gammeldags 100 W glødepære, og inden længe vil 60 W pæren også være taget af hylderne i supermarkederne.

- Prøv at give en vurdering af hvor meget elektrisk energi, der spares i en husstand, hvis samtlige glødepærer udskiftes til energisparepærer.
- Prøv at vurdere hvor stor en andel det kan have af et lands energiforbrug.
- Hvilke grunde kan der være til ikke at udskifte til energisparepærer?

OPGAVE
5

Dit værelse



Foto: iStockphoto

CASE

Man bliver næsten dagligt udsat for gode råd og informationer, der skal få en til at foretage energibesparende investeringer, såsom at udskifte den gamle kummefryser, skifte til sparepærer eller købe en mere økonomisk bil.

Undersøg hvilke elektriske apparater du har i dit værelse. Undersøg eller vurder hvert apparats effekt, hvor lang tid i løbet af et døgn de er tændte og udregn hvert apparats elforbrug. Opstil tallene i en tabel.

Læg til sidst alle apparaternes elforbrug sammen og omregn til kWh og kr., når 1 kWh antages at koste 2 kr.

- Hvor mange penge bliver det til på et år?
- Sammenhold dine beregninger med elregningen i din bolig. En elregning er bestemt ikke nem at forstå, så diskutér det gerne med de folk du bor sammen med.

- Hvilke gode råd og information om energibesparelser har du hørt eller læst om?
- Er nogle af disse råd reelle råd eller bare firmaer, der vil sælge deres produkter?
- Hvornår er du/din familie villig til at foretage energibesparende investeringer?

Sikringer og elektriske installationer

I en eltavle til en bolig sidder såkaldte grupper med sikringer, hvorigennem strømmen til boligen løber. Forskellige sikringer er forbundet med forskellige stikkontakter i boligen.

- Hvor stor en effekt må et apparat have, uden at det springer sikringen på 10 A, når det tilsluttes en stikkontakt ved en spænding på 230 V (mellem fase og nul, dvs. en to-leder installation)?
- Effekten for både en elkedel og en kaffemaskine er ca. 2.000 W. Hvor stor en strøm skulle sikringen kunne klare, hvis man både skulle kunne lave kaffe og koge vand til te på samme tid med strøm fra samme stikkontakt?
- En opvaskemaskine er tilsluttet et kraftstik på 400 V (mellem fase og nul, dvs. en to-leder installation). Hvor stor en strøm løber gennem ledningen til opvaskemaskinen, når dens effekt er på 2.500 W?



Foto: Poffoto

CASE

I gamle dage, hvor energiforbruget ikke var så stort, havde man ikke installeret så mange grupper på eltavlen, og det såkaldte HPFI-relæ var slet ikke opfundet.

- Undersøg hvordan en moderne eltavle ser ud, og beskriv hvordan den virker.
- Undersøg hvad der skal til for at slå et menneske ihjel ved elektrisk stød.
- Undersøg hvad et HPFI-relæ er, og beskriv hvordan det virker.

CASE

Fejl i elektriske installationer er desværre nogle gange årsag til brand i huse, bygninger, biler og andet. Derfor har man visse sikkerhedsforanstaltninger for at mindske brandfaren.

- Overvej hvordan elektriske installationer kan starte en brand.
- Undersøg hvordan ledninger ser ud i dag, og hvordan de så ud i gamle dage.
- Hvilke lovkrav gælder på el-området, når det kommer til "gør det selv"-arbejde?

OPGAVE
7

Hvorfor benytte højspænding?



Foto: Energinet.dk

Når Amagerværkets blok 1 producerer de maximale 68 MW el, er der brug for, at strømmen ledes ud til forbrugerne via elnettet. Det gøres ved hjælp af 400 kV højspændingskabler. Et sådan kabel er lavet af aluminium og har en diameter på 42,9 mm. Aluminiums resistivitet er $\rho = 0,0250 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.

Sammenhængen mellem en lednings resistans R , dens længde l , resistiviteten ρ og dens tværsnitsareal A er givet ved:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

- Udregn modstanden for et 400 kV højspændingskabel på 50 km.
- Antag at strømmen gennem højspændingskablet ledes ved 400 kV til en by 50 km fra Amagerværket. Byen modtager samtlige 68 MW. Beregn den strømstyrke, der løber i kablet.
- Beregn størrelsen af det effekttab, der er i kablet.
- Hvor stor en procentdel udgør effekttabet af de 68 MW?
- Antag nu, at strømmen skulle ledes ved 50 kV. Hvor stort er effekttabet nu?
- Hvad ville der ske, hvis man forsøgte at lede strømmen ved en spænding på 230 V?

CASE

I forbindelse med højspændingsmaster og luftledninger kan man stille sig følgende spørgsmål:

- Hvorfor får fuglene ikke elektrisk stød og bliver dræbt på stedet, når de sætter sig på en luftledning?
- Er det forbundet med sundhedsfare at bo i nærheden af højspændingsledninger?
- Skyldes det kun æstetiske grunde, at man i Danmark har besluttet at lægge mange luftledninger i jorden?

Solceller

Solindstrålingen målt uden for jordens atmosfære er givet ved solarkonstanten på 1367 W/m^2 . På grund af atmosfæren reduceres intensiteten en smule, så det antages, at solindstrålingen ved jordoverfladen er 1.000 W/m^2 .

En konventionel siliciumsolcelle har en virkningsgrad på omkring 15 %, dvs. den er i stand til at omsætte 15 % af energien fra solindstrålingen til elektrisk energi.

- Vurdér hvor mange solskinstimer der er pr. år i Sahara.
- Europas årlige energiforbrug kan vurderes til ca. 10^{20} J . Hvilken effekt svarer det til?
- Hvor stort et areal af Sahara skal dækkes med solceller for at svare til Europas effekt? Omregn til km^2 .
- Saharas areal er ca. 8,5 mio. km^2 . Hvor stor en procentdel udgør solcellearealet af Saharas samlede areal?



Foto: Colourbox

CASE

Forskningen inden for solenergi og solceller er i øjeblikket i en rivende udvikling. Forskernes store udfordring er at gøre solcelleanlæggene tilstrækkelig billige at fremstille og installere samtidig med, at deres virkningsgrad er høj nok.

- Diskutér hvilke teknologiske, politiske og logistiske udfordringer, der kunne være ved at anlægge en enorm solcellepark i Sahara.
- Undersøg hvad det koster at gøre et almindeligt parcelhus selvforsynende i elektrisk energi fra et solcelleanlæg.
- Diskutér hvilke politiske tiltag der kunne gøres for at fremme solenergien.



Eksperimenter

Nedenstående vejledninger til forsøg om hhv. solcellens effekt, transformation samt transport af el er alle lavet af Skolernes EnergiForum. De findes på www.skoleenergi.dk, hvorfra man kan hente mange flere vejledninger, der ligeledes er særdeles gymnasieegnede.

eksperiment · Solcellens effekt

- **Baggrund**

Solens lys indeholder energi som i en solcelle kan omsættes til elektricitet. Du har valgt at undersøge, hvor meget elektricitet en solcelle kan producere. Som udgangspunkt kan du bruge dette blad. Men du bør vide noget om strømstyrke, spænding, energi, effekt og kortslutningsstrømveje.

- **Dette skal du bruge**

1. Solceller
2. Amperemeter
3. Voltmeter
4. Dværgpærer (1,3-6V)

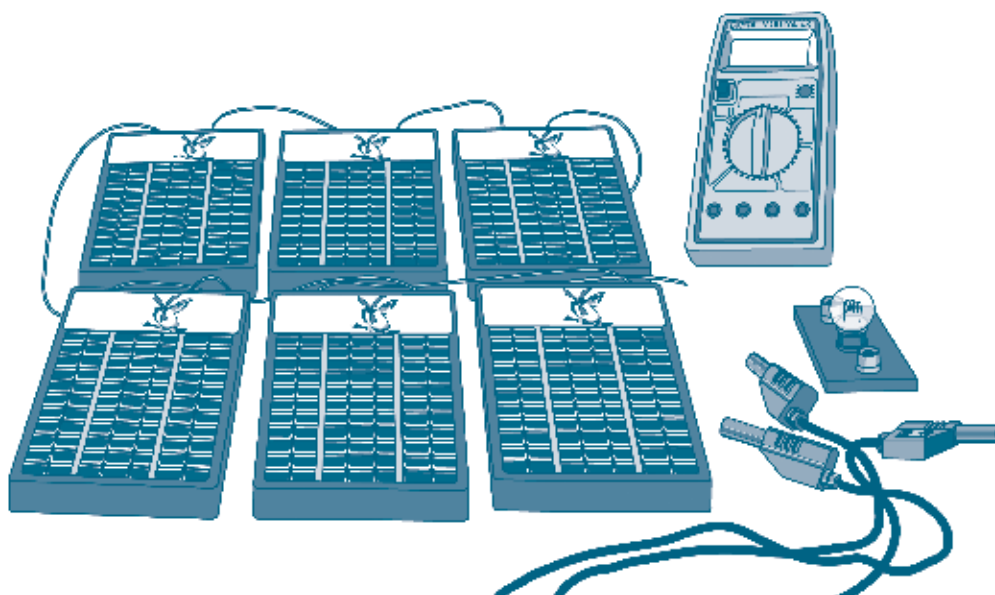


- **Undersøg selv og lav forsøg**

1. Har lysets styrke betydning for solcellers effekt?
2. Hvor meget energi (Joule) kan en solcelle producere i forhold til sprit eller benzin? (Se også 2.4).
3. Hvilken betydning har det, når solcellen belyses med forskellige typer lyskilder?
4. Hvor lang tid skal en solcelle belyses for at producere lige så meget energi (Joule), som der står bag på en liter mælk?
5. Hvor mange solceller skulle til for at erstatte Danmarks energiforbrug (ca. 830 PJ/år ($PJ = 10^{15}J$)?)
6. Hvor mange solceller skulle der til for at tænde en 12 W's pære?
7. Hvordan kan man gemme energien fra solceller?

• Sådan kan du starte dine undersøgelser

1. Forbind solcelle til et voltmeter (kontrollér at + og - er rigtigt forbundet).
2. Mål spændingsforskellen.
3. Forbind en solcelle til et amperemeter – jævnspænding.
4. Mål kortslutningsstrømmen.
5. Beregn (kortslutnings-)effekten i W og omregn til Joule.
6. Forbind nu solcellerne med en pære som i forsøg 1.1 og mål nu Volt og Ampere (A) måles i serie med pæren, V måles parallelt med pæren).
7. Prøv at variere forsøget med forskellige solceller og forskellige pærer.
8. Beregn effekten ($V \cdot A$).
9. Undersøg om der er forskel på, hvordan lysets vinkel ind mod solcellen er.
10. Gentag de ovenstående undersøgelser, hvor du som "sol" på skift bruger en lampe med energisparepære (f.eks. 12 W), 40 W's pære, 60 W's pære og 100 W's pære).



- **Baggrund**

Man kan få brug for at ændre en spænding op eller ned. Du kender det fra dine apparater i hjemmet. Mange apparaterne bruger en mindre spænding end den, der er i stikkontakten. Derfor transformeres den ned. Det modsatte kan også være praktisk.

Du bør som udgangspunkt vide noget om kraftværker, strøm, spænding, serie- og parallelforbindelser.

- **Dette skal du bruge**

1. 1 strømforsyning
2. 3-4 forskellige spoler
3. U-jernkerne
4. Ledninger
5. Voltmeter
6. Amperemeter
7. Pære

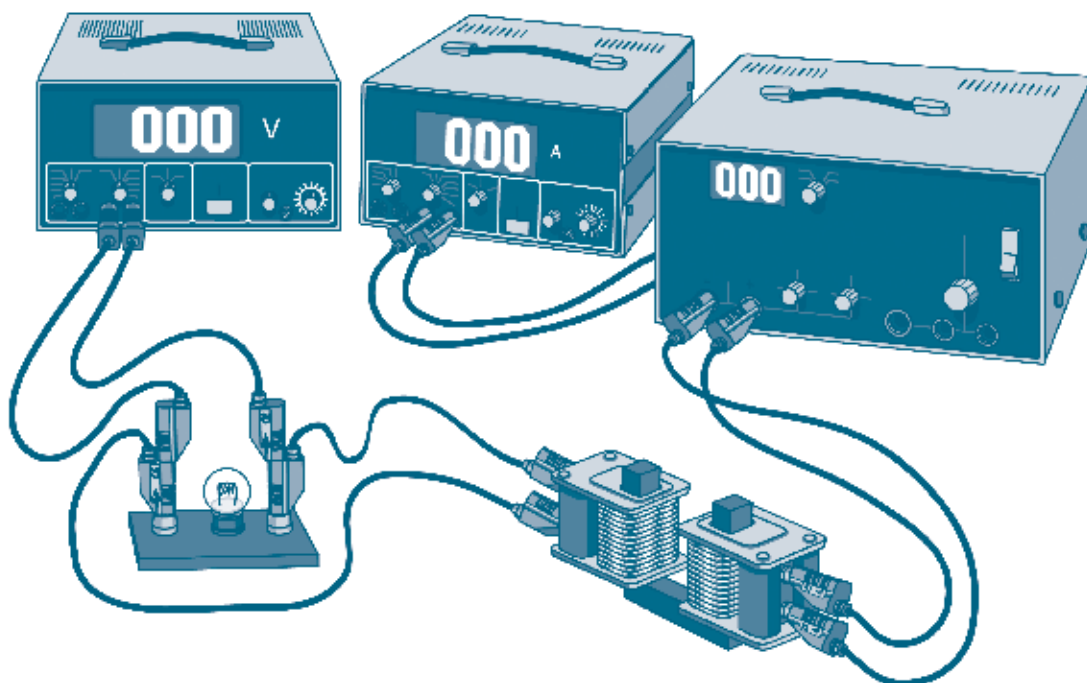


- **Undersøg selv og lav forsøg**

1. Hvordan hænger antallet af vindinger sammen med, hvordan pæren lyser?
2. Kan du finde en sammenhæng, der gælder for forholdet mellem antallet af vindinger på de 2 spoler og forholdet mellem primærspænding og sekundær spænding (primær er ved spændingskilden, sekundær er ved forbrugeren)?
3. Hvilket vindingstal skulle du bruge hvis du f.eks. skulle lave 230 V med dit anlæg?
4. Hvor mange ampere kan jeres spoler tåle?
5. Hvad skal der til, for at de kan tåle 100 A?

• Sådan kan du starte dine undersøgelser

1. Start med at forbinde en pære til spændingskildens vekselspændingsudgang.
2. Indstil spændingen så pæren lyser kraftigt.
3. Tilslut et voltmeter parallelt med pæren og et amperemeter i serie med pæren.
4. Lav opstillingen på billedet – brug ikke spændinger højere end 12V!!
5. Sæt en spole med 400 vindinger i den ende hvor spændingskilden er, og en med 200 i den anden ende.
6. Aflæs voltmeteret og amperemeteret.



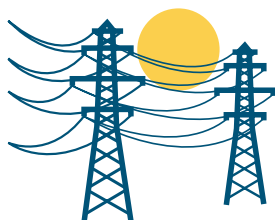
• Baggrund

Når elektriciteten er produceret på et kraftværk eller i en vindmølle, skal den ud til forbrugeren. Det sker gennem nogle ledninger, der kaldes højspændingsledninger. Men hvorfor er det højspænding, man bruger? Det handler dette forsøg om. Du bør være fortrolig med strøm, spænding, transformation og strømforsyning.

Vi minder om at primærenden er ved strømforsyningen, sekundær er ved forbrugeren.

• Dette skal du bruge

1. Spændingskilde
2. 2 ruller konstantantråd 0,25 mm og 0,5 mm
3. 2 stk. 200 vindingers spoler
4. 2 stk. 400 vindingers spoler
5. 2 U-jern
6. Voltmeter
7. Amperemeter
8. 3 pærer + fatninger

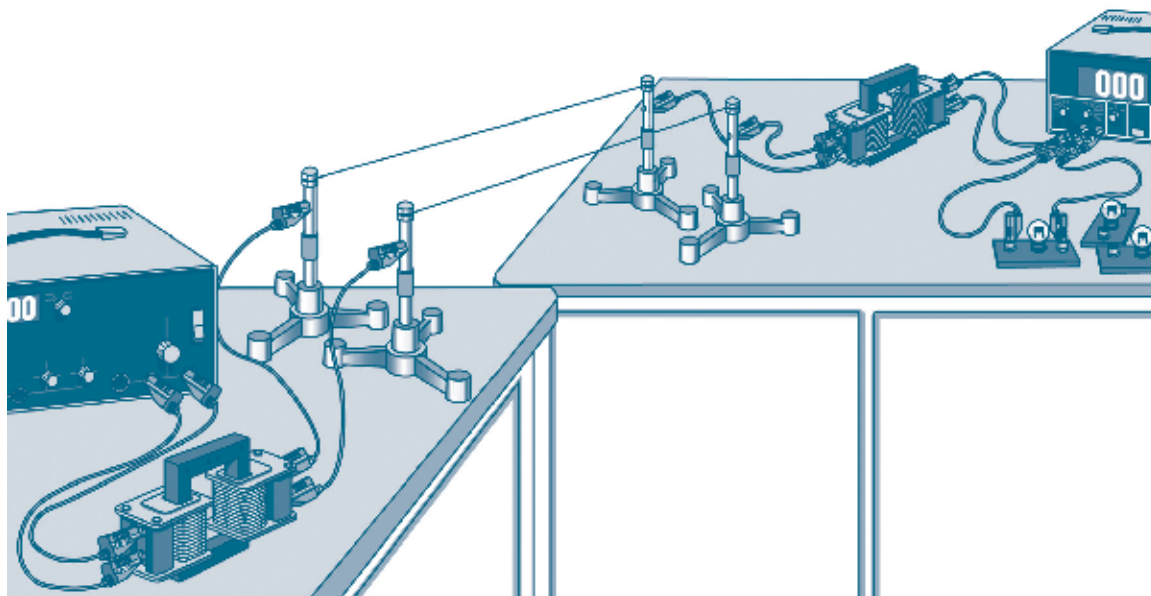


• Undersøg selv og lav forsøg

1. Påvirker det systemet, at du kobler flere pærer til? – hvis ja, hvordan?
2. Gør det en forskel, om du skal transportere el 1 m eller 2 m?
3. Hvor stor forskel ville det gøre, hvis afstanden var over 1 km?
4. Kommer al den elektriske energi fra primærenden frem til sekundærenden? – hvis ikke, hvad bliver der så af den?
5. Hvorfor tror du, der skal laves om på spændingsforskellen?
6. Hvor meget er spændingsforskellen i højspændingsnettet i Danmark?
7. I en vindmølle kan der produceres 2 MW. Spændingsforskellen er ca. 700 V fra generatoren. Hvor mange ampere skal der transporteres, hvis man ikke transformerer spændingsforskellen op?
8. Hvor tykke tror du lederne ville være, hvis al denne strøm skal kunne løbe igennem den, uden at de bliver varme?

• Sådan kan du starte dine undersøgelser

1. Lav en opstilling, hvor du sætter 4 polstænger op som "højspændingsmaster"
– afstanden parvis imellem enderne skal være ca. 1 m (se tegning).
2. Transformatorstationerne sættes sammen af en 200 og en 400 vindingers spole.
3. Ved både primær- og sekundærenden skal sidde en 200 vindingers spole
– begge 400 vindingers spoler går til "højspændingsledningerne".
4. Tilslut først 1 så 2 så 3 pærer i sekundærenden.
5. Mål strømstyrkerne ved både primær og sekundærenden for forskellige antal pærer.
6. Prøv med forskellige spændinger (aldrig over 12 V!)
7. Prøv med forskellige tykkelser af konstantantråd.
8. Undersøg spændingerne under de forskellige forhold forskellige steder på opstillingen og noter dine resultater.



<http://www.energitjenesten.dk/index.php?id=2063>

http://www.denstoredanske.dk/Rejser,_geografi_og_historie/Afrika/Afrika_generelt/Sahara

<http://www.skoleenergi.dk/index.php?id=206>

<http://www.climateminds.dk>

<http://www.energyminds.dk>

Bøger

Erik Strandgaard Andersen m. fl. *Databog, fysik, kemi, 11. udgave 3. oplag 2009, F & K Forlaget*

Morten Brydenscholt m.fl. *Orbit BA, 1. udgave, 1. oplag 2006, Systime*

elforsyning

· opgaver og cases ·



danskenergi

Rosenørns Allé 9
1970 Frb. C
Tlf: 35 300 400

