

HVERDAGSFYSIK

Hvorfor er der så få elbiler?

Forfatter: Jens Christian Hansen

Redaktør: Søren Storm

Korrekturlæst og faktatjekket af:

Vibeke Axelsen (Egaa gymnasium)

Kim Vedel Pedersen (Nørre Gymnasium)

Margit From

Støttet af: **novo nordisk fonden**

Hej elever!

I jeres undersøgelse skal I:

1. Opstille en hypotese der forklarer en observation fra videoen
2. Opstille et eksperiment der kan afkræfte eller bekræfte jeres hypotese
3. Udføre eksperimentet og opsamle data
4. Bekræfte eller afkræfte hypotesen ud fra en analyse af de opsamlede data

Følg punkterne herunder. Der er hjælp på side 2 og 3.

1. Hypotesen

Gå sammen i grupper. Skriv en observation ned i kassen. Opstil en hypotese der forklarer observationen. Bestem den uafhængige og den afhængige variabel i din hypotese.

Observation	Hypotese	Uafhængig variabel
(Der er hjælp på side 2)		
		Afhængig variabel

2. Eksperimentet

Kort beskrivelse af jeres eksperiment
(Der er hjælp på side 3)

3. Opstil og udfør eksperimentet

Nu kan I udføre eksperimentet. Lav et skema til dataene, så det passer til eksperimentet. Tjek efter at der kun er 2 variable i spil: Den afhængige og den uafhængige. Når I har opsamlet data, kan I gå videre til punkt 4. Der er hjælp på side 3.

4. Databehandling

Ved en analyse af data, vurderer I om hypotesen kan be- eller afkræftes. Der er hjælp på side 3

Eksempler på observationer

- El-gokarten blev ikke lige så varm som benzingokarten
- Der er 64 celler i el-gokartens batteri
- El og benzingokarten skulle køre med så konstant hastighed som muligt

Hjælp til hypoteser

Første skridt er at noget I har observeret, bliver omskrevet til en hypotese. Herunder er et eksempel på en observation der omdannes til en hypotese, som vi kalder hypotese (1).

Observation	Hypotese	Uafhængig variabel
I apparater der bruger batterier, ser man ofte at batterierne sidder i serie	Hvis to, eller flere, ens elementer sættes i serie, vil den samlede hvilespænding U_0 være proportional med antallet af elementer (1)	Antal elementer i serie
		Afhængig variabel
		Hvilespændingen

Hypotesen (1) udtaler sig om en bestemt matematisk sammenhæng mellem antal elementer, og den samlede hvilespænding U_0 der måles over elementerne. Hypotesen kan enten af- eller bekræftes eksperimentelt.

Hjælp til afhængige og uafhængige variable

Hypotesen (1) er formuleret, så den kun udtaler sig om, hvordan én variabel (den afhængige) afhænger af en anden variabel (den uafhængige). Det kalder man også for variabelkontrol. Det gør man for at undgå at andre variable, end den man vil undersøge, har indflydelse på resultatet.

I vores eksempel med elementerne i serie, er antallet af elementer den uafhængige variabel og hvilespændingen den afhængige variabel. Den uafhængige variabel er altså den vi kontrollerer, mens den afhængige er den vi måler.

Hjælp til et eksperiment

Eksempel på beskrivelse:

For at teste hypotesen (1) måler vi:

Vi skal bruge et voltmeter og 5 elementer (fx. AA batterier). 1-5 elementer sættes i serie og hvilespændingen måles. Antal elementer og hvilespændingen noteres, efter hvert tilføjet element.

Eksempel på opsamlet data i et forsøgsskema

Antal elementer (Uafhængig variabel)	1	2	3	4	5
Hvilespændingen (V) (Afhængig variabel)	1,57	3,13	4,73	6,33	7,94

Hjælp til Databehandling

Ved en analyse af data vurderer vi så om hypotesen (1) kan be- eller afkræftes. I dette eksempel kan proportionaliteten vurderes, ved at der udføres lineær regression på datasættet. Du kan se en video af hvordan man gør [her](#).

Hjælp til målinger ved hjemmeundervisning

De der har multimetre liggende hjemme kan anvende dem. Ellers kan multimetre anskaffes for omkring 100 kr i byggemarkeder.



Ekstraopgaver

Opgave 1 (C/B/A-niveau)

HYPOTESER	UAFHÆNGIG VARIABEL	AFHÆNGIG VARIABEL
Den energi, der er tilføres et batteri under opladning, er proportional med tiden.	Tiden	Energien
Energiindholdet i et batteri stiger proportionalt med antallet af ens elementer.		
Temperaturen i batteripakken stiger, når strømmen gennem batteripakken stiger.		
Spændingsfaldet over batteripakken falder, når energiforbruget stiger.		

Opgave 2 (C/B/A-niveau)

I de tekniske data for en elektrisk bil står der: "Energiindholdet for bilens fuldt opladede batteripakke er 47,5 kWh. Nyttévirkningen ved overførsel fra bilens batteri til kørsel er 60%. Energiforbruget ved blandet kørsel er 14,0 kWh pr. 100 km".

Genopladning anbefales når 90% af energien i en fuldt opladet batteripakke er brugt.

- Hvilken nytteenergi er til rådighed ved kørsel?
- Hvor langt kan bilen køre, fra fuld opladning til batteriet når 10%?

På en tur med denne bil, viser energimåleren, at der er 35% tilbage af energien i batteriet. Der er 50 km til nærmeste ladestander.

- Vurdér om bilisten kan nå frem til ladestanderen, inden 90% af energien er brugt.

Der lades ved en stander hvor prisen er 5,5 kr / kWh.

- Hvad koster en fuld opladning, hvis der er et tab på 5% ved opladningen?
- Beregn elprisen pr. kørt km ved blandet kørsel

Batteripakkens masse er 280 kg.

- Beregn energitætheden for batteripakken, når den er fuldt opladet

Opgave 3 (C/B/A-niveau)

En benzinbils tank kan indeholde 37 L benzin. Bilen kan ved blandet kørsel køre 18,5 km pr. liter benzin.

- a) Hvor langt kan bilen køre på en fuld optankning?

Energiindholdet (brændværdien) for benzin er $43 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$. Densiteten af benzin er $0,74 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$.

1 kWh = 3,60 MJ

- b) Omregn benzinens energiindhold til $\frac{\text{MJ}}{\text{L}}$
c) Beregn energitætheden for benzinen i kWh/kg

Af den energi benzinen indeholder bliver kun 20% af energien omsat til selve bilens kørsel, resten bliver tabt ved friktion i motor, gearkasse og transmission samt som termisk energi.

- d) Hvor meget energi målt i MJ indeholder en fyldt tank, og hvor meget af denne energi bliver omsat til selve kørslen (nytteenergi).

Prisen for 1 L benzin varierer, men sættes her til 10 kr. pr. L for blyfri oktan 95.

- e) Beregn prisen for benzinen pr. kørt km ved blandet kørsel.

Opgave 4 (B/A-niveau)

I en elbil består batteripakken af 8256 elementer. Hvert element har (fuldt opladet) en hvilespænding på 3,8 V og en ladning på 2200 mAh.

Batteripakken er opbygget af 16 moduler. Hvert modul består af 6 grupper på hver 86 elementer. Hvilespændingen over hvert modul er 22,8 V, og over hele batteripakken er den 364,8 V

Vurdér ud fra de givne oplysninger

- a) Hvordan er modulerne koblet sammen i batteripakken?
b) Hvordan er elementerne i de 6 grupper koblet sammen?
c) Hvor meget energi er der lagret i batteripakken når den er fuldt opladet (målt i kWh)?

Hvert element har en indre modstand på $0,20 \Omega$.

- d) Hvad er den samlede indre modstand af batteripakken?

Under maksimal acceleration er motorens effekt 80 kW, nyttevirkningen fra batteripakke til motor er 95%.

- e) Bestem den elektriske effekt som batteriet leverer under accelerationen.
f) Hvor meget energi afsættes der i batteripakken i løbet af 10 sek. under fuld acceleration

Opgave 5 (B/A-niveau)

For en elektrisk bil er følgende data givet:

Fuldt opladet batteri:	75 kWh
Maksimal effekt:	211 kW
Energiforbrug (blandet kørsel):	$0,16 \frac{\text{kWh}}{\text{km}}$
Acceleration 0 – 100 km/h	5,9 sek.
Masse bil	1550 kg
Masse batteripakke	500 kg

- Hvor langt kan bilen køre (blandet kørsel) på en fuld opladning, hvis nyttevirkningen er 60%
- Beregn bilens gennemsnitlige acceleration fra 0 – 100 km/h
- Beregn den gennemsnitlige resulterende kraft der påvirker bilen under accelerationen.
- Vurdér den effekt bilen yder når den efter accelerationen når 100 km/h
- Beregn energitætheden for den fuldt opladede batteripakke.

Opgave 6 (C/B/A niveau): Debattér påstande om elbiler

Elbiler og benzinbiler har mange fordele og ulemper. Du kan nemt støve mange påstande op om elbiler over for benzinbiler. Men hvad er fakta? Din lærer udvælger en af disse påstande, som du skal undersøge:

- Det tager alt for lang tid at oplade en elbil - man kan jo ikke vente 5 timer på vej ned gennem Tyskland
- En elbils rækkevidde er alt for kort
- Elbilers batterier holder ikke ret lang tid
- Man kan ikke genanvende batterierne i en elbil!
- En elbil udleder ikke CO₂ under kørsel. Men når man medregner alle udledninger under produktionen af en elbil, ryger fordelene!
- Det nuværende elnet kan sagtens bære de fremtidige ambitioner om 1 million elbiler i 2030

Find kilder via søgninger på Google, men forhold dig kritisk til kilden. Hvis en artikel fx. citerer en rapport, så prøv at finde rapporten i stedet. I kan også finde links i teoriheftet, men selvom de kan give et svar på en påstand, så er de ikke nødvendigvis de nyeste kilder på området.

Facit

Opgave 1

UAFHÆNGIG VARIABEL	AFHÆNGIG VARIABEL
Energiindholdet	Antal elementer
Strømstyrken	Batteripakkens temperatur
Energiforbruget	Spændingsfaldet

Opgave 2

- a) 28,5 kWh
- b) ~ 180 km
- c) Lige præcis (husk der skal genoplades, når der er 10% tilbage)
- d) 275 kr
- e) ~ 1,35 kr/km
- f) 0,17 kWh/kg

Opgave 3

- a) 685 km
- b) ~ 32 MJ/L
- c) 235 MJ
- d) 0,54 kr/km
- e) 0,15 kWh/kg

Opgave 4

- a) De er seriekoblede ($16 \cdot 22,8 \text{ V} = 364,8 \text{ V}$)
- b) De 6 grupper er koblede i serie, og hver gruppe består af 86 parallelt koblede batterier ($6 \cdot 3,8 \text{ V} = 22,8 \text{ V}$)
- c) 69 kWh
- d) $0,22 \Omega$
- e) 84 kW
- f) $0,18 \text{ MJ} = 0,048 \text{ kWh}$ ($P_y = U_0 \cdot I - R_i \cdot I^2$)

Opgave 5

- a) ~ 280 km
- b) $4,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- c) 11,9 kWh/kg
- d) 7,3 kN
- e) ~ 0,22 MW

Opgave 6

Ingen facit

Formler og sammenhænge

Symbol/Formel	Beskrivelse	Enhed
E	Energi	J
τ	Tiden	s
P	Effekt. $P = \frac{\Delta E}{\Delta \tau}$	$W = \frac{J}{s}$
q	Elektrisk ladning.	C
I	Elektrisk strøm. $I = \frac{\Delta q}{\Delta \tau}$	$A = \frac{C}{s}$
U	Spændingsforskel. $U = \frac{\Delta E}{\Delta q}$	$V = \frac{J}{C}$
R	Modstand	Ω
ρ_0	Specifik modstand	$\Omega \cdot m$
$R_0 = \rho_0 \cdot \frac{l}{a}$	Modstanden i en leder med længden l , tværsnitsarealet a og den specifikke modstand ρ_0 ved 293,15 K	
$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0))$	For de fleste elektriske ledere afhænger modstanden lineært af temperaturen. α er den lineære temperaturkoefficient, R_0 er modstanden ved 293,15 K og $T_0 = 293,15$ K. T er temperaturen i kelvin.	
$U = R \cdot I$	Ohms 1. lov (Ohms lov for et lederstykke)	
$U_p = -R_i \cdot I + U_0$	Ohms 2. lov (Ohms lov for et kredsløb). U_p er spændingsfaldet over spændingskildens poler, R_i er spændingskildens indre modstand og U_0 er spændingskildens hvilespænding (også nogle gange kaldet batteriets elektromotoriske kraft EMK)	
$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$	Effekten udtrykt ved U, I og R	

$\Delta E = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$ $= U \cdot I \cdot \Delta t$ $= U \cdot \Delta q$	Joules lov
R_{serie}	Erstatningsmodstanden R_e for seriekobling af modstande $R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_n$
$R_{parallel}$	Erstatningsmodstanden R_e for parallelkobling af modstande $R_e = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots + \frac{1}{R_n} \right)^{-1}$
$U_{0-serie}$	Hvis n ens elementer med hvilespændingen U_0 serieforbindes, vil den samlede hvilespænding være $U_{0-serie} = n \cdot U_0$
$U_{0-parallel}$	Hvis n ens elementer med hvilespændingen U_0 parallelforbindes, vil den samlede hvilespænding være $U_{0-parallel} = U_0$
$U_{p-serie}$	Hvis n ens elementer med hvilespændingen U_0 serieforbindes, og indgår i et kredsløb, vil den samlede polspænding være givet ved $U_{p-serie} = n \cdot (U_0 - R_i \cdot I)$
$U_{p-parallel}$	Hvis n ens elementer med hvilespændingen U_0 parallelforbindes, og indgår i et kredsløb, vil den samlede polspænding være givet ved $U_{p-parallel} = U_0 - \frac{R_i}{n} \cdot I$
P_{maks}	I et kredsløb, vil effekten, der afsættes i det ydre kredsløb P_y , være maksimal når $R_i = R_y \text{ dermed er } P_y = \frac{U_0^2}{4R_y}$ R_y er den samlede modstand (erstatningsmodstanden) i det ydre kredsløb
P_{tot}	Den samlede effekt der afsættes i et kredsløb; incl. den der afsættes i elementet/batteriet $P_{tot} = \frac{U_0 \cdot U_p}{R_y}$
η	I et elektrisk kredsløb er nyttevirkningen givet ved $\eta = \frac{P_y}{U_0 \cdot I} = \frac{R_y \cdot I^2}{R_i \cdot I^2 + R_y \cdot I^2} = \frac{R_y}{R_i + R_y}$ $(\eta \text{ er } 50\% \text{ når } P_y \text{ er maksimal; dvs. } R_i = R_y)$
$\Sigma I_{mod} = \Sigma I_{fra}$	Kirschhoffs 1.lov. Summen af strømmene mod et forgreningspunktet/knude er lig med summen strømmene fra forgreningspunktet/knuden.