

HVERDAGSFYSIK

En powerbanks levetid

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
<i>(Der er hjælp på side 2)</i>		
		Afhængig variabel

2. Eksperimentet

Kort beskrivelse af jeres eksperiment
<i>(Der er hjælp på side 3)</i>

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

Hjælp til observationer

- Den elektriske spænding faldt hurtigt i begyndelsen, langsomt i lang tid, og hurtigt til slut
- Det var en kold dag.
- AA batterierne var varmere end omgivelserne
- Nogle af AA batterierne var koblet i serie og andre parallelt

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 om hypotesen (1) kan be- eller afkræftes. I dette eksempel kan proportionaliteten vurderes, ved at udføre en regression af formen $y = k \cdot x$ på datasættet. Du kan se en video af, hvordan man gør her.

I videoen ses, at regressionen på datasættet, resulterer i en korrelationskoefficient R på 0,99995. Forklaringsgraden bliver dermed $R^2 \cong 1$. Hypotesen om proportionalitet mellem hvilespændingen og antal elementer ved seriekobling, er dermed bekræftet.

Hjælp til målinger ved hjemmeundervisning

Har du et multimeter liggende hjemme, kan du anvende det. Ellers kan multimeter anskaffes for omkring 100 kr i byggemarkeder.

Ekstraopgaver

Opgave 1 (B/A)

HYPOTESER	UAFHÆNGIG VARIABEL	AFHÆNGIG VARIABEL
Den energi der er tilført et batteri under opladning, er proportional med tiden.	Tiden	Energien
Energiindholdet i et batteri, vokser med den ladning der er tilført.		
Temperaturen i batteripakken vokser, når strømmen gennem batteripakken vokser.		
Spændingsfaldet over batteripakken falder, når energiforbruget vokser.		

Opgave 2 (B/A)

På et genopladeligt element står der $1,5\text{ V}$ og 1500 mAh

- Beregn den ladning elementet indeholder, når det er fuldt opladet?
- Beregn den energi elementet indeholder, når det er fuldt opladet?

Det tager 2,5 time at oplade elementet.

- Beregn den gennemsnitlige ladestrøm under opladningen.

Det fuldt opladede element indsættes i et kredsløb. Der går en strøm på $0,20\text{ A}$ i kredsløbet. Elementets indre resistans er $0,15\ \Omega$.

- Bestem elementets polspænding
- Bestem kredsløbets ydre modstand
- Bestem den effekt, hvormed der omdannes energi i det ydre kredsløb
- Bestem den effekt, hvormed der omdannes energi i elementet
- Hvor stor er nyttevirkningen af elementet?
- Vurdér hvor lang tid elementet kan bruges i kredsløbet (levetiden)

Opgave 3 (A)

I en elbil, består batteripakken af 8256 elementer. Hvert element har, fuldt opladt, 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 oplysningerne:

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

Hvert element har en indre modstand på 0,20 Ω .

- Hvad er den samlede indre modstand af batteripakken?

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

- Bestem den elektriske effekt, som batteriet leverer under accelerationen
- Hvor meget energi afsættes der i batteripakken, ved fuld acceleration i 10 sekunder

Opgave 4 (A)

En batteripakke beregnet til en elcykel, består af 40 genopladelige Lithium-ion elementer. Hvert element har hvilespændingen 3,6 V og en indre modstand på 0,038 Ω . Et fuldt opladt element indeholder ladningen 900 mAh. Batteripakken består af 4 parallelt forbundne dele, der hver består af 10 serielt koblede elementer.

På en cykelferie har man taget en ekstra batteripakke med. Batteripakken kobles til en inverter. Den laver jævnstrøm mellem 30V til 36V, om til 230V vekselstrøm, med en effektivitet på 90%. Inverterens vekselstrøms-side, kobles til en skærm og en Xbox. Nyttevirkningen fra inverterens vekselstrømsside til skærm og Xbox, er 95%. Nytteeffekten, for skærm og Xbox, er 100 W.

Jævnstrøms-siden:

- Omregn 900 mAh til enheden C (Coulomb)
- Beregn den energi, der er lagret i ét element, og i hele batteripakken, når den er fuldt opladt
- Hvad er batteripakkens hvilespænding?
- Hvad er den samlede indre modstand i batteripakken?

Vekselstrøms-siden:

- Hvor stor er den totale effekt som inverteren skal levere til skærm og spilkonsol?
- Hvor stor er strømstyrken på inverterens vekselstrømsside?

Så tilbage til jævnstrøms-siden:

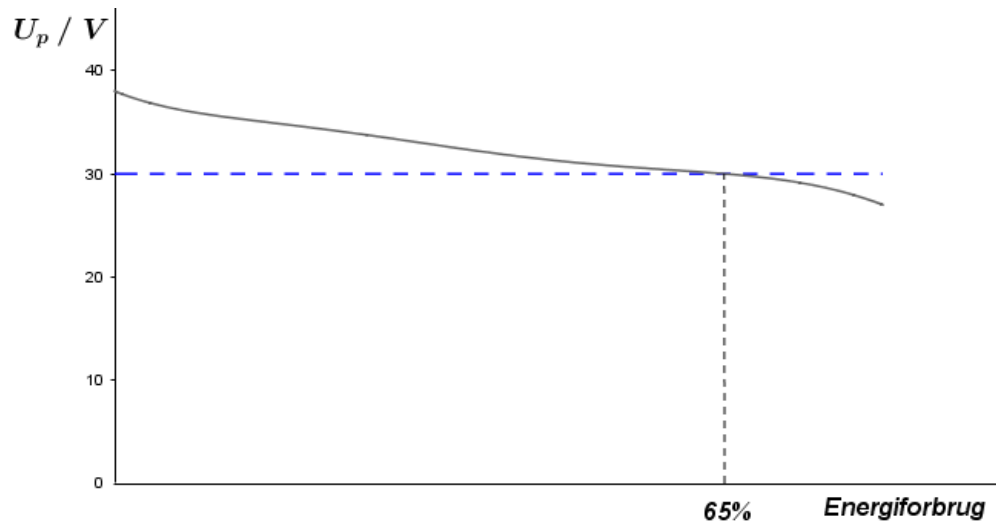
- Hvor stor effekt skal batteripakken levere på inverterens jævnstrømsside?

Opgave 4 (fortsat)

Den fuldt opladte batteripakke er lige blevet tilsluttet inverteren

- h) Hvor stor er strømstyrken på inverterens jævnstrømsside?
- i) Hvor stor er polspændingen på inverterens jævnstrømsside?
- j) Hvor stor er nyttevirkningen af batteripakken?

Det viser sig at polspændingen ikke er konstant, men falder lidt hele tiden. Når 65% af den energi der er lagret i batteripakken er omsat, er polspændingen faldet til 30 V og inverteren slår fra.



- k) Vurdér hvor lang tid man kan bruge skærm samt en spilkonsol (levetiden)?



Facitliste

Opgave 1

Uafhængig variabel	Afhængig variabel
Tilført ladning	Energiindholdet
strømmen gennem batteripakken	Temperaturen i batteripakken
Energiforbruget	Spændingsfaldet over batteripakken

Opgave 2

- a) 5,4 kC
- b) 8,1 kJ
- c) 0,60 A
- d) 1,47 V
- e) 7,4 Ω (7,35 Ω)
- f) 0,290 W
- g) 0,294 W
- h) 6,0 mW
- i) 98%
- j) ca. 7,5 h

Opgave 3

- 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 Ω
- e) 84 kW
- f) 0,18 MJ = 0,048 kWh ($P_y = U_0 \cdot I - R_i \cdot I^2$)

Opgave 4

- a) 3,24 kC
- b) 11,7 kJ hhv. 467 kJ
- c) 36,0 V
- d) 95,0 m Ω
- e) 105 W
- f) 0,458 A
- g) 117 W
- h) 3,37 A ($P_y = U_0 \cdot I - R_i \cdot I^2$)
- i) 34,7 V
- j) ~ 96%
- k) ca. 64 min.

Symbol/Formel	Beskrivelse	Enhed
E	Energi	J
t	Tiden	s
$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$	Effekt	$W = \frac{J}{s}$
q	Elektrisk ladning	C
$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$	Elektrisk strøm	$A = \frac{C}{s}$
$U = \frac{\Delta E}{\Delta q}$	Spændingsforskel	$V = \frac{J}{C}$
R	Modstand	Ω
$U = R \cdot I$	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, R_i er den indre modstand og U_0 er hvilespændingen	
$P = U \cdot I$	Effekten udtrykt ved U, I og R . Alternative former: $P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$	
$\Delta E = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$	Joules lov. Alternative former: $\Delta E = U \cdot I \cdot \Delta t = U \cdot \Delta q$	
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 $R_e = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)^{-1}$	
$U_{0-serie}$	n ens elementer, med hvilespændingen U_0 , serieforbinderes. Den samlede hvilespænding er da: $U_{0-serie} = n \cdot U_0$	
$U_{0-parallel}$	n ens elementer, med hvilespændingen U_0 , parallelforbinderes. Den samlede hvilespænding er da: $U_{0-parallel} = U_0$	
$U_{p-serie}$	n ens elementer, med hvilespændingen U_0 , serieforbinderes og indgår i et kredsløb. Den samlede polspænding er da: $U_{p-serie} = n \cdot (U_0 - R_i \cdot I)$	
$U_{p-parallel}$	n ens elementer, med hvilespændingen U_0 , parallelforbinderes og indgår i et kredsløb. Den samlede polspænding er da $U_{p-parallel} = U_0 - \frac{R_i}{n} \cdot I$	
P_{maks}	I et kredsløb, vil effekten der afsættes i det ydre kredsløb P_y , være maksimal når $R_i = R_y$ dermed er $P_y = \frac{U_0^2}{4R_y}$ Hvor R_y er den samlede modstand (erstatningsmodstanden) i det ydre kredsløb	
η	I et elektrisk kredsløb er nyttevirkningen givet ved: $\eta = \frac{P_y}{U_0 \cdot I} = \frac{R_y \cdot I^2}{R_i \cdot I^2 + R_y \cdot I^2} = \frac{R_y}{R_i + R_y}$ (η er 50% når P_y er maksimal; dvs. $R_i = R_y$)	