

Praktische opdracht 1

Elektriciteit: Kwaliteit van batterijen

Algemene beschrijving

Omschrijving

In deze praktische opdracht gaan leerlingen onderzoeken uit voeren om op basis van deze onderzoeken een consumentenbondartikel te schrijven over de kwaliteit en duurzaamheid van batterijen en een aanbeveling te doen voor de “beste” batterij. Het doel van deze opdracht is het geleerde tot nu toe te passen en een bewustwording te creëren over batterijen en het milieu (duurzaamheid) en prijs/kwaliteitsverhouding. De volgende kwaliteitscriteria voor een goede batterij worden gebruikt:

- Geeft de batterij de juiste spanning
- De hoeveelheid energie in de batterij/capaciteit van de batterij
- De energiedichtheid (zo hoog mogelijk ivm minder transportkosten)
- De inwendige weerstand van de batterij (zo laag mogelijk)

Voor de bepaling van de inwendige weerstand zijn een aantal mogelijkheden voor het verwerken van de data: via Excel en de grafische rekenmachine TiNspire. De benodigde bestanden en uitleg worden als bijlage bij dit materiaal geleverd.

Elk groepje leerlingen onderzoekt zijn eigen type/merk batterij. Alle meetgegevens worden verzameld en vervolgens teruggegeven aan de leerlingen die er vervolgens een artikel over schrijven. Op deze manier is ieders inbreng van belang en krijgen de leerlingen een dataset tot hun beschikking om hun artikel op te baseren.

Leerdoelen

- Begrip elektriciteitsdichtheid
- Inwendige weerstand
- Capaciteit van een batterij
- Natuurkundetaal versus consumententaal
- Kwaliteitsbeoordeling
- Milieueducatie
- Artikel schrijven

Voorkennis

- Spanning, stroomsterkte, vermogen, capaciteit ($Q = I \cdot t$) of energie ($E = P \cdot t$)
- Energiedichtheid = $\frac{E}{m}$
- Interpretatie van grafieken
- Oppervlakte bepalen onder grafieken
- Combineren van weerstanden uit practicum P4

Benodigheden

- Verschillende merken en typen batterijen (AAA, AA, knoopcel, blok)
- Verschillende weerstanden (van ongeveer 1 à 2 Ω tot 100 Ω)
- Weegschaal
- Opstelling waarmee je langdurig stroom en spanning kunt meten (voorkeur).
- Alternatief: spanning en stroommeter en stopwatch

- Laptop of Chromebook

Klassikale introductie van het practicum

- Laat leerlingen als introductie een consumentenbondartikel lezen (als huiswerk).
- Bespreek de opzet van het artikel. Uit welke onderdelen bestaat het artikel?
- Introduceer de praktische opdracht en het tijdspad.
- Herhaal de relaties tussen energie, spanning, stroom, vermogen en tijd en tussen capaciteit, stroomsterkte en tijd.
- Verdeling van taken
- Bespreek wat de impact is van batterijen op het milieu (transport, afval, energiedichtheid)
- Wat is een goede batterij?

Uitvoering

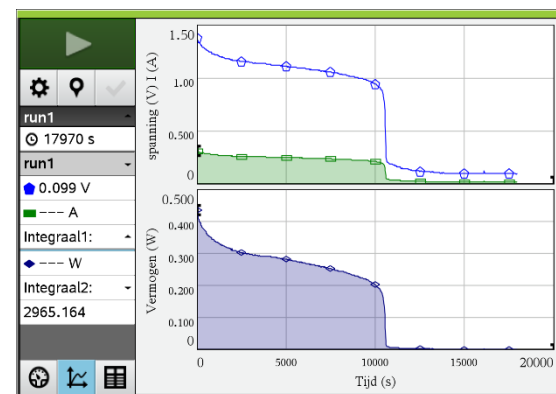
Laat leerlingen vooraf hun batterij wegen en de massa noteren.

Energie inhoud van een batterij/capaciteit van een batterij

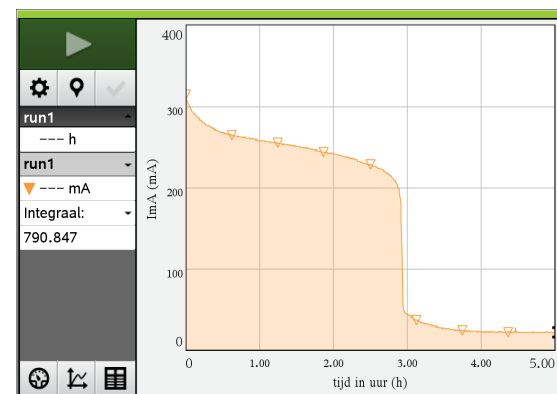
- Sluit de batterij, weerstand, spanning- en stroommeter aan. Je kunt een bekende weerstand nemen en alleen de spanning meten. Met behulp van $I = \frac{U}{R}$ kun je dan de stroomsterkte berekenen. Voor een lange meting kun je bijvoorbeeld een Coach lab gebruiken. Ook kunnen leerlingen elke 5 à 10 minuten een metingen doen. Een hele meting duurt ongeveer 3 uur afhankelijk van de weerstand.
- Laat het vermogen berekenen met $P = U \cdot I$.
- Teken het P,t diagram en bepaal de oppervlakte onder deze grafiek. (zie figuur 1).
- Maak een diagram met op de y-as de stroomsterkte in mA en op de x-as de tijd in uren. Bepaal ook in dit diagram de oppervlakte. Dit geeft de capaciteit in mAh. Dit is een veelgebruikte eenheid voor oplaadbare batterijen en (telefoon)accu's.

Bepaling inwendige weerstand van een batterij

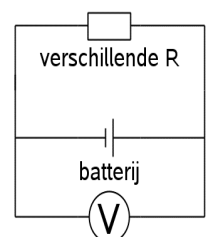
- Gebruik een nieuwe batterij (voor elk groepje dezelfde batterij (merk en type) die ze eerder hebben gebruikt).
- Meet de spanning van de batterij als er geen weerstand is aangesloten. Dit is U_b
- Sluit een weerstand aan op een batterij (zie figuur 3). Meet de spanning over de weerstand. Bouw de schakeling zodanig dat je makkelijk de weerstand kunt veranderen. Je kunt gebruik maken van een breadboard en de schakelingen die de leerlingen bedacht hebben in practicum P4. Je kunt ook een variabele weerstand gebruiken. Het bereik moet wel groot zijn (van ongeveer 1 à 2 Ω tot ongeveer 100 Ω). Begin bij de grootste weerstandswaarden en ga naar steeds kleiner omdat de spanning van de batterij inzakt als hij meer stroom geleverd heeft (zie figuur 1).
- Noteer in een tabel de aangesloten weerstand en de gemeten spanning.
- De verdere bepaling van de inwendige weerstand staat uit gelegd bij het kopje: **Voorbeeld resultaten bepaling inwendige weerstand.**



Figuur 1 Bepaling energie-inhoud in J



Figuur 2 Bepaling capaciteit in mAh



Figuur 3 Schakeling om inwendige

Organisatie

Deze praktische opdracht kost behoorlijk wat tijd. Vooral het bepalen van de hoeveelheid energie in een batterij. Je kunt de tijd verkorten door een nog kleinere weerstand te nemen, maar de batterij gaat snel kapot als je een te grote stroom laat lopen. Bij een weerstand van $4,4 \Omega$ duurde het ongeveer 3 uur bij een AA batterij. Het beste is als de leerlingen een opstelling klaarzetten voor het meten van de energie. Daar elke 10 minuten heen lopen om een meting te doen en vervolgens verder gaan met het bepalen van de inwendige weerstand van een batterij. Deze praktische opdracht leent zich goed voor een activiteitenweek.

Geef elke groep twee dezelfde batterijen (type en merk) voor het bepalen van de inwendige weerstand en energie-inhoud. Dit wordt dan “hun” batterij.

Verzamel na afloop in een spreadsheet (bijvoorbeeld via een google.forms formulier) alle benodigde gegevens van de batterijen. Het formulier zou de volgende gegevens moeten ophalen:

- Naam van personen die metingen hebben uitgevoerd
- Type batterij
- Merk batterij
- Energie-inhoud
- Capaciteit
- Massa van batterij
- Bronspanning van batterij
- Inwendige weerstand van batterij
- Prijs van batterij per stuk

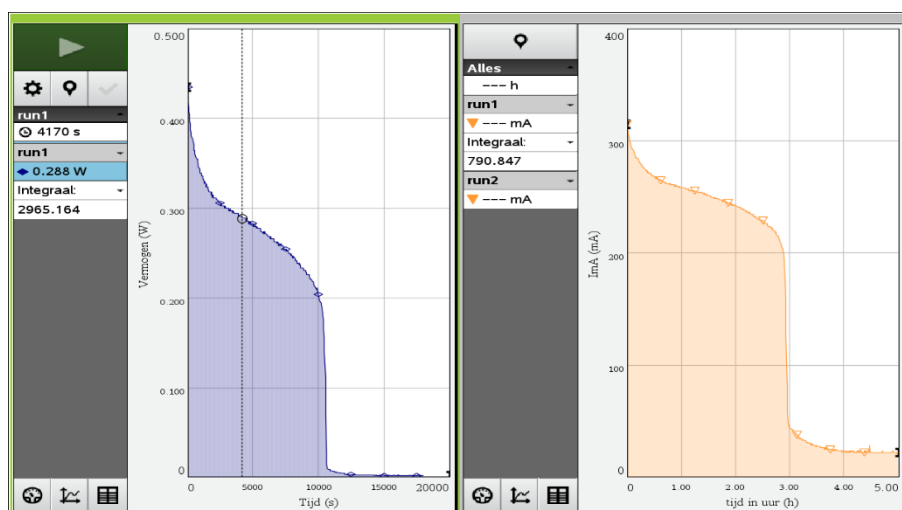
Geef aan de leerlingen een tijdstip op wanneer ze de gegevens moeten hebben ingevuld. Als alle gegevens zijn ingevuld kun je via classroom of teams de data delen met de leerlingen. Vervolgens kunnen de leerlingen aan de slag met het schrijven van een consumentenbondartikel.

Voorbeeld resultaten Energie-inhoud van batterij/capaciteit van een batterij

In het volgende figuur staan de resultaten die zijn gemeten met een weerstand van $4,40 \Omega$ en een AA batterij. Merk is onbekend.

De integraal onder het P,t diagram geeft een energie van 2965 J. De integraal onder het I,t diagram geeft een capaciteit van 791 mAh.

Uiteraard zijn deze grootheden gekoppeld. Het is voor de betere/snellere leerling een uitdaging de relatie te onderzoeken tussen de capaciteit Q en de energie E.

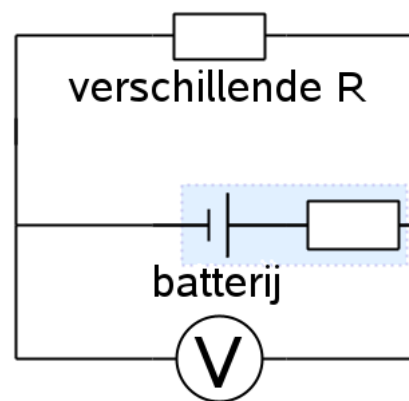


Figuur 4 Metingen aan batterij

Voorbeeld resultaten bepaling inwendige weerstand

Bij de bepaling van een de inwendige weerstand van de batterij moet de schakeling van figuur 3 worden vervangen door de schakeling van figuur 5 De spanning die de batterij afgeeft is te bepalen met:

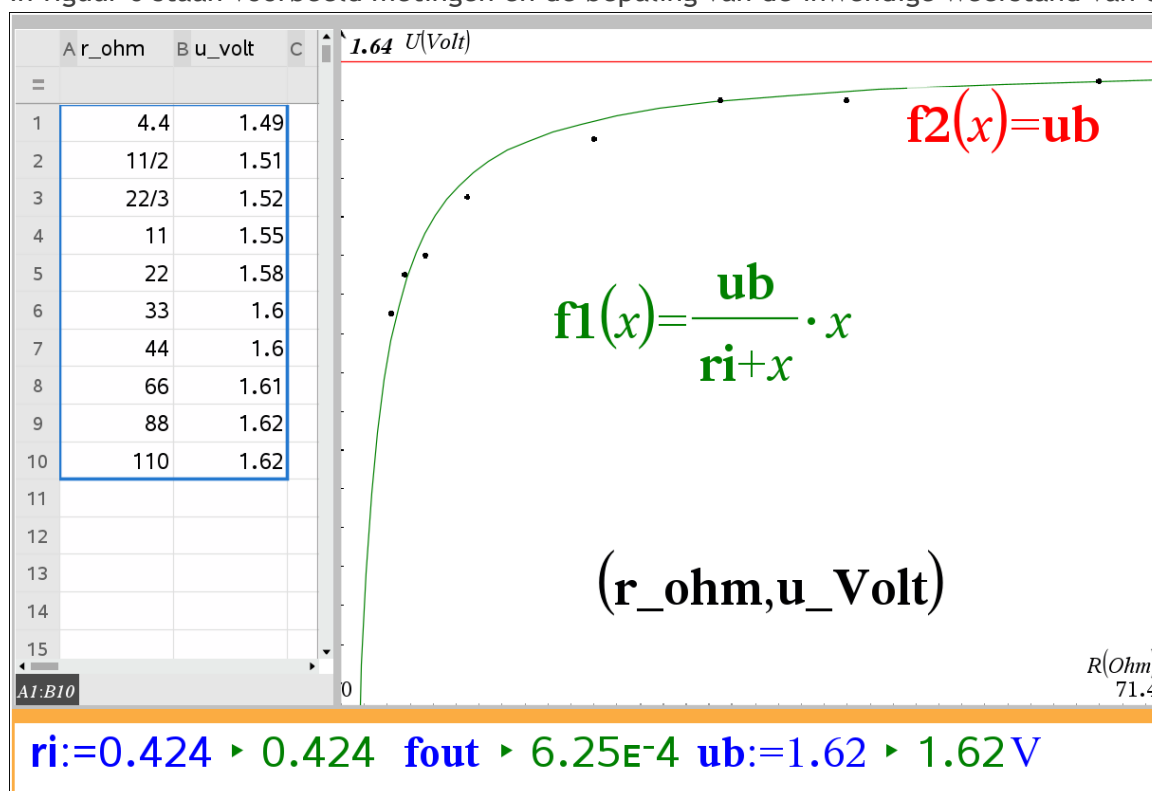
$$\begin{aligned}
 U_b &= U_{inw} + U_{uitw} \\
 U_{uitw} &= U_b - U_{inw} = U_b - I \cdot R_{inw} \\
 U_{uitw} &= U_b - \frac{U_b}{R_{inw} + R_{uitw}} \cdot R_{inw} \\
 U_{uitw} &= U_b \cdot \left(1 - \frac{R_{inw}}{R_{inw} + R_{uitw}}\right) \\
 U_{uitw} &= U_b \cdot \left(\frac{R_{inw} + R_{uitw}}{R_{inw} + R_{uitw}} - \frac{R_{inw}}{R_{inw} + R_{uitw}}\right) \\
 U_{uitw} &= U_b \cdot \left(\frac{R_{uitw}}{R_{inw} + R_{uitw}}\right) \quad [1]
 \end{aligned}$$



Figuur 5 Inwendige weerstand van batterij

In bovenstaande vergelijking meten we U_{uitw} en stellen we R_{uitw} in. U_b is bepaald door de spanning te meten over de batterij zonder de weerstand.

In figuur 6 staan voorbeeld metingen en de bepaling van de inwendige weerstand van de batterij.



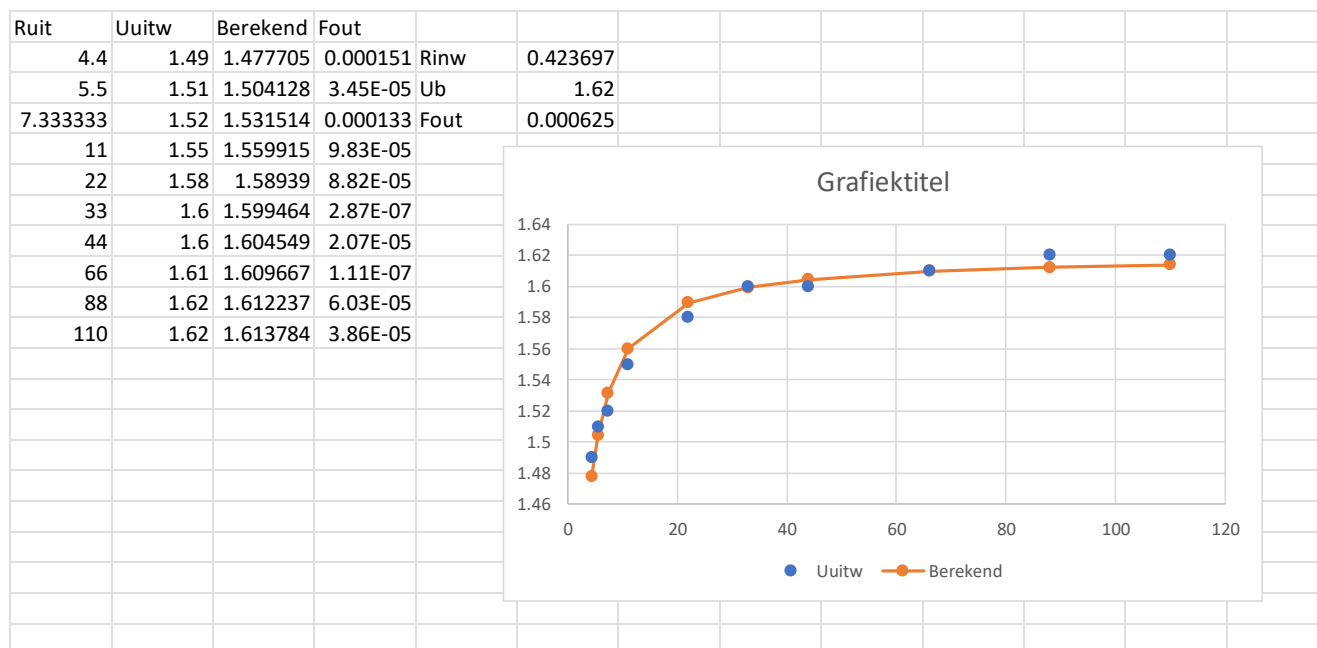
Figuur 6 Bepaling inwendige weerstand van een batterij

In dit voorbeeld is de bronspanning zonder belasting gelijk aan 1,62 V. Handmatig is bepaald dat de fout het kleinste is bij een inwendige weerstand van 0,424 Ω . De fout is bepaald met de formule:

$$Fout = \sum(F(R) - U_{uitw})^2 \quad [2]$$

Er zijn verschillende manieren om de fout te definiëren.

In Excel kan dit gedaan worden met de optie doelzoeken (Wat als analyse, op het tabblad gegevens).



Figuur 7 Bepaling inwendige weerstand batterij met Excel. De uitwendige spanning is berekend met formele 1 en de fout met formule 2