

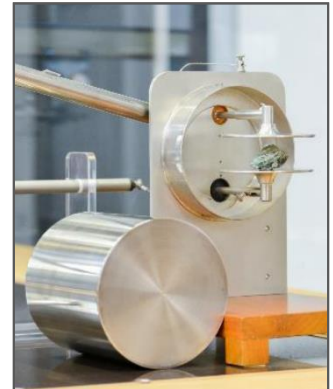
HYDRAULISCHE ANALOGIE VAN DE CURIE-METHODE

HOE RADIOACTIVITEIT METEN?

HET MYSTERIE VAN DE ELEKTROSCOOP

In de 19de eeuw baarde een enigma wetenschappers zorgen over een apparaat: de elektroscop. Het bestaat uit twee gouden bladen. Als gevolg van afstotende krachten tussen ladingen van hetzelfde teken, scheiden deze gouden bladen zich wanneer ze worden opgeladen. Hoe groter de uitgeoefende belasting, hoe groter de opening tussen de bladen. Probleem: ook al is het apparaat elektrisch geïsoleerd, de bladeren bewegen dichter naar elkaar toe. De elektroscop ontladst spontaan.

Een deel van het antwoord wordt gegeven door Henri Becquerel wanneer hij met een geladen elektroscop een radioactief erts benadert: de ontlading is dan sneller. Volgens hem is het dus de aardse radioactiviteit die verantwoordelijk is voor de ionisatie van de lucht rond de elektroscop, en dus voor de ontlading ervan. Ionisatie is het proces waarbij een elektron uit een atoom wordt verwijderd, waardoor dat atoom in een positief ion wordt getransformeerd.



Chambre d'ionisation (Source : Musée Curie)

DE CURIE-METHODE



Electromètre à quadrants de Mascart (Source : Collection UMONS)

Onderzoek naar radioactiviteit gaat verder met Pierre en Marie Curie. Het wetenschappelijke koppel wil het fenomeen kwantificeren. Het kwantificeren van de ladingen die door ionisatie gedurende een bepaalde tijd worden geproduceerd, geeft informatie over de activiteit van het monster, we spreken van de ionisatiestroom. Hoe groter deze stroom, hoe radioactiever het monster. Om deze stroom te meten, kwamen ze op het idee om een ionisatiekamer aan te sluiten op een kwadranten-elektrometer.

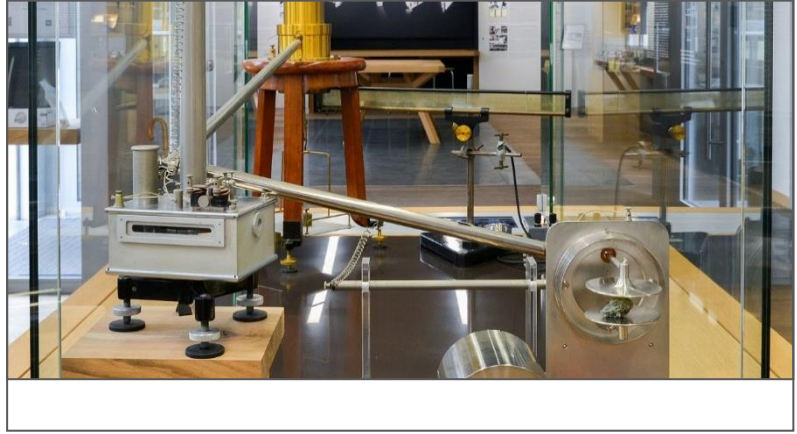
De kwadranten-elektrometer bestaat uit een lange, zeer dunne draad, aan het uiteinde waarvan een spiegel is bevestigd die om zichzelf kan draaien. Hoe meer de elektrometer is opgeladen, hoe meer de spiegel wordt afgebogen. De afwijking wordt afgelezen met behulp van een lichtbron die daardoor wordt gereflecteerd op een liniaal met schaalverdeling.

Eén element onderscheidt hun meetmethode van andere: de toevoeging van een standaard piëzo-elektrisch kwarts. Kwarts heeft de eigenschap dat het bij vervorming ladingen kan vrijgeven, dit is piëzo-elektriciteit. Deze hoeveelheid ladingen is bekend voor gekalibreerd kwarts.

SCIENCE ON STAGE

Het doel van de Curie-methode is om de ladingen te bepalen die worden geproduceerd door een radioactief monster (onbekend) door deze te compenseren met die van het piëzo-elektrische kwarts (bekend). Deze methode doet denken aan de werking van oude panbalansen, waardoor het mogelijk is om met behulp van standaarden een onbekende massa te meten. We hebben het over de nulmethode.

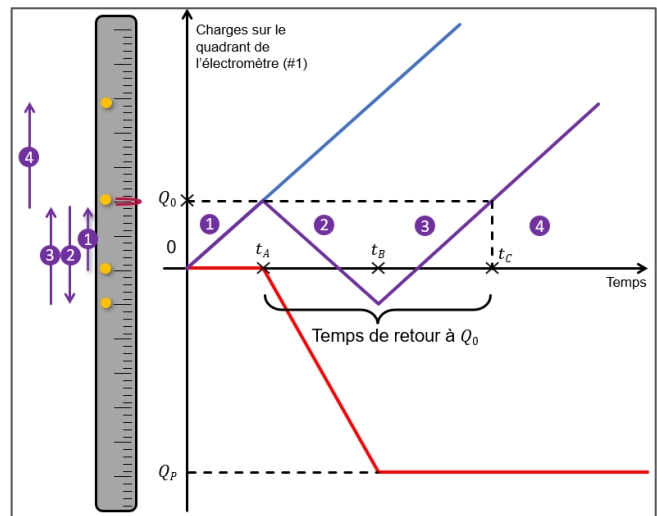
HYDRAULISCHE ANALOGIE VAN DE CURIE-METHODE



Dispositif de mesure de la méthode Curie (Source : Musée Curie)

De procedure voor het uitvoeren van de meting is als volgt :

1. We beginnen door de radioactieve bron de elektrometer te laten opladen. Vanaf dat moment beweegt het door de spiegel gereflecteerde lichtpunt in een bepaalde richting op de liniaal.
2. Op een gegeven moment t_A beginnen we de ladingen uit het piëzo-elektrische kwarts vrij te geven en tegelijkertijd starten we de stopwatch. De positie van het lichtpunt is gemarkeerd. De ladingen van het kwarts en het radioactieve monster tellen op.
3. Op een gegeven moment t_B komen alle door het kwarts geproduceerde ladingen vrij. Het lichtpunt beweegt weer in de oorspronkelijke richting.
4. Op een gegeven moment t_C keerde het lichtpunt terug naar de uitgangspositie. Dit betekent dat de door het kwarts geleverde lading volledig is gecompenseerd door de ionisatiekamer. Wij stoppen de timer.



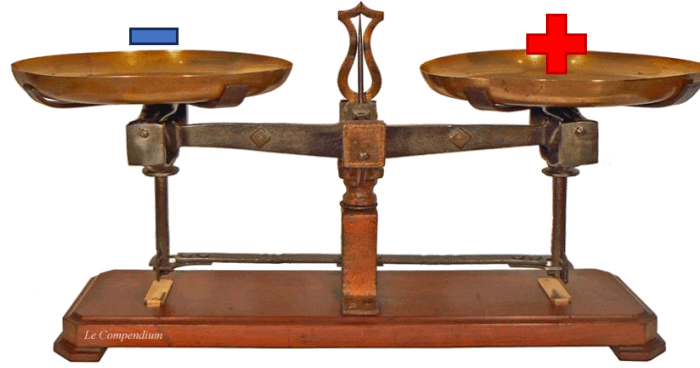
CHARGES SUR LE QUADRANT DE L'ÉLECTROMÈTRE (#1)	
$t = 0$	Switch OFF \Rightarrow Libération de charges de la chambre ionique.
① $0 \rightarrow t_A$	Q de la chambre ionique augmentant linéairement jusqu'à Q_0 .
$t = t_A$	Départ du chrono & départ de la déformation du quartz piézoélectrique.
② $t_A \rightarrow t_B$	Somme des charges Q_p libérés par le quartz et Q de chambre ionique.
③ $t_B \rightarrow t_C$	Compensation de Q_p par Q de la chambre ionique jusqu'à Q_0 .
$t = t_C$	Arrêt du chrono.
Courant d'ionisation de la source radioactive = $\frac{Q_p}{t_C - t_A}$	
④ $t_C \rightarrow \infty$	La chambre ionique libère toujours des charges à l'électromètre jusqu'à ce qu'elle s'allume.

De gemeten tijd komt overeen met de tijd die de radioactieve bron nodig heeft om de bekende hoeveelheid elektrische ladingen die door het piëzo-elektrische kwarts worden afgegeven, te compenseren. Zo kunnen we de ionisatiestroom van de radioactieve bron afleiden en het verband leggen met zijn activiteit .

HYDRAULISCHE ANALOGIE VAN DE CURIE-METHODE

Het begrijpen van de meting van radioactiviteit met behulp van de Curie-methode is geen gemakkelijke oefening. Het gaat over het manipuleren van lasten, objecten die onzichtbaar zijn voor onze ogen. Daarom raden wij u aan een experiment uit te voeren waarbij de ladingen door water worden vervangen !

In deze hydraulische analogie maakt de kwadrant-elektrometer plaats voor een panbalans . De rechterplaat vertegenwoordigt de positieve ladingen die door de elektrometer worden ontvangen en de linkerplaat de negatieve ladingen. De aflezing van de balansnaald toont de som van deze ladingen, net als de aflezing van de elektrometer.



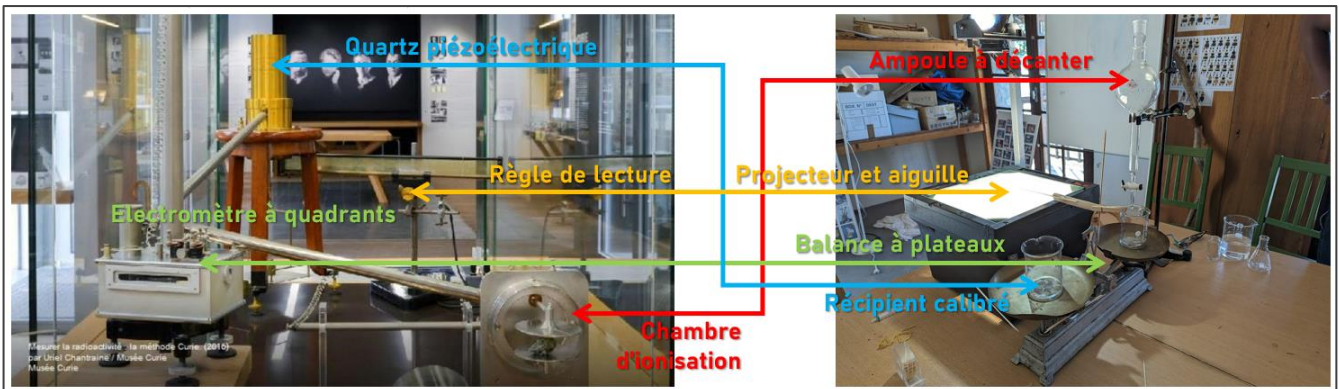
Bij historische metingen levert de ionisatiekamer positieve ladingen, gecreëerd door de radioactieve bron, aan de elektrometer, terwijl het piëzo-elektrische kwarts negatieve ladingen levert.

De **ionisatiekamer** levert voortdurend ladingen. Om dit weer te geven gebruiken we een **scheitrechter** voorzien van een kraan die een **waterstroom met een constante snelheid laat stromen**.

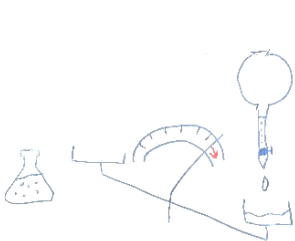
Piëzo-elektrisch kwarts levert een bekende hoeveelheid lading. Wij vervangen het in onze analogie door een **bekerglas dat een bepaalde hoeveelheid water bevat**.

Om de aflezing van de schaal nauwkeuriger te maken, verlengen we de naald met een stok.

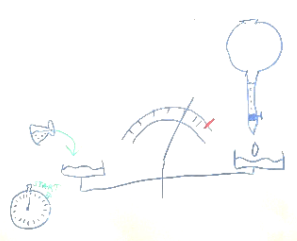
Hieronder kunt u met een vergelijkend diagram alle experimentele apparaten visualiseren:



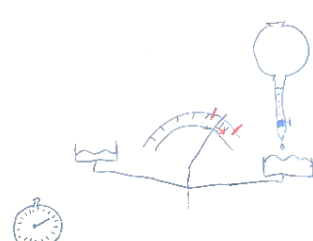
Het experiment kan beginnen en het protocol kan als volgt in beeld worden gebracht!



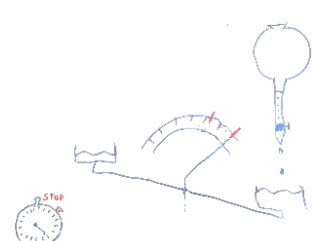
We zetten de kraan van de scheitrechter open zodat deze druppel voor druppel stroomt.



Noteer tegelijkertijd de positie van de naald, giet het standaardvolume water erin en start de timer.



We geven de naald de tijd om terug te keren naar de referentiepositie, genoteerd in de vorige stap.



Zodra de wijzer zijn referentiepositie heeft bereikt, stoppen we de chrono en registreren we het tijdsinterval.

Wanneer de manipulatie de eerste keer volledig is uitgevoerd, moet deze worden herhaald om een veelheid aan resultaten te kunnen vergelijken. Als deze resultaten consistent zijn, is het mogelijk om het experiment voort te zetten door het protocol opnieuw te starten met andere hoeveelheden standaardwater.

Zodra alle metingen zijn uitgevoerd, is het mogelijk om het fenomeen verder te bestuderen door de gegevens in een grafiek weer te geven en een lineaire regressie uit te voeren.

Maar welk doel zal dit allemaal dienen? Wat is de conclusie van deze manipulaties?

Via de hoeveelheid water die in een bepaalde tijd uit de scheitrechter is gestroomd, is het mogelijk het debiet te berekenen. Na het uitvoeren van de lineaire regressie van onze gegevens komt de verkregen helling inderdaad overeen met de stroom.

In onze analogie, waarbij water het equivalent is van ladingen, is de stroomsnelheid het equivalent van de hoeveelheid lading gemeten over een bepaalde tijd. Met andere woorden: het is radioactieve activiteit! Het oorspronkelijke doel is dus bereikt!

WAAROM IS DEZE ANALOGIE INTERESSANT VOOR EEN LERAAR?

- Omdat je hiermee met weinig geld een historisch experiment in de klas kunt uitvoeren.
- Omdat het mogelijk is een experiment uit te voeren met het meten van radioactiviteit, moet u de fysische verschijnselen begrijpen die tot deze meting leiden, zonder gebruik te maken van enige bron.
- Omdat het de student vertrouwd maakt met een experimenteel proces.
- De analogie-oefening kan aan de leerling worden gegeven als een uitdaging door hem te vragen zich voor te stellen het geheel op te bouwen uit de afzonderlijke elementen.
- Omdat het ons in staat stelt te begrijpen dat een meting altijd gepaard gaat met een fout en manieren kan vinden om het resultaat te optimaliseren door de metingen te vermenigvuldigen.
- Omdat u hiermee gegevens in een grafiek kunt weergeven en een wiskundige studie van de puntenwolk kunt uitvoeren met behulp van lineaire regressie. De grafische aflezing is ook belangrijk omdat de helling overeenkomt met de stroming.
- ...