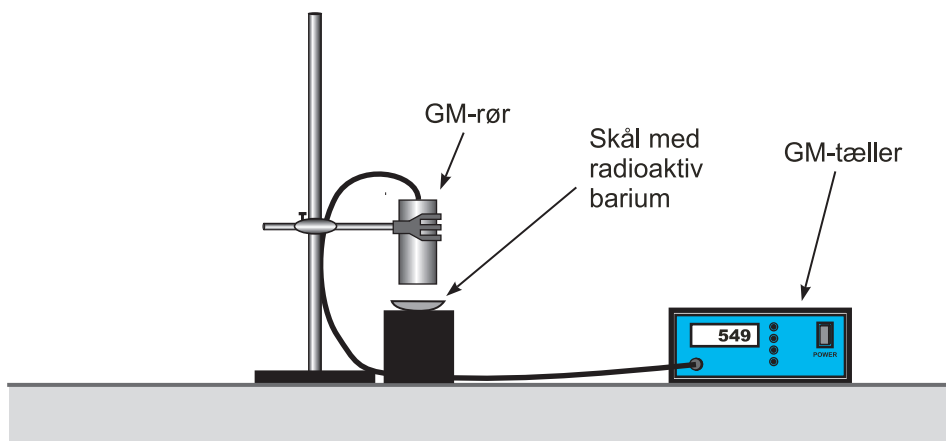


## Radioaktive henfald

### Formål

Formålet i denne øvelse er at eftervise henfaldsloven  $A(t) = A_0 \cdot e^{-kt}$ , hvor  $A_0$  er den radioaktive kildes aktivitet til tidspunktet  $t = 0$ ,  $A(t)$  er aktiviteten til tidspunktet  $t$  og  $k$  er henfaldskonstanten.

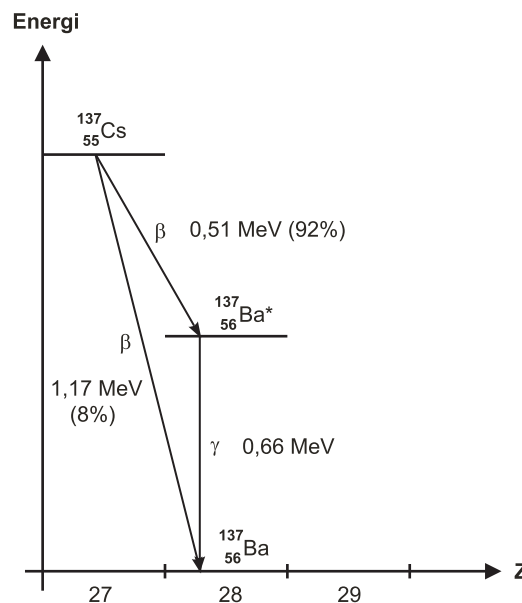


### Apparatur

En Barium-generator, udtræksvæske, sprøjte, lille skål til at indeholde den radioaktive væske, et GM-rør, en GM-tæller samt et stativ.

### Teori

Cs-137 henfalder til barium under udsendelse af betastråling. Enten henfalder cæsium til barium i grundtilstanden eller også til barium i en exciteret tilstand, betegnet med  $Ba^*-137$ . Sidstnævnte henfalder videre til grundtilstanden under udsendelse af gammastråling. Det er den sidste proces, vi er interesseret i. Den teoretiske værdi for halveringstiden for nævnte  $\gamma$ -henfald er 2,6 minutter.



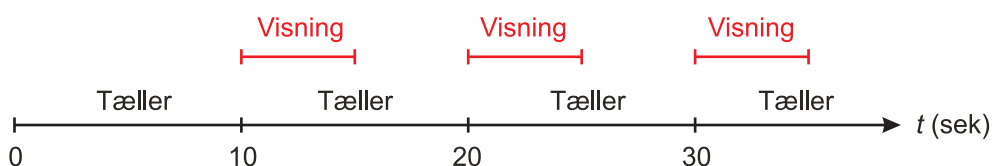
**VEND!**

## Forsøg

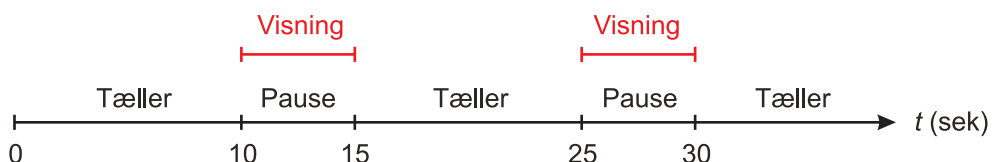
Start med at bestemme en værdi for baggrundstællertallet i et tidsrum på 10 sekunder, for eksempel som et gennemsnit af fem målinger. En barium-generator indeholder Cs-137. Denne isotop henfalder efter ovennævnte skema. Efter generatoren har ligget ubenyttet i et stykke tid vil der indfinde sig en ligevægt, således at der dannes lige så meget exciteret barium, som der henfalder. Der befinder sig altså en mængde exciteret barium i generatoren. Dette kan udvaskes med en særlig opløsning, som indeholder blandt andet en svag syre. I praksis tager man en sprøjte og sætter en stump slange på, hvorefter man suger en smule af opløsningen op i sprøjten. Slangen fjernes fra sprøjten og lukkeanordningerne på generatoren fjernes. Derefter skrues sprøjten på den ende, hvor der er gevind. Endelig presses i alt 7 dråber af opløsningen igennem generatoren. Det er vigtigt, at dette gøres forsigtigt, så generatoren ikke ødelægges og cæsium slipper med ud!! Derefter starter man straks Geiger-Müller tælleren.

Bemærk, at vi har både gule og blå GM-tællere. De virker på lidt forskellig måde:

*Gule tællere:* Tællertallet i et tidsrum på 10 sekunder angives hver 10. sekund. Tællertallene bliver vist i 5 sekunder, mens GM-tælleren tæller videre internt.



*Blå tællere:* Der tælles i 10 sekunder, holdes pause i 5 sekunder, tælles i 10 sekunder, holdes pause i 5 sekunder, etc. Visningen foregår i pausen.



Med de gule tællere får man således tællertal til følgende tidspunkter (sek): 0, 10, 20, 30, 40, 50, ... Med de blå tællere får man derimod tællertal til tidspunkterne (sek): 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, ... Du bør foretage målinger i omkring 600 sekunder, altså 10 minutter. Lad gerne tælleren stå en stykke tid efter du er holdt op med at notere tællertal ned, så du kan se om tællertallet nærmer sig baggrundstællertallet efter ca. 30 min. Tællertallene noteres ned i skemaet på næste side. Husk baggrundstællertallet!

$$n_{\text{bag}} = \boxed{\phantom{000000}}$$

Tidspunkt $t$ (sek)										
Tælleletal $n$										

Tidspunkt $t$ (sek)										
Tælleletal $n$										

Tidspunkt $t$ (sek)										
Tælleletal $n$										

Tidspunkt $t$ (sek)										
Tælleletal $n$										

Tidspunkt $t$ (sek)										
Tælleletal $n$										

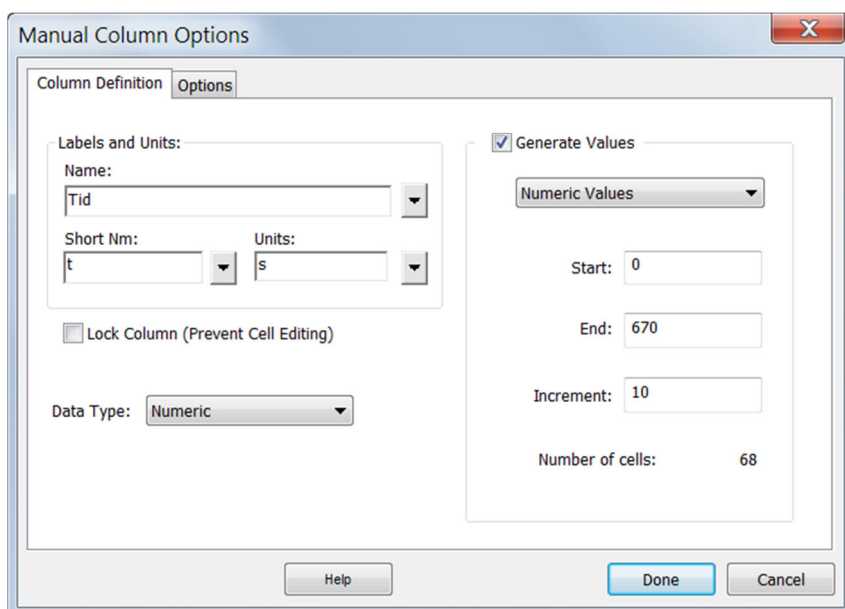
Tidspunkt $t$ (sek)										
Tælleletal $n$										

Tidspunkt $t$ (sek)										
Tælleletal $n$										

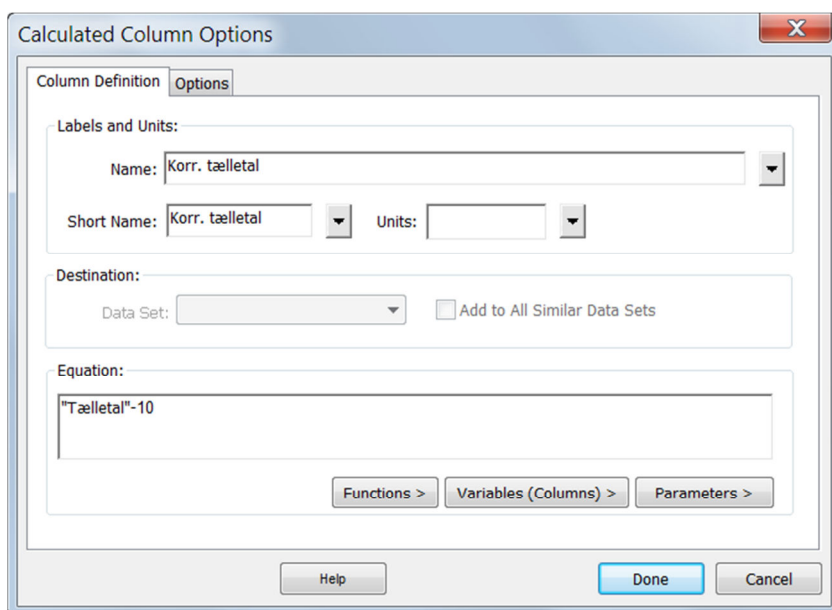
### Databehandling

Vi skal bruge *Logger Pro* til at analysere data.

- Indtast tidspunkterne for målingerne i en *Manual Column* i *Logger Pro*: Benyt menuen *Data > New Manual Column....* Da der er et system i talværdierne, kan du få *Logger Pro* til automatisk at generere dem. Det er gjort i et eksempel nedenfor, hvor den gule tæller er benyttet og hvor der er talt i 670 sekunder i alt. Husk også at angive *Name*, *Short Nm* og *Units*.

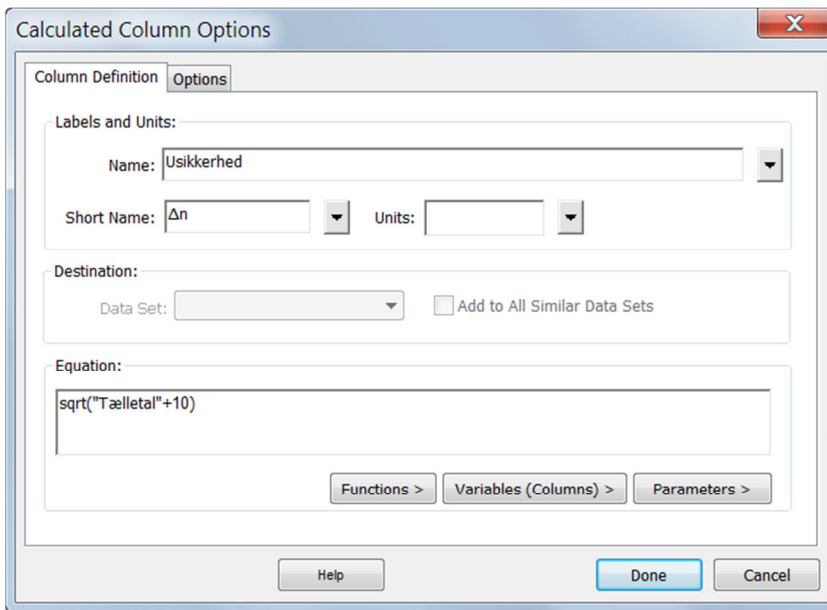


- b) Lav igen en *Manuel Column* og skriv tællertallene ind heri. Her er du nødt til at skrive tallene ét efter ét, da der ikke er noget system i tællertallene. Kald kolonnen ”Tælletal” både som navn og kort navn. Tælletal er et tal uden enheder (dimensionsløst tal), så lad *Units* være tomt.
- c) Vi skal lave en tredje kolonne med de korrigerede tælletal. Denne kolonne kan beregnes ved at trække baggrundstællertallet fra hvert af tællertallene ( $n_{kor} = n - n_{bag}$ ), så vi kan passende bruge en *Calculated Column*, som fås i menuen *Data > New Calculated Column...* . I dialogboksen trykker man på knappen *Variables* og vælger den vi har kaldt for ”Tælletal” fra punkt b). Træk baggrundstællertallet fra. På figuren nedenfor er der trukket 10 fra, fordi baggrundstællertallet i det tilfælde var 10. Afslut med at trykke på *Done*.



- d) Vi skal have lavet en kolonne med usikkerhederne på tællertallene. Usikkerheden på tællertallet  $n$  beregnes ud fra formlen  $\Delta n = \sqrt{n + n_{bag}}$ . Derfor kan vi igen gøre det via en *Calculated Column*, som det ses på figuren nedenfor. Bemærk, at sqrt er for-

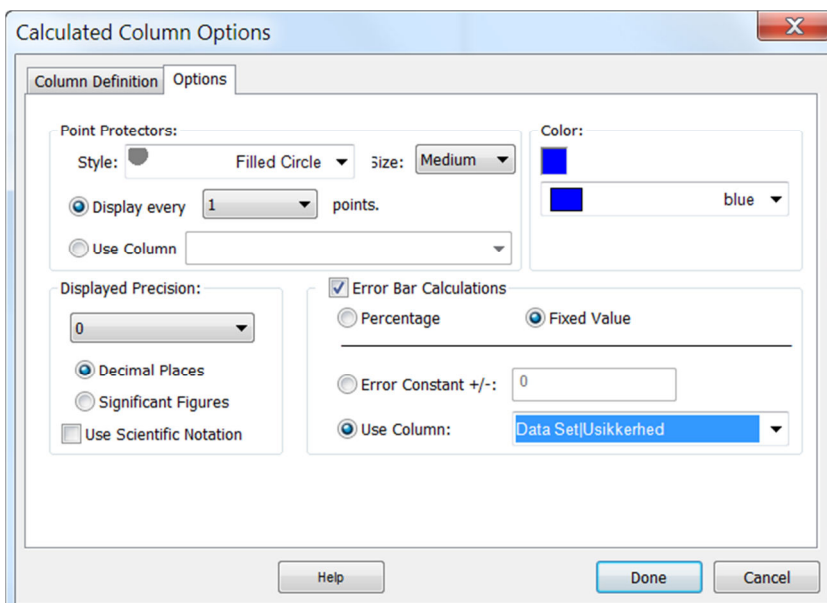
kortelsen for *square root*, der på engelsk betyder kvadratrodd! Du kan i øvrigt finde forskellige funktioner ved at klikke på *Functions* knappen.



Det skulle gerne så nogenlunde sådan ud (med andre tal):

Data Set				
	Tid (s)	Tælleletal	Korr. tælleletal	Usikkerhed
1	0	813	803	29
2	10	795	785	28
3	20	715	705	27
4	30	698	688	27
5	40	665	655	26

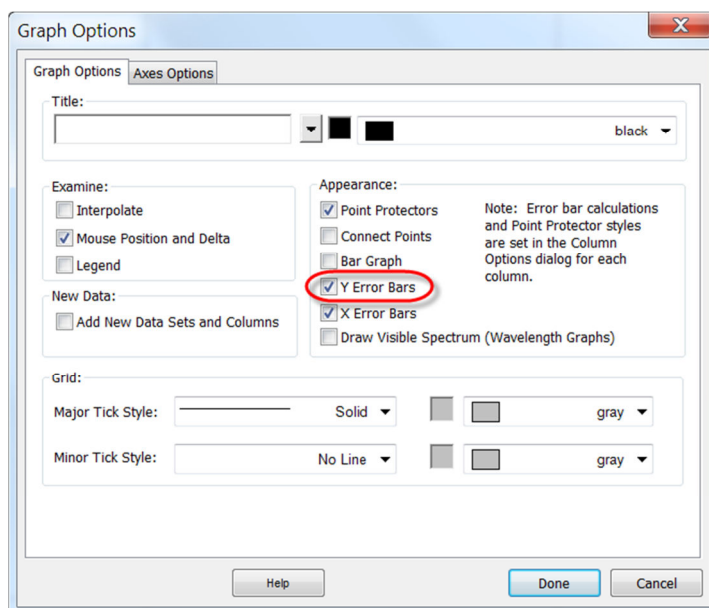
- e) Vi skal have gjort klar, så usikkerhedsfanerne kan blive tegnet ind på en graf. Dobbelklik på kolonnen ”Korr. tælleletal”. Vælg fanen *Options* og foretag en række indstillinger, som fremgår af figuren nedenfor.



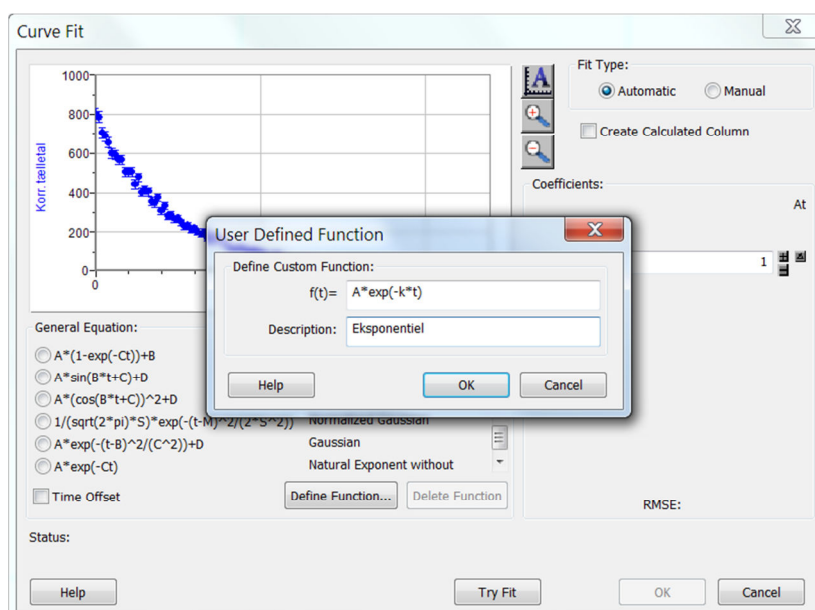
Du skal blandt andet sætte et mærke i *Error Bar Calculations*, som er det engelske ord for usikkerhedsfaner. Vælg *Fixed Value, Use Column* og vælg så kolonnen ”Usikkerhed” i rullemenuen.

- f) Lav en graf for det korrigerede tælleantal som funktion af tiden. Det gøres ved enten at bruge en af de grafer, som allerede automatisk er tegnet i et nye dokument i Logger Pro, eller ved at vælge menuen *Insert > Graph*. Klik derefter på størrelserne på akserne for at ændre de størrelser, der skal vises på akserne.

Da du skal have vist usikkerhedsfaner, skal du huske at afmærke *Y Error Bars* i *Graph Options* dialogboksen, som vist nedenfor. Denne dialogboks fås frem ved at højreklikke et sted på grafen og vælge *Graph Options...*

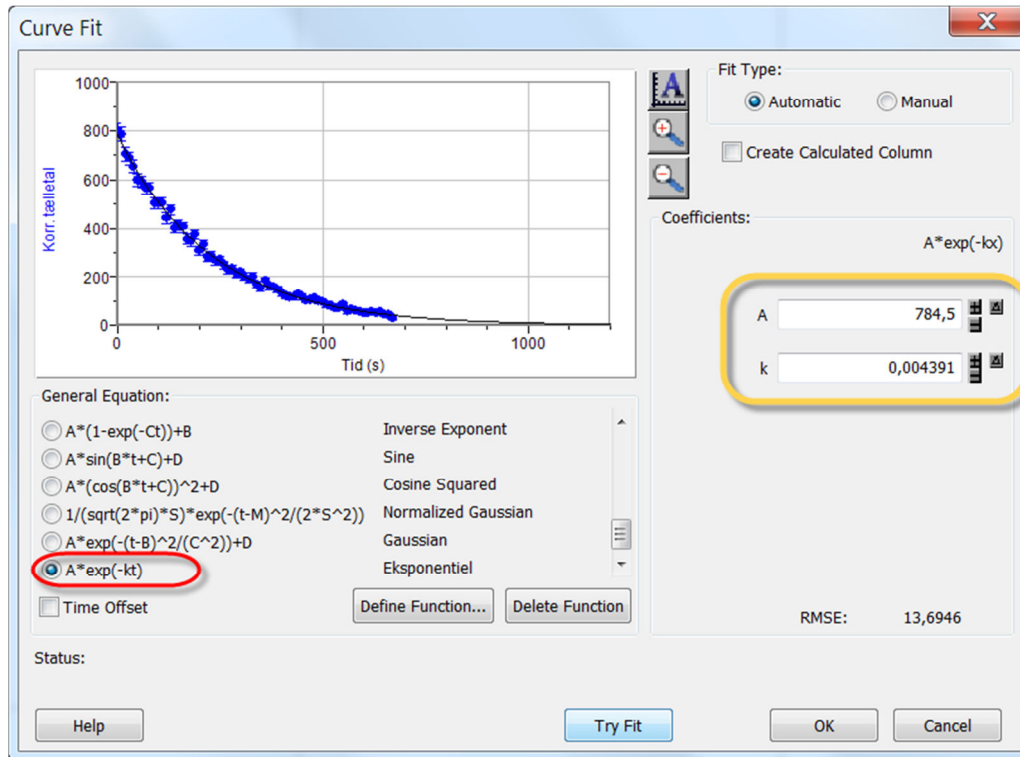


- g) Vi skal have undersøgt om man med rimelighed kan konkludere at henfaldet er eksponentielt aftagende. Dertil skal du vælge *Curve Fit* fra værktøjslinjen og lave din egen funktion på formen  $A \cdot \exp(-k \cdot t)$ .



Klik på knappen *Define Function...* og skriv selv formlen  $A \cdot \exp(-k \cdot t)$ . Kald for en ordens skyld funktionen for ”Ekspontiel”. Afslut med OK.

For at lave et fit med den netop definerede eksponentielle funktion, vælger du den i listen *General Equation*, hvor den nu findes. Klik derefter på *Fit* for at få *Logger Pro* til at lave et fit. Det sker efter nogle sekunders regnetid. Resultatet på de to parametre  $A$  og  $k$  kan nu findes ovre til højre (markeret med gult):



Afslut med OK. Så vil den ønskede graf med usikkerhedsfaner blive tegnet.

Hvis ca. 68% af datapunkterne med usikkerhedsfaner rammer grafen for den eksponentielle funktion, der er vort fit til datapunkterne, så tillader vi os at acceptere hypotesen om at henfaldet udvikler sig eksponentielt. NB! Du skal ikke tælle, blot vurdere det løseligt! Det er den såkaldte Poisson fordeling, som kommer i spil ved radioaktive henfald. Det vil føre alt for vidt at komme nærmere ind på dette her.

## Ekstra opgaver

I ovenstående eksperiment ønskede vi egentligt at udtale os om kildens aktivitet  $A(t)$ . Desværre kan vi ikke opsamle og tælle alle de gammakvanter, som sendes ud pr. sekund. Dels rammer kun en del af kvanterne ind i GM-røret, dels vil de ikke alle blive talt med på grund af begrænsninger i teknikken. Alligevel ønsker vi at bruge tællertallet som et udtryk for aktiviteten.

- Overvej hvorfor det er rimeligt at sige, at kildens *aktivitet* er *proportional* med det korrigerede tælletal.

- b) Vi benyttede et tælleinterval på 10 sekunder. Hvorfor er det et passende tidsrum? Hvad er ulempen ved helt små eller helt store tælleintervaller?
- c) Benyt parametrene i den fittende eksponentiel funktion til at bestemme *halveringstiden* efter formlen  $T_{1/2} = \ln(2)/k$ . Kontroller at resultatet er rigtigt ved at kigge på grafen og lav et overslag.
- d) Beregn ved hjælp af den fittende funktion, hvor lang tid det vil tage, før strålingen er nede på 10% af det oprindelige?