

Forslag til forløbsplan

Dette forløb kan afvikles i løbet af et modul (1,5 time). Forløbet er tænkt som en slags repetition af det indledende emne om radioaktivitet på stx.

Materialet er blevet til på baggrund af oplysninger fra www.cloudylabs.fr.

Nedenunder er der et forslag til en forløbsplan, som er udfoldet lidt i det efterfølgende dokument.

20 min	<p>Eleverne introduceres til, hvad et tågekammer (se bilag) er og hvor Rn-220 kommer fra (kort).</p> <p>De første 3-4 min af videoen, der hører til Rn-220 henfaldet, vises. Man fortæller eleverne, at vi gerne vil prøve at bestemme en værdi for halveringstiden for henfaldsprocessen. Hvis der er nødvendigt, skal læreren huske eleverne på, hvad en eksponentiel faldende funktion er, hvordan der laves regression og, hvordan halveringstiden bestemmes.</p> <p>Som lektie kan man f.eks. vælge at lade eleverne kigge dokumentet igennem.</p>
30 min	<p>Der udleveres billeder på papir af ioniseringsspor (se bilag). Eleverne arbejder typisk i par og tæller spor. Nogle papirer har meget få spor (her kan eleverne få et ekstra ark så arbejdstiden er nogenlunde ens for de forskellige par).</p> <p>Eleverne skriver deres resultater på tavlen eller i et fælles dokument.</p> <p>Herefter laver de regressionen i Excel / Maple eller anden CAS.</p>
40 min	<p>Opgaveregning. I løbet af modulet kan man nå opgave 1.</p>

Tågekammeret afslører den usynlige stråling

Stråling fra radioaktive stoffer kan normalt ikke ses. Men ved brug af et tågekammer kan dette lade sig gøre. Her er et eksempel på Radium 226 i et tågekammer.



<https://www.cloudylabs.fr/>

Ra-226 henfalder ved udsendelse af dobbeltladede heliumkerner i forskellige retninger.

Kernereaktionen er ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

Strålingen af heliumkernerne kaldes også alfa-stråling, α -stråling. De kraftige hvide spor på billedet kaldes ioniseringsspor – de opstår når en heliumkerne bremses op, mens den ioniserer de omkringliggende molekyler. Et tågekammer kan også bruges til at vise baggrundsstråling – altså stråling der f.eks. kommer fra rummet. I ovenstående billede er de spindelvævsagtige tynde hvide tråde spor af elektroner med relativ lav energi.

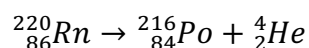
I jorden findes mineralet Thorite, som indeholder naturligt forekommende Thorium (Th-232).



<https://www.wikidata.org/wiki/Q414989>

Rob Lavinsky, iRocks.com – CC-BY-SA-3.0

Thorium er radioaktivt med en ekstrem lang halveringstid på 14,1 mia. år. Når Thorium henfalder, omdannes det via en kæde af processer til Radon 220, der henfalder videre under udsendelse af alfastråling.

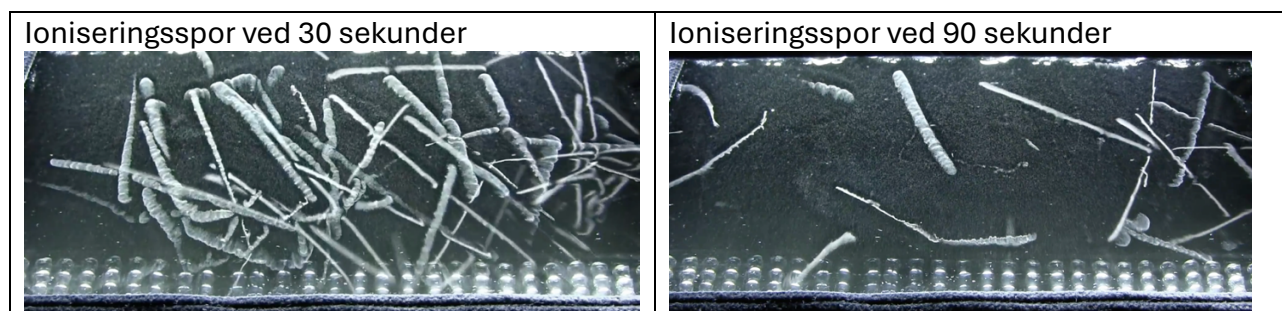


Det specielle ved Radon er, at det er en ædelgas. Opbevarer man et mineral med Thorium i en lukket beholder vil der langsomt ophobe sig en radongas i beholderen.

I denne øvelse kigger vi på, hvad der sker, når denne gas lukkes ind i et tågekammer. Ved at analysere antallet af ioniseringsspor, kan halveringstiden bestemmes. Ligeledes kan vi få en idé om størrelsen af halveringstiden for Po-216, som er datterkerne til Rn-220.

Øvelsen er baseret på videoen <https://www.youtube.com/watch?v=Q252mAH7hnl>

Videoen og andre materialer findes på siden <https://www.cloudylabs.fr/>



Diskutér, hvad der kan anses for at være et spor fra et "ægte" henfald.

Klassen inddeles i grupper. Hver af grupperne får billeder fra tågekammeret. Da nogle ark har meget få spor og andre flere, kan grupperne få to ark. Antallet af spor tælles og skrives ind i et fælles dokument eller noteres på tavlen.

Der laves eksponentiel regression ud fra data og halveringstiden bestemmes.

Excel. Husk at regressionslinjen (tendenslinjen) kommer på formen $y = b \cdot e^{k \cdot x}$, hvor $T_{1/2} = \ln(0.5) / k$

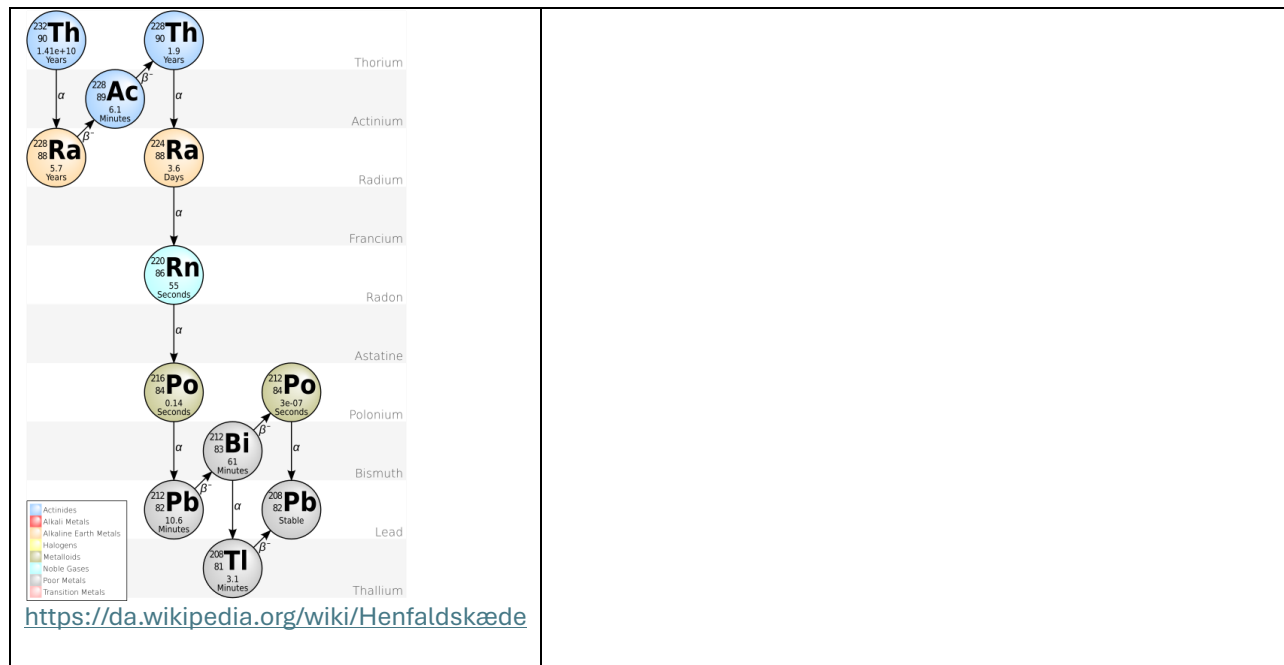
Maple: Her vises regressionslinjen på formen $y = b \cdot a^x$, hvor der gælder $T_{1/2} = \ln(0.5) / \ln(a)$

Opsamling. Der sammenlignes med tabelværdien. Fejlkilder diskuteres.

Efter dette kan der arbejdes med opgaveregning efter lærerens valg.

Opgave 1 – Th-232 Henfaldskæde

Betegnelsen henfaldskæde, når et radioaktivt stof henfalder til et nyt radioaktivt stof.
Kig godt på figuren til venstre nedenunder og find ud af, hvilke informationer den indeholder.



a) Hvad står Th, Ra, Ac, Rn og Po for?

Th:

Ra:

Ac:

Rn:

Po:

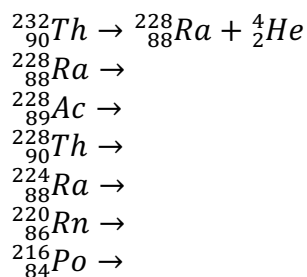
b) Hvor mange protoner, neutroner og nukleoner består Th-232 af?

Protoner : Z=

Nukleoner: A=

Neutroner: N=

c) Opskriv kernereaktionerne fra Th-232 indtil Ra-220 på formen:



Hvilke tre bevarelseslove skal man kende for at kunne afstemme ovenstående reaktioner?

- 1)
- 2)
- 3)

d) Tegn Th-232 henfaldskæden ind i kernekortet.

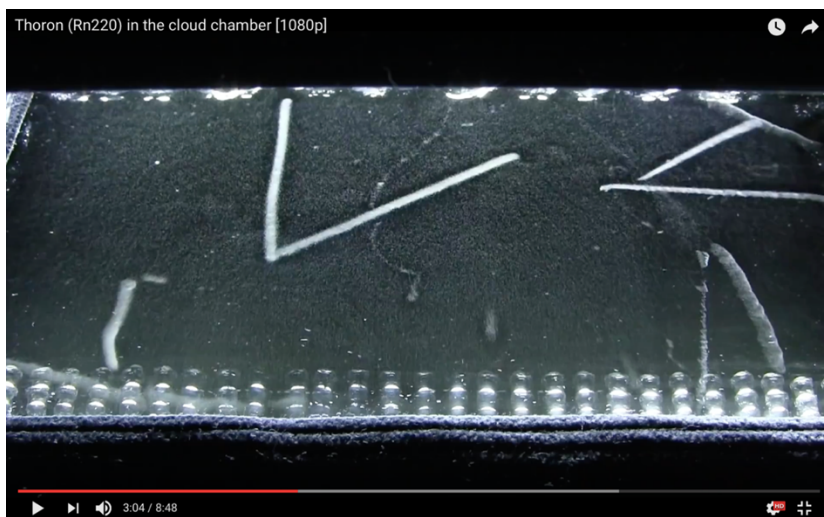
215 Th	216 Th	217 Th	218 Th	219 Th	220 Th	221 Th	222 Th	223 Th	224 Th	225 Th	226 Th	227 Th	228 Th	229 Th	230 Th	231 Th	232 Th
214 Ac	215 Ac	216 Ac	217 Ac	218 Ac	219 Ac	220 Ac	221 Ac	222 Ac	223 Ac	224 Ac	225 Ac	226 Ac	227 Ac	228 Ac	229 Ac	230 Ac	231 Ac
213 Ra	214 Ra	215 Ra	216 Ra	217 Ra	218 Ra	219 Ra	220 Ra	221 Ra	222 Ra	223 Ra	224 Ra	225 Ra	226 Ra	227 Ra	228 Ra	229 Ra	230 Ra
212 Fr	213 Fr	214 Fr	215 Fr	216 Fr	217 Fr	218 Fr	219 Fr	220 Fr	221 Fr	222 Fr	223 Fr	224 Fr	225 Fr	226 Fr	227 Fr	228 Fr	229 Fr
211 Rn	212 Rn	213 Rn	214 Rn	215 Rn	216 Rn	217 Rn	218 Rn	219 Rn	220 Rn	221 Rn	222 Rn	223 Rn	224 Rn	225 Rn	226 Rn	227 Rn	228 Rn
210 At	211 At	212 At	213 At	214 At	215 At	216 At	217 At	218 At	219 At	220 At	221 At	222 At	223 At	224 At	225 At	226 At	227 At
209 Po	210 Po	211 Po	212 Po	213 Po	214 Po	215 Po	216 Po	217 Po	218 Po	219 Po	220 Po	221 Po	222 Po	223 Po	224 Po	225 Po	226 Po
208 Bi	209 Bi	210 Bi	211 Bi	212 Bi	213 Bi	214 Bi	215 Bi	216 Bi	217 Bi	218 Bi	219 Bi	220 Bi	221 Bi	222 Bi	223 Bi	224 Bi	
207 Pb	208 Pb	209 Pb	210 Pb	211 Pb	212 Pb	213 Pb	214 Pb	215 Pb	216 Pb	217 Pb	218 Pb	219 Pb	220 Pb				
206 Tl	207 Tl	208 Tl	209 Tl	210 Tl	211 Tl	212 Tl	213 Tl	214 Tl	215 Tl	216 Tl	217 Tl	218 Tl					

Fra <https://kernekort.dk>

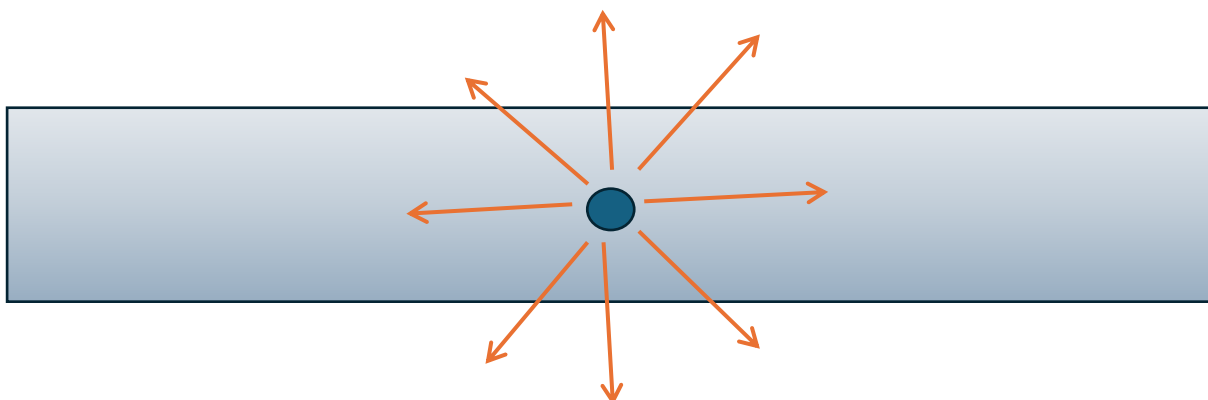
På et kernekort er isotoperne afbildet med antal neutroner ud af den vandrette og antal protoner op ad den lodrette akse. Henfald via alfa-, beta minus- og betaplust stråling er her afbildet med farvekoderne gul, blå og pink.

Opgave 2 – Et par spørgsmål til videoen

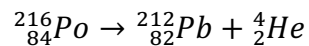
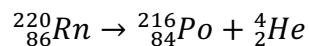
- a) Hvorfor er det nødvendigt at optage billeder med et tidsinterval på mindst 5 sekunder?



- b) Når man kigger videoen grundigt igennem, ses det, at henfaldene typisk kommer i par. Eksempel vises i ovenstående billede. Forklar dette ud fra henfaldskæden fra opgave 1.
- c) Hvad afhænger ioniseringssporenes længde af? Der er flere forklaringer. En af dem er eksperimentel, som hænger sammen med tågekammerets konstruktion. Nedenunder en model af en ustabil kerne i det lag (set fra siden), hvor ioniseringssporet dannes - pilen viser de mulige retninger alfastrålingen kan udsendes i.



Opgave 3A – Beregn Q-værdien for processerne



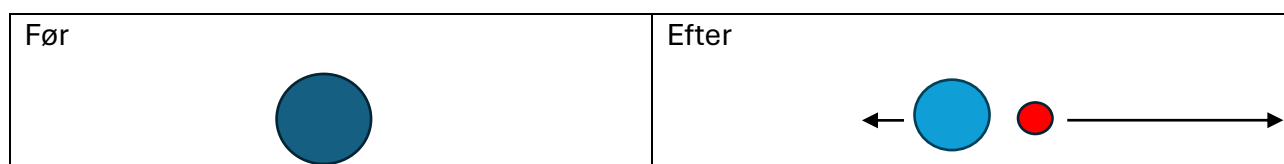
Masse og bindingsenergier for kernerne:

	Masse / u	Bindingsenergi / MeV
${}_2^4\text{He}$	4,002603254	28,29566
${}_{86}^{220}\text{Rn}$	220,011394	1697,79456
${}_{84}^{216}\text{Po}$	216,001915	1675,903608
${}_{82}^{212}\text{Pb}$	211,9918975	1654,514144

Q-værdien er den energi, der er til rådighed til kinetisk energi for helium- og datterkernen. Da heliumkerne er meget lettere end datterkernen, vil det meste af den kinetiske energi tildeles heliumkernen. Dette kan beregnes vha. bevarelse af bevægelsesmængde i processen (A-niveau – se opgave 3B).

Opgave 3B

Det antages at den ustabile kerne er i hvile før henfaldet. Der kan opstilles to ligninger:



Energibevarelse.

$$Q = \frac{1}{2} \cdot m_{\text{He}} \cdot v^2 + \frac{1}{2} m_{\text{DK}} \cdot u^2$$

Bevarelse af bevægelsesmængde:

$$0 = m_{\text{He}} \cdot v + m_{\text{DK}} \cdot u$$

Her er m_{DK} massen af datterkernen, m_{He} massen af heliumkernen med tilhørende hastigheder v og u .

- a) Opstil ligninger for en eller begge af processerne og løs ligningssystemet.

- b) Sammenlign hastighederne med lysets hastighed. Her skal man gerne se, at det ikke er nødvendigt at regne relativistisk.
- c) Bestem den nøjagtige kinetiske energi for heliumkernen.
- d) Ekstra: Vis at den kinetiske energi for heliumkerne kan udledes til at være:

$$E_{kin} = \frac{Q}{1 + \frac{m_{He}}{m_{DK}}}$$

Opgave 4

I denne del af opgaven vil vi forsøge at estimere aktiviteten fra de forskellige kerner Th-232 henfaldskæden.

Thorium kan findes i forskellige mineraler herunder mineralet Thorite.

Se <https://www.mindat.org/min-3946.html>

Her indeholder mineralet ca. 60% ThO₂.

0,1 kg af dette mineral vil derfor indehold $0,1 \text{ kg} \cdot 0,60 \cdot \frac{232}{232+32} = 0,053 \text{ kg Thorium}$.

- a) Vis at aktiviteten af 0,056 kg Th-232 er omkring 215 kBq.
- b) Vi antager, at henfaldskæden er stabil, altså at alle led indtil Rn i henfaldskæden har samme aktivitet. Dette er ikke urealistisk, da mineraler typisk er mange millioner af år gamle. Hvis mineralet lukkes inde i en beholder, hvor mange Rn-kerner, kan der så maksimalt ophobes?
- c) A-niveau. Hvor lang tid går der før, at antallet af Rn-kerner stiger fra 0% til 95 % af det maksimale niveau?

Her har vi brug for at tage højde for, at mange Rn-220 hurtig henfalder til Po-216.

Vi kan skrive antallet af Rn-220 som en differentialligning.

$$\frac{dN}{dt} = 215 \text{ kBq} - N \cdot k, \quad k = \frac{\ln(2)}{55 \text{ s}}$$

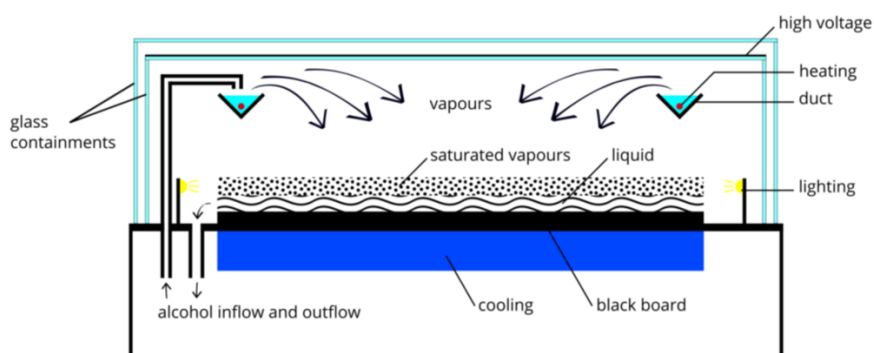
Her antages det, at $N(0)=0$.

Bilag A

Hvad er et tågekammer?

Der findes forskellige slags tågekamre.

Videoerne i dette materiale er et såkaldt diffusionstågekammer. Bunden af tågekammeret er koldt, under frysepunktet. Tågekammeret er tilført vand og en alkohol (typisk ISO propylalkohol). Over bunden ophober der sig dampe fra væskerne, og som følge af den kolde bund vil dampene være overmættede. Når en ioniserende partikel bremses op, dannes der dråber, som vi ser som de hvide ioniseringsspor.



https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_chamber

Hvad er tåge? Hvorfor er ens ånde hvid i frostvejr?

Hvor falder der dug? Hvad vil det sige "at mosekonen brygger"?

Det er spørgsmål, som kan besvares ud fra noget af den samme fysik, som indgår i et tågekammer.

Al luft kan indeholde fugt (vand i gasform). Mængden af vand, der kan være i luften, afhænger af temperaturen. Jo højere temperatur des mere vand, kan der være. Når luften køler ned, kan der opstå en situation, hvor der ikke kan være mere vand i gasform. Det bliver derfor lavet om til dråber, og det opfattes som hvidt, når vi kigger på det.

Når luften er overmættet (engelsk: supersaturated) betyder det, at den faktisk indeholder mere fugt end der egentlig kunne være. Små forstyrrelser af luften vil derfor få dampene i luften til spontant at transformere sig til væske i dråbeform.

Læs mere her:

https://nbi.ku.dk/spoerg_om_fysik/fysik/taagekammer/

https://nbi.ku.dk/spoerg_om_fysik/fysik/vanddamp-og-luftfugtighed/

Bilag B (tabel til måledata)

Tid / sek.	Antal henfald	Tid / sek.	Antal henfald
20		80	
25		85	
30		90	
35		95	
40		100	
45		105	
50		110	
55		115	
60		120	
65		125	
70		130	
75		135	

Bilag C (Ark med ioniseringsspor)

ARK1 - 20 sekunder



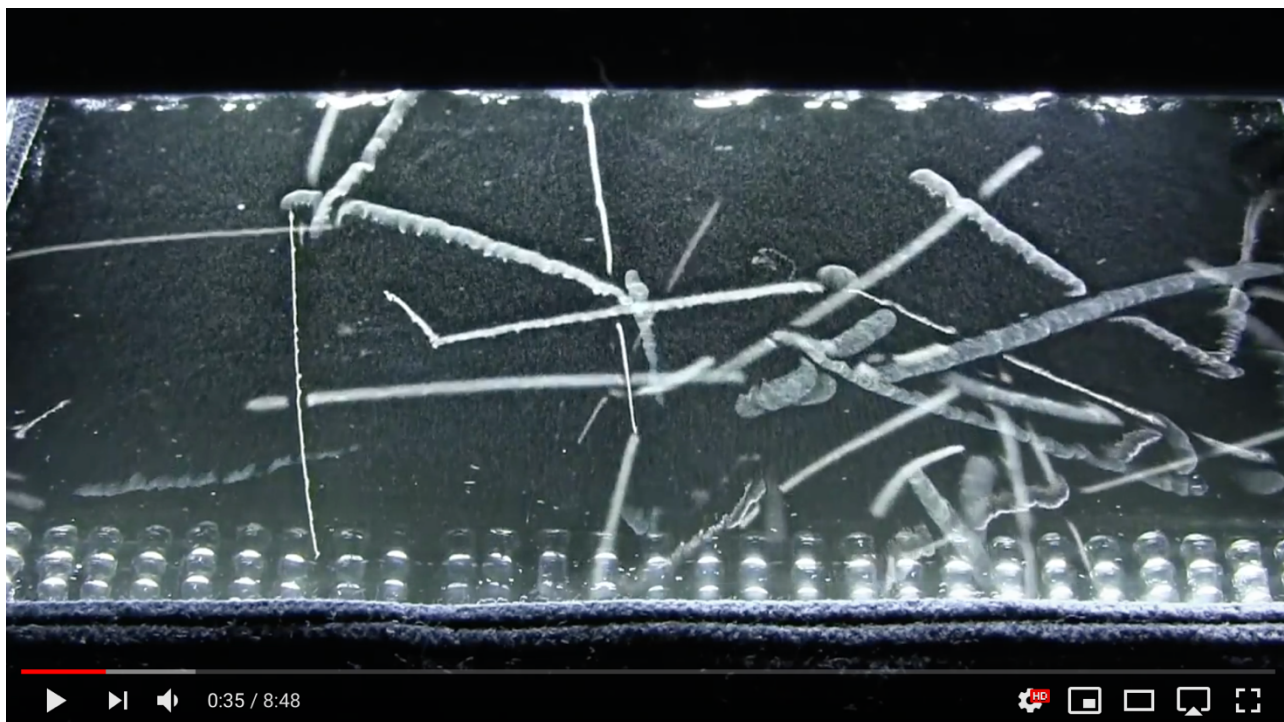
ARK 2- 25 sekunder



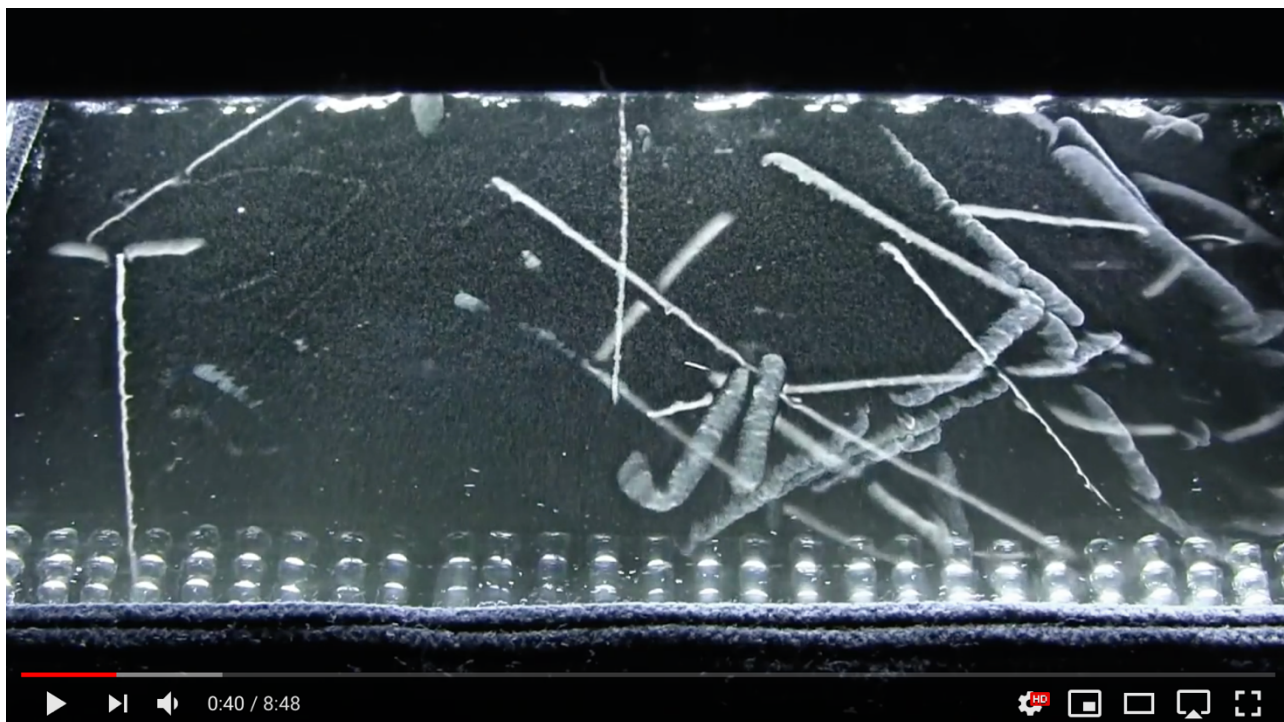
ARK 3 - 30 sekunder



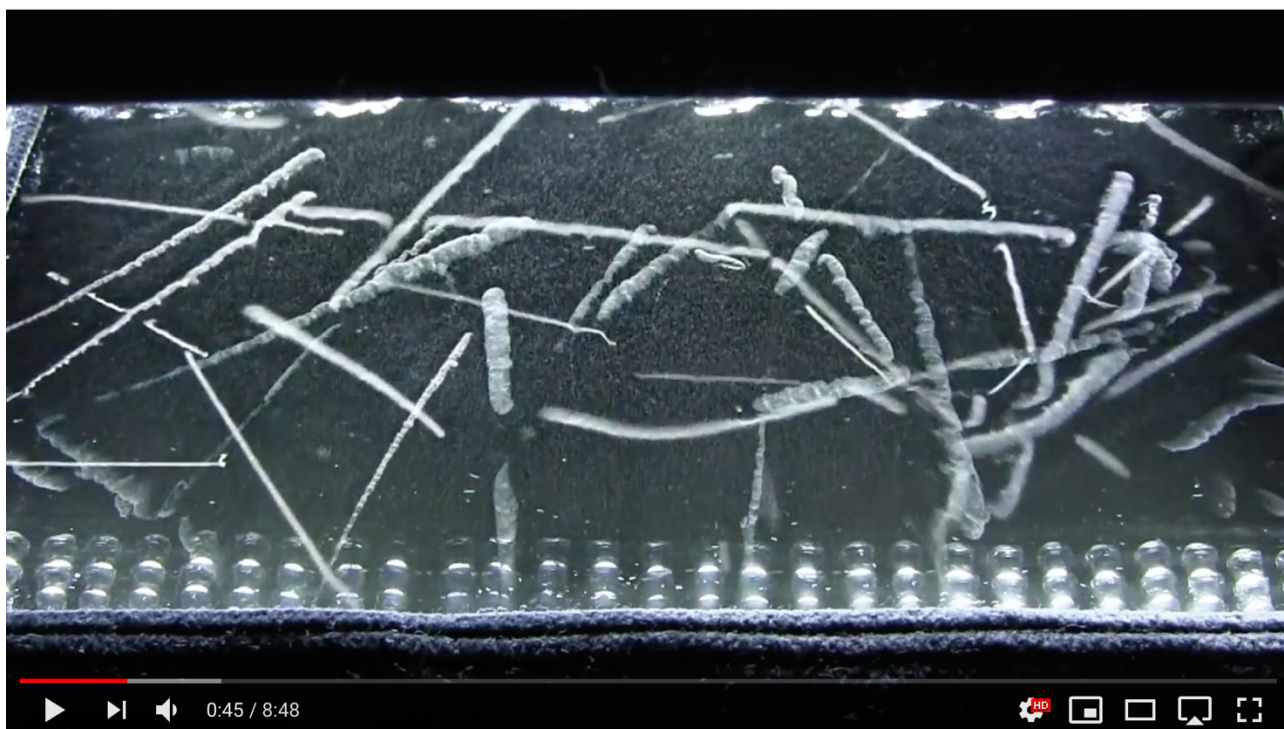
ARK 4 - 35 sekunder



ARK 5- 40 sekunder



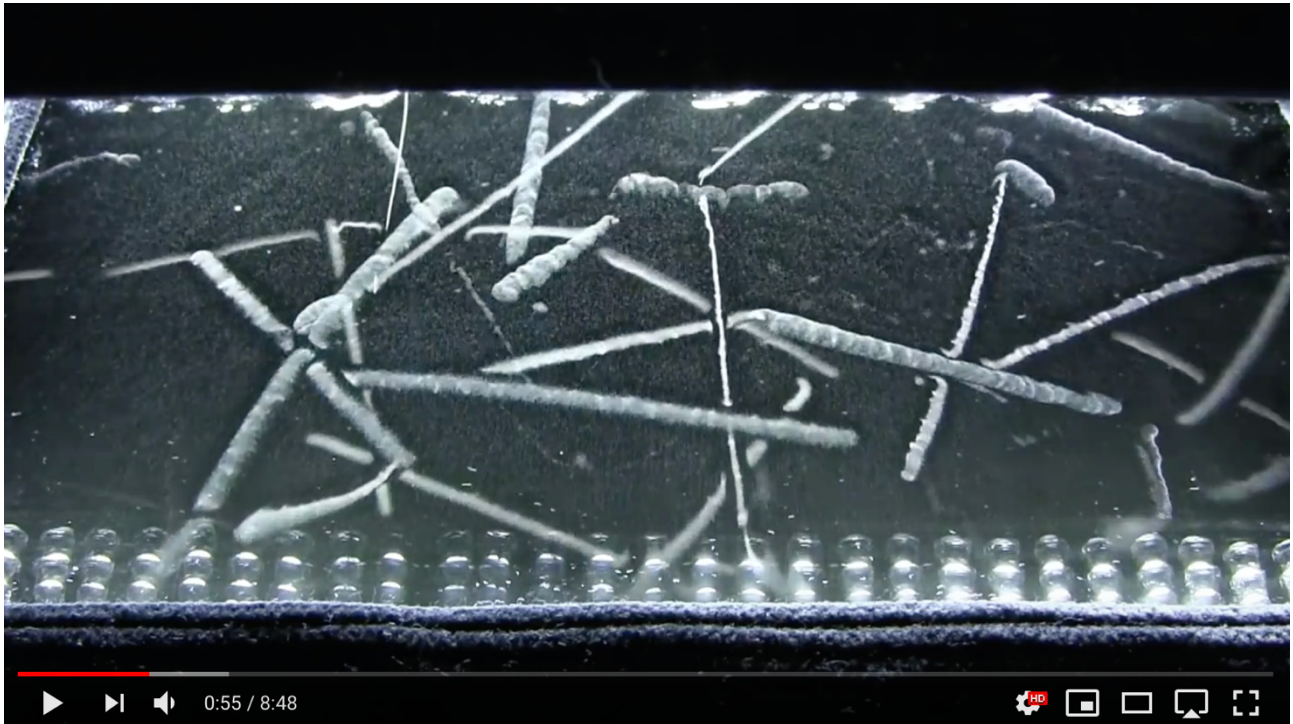
ARK 6 -45 sekunder



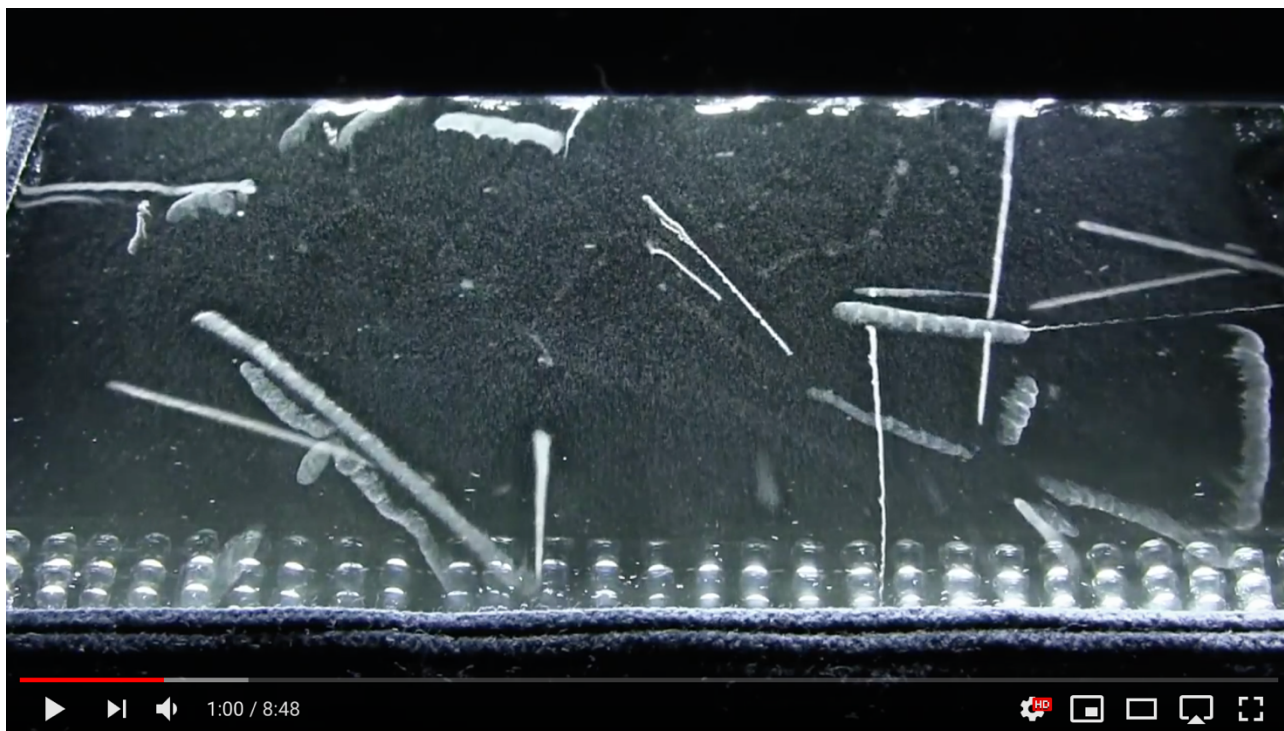
ARK 7 - 50 sekunder



ARK 8 - 55 sekunder



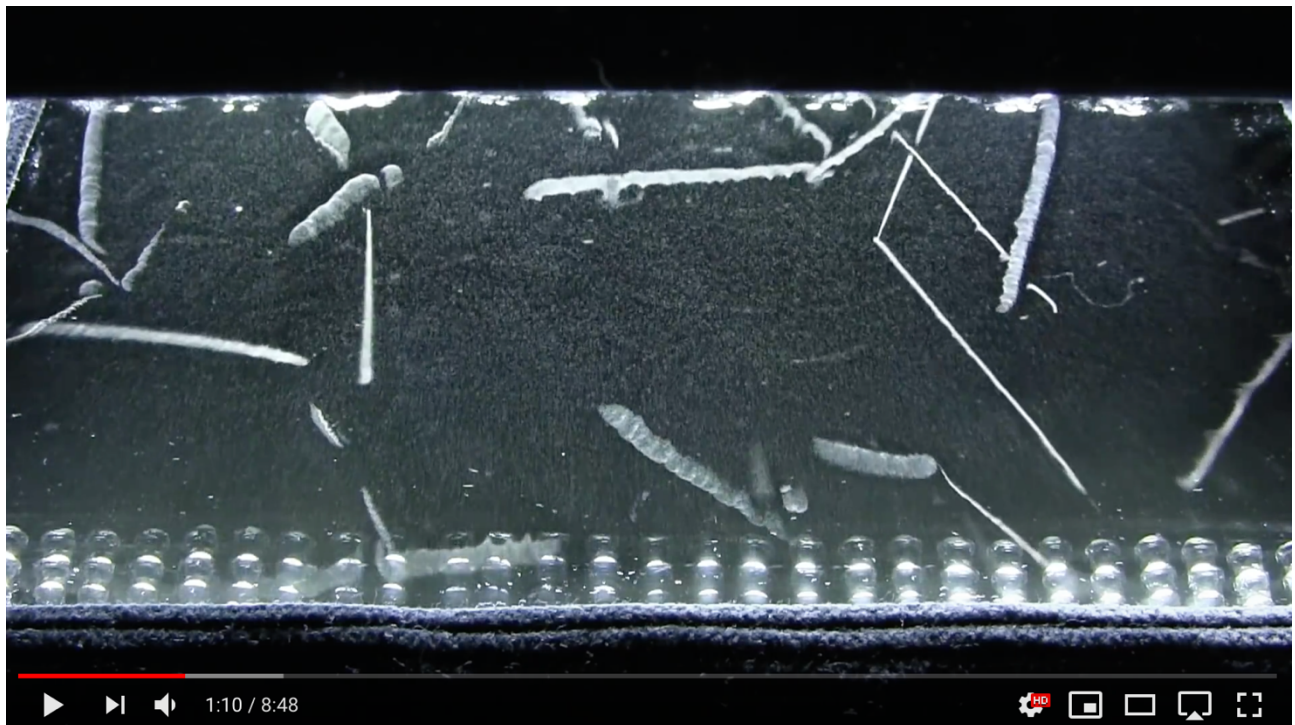
ARK 9 - 60 sekunder



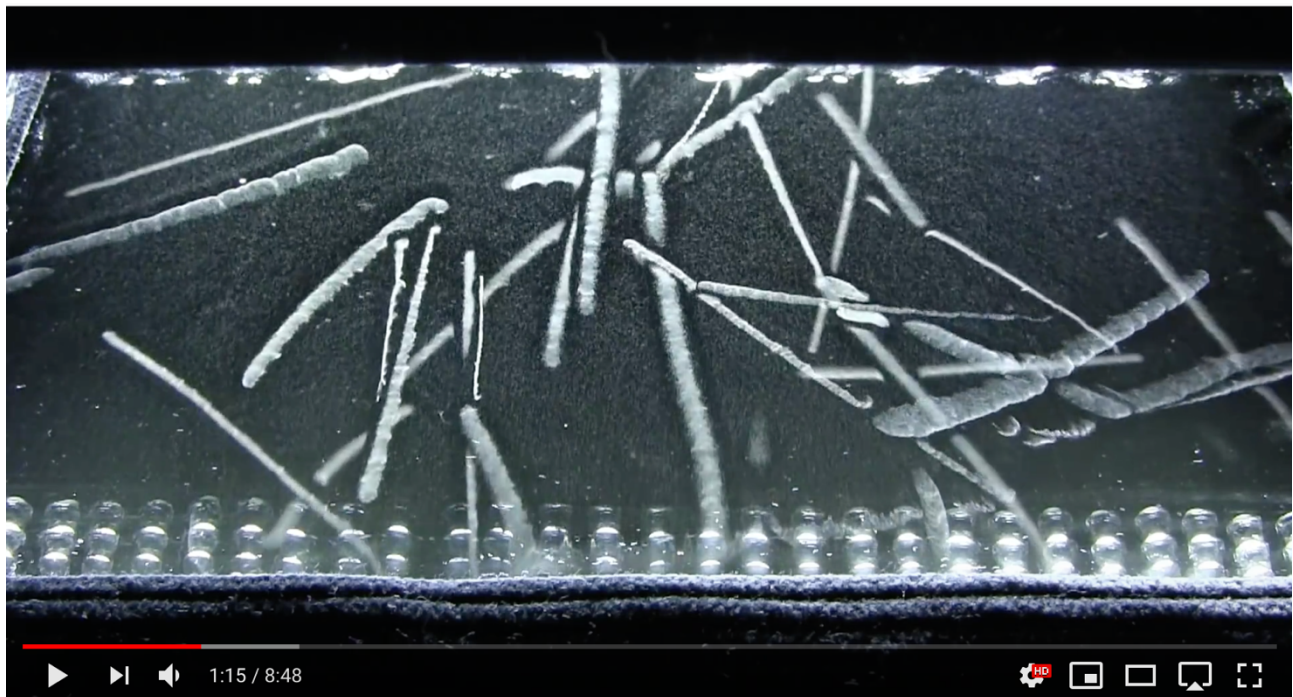
ARK 10 - 65 sekunder



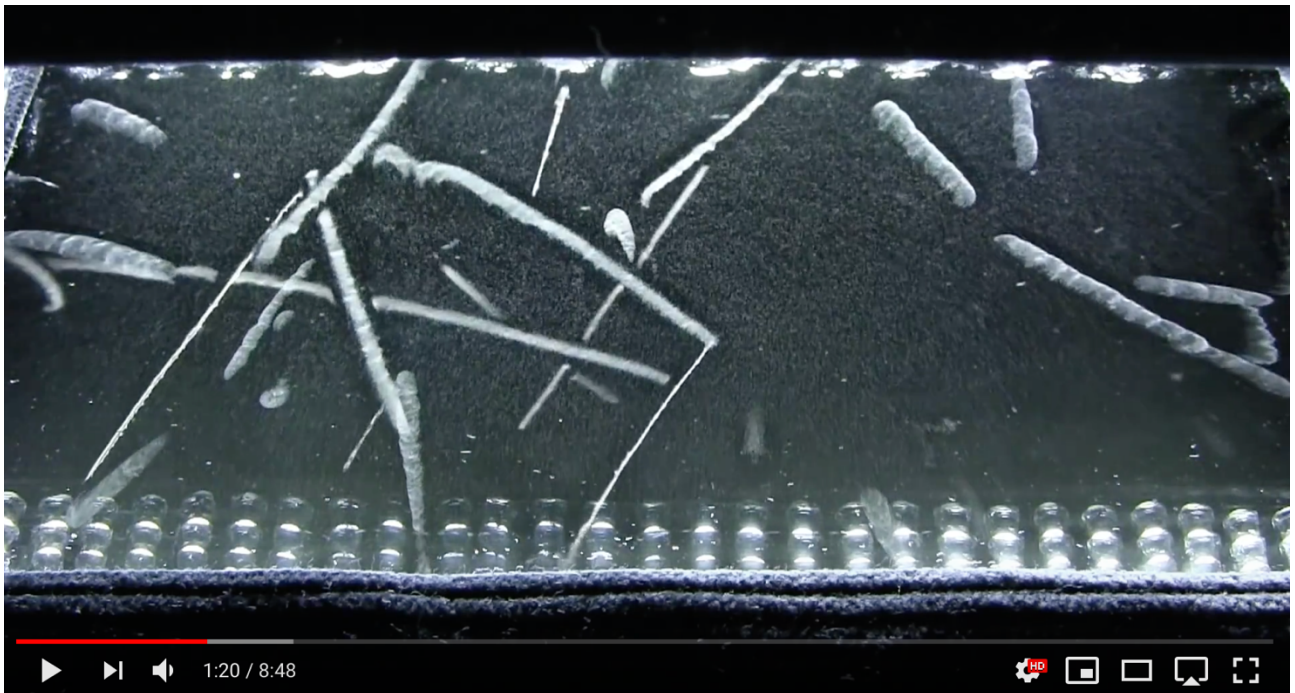
ARK 11 - 70 sekunder



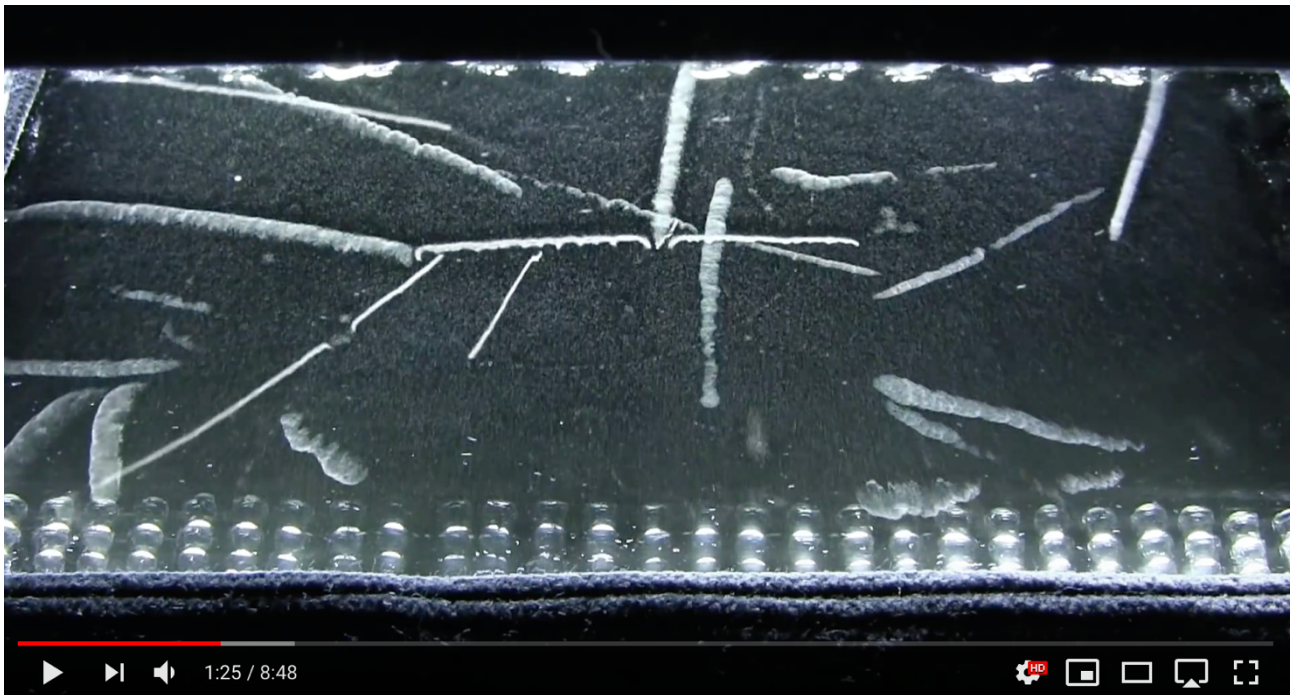
ARK 12 - 75 sekunder



ARK 13 - 80 sekunder



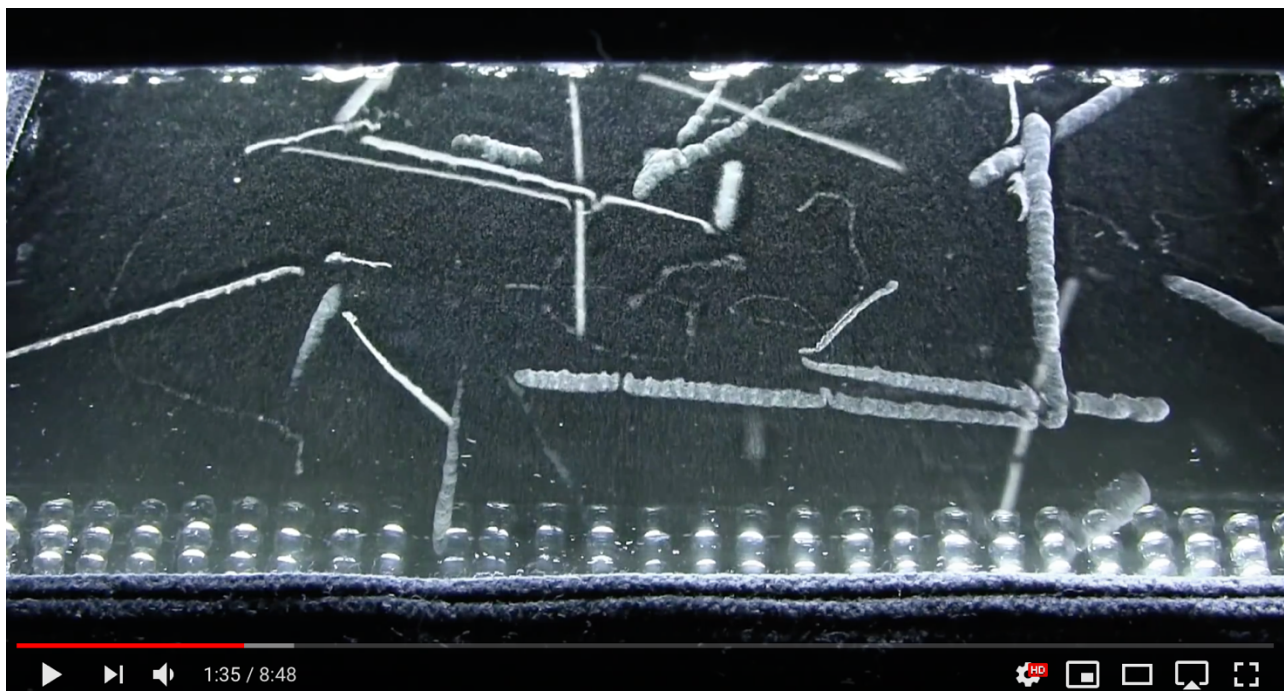
ARK 14 - 85 sekunder



ARK 15 - 90 sekunder



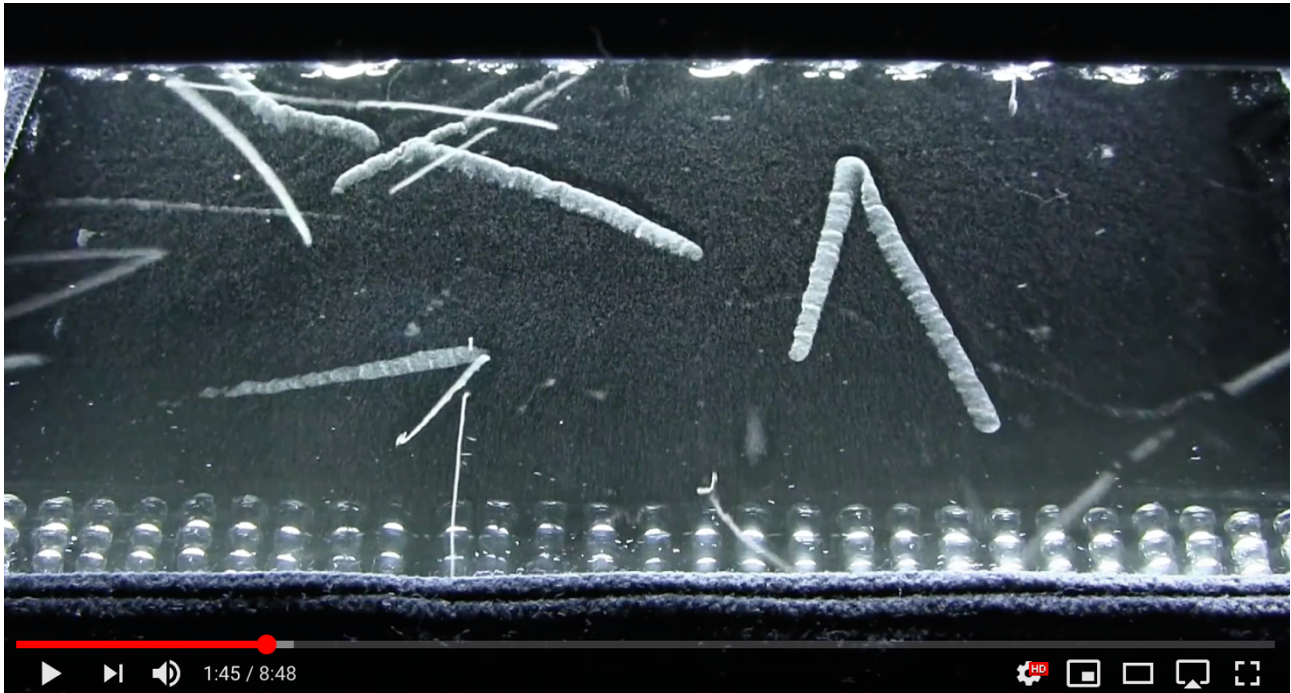
ARK 16 - 95 sekunder



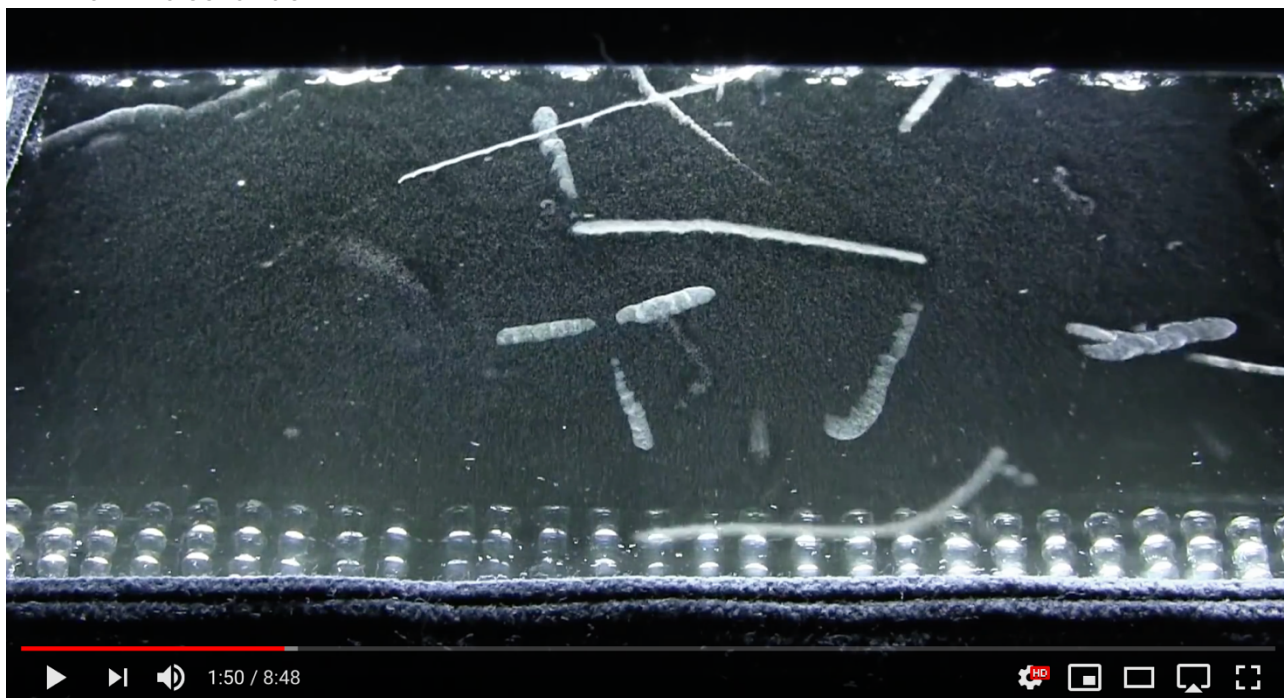
ARK 17- 100 sekunder



ARK 18 - 105 sekunder



ARK 19 - 110 sekunder



ARK 20 - 115 sekunder



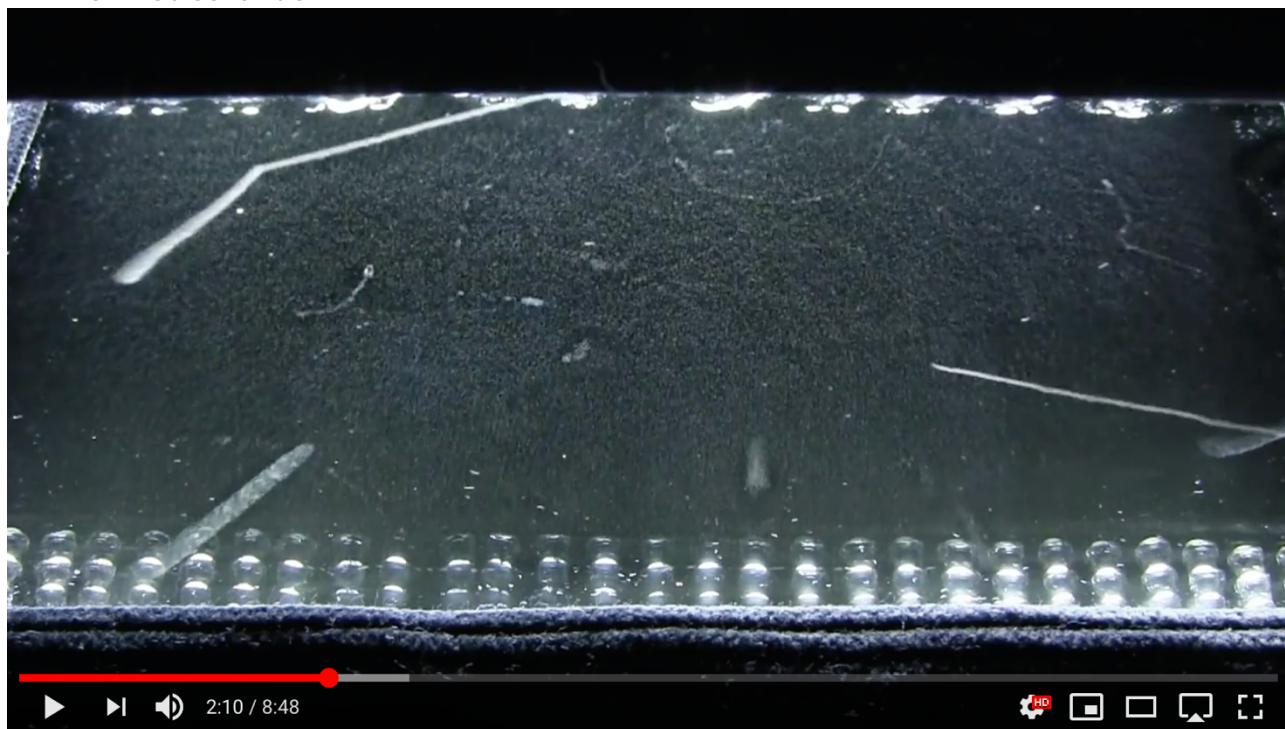
ARK 21 – 120 sekunder



ARK 22- 125 sekunder



ARK 23 – 130 sekunder



ARK 24 – 135 sekunder

