



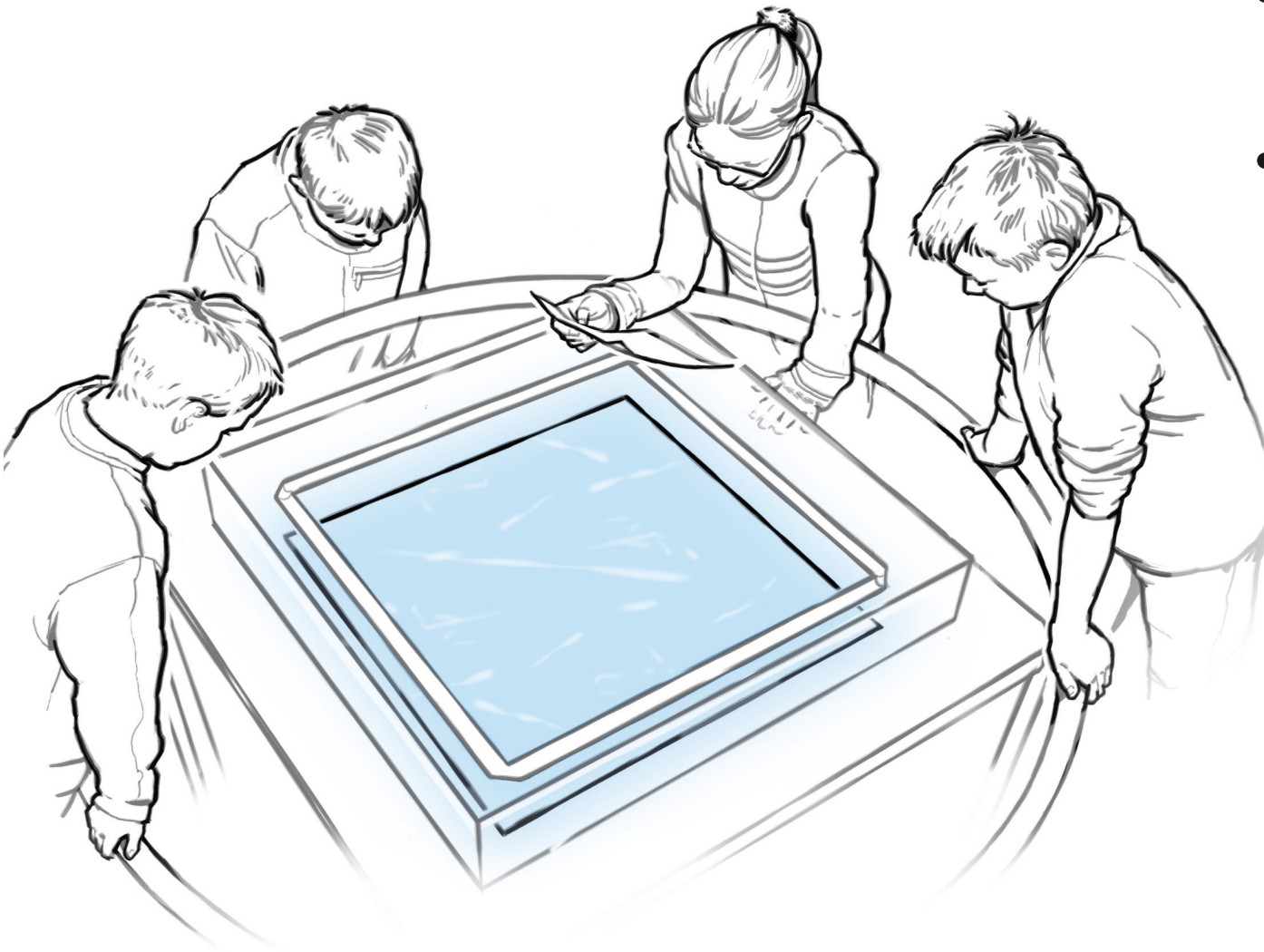
Teilchenspuren im Nebel

Molekulare Kondensstreifen



Was tun und beachten:

- *Beobachten Sie die unterschiedlichen Spuren in der Nebelkammer.*
- *Welche Arten können Sie unterscheiden?*



Wer mehr wissen möchte:

lesen Sie den Zusatztext



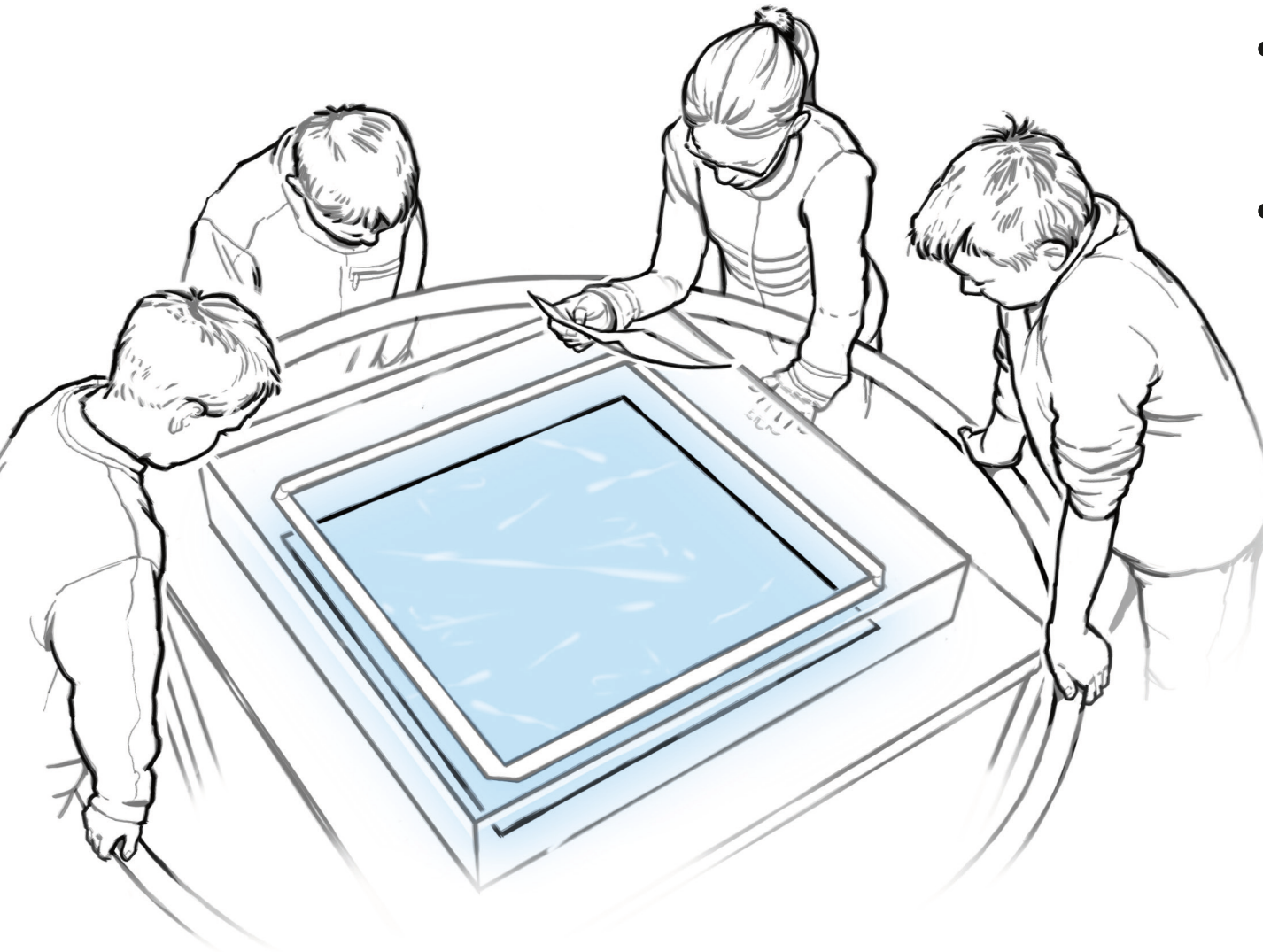
Teilchenspuren im Nebel



Molekulare Kondensstreifen

Was tun und beachten:

- *Beobachten Sie die unterschiedlichen Spuren in der Nebelkammer.*
- *Welche Arten können Sie unterscheiden?*



Wer mehr wissen möchte:

lesen Sie den Zusatztext



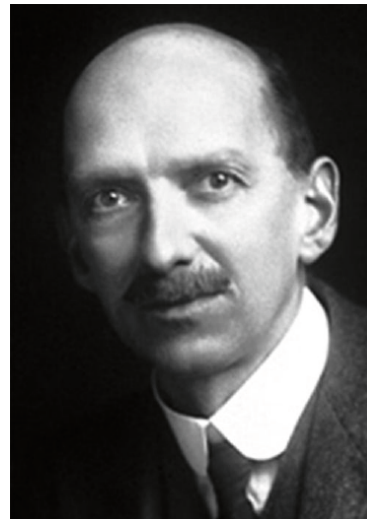
Teilchenspuren im Nebel



Molekulare Kondensstreifen

Wer mehr wissen möchte

Knapp über dem gekühlten schwarzen Boden der Nebelkammer befindet sich eine Schicht aus übersättigtem Alkoholdampf. Ein schnelles, ionisierendes Teilchen, das diese Schicht zufällig durchquert, erzeugt unzählige Ionen (elektrisch geladene Atome oder Moleküle), an denen der Dampf kondensiert. Es bildet sich eine sichtbare Tröpfchenspur, vergleichbar mit den Kondensationsstreifen aus Eiskristallen, welche hinter hoch fliegenden Flugzeugen sichtbar werden. Die Nebelkammer ist eines der ältesten Nachweisgeräte für ionisierende Teilchen.



Das Prinzip der Nebelkammer wurde vom schottischen Physiker Charles Thomson Reese Wilson erfunden, der damit 1911 Alpha- und Beta-Teilchen nachwies (Nobelpreis 1927).

Die grosse Nebelkammer im Technorama ist eine Weiterentwicklung der Wilson'schen Apparatur.

Was tun und beachten:





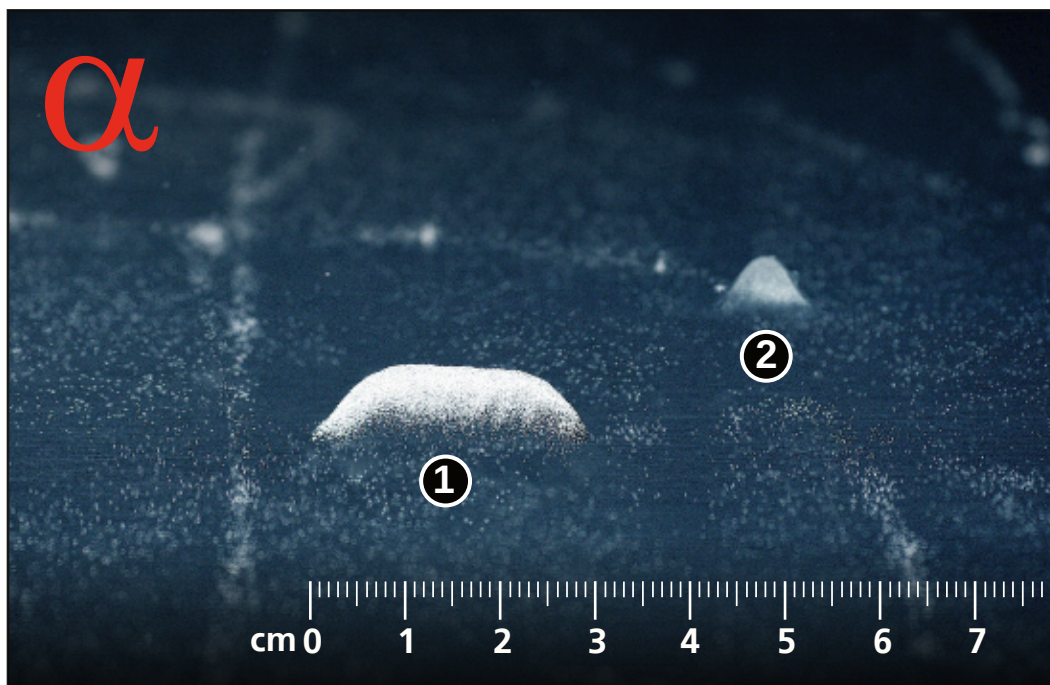
Teilchen-Spuren im Nebel



Die Nebelkammer, Zusatztexte

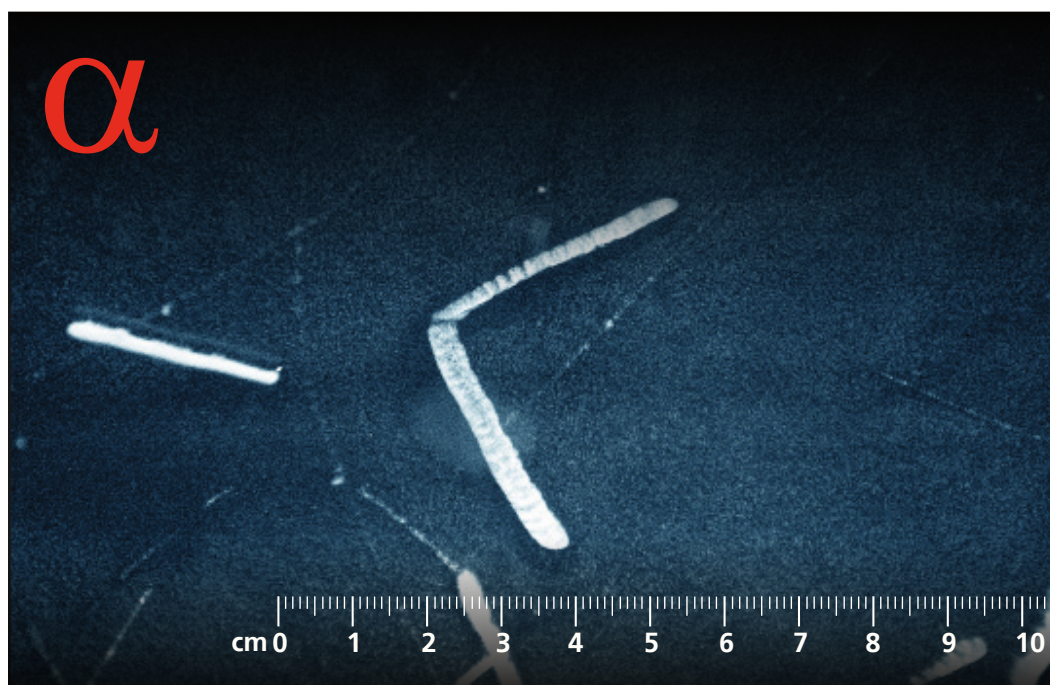
Alphateilchen (α), Alphastrahlen

Die dicken, meist 2 bis 7cm langen Nebelspuren stammen von Alphateilchen. Dies sind elektrisch positiv geladene Helium-Atomkerne, die von radioaktiven Substanzen in der Luft (hauptsächlich vom Edelgas Radon) abgestrahlt werden. Die Geschwindigkeit von Alphateilchen kann bis 20% der Lichtgeschwindigkeit betragen.



Je nachdem, ob ein Alphateilchen zufällig waagrecht, schräg oder senkrecht durch die Alkoholdampfschicht fliegt und wie energiereich es ist, entsteht eine längere oder kürzere Nebelspur.

Hier sind gleichzeitig die Nebelspuren eines **waagrecht ①** und eines **senkrecht ②** einfallenden Alphateilchens zu sehen.



Solch eine **v-förmige** Tröpfchenspur entsteht immer dann, wenn ein radioaktives Radonatom (Rn-220) unter Abstrahlung eines Alphateilchens zerfällt. Das daraus entstehende Poloniumatom (Po-216) ist ebenfalls radioaktiv und zerfällt ebenfalls unter Abstrahlung eines Alphateilchens. Da das Isotop eine sehr kurze Halbwertszeit aufweist, erfolgt die Abstrahlung der beiden Alphateilchen innert kürzester Zeit nacheinander, so dass die v-förmige Spur entsteht.

Weiter:

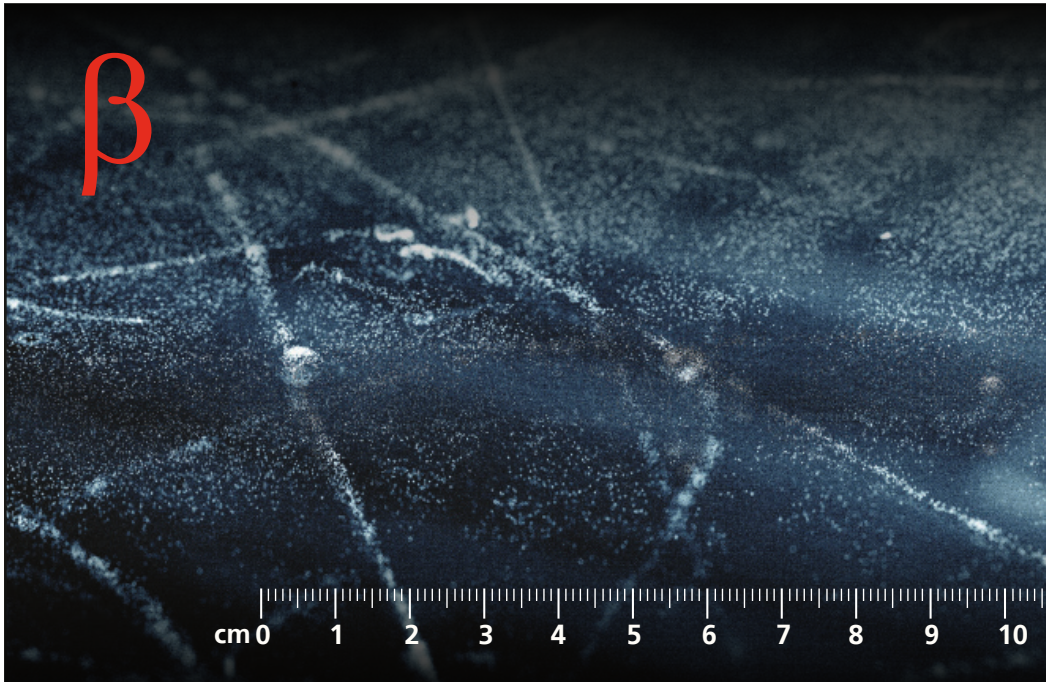




Teilchen-Spuren im Nebel



Die Nebelkammer, Zusatztexte

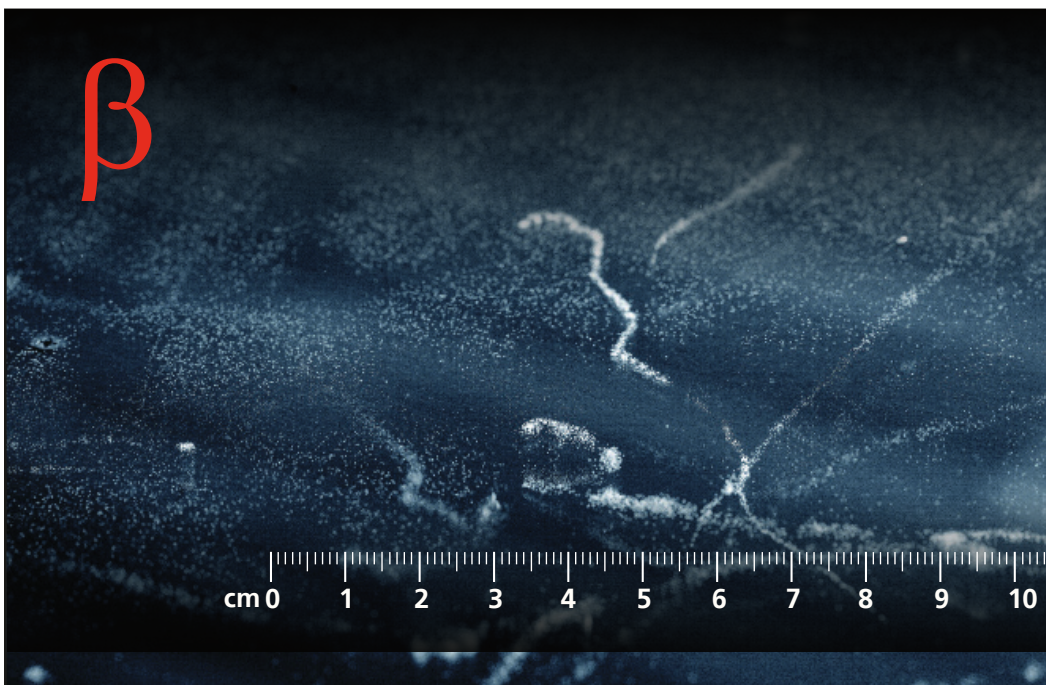


Betateilchen (β), Betastrahlen

Schnelle Elektronen

Die **langen, geraden, sehr dünnen** Spuren werden von schnell fliegenden Elektronen erzeugt, die aus historischen Gründen "Betastrahlen" heissen.

Diese leichten, elektrisch negativ geladenen Teilchen entstehen ebenfalls bei gewissen radioaktiven Zerfallsprozessen. Sie können gut 95% der Lichtgeschwindigkeit erreichen.



Langsame Elektronen

Die **feinen, gekrümmten, sehr dünnen** Spuren stammen von gestreuten, langsamen Elektronen. Sie entstehen nicht aus radioaktiven Zerfallsprozessen, sondern werden durch Gammastrahlen (γ) aus Atomen herausgeschlagen. Gammastrahlung ist sehr energiereiche Strahlung aus dem Weltall oder sie entsteht in angeregten Atomkernen bei radioaktiven Zerfallsprozessen.

Die gekrümmten Spuren der langsamen Elektronen sind also ein indirekter Nachweis für Gammastrahlung.

Zurück:

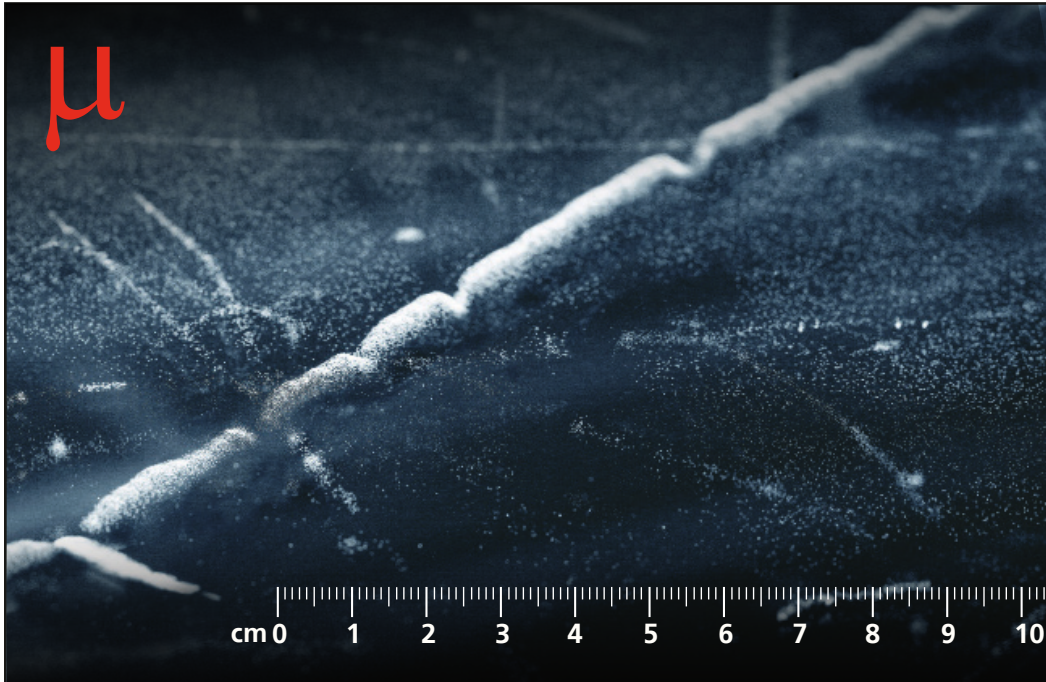




Teilchen-Spuren im Nebel



Die Nebelkammer, Zusatztexte



Myonen (μ), Myonenstrahlen

Ab und zu sehen Sie sehr **kräftige, gerade** Nebelspuren, die sich quer über die Nebelkammerfläche erstrecken können.

Hervorgerufen werden diese Spuren durch Myonen. Diese Teilchen entstehen in den obersten Luftschichten der Atmosphäre und zerfallen in sehr kurzer Zeit. Auf die Erdoberfläche und somit in die Nebelkammer gelangen sie, trotz sehr hoher Geschwindigkeiten, nur dank der relativistischen Zeitdehnung.

Wer mehr wissen möchte:

Für den Beobachter auf der Erde zerfallen ruhende Myonen in 2.2 Mikrosekunden. In dieser Zeit würde ein Teilchen, das mit nahezu Lichtgeschwindigkeit fliegt, rund 660 Meter zurücklegen und könnte so die ungefähr 20 km dicke Erdatmosphäre nicht durchfliegen. Bei so hohen Geschwindigkeiten ticken Uhren jedoch langsamer. Die spezielle Relativitätstheorie sagt für ein so schnell fliegendes Myon eine 30-mal längere Zerfallszeit (Halbwertszeit) voraus. Nach dieser Halbwertszeit erreichen immer noch 50% der erzeugten Myonen die Erdoberfläche.

Die Mehrzahl der Myonen durchfliegt die Atmosphäre ohne wesentlichen Energieverlust (harte Strahlung) und dringt vertikal in die Erde ein. Nur durch gelegentliche Ionisation werden sie abgebremst und umgelenkt. Einige wenige fliegen dann quer durch die Nebelkammer und hinterlassen lange, dicke Nebelspuren, die dank ihrer Länge gut von den Spuren der α -Teilchen unterschieden werden können.



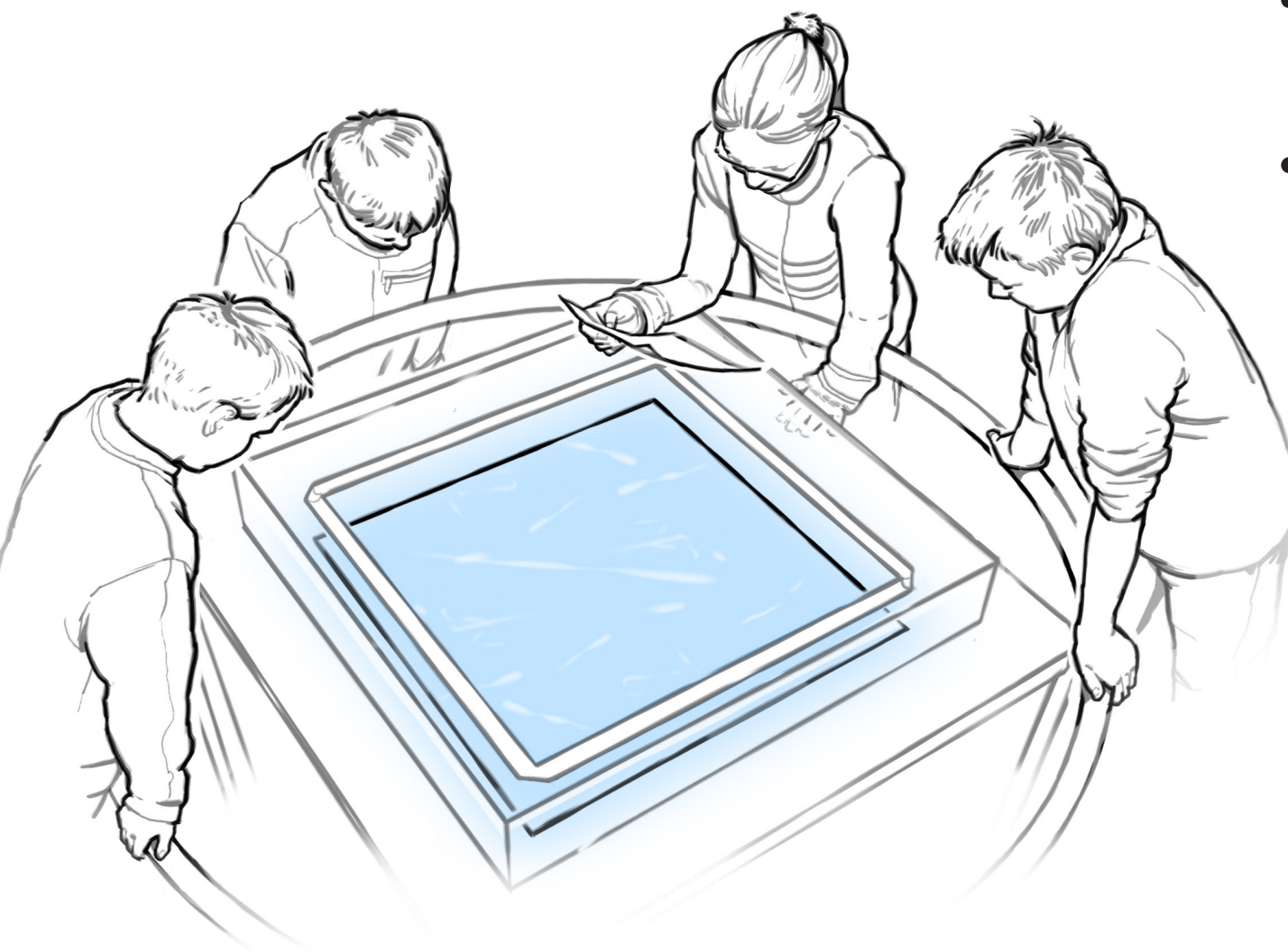
Particle Tracks

“Vapour Trails”



To do and notice:

- *Look at the various sorts of track that appear in the cloud chamber.*
- *What different sorts can you distinguish?*



Want to know more?



Read the additional texts



Particle Tracks

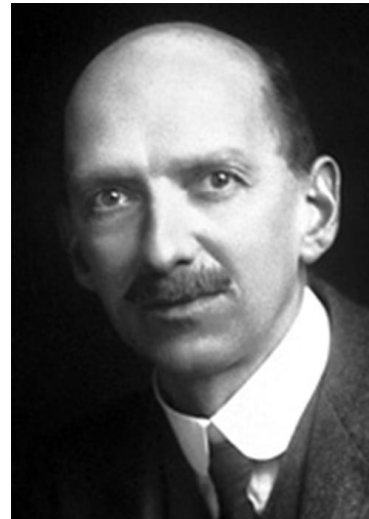
"Vapour Trails"



Want to know more?

There is a layer of supersaturated alcohol vapour at the bottom of the cloud chamber. Any fast, ionizing particle that randomly traverses this layer collides with gas molecules and creates countless ions (electrically charged atoms or molecules) on which the vapour condenses.

A visible alcohol droplet trail forms, comparable to the vapour trails (contrails) made of ice crystals, which are visible behind high-flying aircraft. The cloud chamber is one of the oldest detection devices for ionizing particles.



The cloud chamber was invented by the Scottish physicist Charles Thomson Rees Wilson, who used it to detect alpha and beta particles in 1911 (Nobel Prize in 1927).

The large cloud chamber in Technorama is a development of Wilson's original device.

To do and notice:





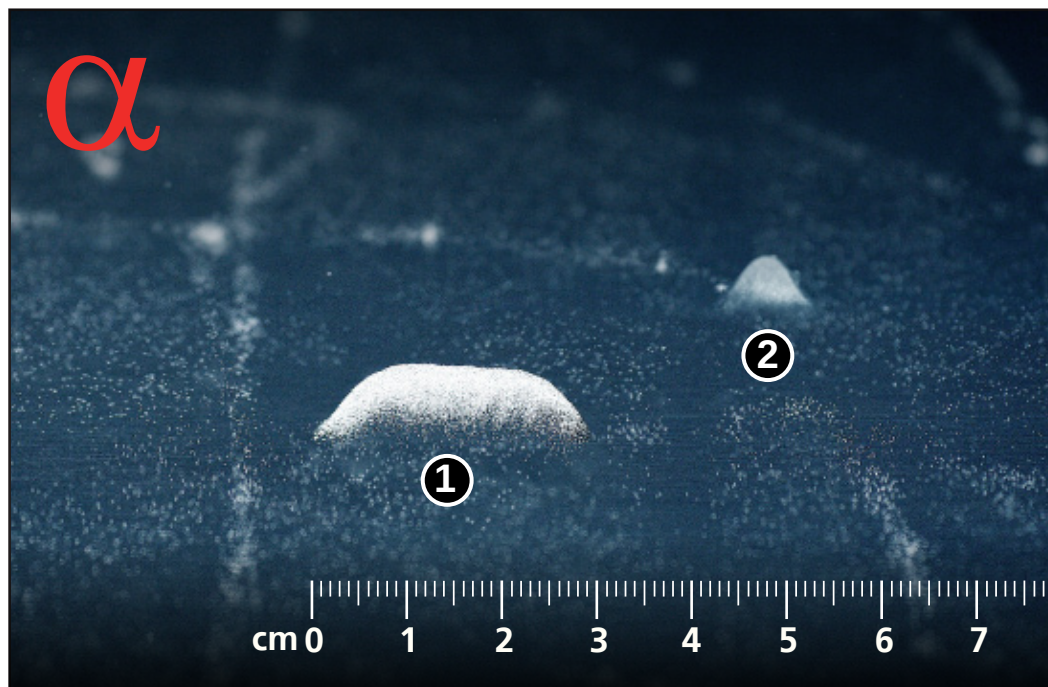
Particle Tracks - “Vapour Trails”



Cloud Chamber, Additional Texts

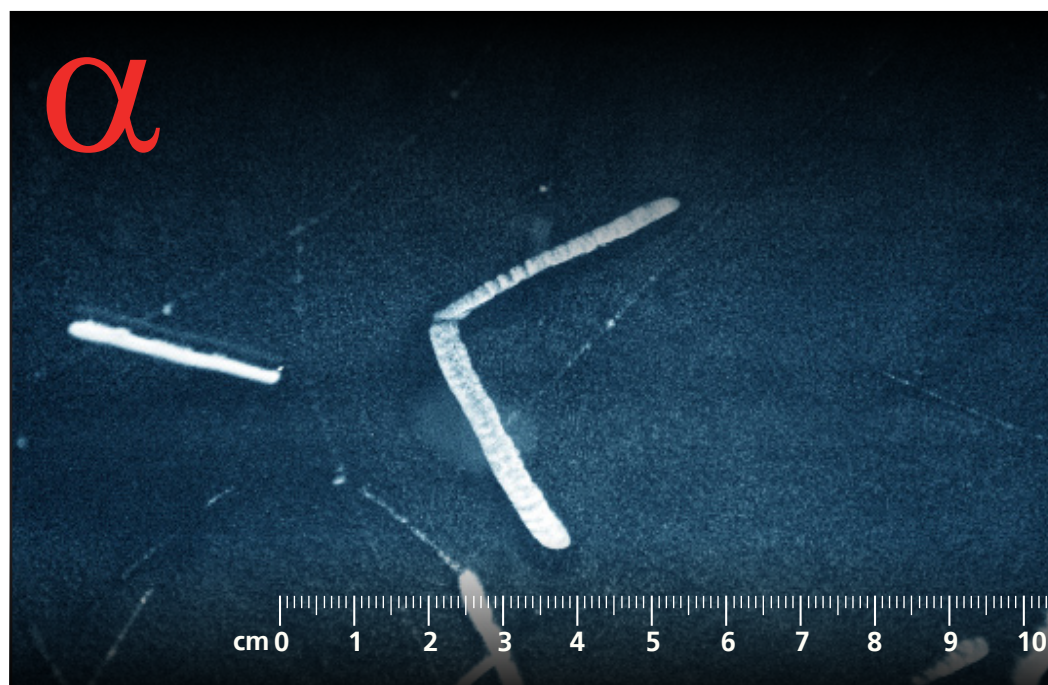
Alpha Particles (α), Alpha Radiation

The **thick cloud trails, mostly between 2 and 7 cm long**, are produced by alpha particles. These are positively charged ion of Helium atoms, which are here mainly produced when radioactive Radon atoms in the air disintegrate. They can have speeds up to 20% of the speed of light.



Depending on the direction in which they are emitted, horizontally, vertically or at any angle through the supersaturated alcohol vapour layer, you see a longer or shorter trail.

Here you see at the same time a **horizontal** ^① and a **vertical** ^② trail of alpha particles.



Here is a **V-shaped** pair of tracks produced when a Radon (Rn-220) atom disintegrates. The Polonium (Po-216) produced is also radioactive and also rapidly disintegrates, emitting another alpha particle. The time interval between the two is short (half life of the isotope Po-216 is about one tenth of a second) so the pair of tracks form a V-shaped pair.

More:

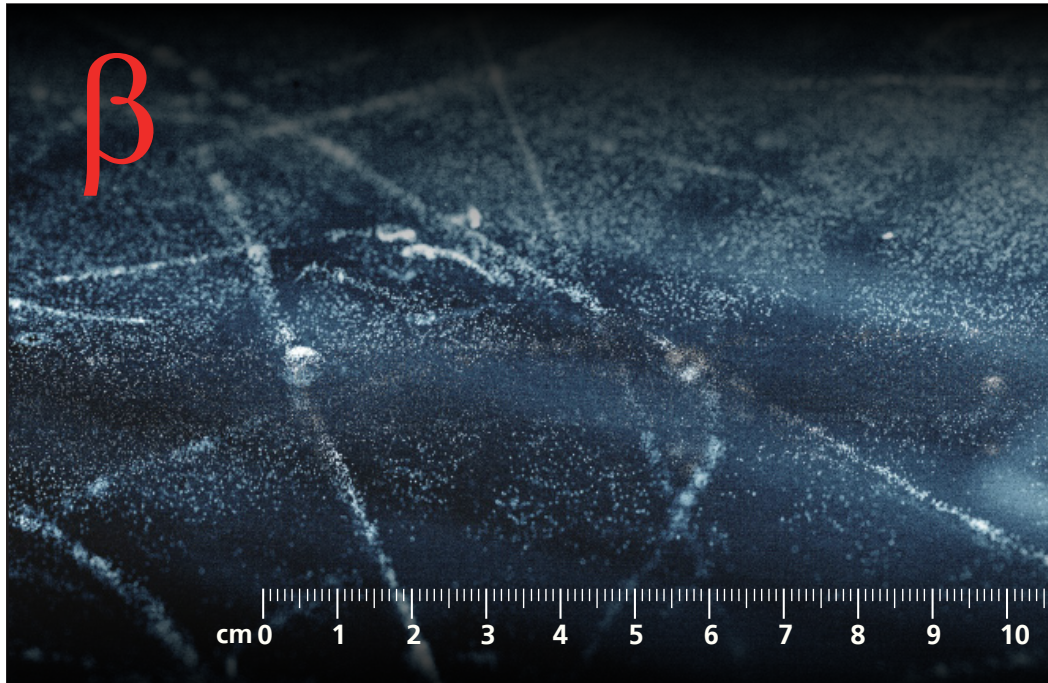




Particle Tracks - “Vapour Trails”



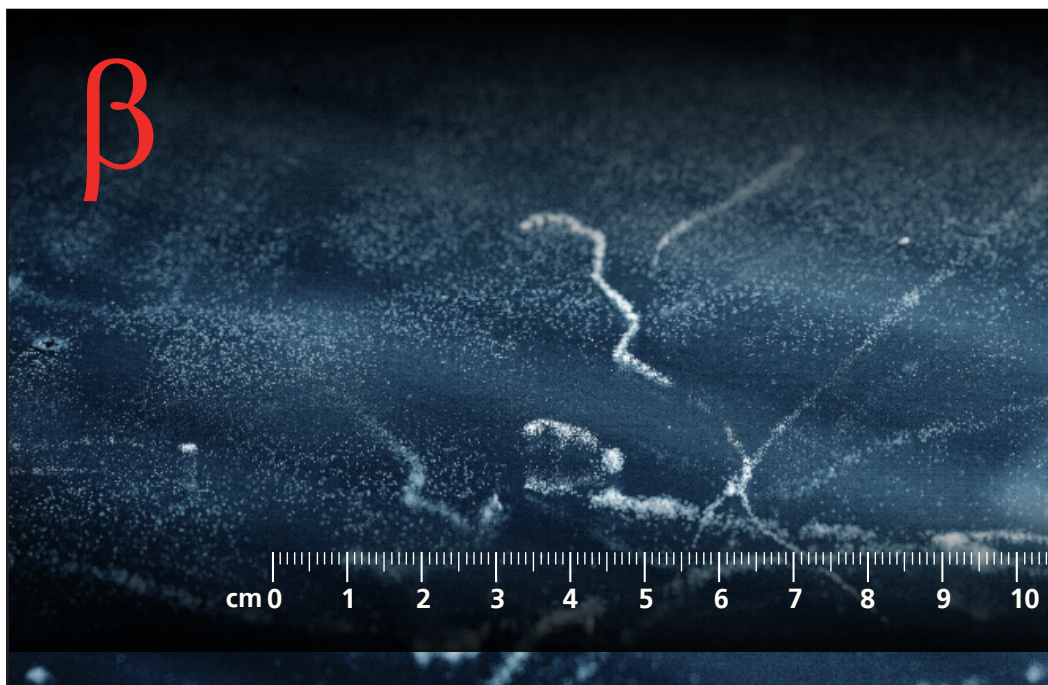
Cloud Chamber, Additional Texts



Beta particles (β), Beta Radiation

Fast electrons

The **long, straight, very thin** tracks are produced by very fast electrons., which were originally called “Beta radiation”. These light, electrically negatively charged particles are produced by some radioactive disintegrations. They can have speeds up to 95% of the speed of light.



Slow electrons

The **short, straggly and very thin** tracks are produced by slower, scattered electrons.

They are not produced directly by radioactive processes but are ejected from atoms by Gamma (γ) rays. Gamma rays are very energetic radiation from outer space or from some “excited” atomic nuclei following their radioactive disintegration. Thus these tracks are evidence for Gamma rays.

More:

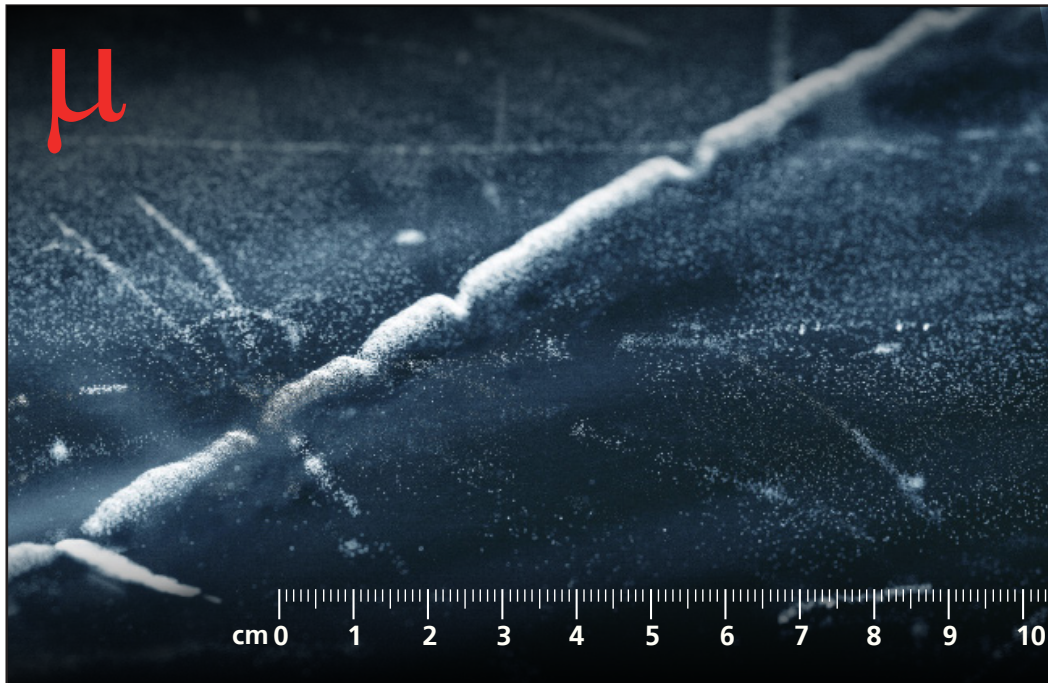




Particle Tracks - “Vapour Trails”



Cloud Chamber, Additional Texts



Myons (μ), Myonen Radiation

Very occasionally you may see a **long, thicker** track which stretches across the cloud chamber.

These tracks are produced by fast sub-atomic negatively charged particles called muons – particles produced in the upper atmosphere by cosmic ray collisions and which disintegrate in a very short time. They reach down to the earth’s surface, and thus perhaps through the cloud chamber, despite their gigantic speed only due the relativistic time dilation.

Want to know more?

For an observer on earth, muons disintegrate in about 2.2 microseconds (their half-life). Travelling at nearly the speed of light, you would expect these muons to travel only about 660 metres and so could never travel all the way through 20km of atmosphere. However at such a high speed, the special theory of relativity predicts that clocks tick much more slowly, so that the average muon would experience a 30-times longer existence. This allows about 50% of the muons produced to reach the ground and so produce tracks.

The majority of these muons reaching the ground are still travelling vertically. However, with occasional collisions, some become slowed and diverted so can produce long tracks in a cloud chamber, tracks which are not so dense as those from alpha particles.

Back:





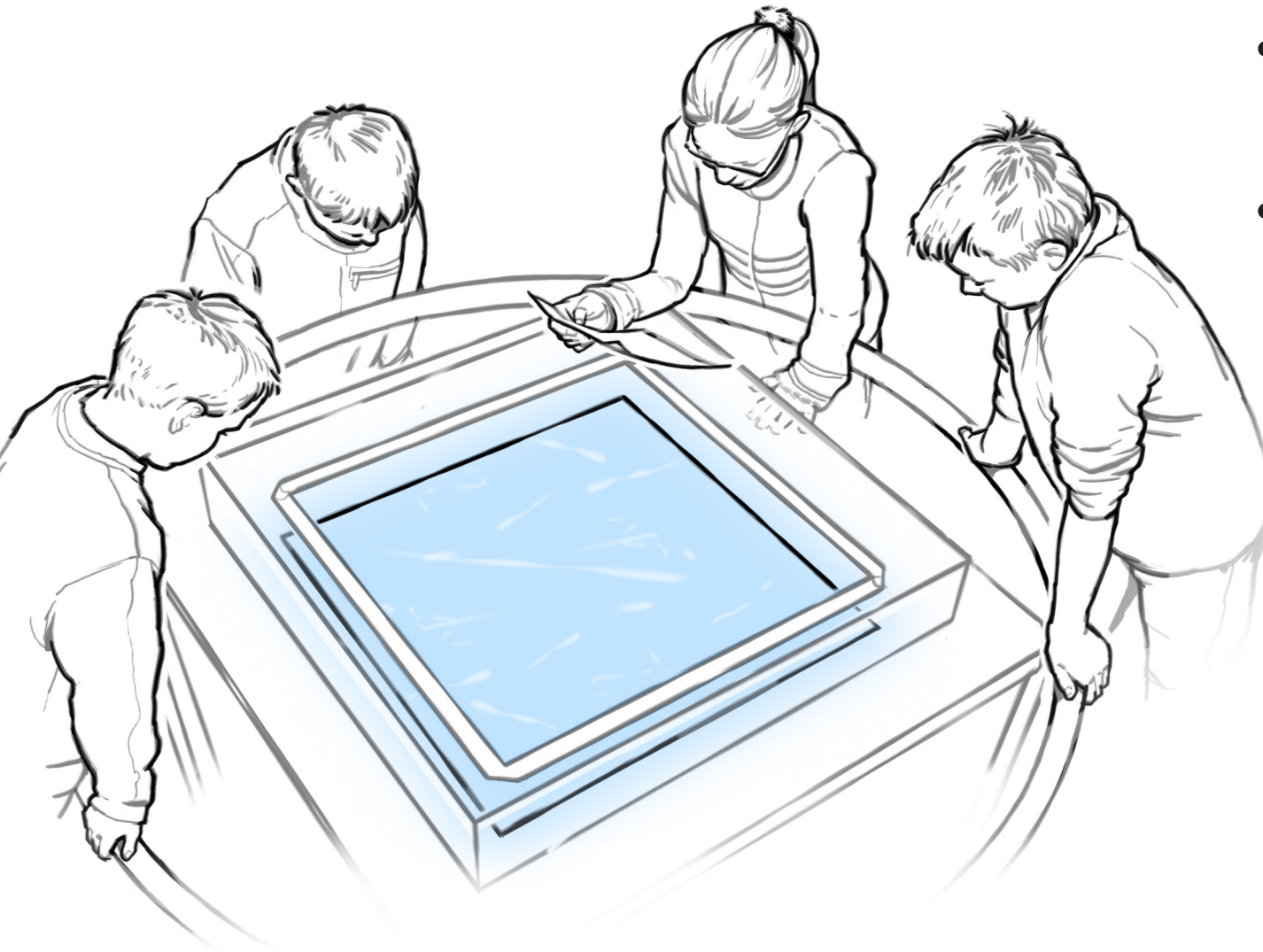
Traces de particules dans le brouillard

Traînées de condensation moléculaires



A vous de jouer:

- *Observez les différentes traces dans la chambre de brouillard.*
- *Pouvez-vous en distinguer les différents types?*



Pour en savoir plus:



Lisez les textes complémentaires



Traces de particules dans le brouillard

Traînées de condensation moléculaires



Pour en savoir plus:

La chambre de brouillard comporte, juste au-dessus de son fond noir refroidi, une couche de vapeur d'alcool sursaturée. Une particule ionisante rapide, qui traverse cette couche au hasard, produit d'innombrables ions (atomes ou molécules chargés électriquement) sur lesquels la vapeur se condense. Cela forme une trace visible faite de gouttelettes, semblable aux traînées de condensation de cristaux de glace (cirrus homogenitus) qu'on voit derrière les avions volant à haute altitude.

La chambre de brouillard est l'un des premiers dispositifs conçus pour observer les particules ionisantes.



Le principe de la chambre de brouillard a été découvert par le physicien écossais Charles Thomson Reese Wilson (prix Nobel 1927), qui a pu ainsi en 1911 mettre en évidence les particules alpha et bêta.

La grande chambre de brouillard du Technorama est une version évoluée du dispositif de Wilson.

A vous de jouer:





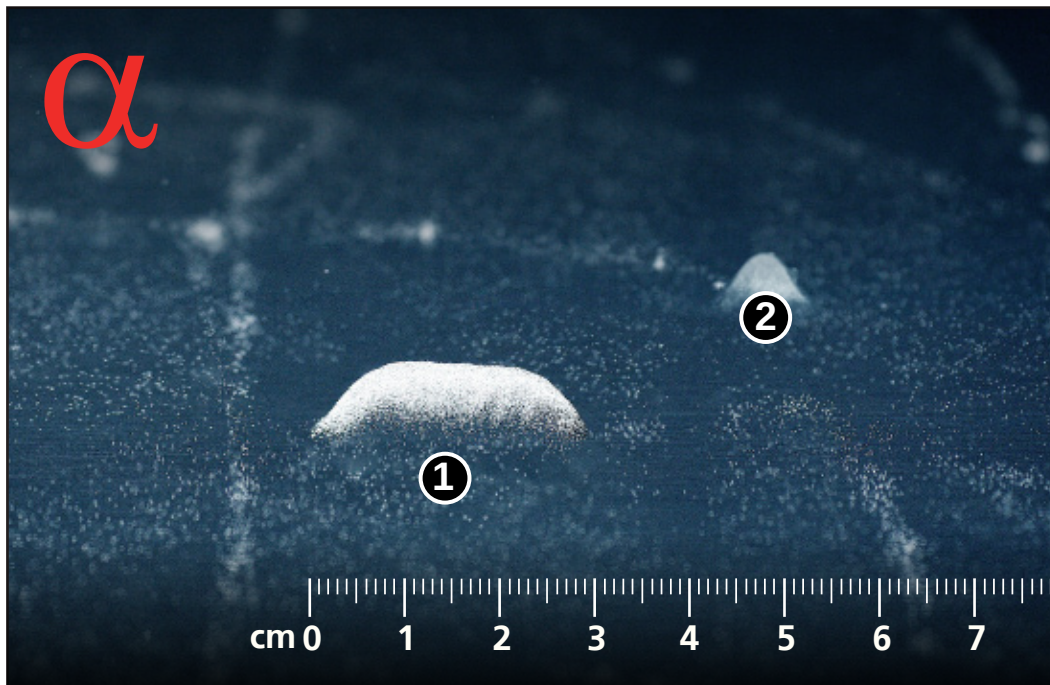
Traces de particules dans le brouillard



La chambre de brouillard ou chambre de Wilson, textes complémentaires

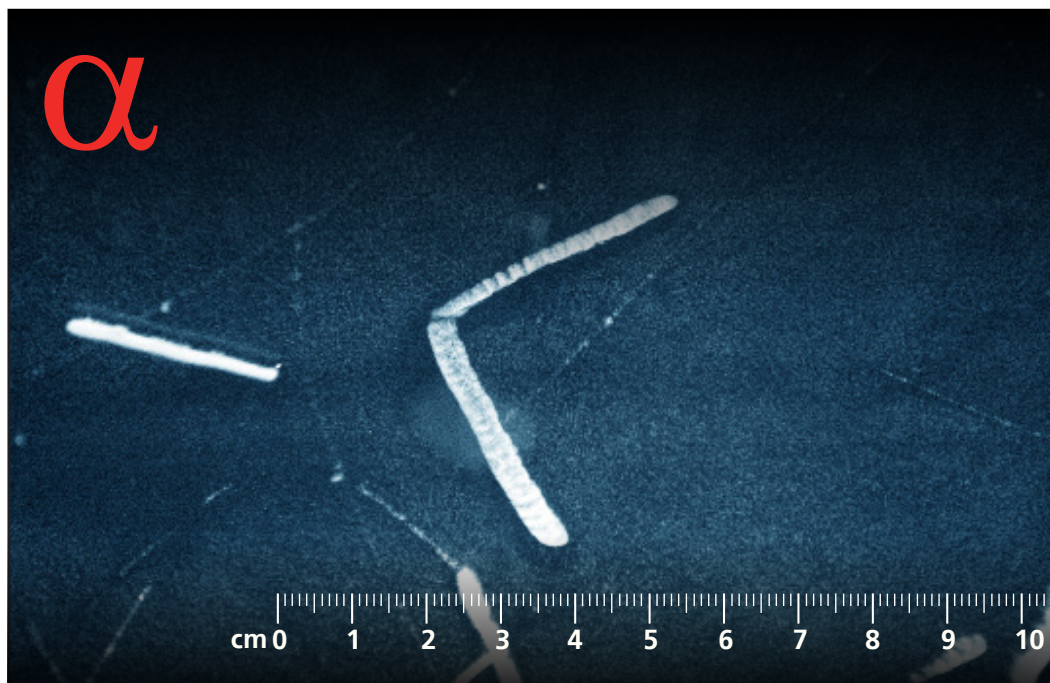
Particules alpha (α), Rayons alpha

Les traces de nuages épaisses, généralement entre 2 et 7 cm de longueur, proviennent des particules alpha. Il s'agit de noyaux d'atomes d'hélium chargés positivement, qui sont émis dans l'air par des substances radioactives (essentiellement le radon, un gaz rare). La vitesse des particules alpha peut atteindre 20% de la vitesse de la lumière.



Selon la position – horizontale, inclinée ou verticale – adoptée par hasard par une particule alpha lorsqu'elle traverse la couche de vapeur d'alcool, et selon l'intensité de sa charge énergétique, la trace nébuleuse est plus ou moins longue.

Ici on voit en même temps les traces d'une particule alpha **horizontale ①** et **verticale ②**.



Une trace nébuleuse **en forme de V** se produit lors de la désintégration d'un atome de radon radioactif (Rn-220), qui émet une particule alpha. Cela donne un atome de polonium (Po-216), également radioactif, qui se désintègre aussi en émettant une particule alpha. Cet isotope ayant une demi-vie très courte, l'émission des deux particules alpha se produit dans un laps de temps extrêmement bref, ce qui explique la formation d'une trace en forme de V.

Suite:

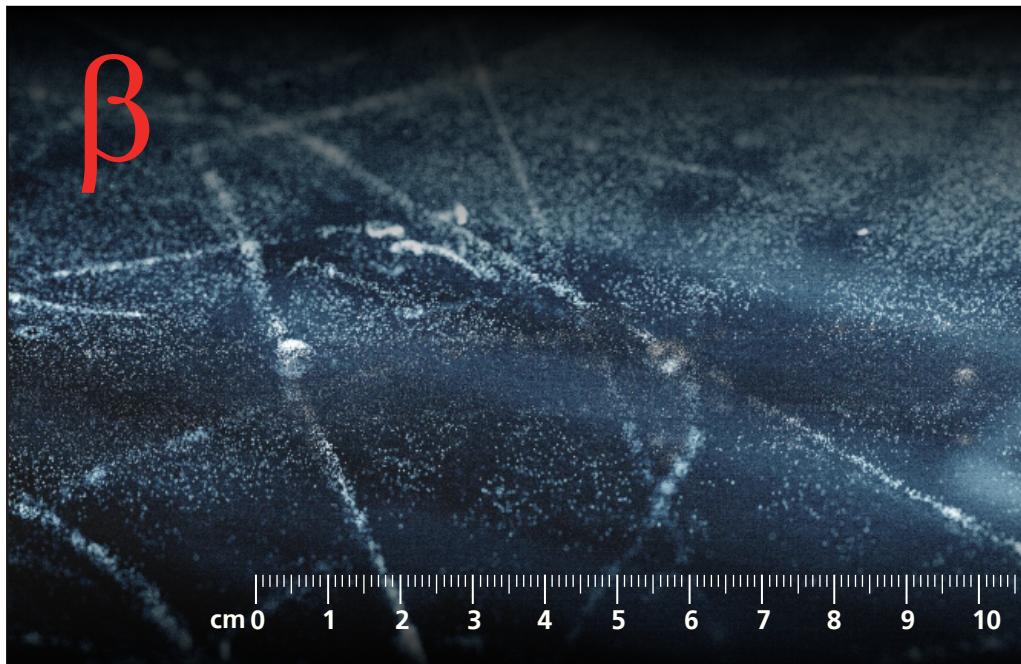




Traces de particules dans le brouillard



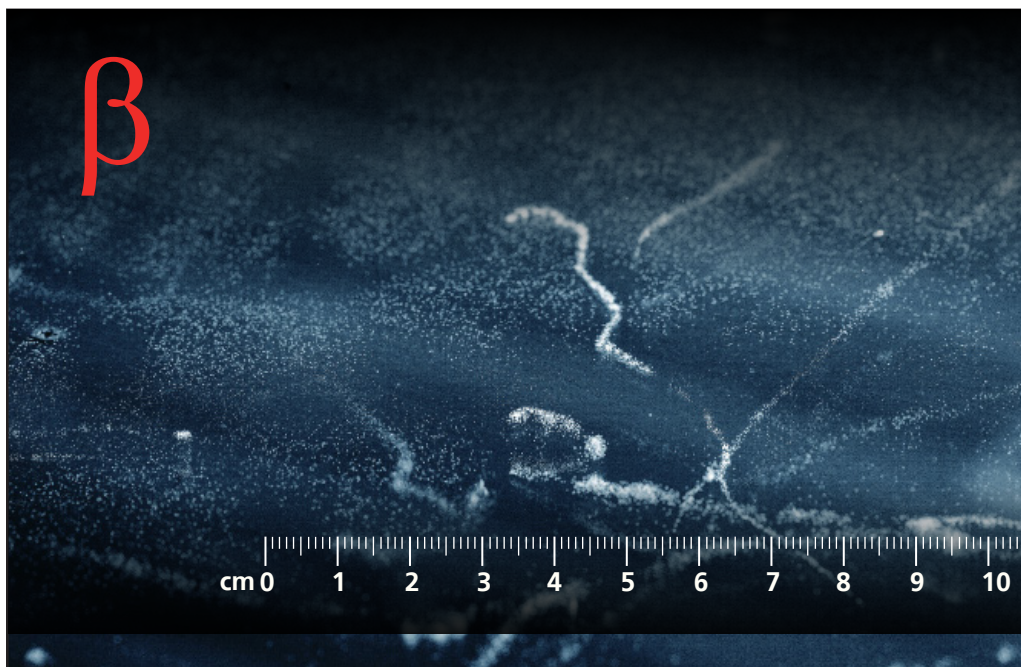
La chambre de brouillard ou chambre de Wilson, textes complémentaires



Particules bêta (β), rayons bêta

Electrons rapides

Les traces **longues, droites et très minces** sont produites par des électrons qui se déplacent très rapidement, appelés «rayons bêta» pour des raisons historiques. Ces particules légères, chargées d'électricité négative, résultent également de processus de désintégration radioactive. Elles peuvent atteindre 95% de la vitesse de la lumière.



Electrons lents

Les traces **finies, courbes et très minces** sont produites par des électrons lents dispersés. Ils ne sont pas produits par la désintégration radioactive, mais propulsés hors des atomes par des rayons gamma (γ). Le rayonnement gamma est un rayonnement à la charge énergétique très élevée qui provient du cosmos ou se forme dans les noyaux atomiques excités par les processus de désintégration radioactive. Les traces courbes des électrons lents constituent donc une preuve indirecte de la présence d'un rayonnement gamma.

Suite:

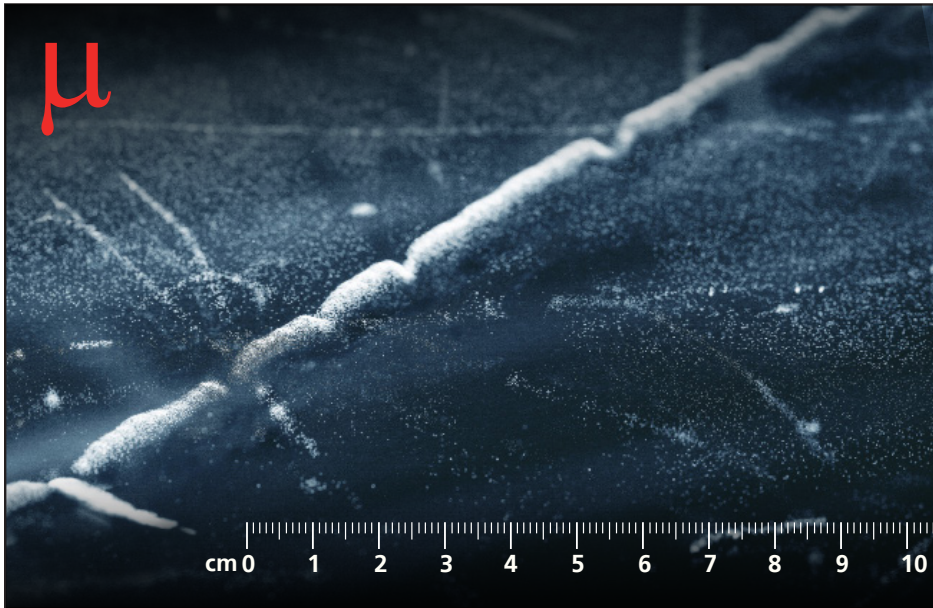




Traces de particules dans le brouillard



La chambre de brouillard ou chambre de Wilson, textes complémentaires



Muons (μ), rayons muons

De temps à autre, vous pouvez voir des traces **droites, très marquées**, qui peuvent traverser la chambre de brouillard en diagonale.

Ces traces sont provoquées par des muons. Ces particules qui se forment dans les couches supérieures de l'atmosphère se désintègrent en un temps extrêmement bref. Malgré leur vitesse très élevée, elles ne peuvent parvenir à la surface de la terre et, de ce fait, dans la chambre de brouillard, que grâce à la dilation du temps, expliquée par la théorie de la relativité.

Pour en savoir plus:

Pour l'observateur situé sur la terre, les muons à l'état de repos se désintègrent en 2,2 microsecondes. Pendant ce laps de temps, une particule qui se déplacerait à une vitesse proche de celle de la lumière, parcourrait environ 660 mètres et ne pourrait donc pas traverser les quelque 20 kilomètres de l'atmosphère terrestre. Mais à des vitesses aussi élevées, le temps s'écoule plus lentement. Selon la théorie de la relativité, un muon qui se déplace à une telle vitesse présente une durée de désintégration (demi-vie) 30 fois plus longue. C'est cette dilatation de la durée qui permet à environ 50% des muons d'atteindre la surface de la terre.

La plupart des muons traverse l'atmosphère sans perte notable d'énergie (rayonnement dur) et pénètre à la verticale dans la terre. Seule une ionisation occasionnelle peut les ralentir et les dévier. Quelques-uns d'entre eux traversent alors la chambre de brouillard en laissant des traces nébuleuses longues et épaisses, que l'on distingue aisément des traces des particules α par leur longueur.

Retour:





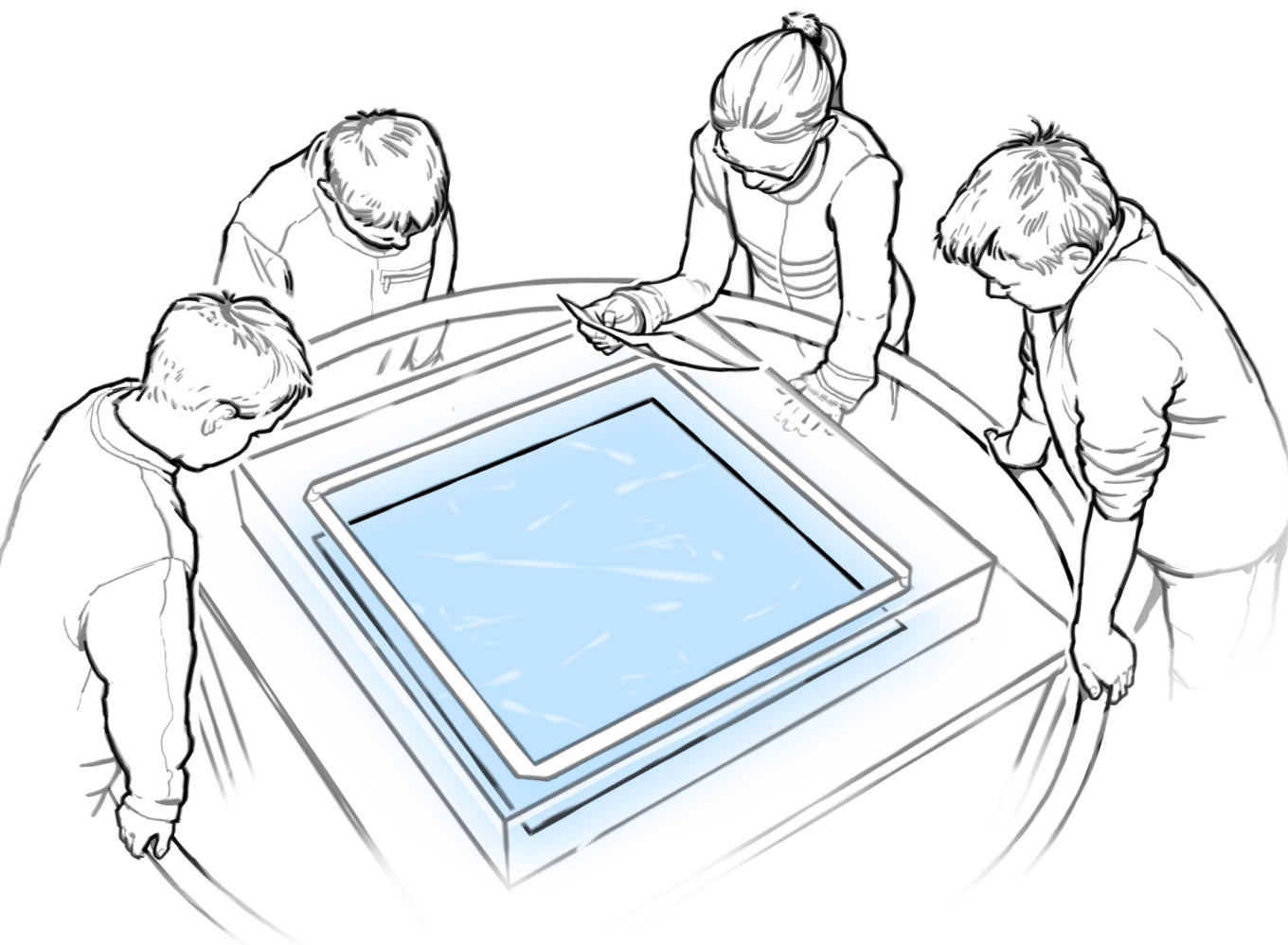
Tracce di particelle nella nebbia



Strisce di condensazione molecolari

Che cosa fare:

- Osservate le diverse tracce nella camera a nebbia.
- Quali tipi di tracce riuscite a distinguere?



Vuole saperne di più?



leggete i testi supplementari



Tracce di particelle nella nebbia



Strisce di condensazione molecolari

Vuole saperne di più?

Appena al di sopra del fondo refrigerato nero della camera a nebbia si trova un sottile strato di vapore di alcol soprassaturo. Il passaggio di una veloce particella ionizzante che attraversa a caso questo strato produce innumerevoli ioni (atomi o molecole con una carica elettrica) accanto ai quali il vapore di alcol si condensa. Si forma così una traccia di goccioline visibile, paragonabile alle scie di cristalli di ghiaccio che lasciano dietro di sé gli aerei quando volano ad alta quota.

La camera a nebbia è uno dei più antichi dispositivi per la rivelazione delle particelle ionizzanti.



Il principio della camera a nebbia venne scoperto dal fisico scozzese Charles Thomson Reese Wilson che poté così dimostrare l'esistenza delle particelle alfa e beta (ottenendo il Premio Nobel nel 1927). La grande camera a nebbia che si trova a Technorama è un ulteriore sviluppo dell'apparecchiatura di Wilson.

Che cosa fare:





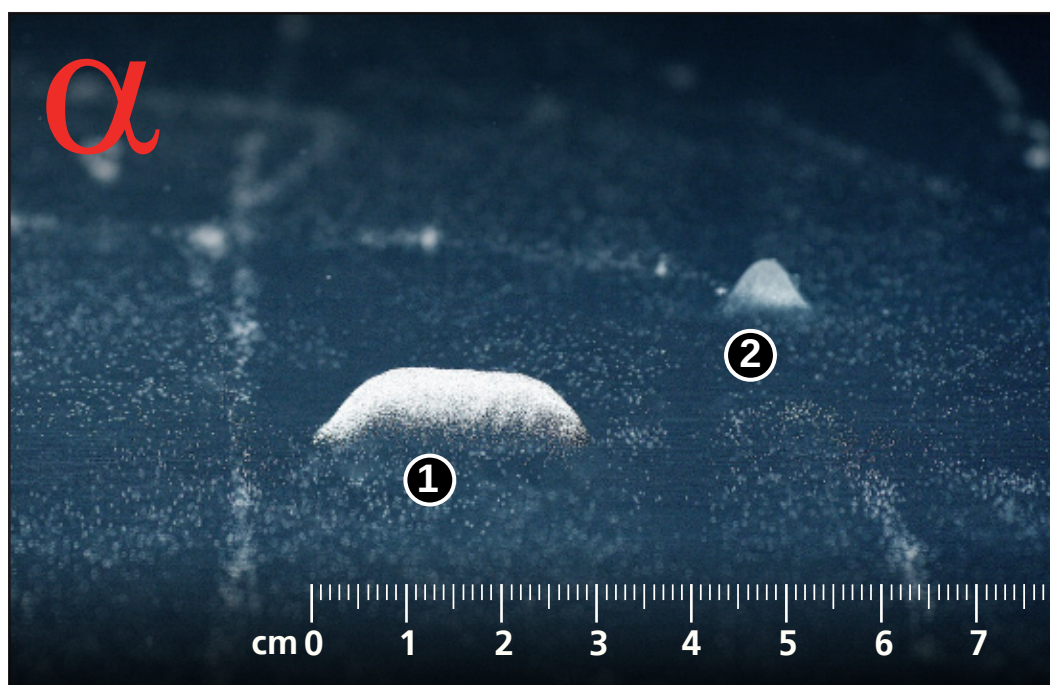
Tracce di particelle nella nebbia



Strisce di condensazione molecolari

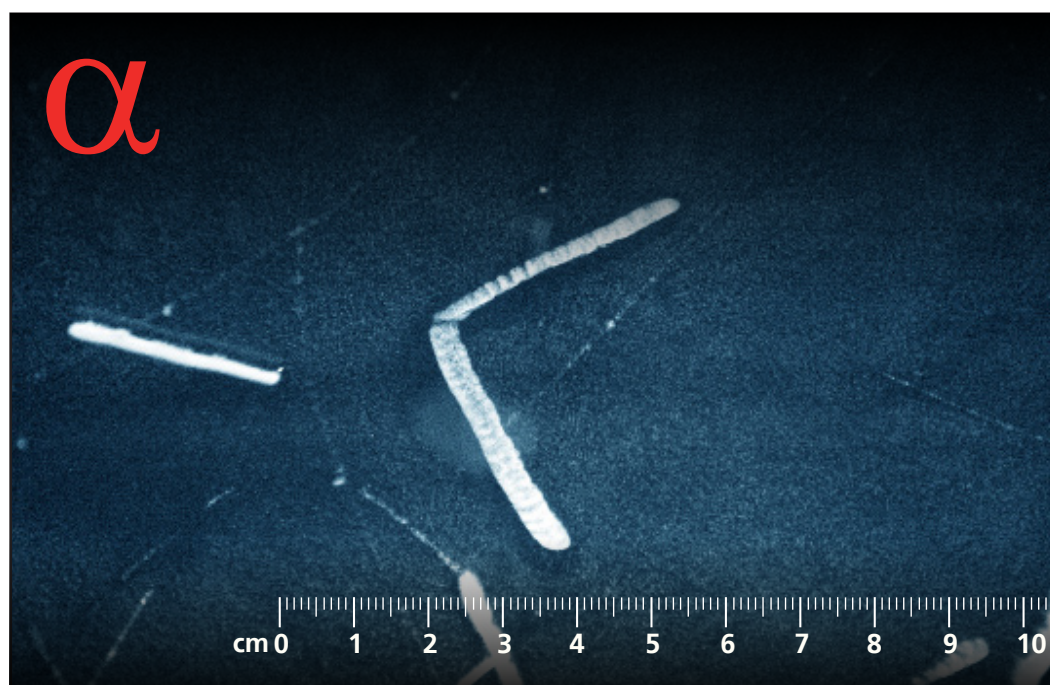
Particelle alpha (α), raggi alpha

Le tracce grosse, per lo più lunghe da 2 a 7 cm sono prodotte da particelle alfa. Queste sono nuclei di elio con carica elettrica positiva che vengono emesse da sostanze radioattive presenti nell'aria (principalmente dal gas nobile Radon). La velocità delle particelle alfa può raggiungere fino al 20% della velocità della luce.



A seconda che una particella alfa si sposti accidentalmente nel vapore di alcol in orizzontale, obliquamente o perpendicolarmente e di quanto sia energetica, ne consegue che produca nella camera a nebbia una traccia più corta o più lunga.

Qui accanto sono illustrate contemporaneamente le tracce lasciate nella nebbia da una particella alfa che è penetrata **orizzontalmente ①** e da una che è penetrata **perpendicolarmente ②**.



Una traccia di goccioline a **forma di v** come questa si ha ogni volta che un atomo radioattivo di Radon (Rn-220) decade (si scinde) emettendo una particella alfa. L'atomo di Polonio (Po-216) che ne deriva è anch'esso radioattivo e decade emettendo una particella alfa. Dato che anche quest'ultimo isotopo ha un'emivita molto breve, ne deriva l'emissione di due particelle alfa in un intervallo di tempo brevissimo l'una dopo l'altra, motivo per cui si ottiene la traccia a forma di «v».

Continua:

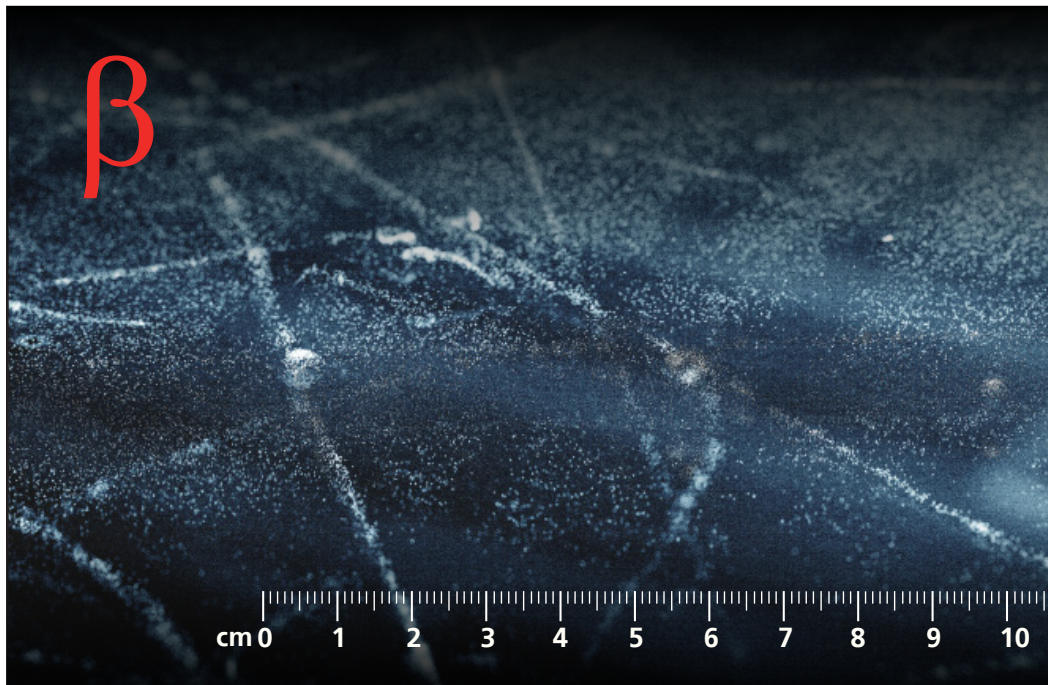




Tracce di particelle nella nebbia



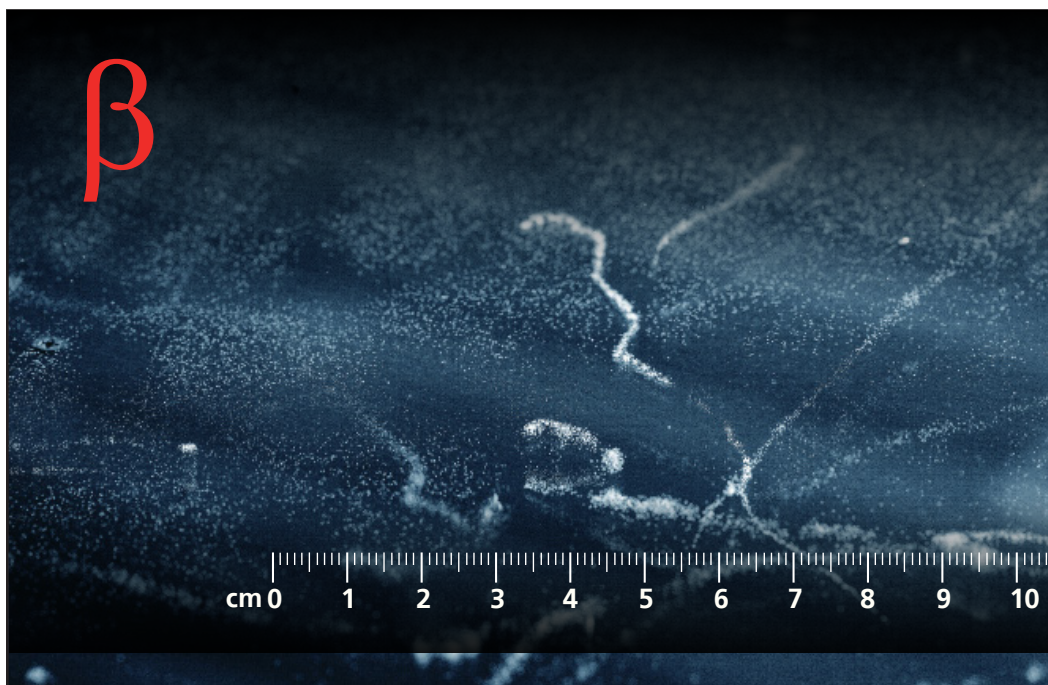
Strisce di condensazione molecolari



Particelle beta (β), raggi beta

Elettroni veloci

Le tracce **lunghe, diritte, molto sottili**, vengono lasciate da elettroni che viaggiano a grande velocità, chiamati per ragioni storiche «raggi beta». Queste particelle leggere, con carica elettrica negativa, sono prodotte anch'esse nel corso di alcuni processi di decadimento radioattivo. Possono facilmente raggiungere una velocità pari al 95% di quella della luce.



Elettroni lenti

Le tracce **fini, ritorte, molto sottili**, sono prodotte da elettroni sparsi, lenti. Non hanno origine da processi di decadimento radioattivo, bensì sono sprigionate dagli atomi che vengano investiti da raggi gamma (γ). La radiazione gamma è una radiazione molto energetica che proviene dallo spazio oppure viene prodotta dai nuclei atomici eccitati nel corso dei processi di decadimento radioattivo.

Le forme ritorte degli elettroni lenti sono dunque una riprova indiretta della radiazione gamma.

Continua:

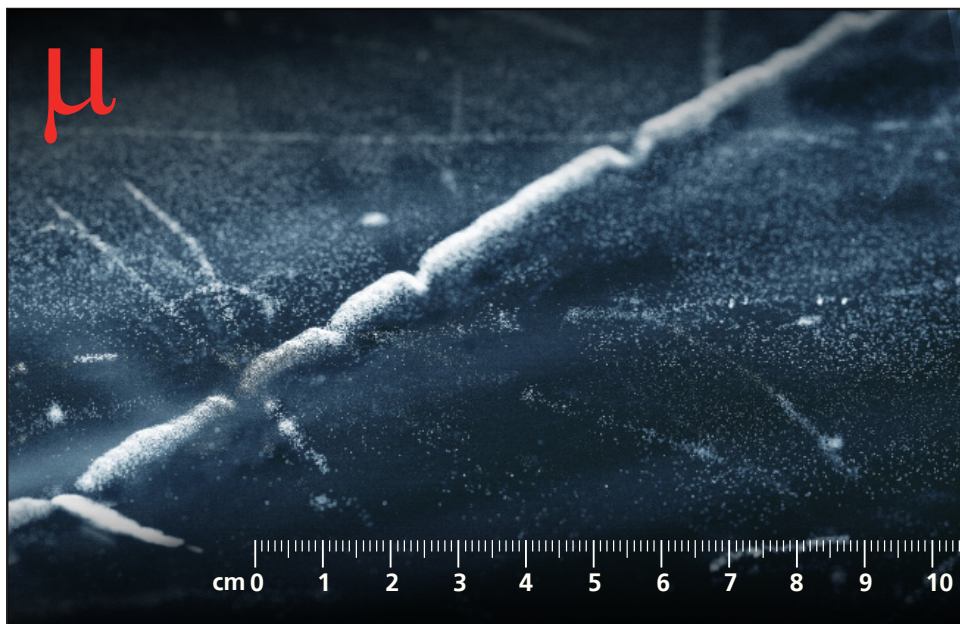




Tracce di particelle nella nebbia



Strisce di condensazione molecolari



Muoni (μ), raggi muonici

Di tanto in tanto vedete nella nebbia tracce molto **marcate e diritte** che possono attraversare tutta la superficie della camera a nebbia.

Queste tracce sono prodotte da muoni. Queste particelle nascono negli strati più alti dell'atmosfera e, nonostante la loro velocità molto elevata, arrivano alla camera a nebbia solo grazie alla dilatazione relativistica del tempo.

Per chi vuole sapere di più:

Per l'osservatore sulla terra, i muoni decadono in 2,2 microsecondi. In questo intervallo di tempo una particella che viaggi quasi alla velocità della luce, coprirebbe all'incirca 660 metri e dunque non potrebbe attraversare tutta l'atmosfera terrestre che è spessa circa 20 chilometri. Tuttavia, a quelle velocità gli orologi funzionano più lentamente. Per questa velocità la Teoria della Relatività ristretta prevede un intervallo di decadimento trenta volte più lungo. Così, con questa emivita, il 50% dei muoni prodotti riesce a raggiungere comunque la superficie terrestre.

La maggior parte dei muoni attraversa l'atmosfera senza subire alcuna sostanziale perdita di energia (radiazioni dure) e penetra nella terra perpendicolarmente. Solo occasionalmente essi vengono frenati e deviati per ionizzazione. Una piccola quota di essi attraversa a camera a nebbia obliquamente, lasciando nella nebbia tracce lunghe e grosse che possono essere distinte bene da quelle lasciate dalle particelle alfa proprio per via della loro lunghezza.

Indietro:

