



BAU EINER NEBELKAMMER

HINWEISE FÜR LEHRKRÄFTE

Es gibt viele Möglichkeiten, eine Nebelkammer zu bauen. Die hier beschriebene Variante kann mit leicht zugänglichen Materialien selbst hergestellt werden. Aufgrund des einfachen Aufbaus eignet sich das Experiment gut für die Durchführung in Kleingruppen.

In diesem Dokument finden Sie allgemeine Hinweise zur Einordnung des Themas im Unterricht, eine Materialliste zum Bau der Nebelkammer sowie Anregungen für den Unterricht, Links zum Thema und Informationen zum Umgang mit Trockeneis. Die Datei [Nebelkammer_Anleitung] enthält eine Versuchsanleitung für Schüler. Ergänzende Informationen zum Funktionsprinzip der Nebelkammer und den darin beobachtbaren Teilchenspuren sind in [Nebelkammer_Infos] zusammengefasst.

Einordnung im Unterricht

- ▶ Das Experiment passt zu einer Unterrichtssequenz über Astroteilchen- oder Teilchenphysik, ebenso wie zu den Themen Kernphysik oder Radioaktivität.
- ▶ Danach bietet sich eine Überleitung zur historischen Entwicklung der Astroteilchen- und Teilchenphysik oder zu weiteren experimentellen Methoden an.

Mögliche Lernziele

Die Jugendlichen...

- ▶ wenden eine Methode zum Nachweis von Teilchen an.
- ▶ identifizieren und beschreiben unterschiedliche Teilchenspuren.
- ▶ erklären, wie Teilchenspuren in der Nebelkammer entstehen.
- ▶ erfahren, was kosmische Teilchen sind.

Zeitbedarf

- ▶ Aufbau: 5–15 Minuten (je nach Vorbereitung)
- ▶ Kühlung der Nebelkammer: 5–10 Minuten
- ▶ Beobachtung: Erste Spuren sind schon nach wenigen Minuten zu sehen. Für Beobachtungsaufträge (s. Seite 2) sollten zwischen 5 und 20 Minuten eingeplant werden. Die Funktionsdauer der Nebelkammer hängt von mehreren Faktoren ab, z.B. von der verwendeten Menge an Trockeneis und der Dicke des Filzes.

Materialien

- ▶ **Plexiglas- oder Glasbox:**
Die Wände müssen durchsichtig sein. Ideal ist eine Seitenlänge von 10–30 cm und eine Höhe von 10–15 cm. Der Rand der Öffnung darf keine Vorsprünge aufweisen. Kleine Aquarien oder Terrarien sind gut geeignet, aber auch aus einem durchsichtigen Plastikbecher lässt sich eine Nebelkammer improvisieren.
- ▶ **Metallplatte:**
Diese sollte etwas größer als die Öffnung der Plastikbox sein. Ihre Oberfläche sollte matt schwarz sein; ideal eignet sich eine eloxierte Platte. Steht keine schwarze Platte zur Verfügung, kann die Oberfläche mit matt-schwarzem Isolierband oder mit Stoff bedeckt werden.
- ▶ **Styroporkiste:**
Diese sollte groß genug sein, um die Metallplatte hineinzulegen. Eine Höhe von 5 cm ist ausreichend. Gut eignet sich auch eine Holzkiste, die mit einer Schicht Styropor ausgekleidet wird.
- ▶ **Filz:**
Dieser sollte nicht zu dünn sein (3–5 mm) und auf die Größe der Bodenfläche der durchsichtigen Box zugeschnitten werden.
- ▶ **6-8 Magneten:**
Um den Filz am Boden der Box zu befestigen, eignen sich kleine Neodym-Magnete. Klebstoffe oder -streifen sind nicht geeignet, da sie üblicherweise alkohollöslich sind.
- ▶ **Trockeneis:**
Um den Boden einer Styroporkiste von 20x15 cm² Grundfläche zu bedecken, sind etwa 500 g Trockeneis nötig. Damit kann die Nebelkammer mindestens eine halbe Stunde betrieben werden (s. Seite 3).
- ▶ **Reiner Alkohol (100% Isopropanol)**
- ▶ **Knetmasse**
- ▶ **Schutzhandschuhe, Schutzbrille**
- ▶ **Taschenlampe**



ANREGUNGEN FÜR DEN UNTERRICHT

- ▶ **Spuren beobachten:** Die Jugendlichen können die verschiedenen Arten von Spuren aufzeichnen oder beschreiben.
- ▶ **Spuren zählen:** Die Jugendlichen können die Häufigkeiten verschiedener Spuren vergleichen.
- ▶ **Spuren filmen:** Sie können die Nebelkammer mit den Jugendlichen filmen. Es empfiehlt sich eine Hochgeschwindigkeitskamera, falls vorhanden. Aus dem Videomaterial lassen sich Standbildaufnahmen mit verschiedenen Teilchenspuren gewinnen.
- ▶ **Spuren identifizieren:** Die beobachteten oder gefilmten Spuren können verschiedenen Teilchensorten zugeordnet werden. Dabei kann das Info-Blatt [Nebelkammer_Info] helfen.
- ▶ **Spuren erzeugen:** Stellt man ein radioaktives Präparat in die Kammer, sind deutlich mehr Spuren zu erkennen. An der Richtung der Spuren lässt sich unterscheiden, ob sie aus der radioaktiven Quelle kamen oder nicht. Dabei können Alpha- und Betateilchen unterschieden werden; Photonen (Gamma-Strahlung) hinterlassen keine sichtbaren Spuren in der Nebelkammer. Sie können jedoch Elektronen aus Atomen herauslösen, welche ihrerseits Spuren hinterlassen.
- ▶ **Spuren beeinflussen:** Sie können die Nebelkammer in ein starkes Magnetfeld einbringen (z.B. Helmholtzspulen) und mit den Jugendlichen diskutieren, was geschieht. In der Tat wird die Krümmung der Teilchenspuren kaum zu erkennen sein, da die meisten beobachteten Teilchen viel energiereicher sind als diejenigen in Schulversuchen (Fadenstrahl- oder Braunsche Röhre). Um die Krümmung sichtbar zu machen, müsste ein Magnetfeld mit einer Feldstärke von mehr als einem Tesla angelegt werden.
- ▶ **Recherche:** Bei der Beschäftigung mit der Nebelkammer können sich verschiedene Fragen ergeben, welche die Jugendlichen recherchieren und diskutieren können. Dabei können die unten angegebenen Links als Recherchegrundlage dienen. Antworten zu einigen der Fragen liefern auch die Info-Blätter [Nebelkammer_Info].
 - Wer hat die Nebelkammer erfunden und wozu?
 - Wie funktioniert eine Nebelkammer? Welche Arten von Nebelkammern gibt es?
 - Wie entstehen Spuren in der Nebelkammer? Warum sehen die Spuren verschieden aus?
 - Welche Entdeckungen wurden mit der Nebelkammer gemacht?
 - Woher kommen die Teilchen, die wir in der Nebelkammer sehen?
 - Aus welchen Teilchen besteht die primäre kosmische Strahlung? Woher kommen diese?
 - Wie und von wem wurde die kosmische Strahlung entdeckt?
 - Welche Bedeutung haben kosmische Teilchen für die aktuelle Forschung in der Astroteilchenphysik?
- ▶ **Relativitätstheorie:** In der Nebelkammer werden hauptsächlich Myonen beobachtet, die entstehen, wenn primäre kosmische Teilchen auf die Erdatmosphäre treffen. Hier besteht ein Anknüpfungspunkt zur speziellen Relativitätstheorie: Myonen zerfallen im Mittel nach $2 \cdot 10^{-6}$ Sekunden und würden die Erdoberfläche nach klassischen Berechnungen nicht erreichen. Die relativistische Längenkontraktion erklärt, warum sie es doch können.

**Entstehung der Teilchenspuren in Nebelkammern (englisch):**

www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/alpha-particle-tracks (Erklärung)

www.scienceinschool.org/repository/images/issue14cloud6_large.jpg (Comic)

Informationen zu kosmischen Teilchen:

<http://www.nmdb.eu/?q=node/282> (Einführung)

<http://www.weltderphysik.de/gebiet/astro/kosmische-strahlung> (Einführungsartikel und Nachrichten)

<http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt.html> (Lexikon zur Astrophysik)

<http://www.federmann.co.at/vfhess/Kapiteluebersicht.html> (Entdeckung der kosmischen Strahlung)

http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/index_ger.html (Experimente mit kosmischen Teilchen)

Mehr Links und Literaturtipps finden Sie unter www.teilchenwelt.de/material.



INFORMATIONEN ZU TROCKENEIS

Ist Trockeneis gefährlich?

Trockeneis ist festes Kohlendioxid und als solches kein Gefahrstoff. Trotzdem müssen beim Umgang mit Trockeneis Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um Verletzungen zu vermeiden:



- **Schutzhandschuhe und Schutzbrille** tragen! Trockeneis hat eine Temperatur von ca. -78°C . Hautkontakt führt nach kurzer Zeit zu Kälteverbrennungen.
- **Niemals in den Mund nehmen oder verschlucken!** Die Ausdehnung von Trockeneis in gasförmiges Kohlendioxid kann im Körper zu tödlichen Verletzungen führen.
- **Nur bei ausreichender Belüftung verwenden!** Das freiwerdende CO_2 kann in größeren Mengen zu Sauerstoffmangel führen.
- **Nicht in fest verschlossenen Behältnissen aufbewahren!** Diese können bersten.

Woher bekommt man Trockeneis?

Sie können beim Chemischen Institut einer Universität anfragen, ob der Bezug einer kleinen Menge Trockeneis für Lehrzwecke möglich ist. Wenn es in Ihrer Nähe eine Fleischer-Genossenschaft gibt, könnten Sie auch dort fündig werden. Einige Firmen (Linde, Coditec etc.) bieten im Internet den Versand von Trockeneis an.

TROCKENEIS BESTELLEN:

www.coditec.de
www.linde-gas.de

Wie wird Trockeneis geliefert?

Der Versand erfolgt in Isolierboxen aus Styropor. Da Trockeneis bei Temperaturen von über -78°C sublimiert, verflüchtigt sich ein Teil der bestellten Menge während des Transports. Terminlieferungen können für den Versand vereinbart werden, um die Lagerungszeit und damit den Verlust von Trockeneis möglichst gering zu halten.

In welcher Form wird Trockeneis geliefert?

Trockeneis gibt es in Form von Nuggets, Pellets, Platten oder Blöcken. Für die Nebelkammer sind Nuggets oder Pellets am besten geeignet.

Wie lagert man Trockeneis am besten?

Am besten ist eine Styroporbox geeignet, wie sie auch bei der Lieferung von Trockeneis verwendet wird. Sie isoliert gut, ist aber nicht dicht verschlossen. Der Behälter sollte so wenig wie möglich geöffnet werden und darf nicht luftdicht versiegelt werden, da er sonst bersten kann.

Lagerung von Trockeneis in Kühlschränken oder Gefriertruhen hat kaum Einfluss auf die Haltbarkeit, da die notwendigen Temperaturen von handelsüblichen Geräten nicht erreicht werden.

Wie viel Trockeneis benötige ich für eine Nebelkammer?

Das hängt von der Größe der Styroporbox ab. Um den Boden einer Box mit einer Grundfläche von $20 \times 15 \text{ cm}^2$ mit Trockeneisnuggets zu bedecken, sind etwa 500 g Trockeneis nötig.

Wie schnell verflüchtigt sich Trockeneis?

Trockeneis sublimiert rückstandslos vom festen direkt in den gasförmigen Zustand, wobei CO_2 -Gas entsteht. Die Herstellerangaben zur Sublimationsrate schwanken. Unsere Erfahrungen zeigen, dass 5 kg Trockeneis innerhalb von 24 Stunden etwa ein Drittel seiner Masse verliert, wenn es in einer verschlossenen Styroporbox gelagert wird.

Warum quietscht das Trockeneis beim Bau der Nebelkammer?

Wenn die Metallplatte auf dem Trockeneis platziert wird, kann ein lautes Geräusch entstehen. Dies geschieht, weil das Trockeneis beim Kontakt mit der wärmeren Metallplatte schlagartig sublimiert; da die Metallplatte Druck auf die Gasbläschen ausübt, platzen diese, was das Geräusch verursacht.