

Flüssige Luft und klirrende Kälte

Vorbemerkungen

Luft lässt sich unter hohem Druck und kräftiger Abkühlung verflüssigen.

Flüssige Luft muss kalt gehalten werden, sonst verdampft sie zu gasförmiger Luft. Die flüssige Luft lässt sich in einem Isoliergefäß (Dewargefäß, Thermosflasche) längere Zeit aufbewahren. Das Isoliergefäß unterbindet die Wärmezufuhr zwar nicht ganz, setzt sie aber doch stark herab.

Weil flüssige Luft im Kontakt mit brennbaren Stoffen gefährlich sein kann (siehe V5), verwenden wir flüssigen Stickstoff; wie vorher gezeigt, ist Stickstoff der Hauptbestandteil der Luft (4/5 des Volumens der gasförmigen Luft).

Photo: Dewargefäß mit flüssigem Stickstoff



Denksport:

Die Thermosflasche für das Picknick ist ein Dewargefäß und besteht aus einer doppelwandigen Glasflasche in einem Plastikmantel. Der Raum zwischen innerer und äußerer Glaswand ist luftleer gepumpt



weshalb verbessert das Vakuum die Wärmeisolierung?

V1 Viel kälter als am Nordpol!



Ein Becherglas wird zur Hälfte mit flüssigem Stickstoff aus dem Vorratsgefäß gefüllt. Die farblose Flüssigkeit siedet heftig. Mit einem Digitalthermometer bestimmen wir den Siedepunkt des siedenden Stickstoffs.

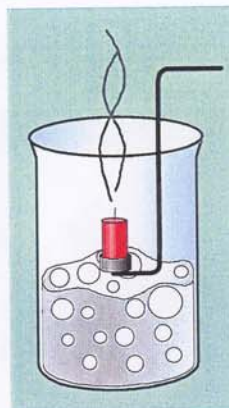
Stickstoff siedet bei°Celsius
(unter einem Druck von 1 Atmosphäre)



Achtung!!! Das mit flüssigem Stickstoff gefüllte Becherglas darf nicht mit blossen Händen angefasst werden! Feuchte Hände frieren sofort an der Becherwand fest! Das gibt schwere und schmerzhaft Verletzungen! Lehrer tragen Schutzhandschuhe!



V2 Der Lehrer gibt Dir ein zur Hälfte mit flüssigem Stickstoff gefülltes Becherglas (1 Liter, Hochformat). Führe ein brennende Kerze in das Glas (bis dicht über die Oberfläche der Flüssigkeit) ein.



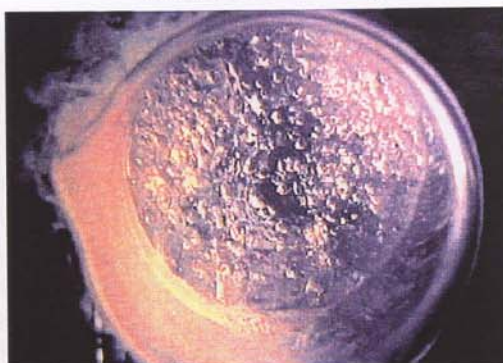
Beobachtung:
welches Gas entsteht beim Sieden des flüssigen Stickstoffs?

.....
erkläre die Beobachtung!

flüssiges Wasser
siedet auf der Kochplatte



flüssiger Stickstoff
siedet auf der Tischplatte



Merke:



Damit eine Flüssigkeit siedet, muss ihr Wärmeenergie zugeführt werden.

Die Kochplatte, die viel heisser ist als das Wasser, führt dem Wasser Wärmeenergie zu; genau so führt die Tischplatte, deren Temperatur viel höher als die des flüssigen Stickstoffs ist, dem flüssigen Stickstoff Wärmeenergie zu.

Der wärmere Körper gibt Wärmeenergie an den kälteren Körper ab. Der kältere Körper entzieht dem wärmeren Körper Wärmeenergie.

Denksport: welche Gefahr besteht in einem kleinen, schlecht belüfteten Raum, in dem grosse Mengen von flüssigem Stickstoff verdampfen?



.....
.....

V3 Die Nebelmaschine



In einer Schüssel wird Wasser zum Sieden erhitzt. In das siedende Wasser giesst der Lehrer flüssigen Stickstoff.

Achtung: bei dem Versuch kann die Flamme des Bunsenbrenners erlöschen (Weshalb?)



Beobachtung:

Erklärung:

.....



Denksport: Künstler und solche, die es sein möchten, benützen oft künstlich hergestellten Nebel zu Bühneneffekten.

Zur Erzeugung des künstlichen Nebels kann feuchte Luft mit flüssigem Stickstoff abgekühlt werden. Weshalb sinkt der so gewonnene Nebel nach unten und kriecht über den Boden?

.....
.....
.....
.....
.....



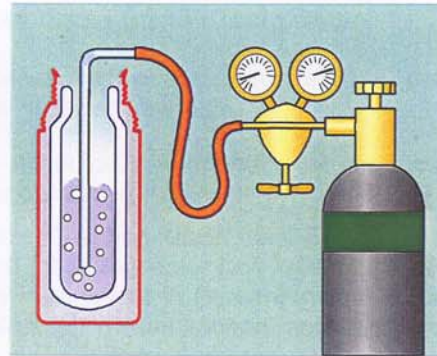
V4 Wir verflüssigen Sauerstoff



Aus einer Druckflasche wird während 30 Minuten Sauerstoffgas in eine mit flüssigem Stickstoff gefüllte Thermosflasche geleitet.

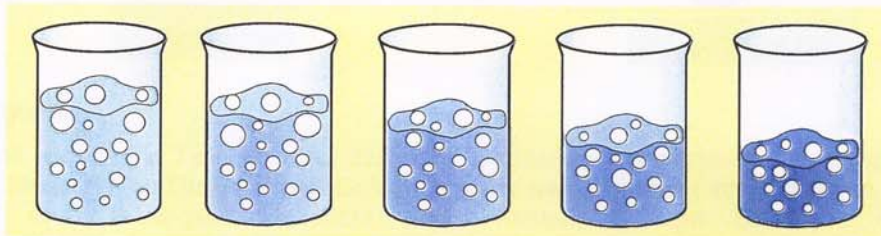
Der flüssige Stickstoff entzieht dem Sauerstoffgas Wärmeenergie.

Dadurch kühlt der Sauerstoff sich ab und das Gas wird flüssig. Der flüssige Stickstoff siedet durch die aufgenommene Wärmeenergie, verdampft und verlässt die Thermosflasche als Stickstoffgas. So wird in der Thermosflasche der flüssige Stickstoff teilweise durch flüssigen Sauerstoff ersetzt.



Flüssiger Sauerstoff hat eine bläuliche Farbe und siedet bei -183°C , also bei etwas höherer Temperatur als flüssiger Stickstoff.

Der Lehrer gießt das Gemisch von Stickstoff und Sauerstoff in ein Becherglas. Wir warten bis dass die Flüssigkeit zu einem Drittel des ursprünglichen Volumens verdampft ist. Beobachte die Farbänderung während der Verdampfung!



Beobachtung:

Erklärung:

.....

V5 Ein Feuerwerk im Becherglas



Der Lehrer taucht mit einer Zange eine glimmende Zigarette oder einen glimmenden Holzspan in den flüssigen Sauerstoff.

Beobachtung:

.....



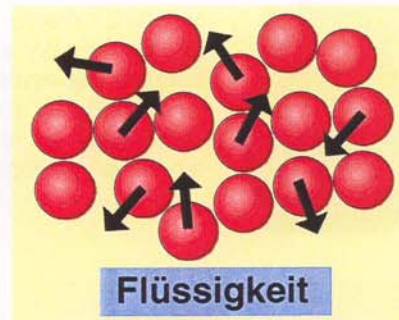
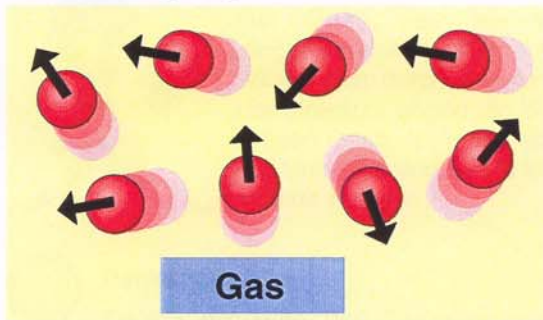


Das Teilchenmodell der Gase und Flüssigkeiten

Jede Substanz besteht bekanntlich aus kleinen Teilchen, die man Moleküle nennt (siehe "Wasser", Seite 26).

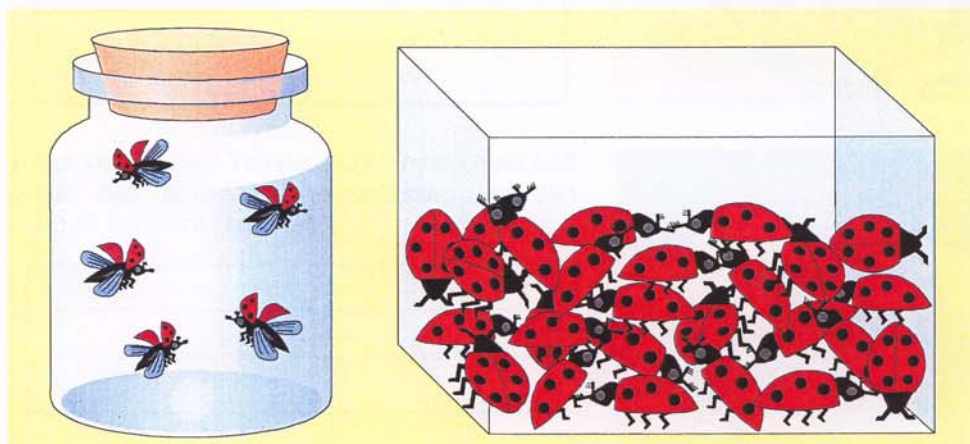
In Gasen sind die Stoffteilchen durch grosse Abstände von einander getrennt und bewegen sich frei und unabhängig von einander durch den Raum.

Bei der Abkühlung eines Gases werden diese Teilchen durch den Entzug von Wärmeenergie gebremst. Die Teilchen, die sich jetzt langsamer bewegen, sammeln sich zu einer Gruppierung, in der die Teilchen miteinander in Berührung sind, aber noch ständig ihre Plätze wechseln und durcheinander rücken können: aus dem Gas ist eine Flüssigkeit geworden.



Vergleich:

Wenn wir uns die Teilchen einer Substanz als Marienkäfer vorstellen, so entspricht das Modell eines Gases einem Gefäss, in dem wenige Käfer umherschwirren. Das Bild einer Flüssigkeit entspricht einem Kasten, in dem zahlreiche Käfer durcheinander krabbeln.



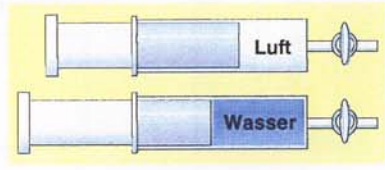


Denksport:

Du hast gelernt, dass Gase zusammendrückbar sind, wohingegen Flüssigkeiten nicht zusammendrückbar sind.

Erkläre diese Feststellung mit dem Teilchenmodell !

.....
.....
.....



Der Druck, der ein in einem Behälter eingeschlossenes Gas auf die Wände ausübt, erklärt sich durch den fortwährenden Aufprall der Moleküle gegen die Wände des Behälters. Dieser Druck ist umso stärker, je zahlreicher die Moleküle sind und je kräftiger sie gegen die Wände rennen.

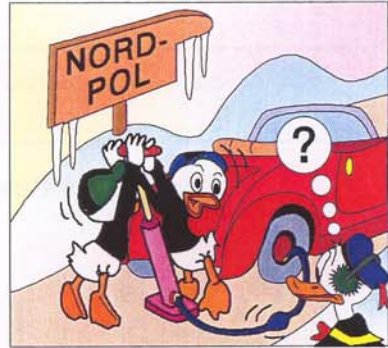


Denksport:

Erkläre mit Hilfe des Teilchenmodells folgende zwei Feststellungen:

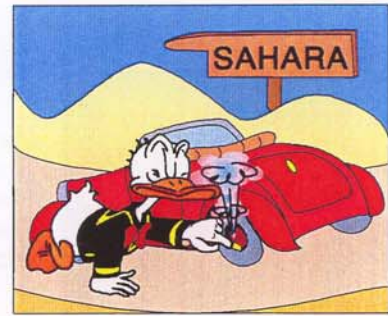
- ◆ Bei sehr tiefen Temperaturen muss man mehr Luft in die Autoreifen pumpen um den Druck konstant zu halten

.....
.....
.....



- ◆ Bei sehr hohen Temperaturen muss man Luft aus den Autoreifen herauslassen um den Druck konstant zu halten

.....
.....
.....



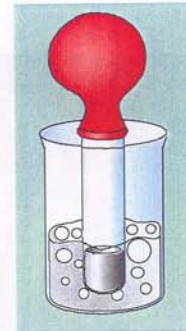
V6 Quecksilber erstarrt



Der Lehrer taucht ein Reagenzglas mit etwas flüssigem Quecksilber in flüssigem Stickstoff. Das Reagenzglas ist mit einem kleinen Luftballon abgedichtet, damit nichts entweichen kann.

Beobachtung:

.....



Quecksilber ist bei Raumtemperatur ein flüssiges Metall, das etwa 14 Mal schwerer als Wasser ist und als Thermometer- und Barometerflüssigkeit verwendet wird. Quecksilber und die Substanzen, die Quecksilber enthalten, sind sehr giftig. Quecksilber gibt an der Luft Dämpfe ab die, über längere Zeit eingeatmet, giftig sind. Deshalb muss Quecksilber in dicht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden und darf nicht verschüttet werden.

Flüssiges Quecksilber erstarrt bei $-38,9$ Grad Celsius zu festem Quecksilber.

Neulich sagte ein Nachrichtensprecher im Radio, in Sibirien sei die Quecksilbersäule des Thermometers auf -56 Grad Celsius gefallen. Was sagst du dazu?



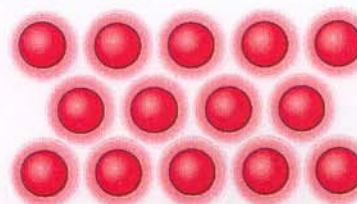
.....

.....



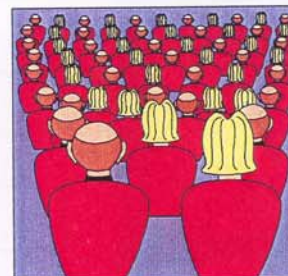
Das Teilchenmodell der Festkörper

Wie bei den Flüssigkeiten sind die Teilchen der Festkörper miteinander in Berührung. Durch den Entzug von Wärmeenergie sind die Teilchen aber so träge geworden, dass sie sich nicht mehr durcheinander bewegen können. Sie sitzen fest an ihren Plätzen auf denen sie nur noch hin und her schwingen.



Vergleich:

Die Anordnung der Teilchen in einem Festkörper lässt sich mit dem Publikum im Kinosaal vergleichen: die Zuschauer sitzen wohlgeordnet auf festen Plätzen; sie zappeln höchstens in ihren Sesseln hin und her wenn die Spannung des Films unerträglich wird.



V7 Eisblumen und tiefgefrorene Erdbeeren



◆ Tauche eine Blume während einer Minute in den flüssigen Stickstoff und lasse die Blume dann auf den Boden fallen!



Beobachtung:

Erklärung:

◆ Lege eine Erdbeere in den flüssigen Stickstoff!



Woran erkennst du, dass die Erdbeere die Temperatur des flüssigen Stickstoffs erreicht hat?

.....

Die Beere wird mit einer Zange aus dem Becher herausgenommen und darf während 15 Minuten nicht mit den Fingern angefasst werden!



Durch die äusserst schnelle Abkühlung gefriert das in der Frucht enthaltene Wasser zu ganz kleinen Eiskristallen, die das Fruchtfleisch nicht zerreißen. Deshalb wird die Erdbeere nach dem Auftauen nicht matschig.

Blutkonserven (für Transfusionen) und ganze Organe (für Transplantationen) sind im flüssigen Stickstoff unbeschränkt lange haltbar.

V8 Ein besonders kalter Schnee



Ein kleiner Kolben (100 ml) wird mit Kohlendioxidgas gefüllt und mit einem ebenfalls mit Kohlendioxidgas aufgeblasenem Luftballon verschlossen.



Beobachtungen:

Ballon:

Kolben:

.....



Merke:

Kohlendioxidgas kann sich verfestigen, ohne vorher flüssig zu werden.

Der Kohlendioxidschnee, der dabei entsteht, wird auch noch *Trockeneis* genannt, im Gegensatz zu Eis das sich beim Gefrieren von Wasser bildet.

Setze den Kolben mit dem festen Kohlendioxid auf den Tisch und beobachte, was beim "Auftauen" geschieht!

Ballon:

Kolben:



Merke:

Festes Kohlendioxid kann (bei $-78,5\text{ °C}$) sofort in Gas übergehen, ohne vorher flüssig zu werden. Den direkten Uebergang von einem Festkörper zum Gas nennt man Sublimation.

Kohlendioxidschnee sublimiert zu Kohlendioxidgas (bei einer Temperatur von $-78,5\text{ °C}$).

- ◆ Sieh dir jetzt die Aussenwand des Becherglases an, in dem sich der flüssige Stickstoff befindet. Sie ist mit Rauheif bedeckt. Betrachte den Belag aus der Nähe! Er besteht aus einem Geflecht von feinen, nadelförmigen Eiskristallen: der in der Luft gelöste Wasserdampf hat sich an der kalten Aussenwand sofort zu Eiskristallen verfestigt.



Schnee und Hagel

In den kalten Luftschichten der Atmosphäre kann die Luftfeuchtigkeit sich in zwei

Weisen zu Eis verfestigen:

- ◆ Wenn der in der Luft gelöste Wasserdampf sich aus dem gasförmigen Zustand sofort zu Eiskristallen verfestigt, so entsteht Schnee.

Schneeflocken sind ein lockeres Geflecht aus zahlreichen, sechseckigen und verzweigten Eiskristallen.

- ◆ Wenn in mächtigen Gewitterwolken die Luftfeuchtigkeit sich zuerst zu Wassertropfen verflüssigt, die anschliessend frieren, so bilden sich kompakte Hagelkörner.





Merke dir folgende Fachausdrücke:

| deutsch | französisch |
|-----------------------------|--|
| flüssige Luft | air liquide |
| verdampfen | évaporer |
| das Dewargefäß | le récipient Dewar |
| die Thermosflasche | la bouteille isolante |
| brennbare Stoffe | substances combustibles |
| der Stickstoff | l'azote |
| sieden | bouillir |
| das Sieden | l'ébullition |
| der Siedepunkt | le point (la température) d'ébullition |
| das Becherglas | le becher |
| die Wärmeenergie | la chaleur, l'énergie calorifique |
| der Sauerstoff | l'oxygène |
| der glimmende Holzspan | le tison |
| das Teilchenmodell | le modèle corpusculaire |
| das Molekül | la molécule |
| das Reagenzglas | le tube à essai |
| das Quecksilber | le mercure |
| erstarren, sich verfestigen | se solidifier |
| der Festkörper | le solide |
| der Kolben | le ballon |
| das Kohlendioxid | le dioxyde de carbone |
| der Kohlendioxidschnee | la neige carbonique |
| der Rauhreif | le givre |
| der Hagel | la grêle |