

Stickstoffverflüssiger



TH - 83

Joule-Thomson-Effekt

Thermodynamik

Folie Dia Film Video PC-Programm Sonstiges Anz. Blätter: 1 Datum: 31.05.00

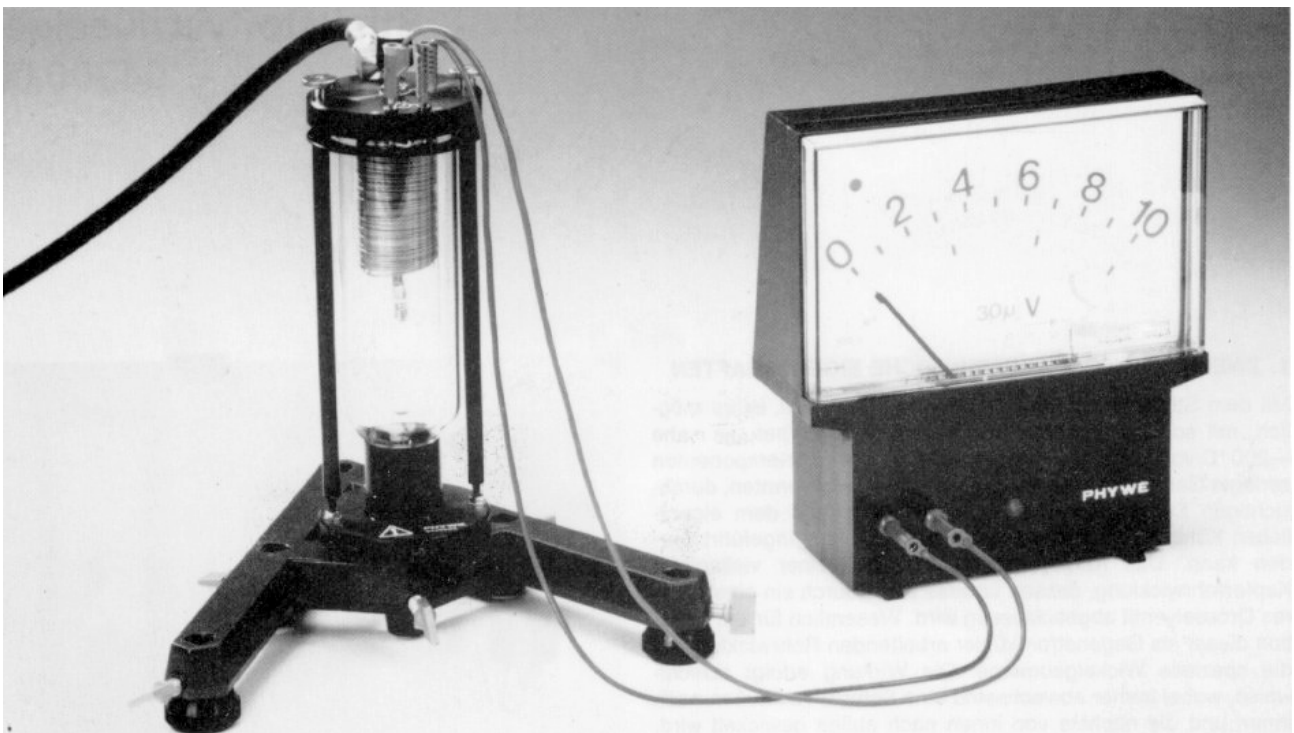
Karte nur zur Benutzung in den Räumen der Universität Ulm, Vorlesungssammlung Physik Bearbeiter: *Dollhopf W.*

Stichworte: Linde-Verfahren zur Verflüssigung von Stickstoff; Stickstoff-Verflüssigung, Linde-Verfahren; Verflüssigung von Stickstoff nach dem Linde-Verfahren

Zweck: Verflüssigung von Stickstoff durch Entspannung (Joule-Thomson-Effekt, Linde-Verfahren) mit Hilfe eines Gegenstromwärmetauschers.

Zubehör: Gerät für Stickstoffverflüssigung (Phywe 4300.01) mit Dewargefäß und Halter {35-5}
Stickstoff-Druckgasflasche mit genügend Druck {10}
Gabelschlüssel SW 32 {0-5}
Millivoltmeter für Thermospannung, z.B. Keithley mit Großanzeige {62-4}
Flüssigen Stickstoff zur Vorkühlung des Geräts
Fernsehkamera {60}
Handschuhe und Schutzbrille {8}

Bild:



Aus der Gerätebe-
schreibung von
Phywe:

1. ZWECK UND CHARAKTERISTISCHE EIGENSCHAFTEN

Mit dem Stickstoffverflüssiger, Best.-Nr. 04300.00, ist es möglich, mit schulischen Mitteln in den Temperaturbereich nahe -200°C vorzudringen. Es besteht aus einem speziell geformten, durchsichtigen Dewargefäß mit Haltevorrichtung und dem eigentlichen Kühlsystem, das von oben in das Gefäß eingeführt werden kann. Das Kühlsystem besteht aus einer viellagigen Kupferrohrwicklung, dessen unteres Ende durch ein einstellbares Drosselventil abgeschlossen wird. Wesentlich für die Funktion dieser als Gegenstromkühler arbeitenden Rohrwicklung ist die spezielle Wickelgeometrie: Die Wirkung erfolgt schichtweise, wobei immer abwechselnd eine Schicht von außen nach innen und die nächste von innen nach außen gewickelt wird. (HAMPSON-Wärmetauscher). Dieses technisch sehr aufwendige Wickelverfahren sichert die enorme Kühlleistung dieses einfachen Systems. Als Energiequelle für die Stickstoffverflüssigung dient der Druck in einer schulüblichen Stickstoffflasche.

2. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Der Luftverflüssiger wird in einem Stativfuß gehalten. Zum direkten Anschluß des Luftverflüssigers an die Stahlflasche steht der Druckschlauch mit Manometer 04300.01 zur Verfügung, der mit einer Überwurfmutter an jede Stickstoffflasche angeschraubt werden kann. Um den Kühlvorgang während des Experiments kontrollieren und optimieren zu können, ist ein NiCr-Ni-Thermoelement hinter dem Drosselventil positioniert, dessen Anschlüsse über zwei 4-mm-Buchsen am Deckel des Gerätes herausgeführt sind. Hier schließt man ein geeignetes Meßinstrument (Meßbereich ca. 10 mV) an. (Für die Demonstration z.B. Drehspulinstrument 11100.00 mit Verstärkermeßbereich 11110.01 oder Vielfachmeßinstrument mit Meßverstärker 07034.00).

Nach diesen Vorbereitungen ist eine Betriebsdauer von nur wenigen Minuten erforderlich, bis die ersten Stickstofftropfen im Dewargefäß sichtbar werden. Zunächst öffnet man die Ventile an der Gasflasche und am Stickstoffverflüssiger. Nachdem das Drosselventil am Stickstoffverflüssiger anfangs vollständig geöffnet bleibt, schließt man es nach einer Minute weitgehend. Man beobachtet nun die Thermospannung, deren Wert auf 2 bis 3 mV angestiegen sein wird und regelt das Ventil so ein, daß die Abkühlung möglichst rasch fortschreitet. Bei normaler Raumtemperatur beginnt die Stickstoffverflüssigung etwa bei einer Thermospannung von 6,4 mV. Die Temperatur sinkt dann nicht mehr weiter ab, und der konisch verjüngte Teil des Dewargefäßes füllt sich in wenigen Minuten mit einer farblosen, klaren Flüssigkeit.

Nach dem Schließen des Stahlflaschenventils kann man den Wärmetauscher aus dem Dewargefäß herausziehen und hat nun 20 bis 30 ml flüssigen Stickstoff für kleine Experimente zur Verfügung. Man experimentiert zweckmäßigerweise im Dewargefäß, um die Verdampfungsverluste so klein wie möglich zu halten. Die verfügbare Stickstoffmenge reicht dann problemlos für einige einfache Experimente aus. Das Spektrum der möglichen Experimente reicht von einfachen Schauversuchen (Demonstration des Verlustes der Elastizität von Gummi bzw. Kunststoffen, Leidenfrostsches Phänomen, . .) bis hin zur quantitativen Messung von Werkstoffparametern wie z.B. des elektrischen Widerstands einer Drahtwendel bei der Temperatur des flüssigen Stickstoffs (-196°C).

Ergänzend sind folgende Hinweise zu beachten:

- Der maximale Eingangsdruck beträgt 200 bar. Stahlflaschen mit höherem Nennfülldruck dürfen nicht verwendet werden.
- Zum direkten Anschluß des Stickstoffverflüssigers an die Stahlflasche nur den zugehörigen Druckschlauch mit Manometer, Bestell-Nr. 04300.01, verwenden! Wir empfehlen, den Schlauch vor dem Anschluß an den Stickstoffverflüssiger zur Reinigung mit Stickstoff durchzublasen (Vermeidung von Ablagerungen im Kupferkapillarrohr des Gegenstromkühlers).
Erst wenn die Überwurfmutter korrekt angezogen sind, darf der Stickstoffverflüssiger durch Öffnen des Hauptventils an der Stahlflasche in Betrieb genommen werden.
- Beim ersten Versuch sollte eine volle 50-l-Stahlflasche zur Verfügung stehen, d.h. nach dem Öffnen des Ventils soll das Manometer einen Druck von ca. 200 bar anzeigen. Wir bitten zu beachten, daß mit 10-l-Gasflaschen eine Stickstoffverflüssigung in der Regel nicht gelingt.
- Um möglichst wenig Stickstoff für den Abkühlvorgang bis zum Beginn der Verflüssigung zu verbrauchen, ist der Kühlvorgang mit Hilfe des eingebauten Thermoelements sorgfältig zu überwachen. Nach einer kurzen Vorkühlphase (ca. eine Minute) bei vollständig geöffnetem Nadelventil (Ventilspindel mittels Stellknopf am Gehäusedeckel vorsichtig nach links drehen!) ist das Ventil durch Rechtsdrehung der Spindel weitgehend zu schließen. Die Einstellung ist so zu wählen, daß die Abkühlung möglichst rasch fortschreitet. Das Meßgerät ist ständig zu überwachen und die Ventilstellung bei Bedarf zu korrigieren.
- Der Kühlvorgang dauert bis zum Beginn der Verflüssigung ca. 10 bis 20 Minuten.
ACHTUNG: Gasaustrittsöffnung am Deckel des Gerätes nicht verschließen! Explosionsgefahr!
Aus Sicherheitsgründen darf das Gerät ausschließlich mit Stickstoff betrieben werden.
Jedes Gerät wurde vor der Auslieferung einer Druck- und Funktionsprüfung unterzogen.

Literatur:

W. Kempkes, Praxis der Naturwissenschaften — Physik, 11/82

Schematische
Darstellung des
Wärmetauschers:

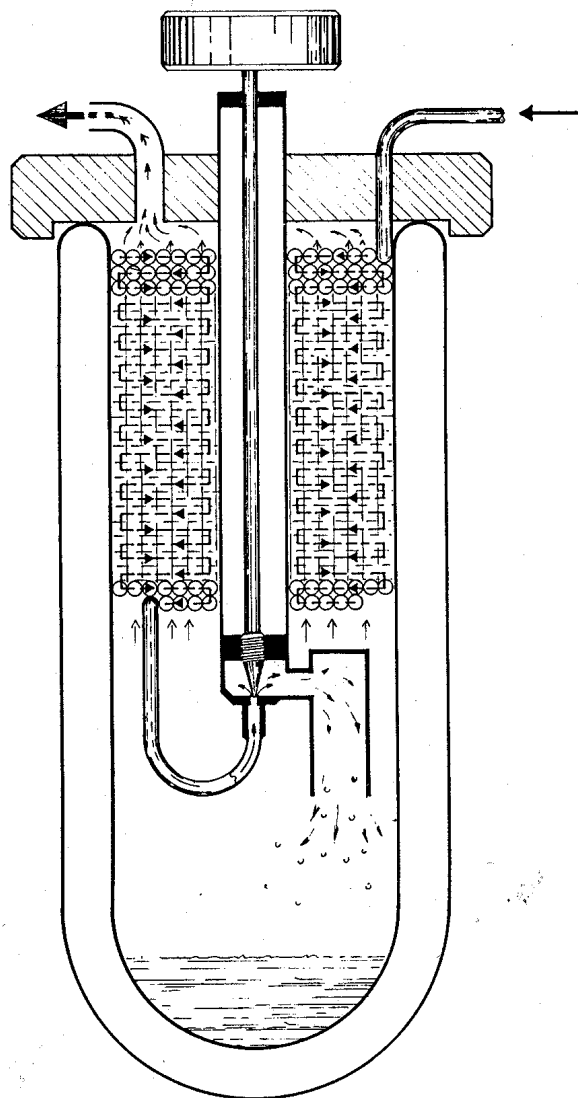


Abb. 2: Schematische Darstellung des Wärmetauschers