

**V. Ueber einen Vorlesungsapparat  
zur Demonstration des Poiseuille'schen Gesetzes;  
von W. C. Röntgen.**

(Hierzu Taf. I Fig. 4).

In Anbetracht der Bedeutung, welche die Versuche über Reibung von Flüssigkeiten und Gasen in der letzten Zeit gewonnen haben, mag es gerechtfertigt erscheinen, wenn ich im Folgenden einen einfachen Apparat beschreibe, mit welchem man in der Vorlesung das Poiseuille'sche Gesetz demonstrieren kann.

In Fig. 4 ist derselbe in  $\frac{1}{20}$  der natürlichen Grösse abgebildet. *A* und *B* sind zwei Glaskugeln von 9 cm Durchmesser; die eine, *A*, besitzt bei *a* und *b* zwei diametral einander gegenüberliegende Ansatzröhrchen von 0,8 cm Weite und bei *c* einen Hals; die zweite, *B*, besitzt bei *d* ein und bei *f* drei in einer horizontalen Ebene liegende, parallele Ansatzröhrchen von ebenfalls 0,8 cm Weite und bei *g* einen Hals. *bd* ist eine Capillare von 38 cm Länge und 0,08 cm Durchmesser, welche in die Ansätze *b* und *d* eingesetzt ist und durch übergeschobene Kautschukröhrchen luftdicht mit den beiden Kugeln verbunden wird. In die drei Ansätze bei *f* wird je eine Capillare gesteckt, welche ebenfalls durch Kautschukröhrchen luftdicht mit der Kugel *B* verbunden sind. Die freien Enden dieser Capillaren sind durch Kautschukröhrchen mit knieförmig gebogenen Glasröhrchen von ungefähr 0,6 cm Weite verbunden, und von letzteren hängen Kautschukröhrchen in die rinnenförmige Wanne *GD* herab.

Die Capillaren haben folgende Dimensionen: von der ersten (I) beträgt die Länge 38 cm und der Durchmesser 0,08 cm, von der zweiten (II) 19 cm, resp. 0,08 cm, von der dritten (III) 38 cm, resp. 0,04 cm. Die erste ist auf einer möglichst grossen Länge von einem durch Kautschukstöpsel aufgesetzten, gläsernen Dampfmantel umgeben. Derselbe ist in Fig. 4 nicht gezeichnet.

Durch die Hälse *c* und *g* gehen an beiden Seiten offene verticale Glasröhren, die bis auf den Boden der Kugeln

reichen, und die durch Kautschukstöpsel eingesetzt sind. Dieselben dienen als Manometer, ihre Länge beträgt 75 cm und ihr lichter Durchmesser 0,3 cm; beide sind sehr dickwandig, damit die in denselben stehende Flüssigkeitssäule möglichst dick erscheine.

Von *a* führt ein Kautschukschlauch bei den Versuchen mit Flüssigkeiten zu einem weiten Reservoir *E*, welches an einer Stange auf- und abwärts geschoben und befestigt werden kann; bei den Versuchen mit Gasen ist der Schlauch mit einem Gasometer verbunden.

Der beschriebene Apparat ist in passender Weise auf einem weiss angestrichenen hölzernen Gestell befestigt, dessen Einrichtung zur Genüge aus der Zeichnung hervorgeht.

Die hinter jedem Manometer befindliche verticale Centimeterscala hat ihren Nullpunkt in dem Niveau der Flüssigkeit in der Wanne, wenn dafür gesorgt ist, dass diese bis zur Höhe von einigen auf der Innenfläche der Wanne angebrachten Marken gefüllt ist; dieses Niveau bleibt während der Versuche constant, da die aus den Capillaren ausströmende Flüssigkeit durch das Röhrchen *k* wieder abfließt. Die an den Scalen abgelesenen Manometerstände geben folglich in Centimetern Flüssigkeit die in *A* und *B* vorhandenen Ueberdrucke über dem am Ende der Capillaren *f* existirenden Druck, wenn der ganze Apparat vollständig mit Flüssigkeit gefüllt ist; dies ist bei Versuchen mit Flüssigkeiten der Fall.

Als Versuchsflüssigkeit dient am besten gefärbtes, reines Wasser; mit demselben wird der Apparat zunächst gefüllt, was in folgender Weise geschieht. Nachdem das Reservoir *E* möglichst tief herunter gelassen ist, werden die Manometerrohren abgenommen und in *E* soviel Wasser eingegossen, bis dasselbe in dem Halse *c* steht, dann wird das Manometer *ch* eingesetzt und *E* gehoben. Um auch *B* und die Capillaren *f* mit ihren Ansätzen so zu füllen, dass nirgends Luft zurückbleibt, müssen die von den Enden der Capillaren herabhängenden Kautschukröhrchen nach oben gedreht werden; darauf wird mittelst eines Trichters in *B* soviel Wasser eingegossen, bis dasselbe aus den drei Kautschukröhrchen auszufließen beginnt; diese werden dann durch Glasstäbchen

geschlossen und wieder abwärts gerichtet. Nach vollständiger Füllung von *B* wird das Manometer *gi* eingesetzt und die Wanne *CD* gefüllt.

Der Apparat ist nunmehr für die folgenden Versuche fertig:

1) Die Mündung der Capillare I wird durch Herausziehen des Glasstäbchens aus dem herabhängenden Kautschukröhrchen geöffnet, sofort fällt die Flüssigkeit in *ig* bis der Ueberdruck in *B* halb so gross geworden ist als in *A*, denn der Reibungswiderstand in der Capillare *bd* ist ebenso gross wie der in I, da beide dieselben Dimensionen haben. Ist das Reservoir *E* weit genug, so ändert sich der Druck in *A*, folglich auch in *B* während längerer Zeit kaum merklich, anderen Falles muss man durch Aufgiessen von Wasser oder oder durch Heben des Gefässes das Niveau in *E* constant erhalten.

2) Die Capillare I wird geschlossen und die halb so lange Capillare II geöffnet. Der Ueberdruck in *B* sinkt bis auf ein Drittel des Ueberdruckes in *A*, als Beweis dafür, dass der Reibungswiderstand in einer Röhre von der halben Länge nur halb so gross ist als in einer Röhre von der einfachen Länge.

3) Die Capillare II wird geschlossen und die engere Capillare III geöffnet. Das Wasser steigt in *gi*, bis in *B* ein Ueberdruck vorhanden ist, der sich zur Druckdifferenz zwischen *A* und *B* umgekehrt verhält wie die vierten Potenzen der Durchmesser der Capillaren I und III.

4) Die Capillare III wird geschlossen und I wieder geöffnet; das Manometer *gi* zeigt dann selbstverständlich denselben Stand wie beim ersten Versuch. Wird nun Dampf von siedendem Wasser durch den Mantel, welcher die Röhre I umgibt, geleitet, so bemerkt man sofort ein starkes Steigen des Druckes in *B*, welches der Zunahme der Reibung des Wassers mit der Temperatur entspricht.

Um nun auch den Nachweis zu liefern, dass der Reibungswiderstand bei der Transpiration von Gasen, speciell von atmosphärischer Luft, in der bekannten Weise von der Länge und dem Durchmesser der Capillaren, sowie von der Temperatur der Gase abhängt, kann man denselben Apparat benutzen. Zu diesem Zweck wird *A* durch den Kautschuk-

schlauch mit einem Gasometer in Verbindung gesetzt, in welchem Luft unter einem passenden, möglichst constant bleibenden Druck enthalten ist. Die Kugeln *A* und *B* werden nur soweit mit gefärbtem Wasser gefüllt, dass dasselbe zwar zur Füllung der auch jetzt als Manometer dienenden Röhren *ch* und *gi* ausreicht, die Capillaren aber trocken bleiben. Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dass die die Ueberdrucke in *A* und *B* bestimmenden Längen der Flüssigkeitssäulen in *ch* und *gi* nun von dem Niveau der Flüssigkeit in den Kugeln aus gemessen werden. Die Wanne ist bei diesen Versuchen überflüssig. Man wird die Versuche mit Luft etwa in derselben Reihenfolge anstellen, wie die mit Wasser, und die Gesetze der Transpiration mit einer für einen Demonstrationsversuch genügenden Genauigkeit leicht bestätigt finden.

Es wird empfehlenswerth sein, wenn man die Versuche mit Luft zuerst und die mit Wasser nachher anstellt, da alsdann der Apparat zwischen den beiden Versuchsreihen nicht auseinander genommen und getrocknet zu werden braucht.

Die Flüssigkeit in den Manometern stellt sich in allen Fällen sehr rasch ein, sodass die beschriebenen Versuche nur wenig Zeit beanspruchen; würde man viel engere Capillaren nehmen, damit das Poiseuille'schen Gesetz in aller Strenge anwendbar sei, so müsste man bis zum Eintritt der stationären Strömung entsprechend länger warten.

Die Schwierigkeit bei der Anfertigung des Apparates liegt lediglich darin, dass man nicht leicht drei Capillaren von genau gleichem Durchmesser erhält; kleine Differenzen in den Durchmessern lassen sich aber durch kleine Aenderungen der Länge corrigiren.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass, wenn die Billigkeit der Construction nicht in Frage kommt, manche Verbesserung und Verschönerung des Apparates, insbesondere was die Verbindung der einzelnen Theile anbetrifft, vorgenommen werden kann. Die Erfahrung lehrt aber, dass der Apparat auch in der angegebenen Gestalt gut und sicher functionirt.

Giessen, im Juli 1883.

---

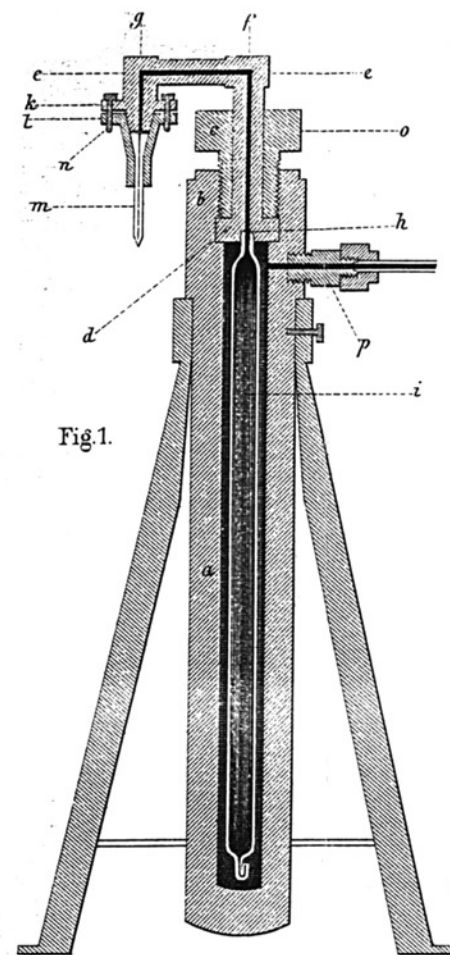


Fig. 1.

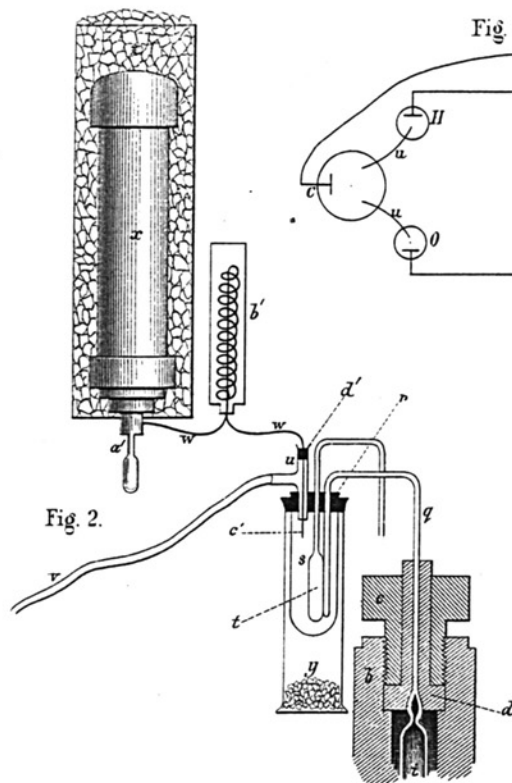


Fig. 2.

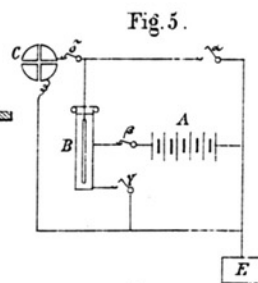


Fig. 5.

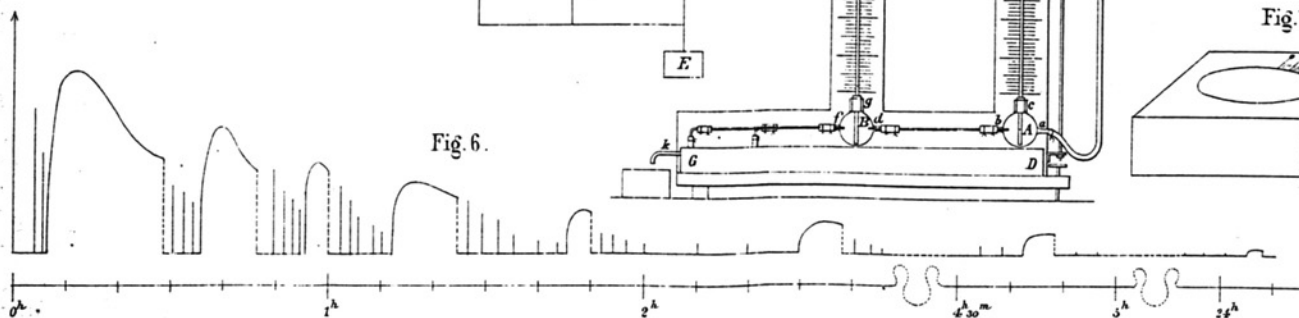


Fig. 6.

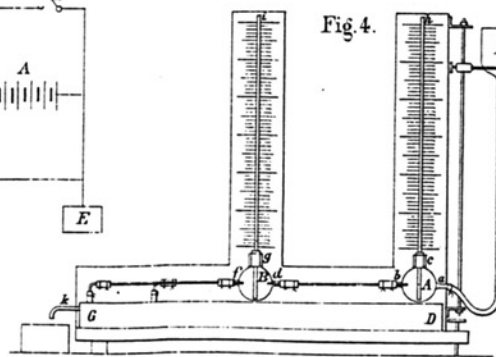


Fig. 4.

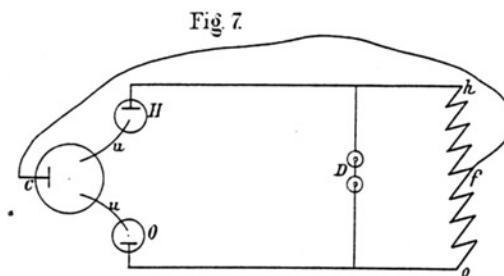


Fig. 7.



Fig. 8.

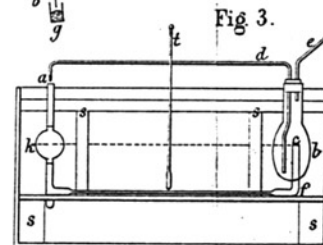


Fig. 3.

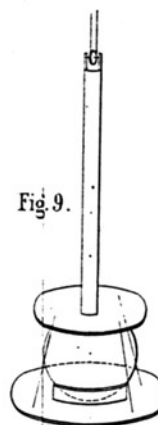


Fig. 9.

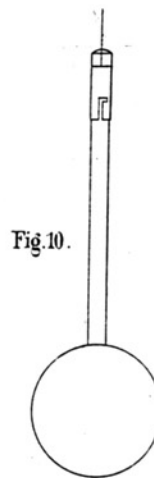


Fig. 10.

Fig. 12.

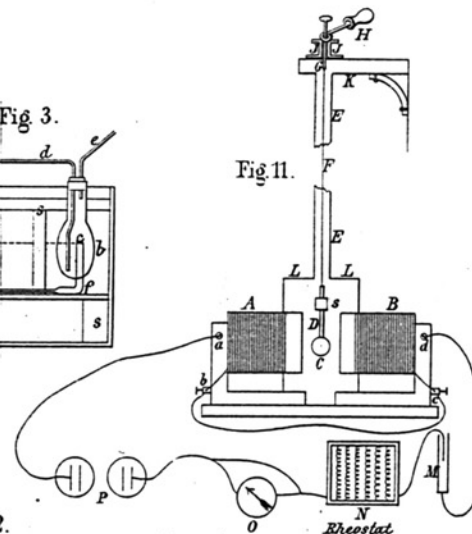
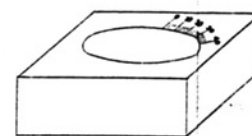


Fig. 11.

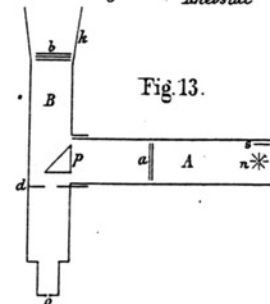


Fig. 13.