

実験・実習

A 「大気圧を測ろう」

講師名 所属先・役職 所属学会等

長谷川 修司 東京大学 大学院理学系研究科物理学専攻・教授

日本物理学会所属、NPO 法人 物理オリンピック日本委員会理事



8月9日（金）【実験・実習】10:00～12:00 303研修室

地球は大気に覆われていて、私たちは大気の底に住んでいます。この大気にも重力がはたらいていて、下層にある空気は上層の空気におされています。これが大気圧で、単位面積にかかる力によって表されます。単位は hPa(ヘクトパスカル)が使われます。天気予報でヘクトパスカルという言葉を聞いたことがあるでしょう。1 hPa = 100 N/m²で、1 m²あたり 100 N の力（およそ 10 kg）で押されていることになります。1気圧は約 1013 hPa です。台風の中心気圧は 950 hPa 程度まで下がることがあります。

この実験では注射器を使って大気圧を実際に測ってみます。このテーマは昨年の物理チャレンジ予選の実験課題でした。測定データをグラフ化し、誤差を含めて定量的な解析を行う方法を学びます。

【課題1】気体の体積と圧力の関係

注射器のなかに閉じ込められた空気の体積 V と圧力 P の間に、

$$P \cdot V = c \quad (\text{一定値}) \quad (\text{ボイルの法則}) \quad (1\text{式})$$

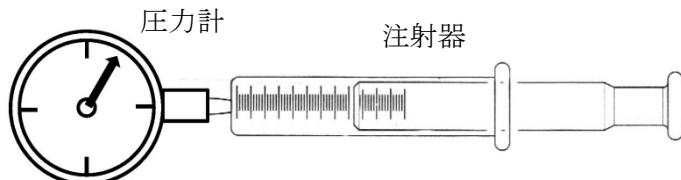
の関係があることを示し、定数 c の値を、誤差を含めて求めなさい。

〈実験手順〉

(1) 注射器のピストンの先端を 50 ml の位置に合わせる。

(2) その状態で、注射器の先端に圧力計をとり付ける。

このとき、圧力計が約 101 kPa (大気圧) を指していることを確認する。



(3) ピストンを押したり引いたりして、閉じ込められている空気の圧力を変え、それぞれの圧力 P での体積 V を測定し、下表に記入する。

注：それぞれの測定の後、ピストンから手を放したとき、50 ml 付近のところまでピストンが戻ることを確認すること。もし、50 ml から大きくずれている場合には空気が漏れたので、圧力計を外して(1)からやり直す。

測定データを一覧表にまとめる。

圧力 P (kPa)	150 ±	140 ±	130	120	110	102	90	80	70
体積 V (ml)	±	±							
$c (= P \cdot V)$	±	±	±	±	±	±	±	±	±

〈データ解析〉

- (1) 圧力 P を横軸に、体積 V を縦軸にしてデータ点を方眼紙にプロットしなさい。

注：圧力と体積の測定誤差を誤差棒(error bar)として記入すること。

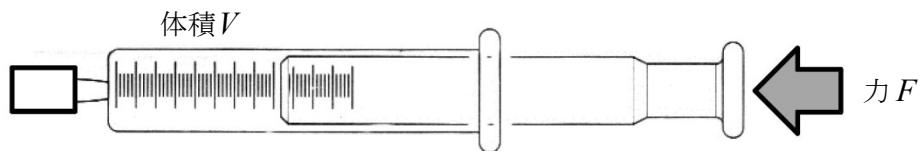
測定誤差は最少目盛の 1/2 程度。

- (2) それぞれの圧力での定数 c の値およびその誤差を計算して上の表に記入しなさい。
 (3) 圧力 P を横軸に、 c を縦軸にしてデータ点を方眼紙にプロットしなさい。
 (4) このグラフから c の値とその誤差を求めなさい。

【課題 2】大気圧の測定

注射器のピストンを押す力 F と気体の体積 V の関係を測定し、その結果から大気圧を求めなさい。

- 注射器の先端から圧力計を外し、代わりに先端をゴム栓で密閉して使用する。ゴム栓をするときに、ピストンの先端を 100 ml の位置に合わせておく。



- 力 F を変えなら、それぞれの F の時に閉じ込められた空気の体積 V を測定する。
- 力の測定：上皿ばかりを利用する。
- 計算するときに、注射器の断面積 S が必要になるが、注射器についている目盛を利用して測定するといい。

[ヒント] 注射器内に閉じ込められている気体の圧力を P 、注射器の断面積を S 、注射器の外の大気圧を P_0 とする。ピストンを外側から押している力の合計は $P_0S + F$ 、内側から押している力は PS となり、両者は釣り合っているので、 $P_0S + F = PS$ となる。つまり、 $P = (P_0S + F)/S$ となる。これと、ボイルの法則(1式)を組み合わせると、力 F と体積 V を測定し、縦軸に力 F を、横軸に体積の逆数 $1/V$ をとってグラフを描き、データ点を直線にフィットすると、その y 切片から大気圧 P_0 を求めることができる。

測定データを一覧表にまとめる。

力 F (kg)							
力 F (N)							
体積 V (ml)	90	80	70	60	50	45	
$1/V$ (ml ⁻¹)							