理数科１年次生　蒜山合宿　【物理講座】

■熱気球の研究

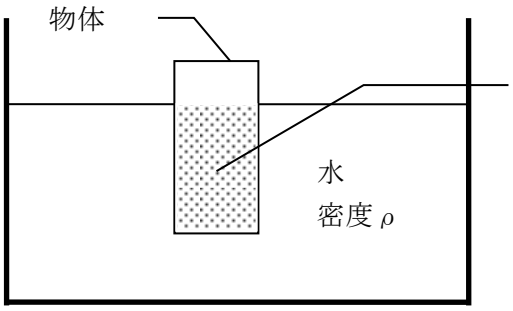
1　熱気球の原理と浮力

気球の内部を温めると，内部の空気の密度が小さくなり，浮力の方が大きくなり浮く。

（1）浮力について

一般に，浮力はρVg [N] と表される。ここでρ [kg/m^3] は，流体の密度で，V [m^3] は物体が排除した流体の体積，g [m/s^2] は重力加速度である。アルキメデスの原理は次のとおりである。

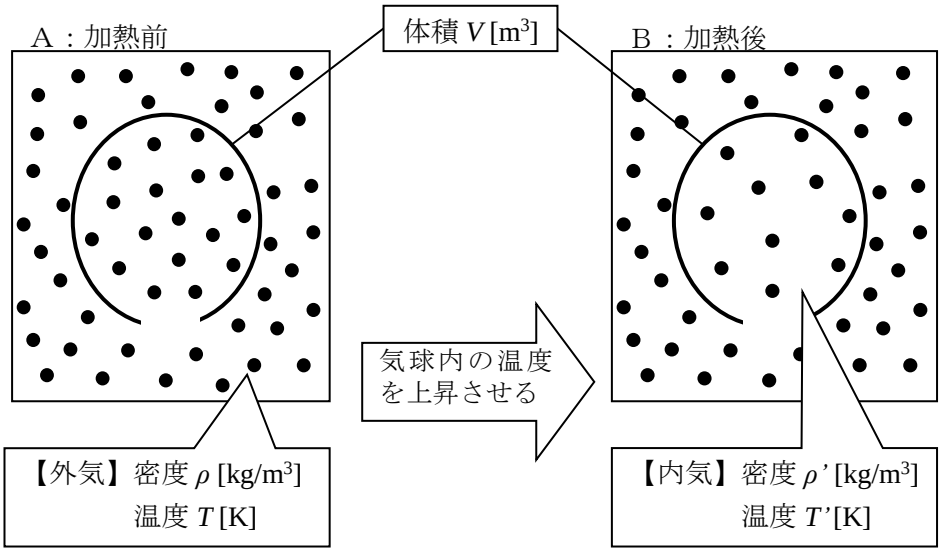
【アルキメデスの原理】
流体中の物体は，それが排除している流体の重さに等しい大きさの浮力を受ける。



浮力は，ここ（網掛け）にあった水の重さに等しい。

ρVg の ρ は，水（流体）の密度であることに注意すること。

（物体の密度ではない）



暖められた空気は膨張するため，外気の密度に比べて気球内気の密度が小さくなる。

（2）浮き上がる力の計算

ここでは，気球が浮き上がる力を計算する。

図のように気球には，次の力がはたらく

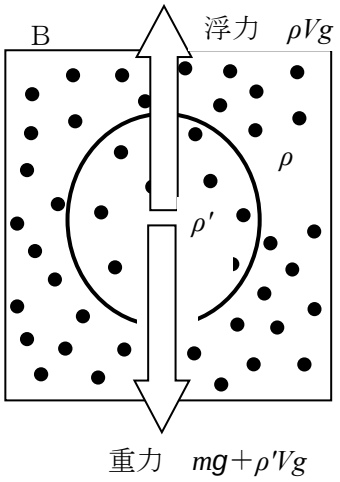
【鉛直下向き】

・重力（ポリエチレンの袋）※袋の質量を m [kg]とする。

・重力（袋内の空気）

【鉛直上向き】

・浮力



浮力と重力がつり合っているとき，つり合いの式は，

【上向きの力】＝【下向きの力】

$$\rho Vg = mg + \rho' Vg$$

↓　　▲暖めると小さくなる

$$\rho Vg > mg + \rho' Vg \quad \Rightarrow 浮く$$

もう少し計算する

$$\rho V > m + \rho' V$$

$$\rho - \rho' > \frac{m}{V} \qquad \cdots\cdots ㋐$$

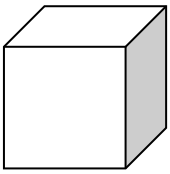
（3）気球の質量・体積と浮き上がりやすさの関係

㋐式から，考察する。

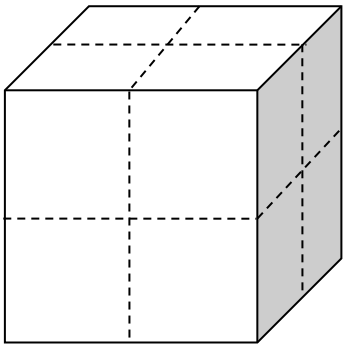
式の意味：外気と内気の密度差が，袋の質量を体積で割ったものより大きければ浮く。
ちなみに袋の質量は表面積に比例する

立方体で考え、一辺を２倍にしてみる

・表面積は（　　）倍
・体　積は（　　）倍　となる



体積を大きくする



一辺をｎ倍すると

・表面積は（　　）倍

・体　積は（　　）倍　となる

→ $\frac{m}{V}$ は体積が大きくなるほど小さくなる。

【結論】体積の（　　）な気球ほど，浮き上がりやすい。

（４）空気の密度 ρ と絶対温度 T [K] の関係

・気体は標準状態（0℃，1atm）で 22.4L

標準状態での空気の密度（ρ＝1.293kg/m^3）※1

・絶対温度は　T＝t [℃]＋273　単位は，[K]（ケルビン）

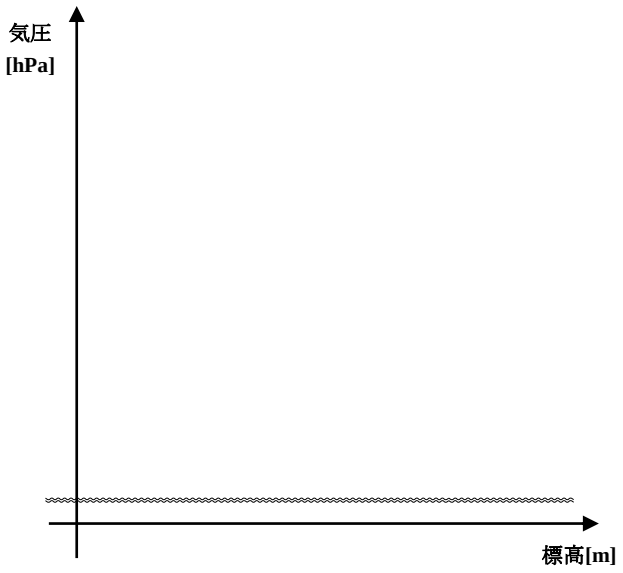
・１atm（気圧）は，1013hPa である。

（４）－２　大気圧と標高

大気圧の大きさは，その点より上部に存在する空気の単位面積当たりの重さに等しい
つまり，標高が高くなると，上部の空気が少なくなるため大気圧は低くなる。

【実習１】下の表からグラフを作成しよう。

標高[m]	気圧 [hPa]
0	1013.3
200	989.5
400	966.1
600	943.2
800	920.8
1000	898.7
1200	877.2
1400	856.0
1600	835.2
1800	814.9
2000	795.0
2200	775.4
2400	756.3



【実習２】標高 500m の蒜山の大気圧の予想値と実測値を比較しよう。

予想値〔　　〕　　実測値〔　　〕

ボイルーシャルルの法則を用いて，密度と絶対温度の関係式を導く。

$$\boxed{\frac{pV}{T}} = \boxed{\frac{p'V'}{T'}} \quad \text{より，} \quad \frac{p}{\frac{m}{V}T} = \frac{p'}{\frac{m}{V'}T'} \qquad \frac{p}{\rho T} = \frac{p'}{\rho' T'} \qquad \text{よって} \rho' = \frac{p'}{p} \bullet \frac{T}{T'} \rho \quad ・・㋑$$

標準状態　特定状態

（５）熱気球の製作

材料：厚さ 0.015mm のポリエチレンのフィルム

①　１面に直径１０㎝程度の穴をあけ，ドライヤーからの熱風の吹き入れ口とする。
②　同じ印同士を合わせて，セロハンテープで固定し，立方体を作る。
③　実際に浮くか確認する。

（６）理論の確認

㋐式が気球が浮くための条件式であった。それぞれを計測してみよう。

m（フィルムの質量）:〔　　〕kg

V（立方体の体積）　:〔　　〕m^3　　よって　$\frac{m}{V}$　＝　〔　　〕

T'（室内の空気の温度）:〔　　〕K　　㋑式より　ρ　＝　〔　　〕

T''（立方体内の空気の温度）:〔　　〕K　　㋑式より　ρ'　＝　〔　　〕

㋐式が成り立っているか確認しよう。※２

２　時間があれば

※１　空気の組成を　N_2：O_2＝４：１　（N=14，O=16）とする，
標準状態での空気の密度（ρ＝1.293kg/m^3）に近い値になるかどうか計算してみよう

※２　現在の気圧や気温の場合，立方体内の温度をいくらにすれば浮くか、計算してみよう。

気圧が低いことで起きる現象について話し合ってみよう。その理由を考えてみよう。

【準備物】

・ポリエチレンフィルム　・はさみ　・セロハンテープ　・メジャー　・電子天秤　・電子温度計
・電卓　　・軍手　・ドライヤー