

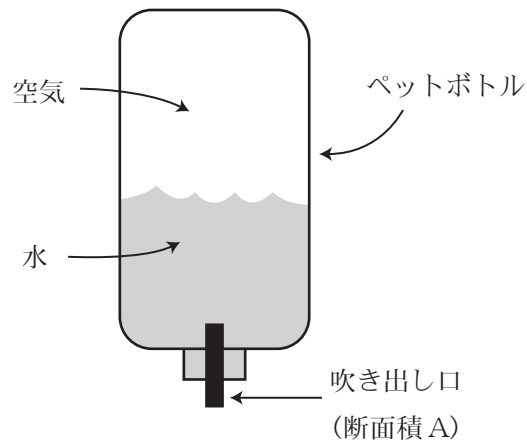
強者の戦略

研伸館の藤原です。強者への道：物理の第3回，第4回を担当させていただきます。掲載する問題についてですが，いわゆる難関大の典型的な入試問題については，多くの人が日々の学習で出会っていると思われます。ですので，ここでは目先を変えて，ふつうに学習していたら出会うことはないであろう問題を紹介したいと思います。京都大学 工（物理工）学部は一時期，後期試験で物理に関する論文（2001～2004年）・論述（2005年）問題を出題していました（現在では後期試験を行っていませんね）。前期試験における有名な「空所補充・長文完成問題」ではなく，記述や描図が主となっている為，表現力や分析力も問われるハイレベルな内容となっています。

最近では，京大前期試験の物理問題においても，従来の問題形式に描図や記述の問題が含まれてくるようになってきました。「どのようなことを述べなくてはならないか」という点を理解するためにも，一度以下の問題に挑戦してみてください（解説は来週掲載します）。

【問題】 ペットボトル・ロケットの推進力『出典：京都大学 工（物理工）学部 後期日程 論述（改題）』
（考察時間目安：65分）

次の文を読んで，問1～問5に答えよ。



K君はペットボトル・ロケットを作ろうと思い，上図に示すように，空のペットボトルロケットの口に断面積 A の吹き出し口を固定した。ペットボトル内部にある量の水を入れた後，ポンプを使って吹き出し口から空気を送り込み，内部の圧力を高めた。吹き出し口を鉛直方向下向きにした後，ポンプと吹き出し口をつなぐロックを外すと，ペットボトルは吹き出し口から水を吹き出しながら垂直に急上昇した。

より高く飛ばすためにはどうしたらよいただろうか。試行錯誤をしてもよいが，せつかなので，数式を使ってわかることを調べてみよう。なお，式の上ではペットボトル内の空気の圧力 P に対して外気圧は無視できるものとする。

問1 微小時間 Δt の間には，ペットボトルに対して吹き出す水の速度 u もペットボトルの推進力 F も変わらないものとする。 Δt の間に質量 Δm の水が吹き出したとき， Δt ， u ， F ， Δm の間に成立する関係を示せ。さらに， P と u の間には以下に示す関係式

$$\frac{1}{2} \rho u^2 = P \quad (\rho \text{ は水の密度})$$

が成り立つものとして， F と P が比例することを示せ。

強者の戦略

問2 実際には、 u は P だけによって決まるのではなく、他の要因が微妙に影響する。風などの外的要因ではないものを2つ以上指摘するとともに、影響する理由を述べよ。

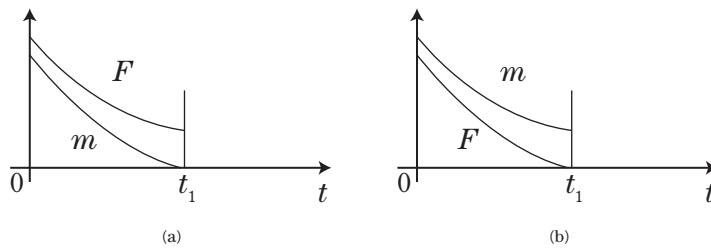
問3 ペットボトル内の空気の初期体積を V_0 、初期圧力を P_0 、発射後の時刻 t におけるそれぞれを V, P とする。

以下に示す2つの関係式

$$P_0 V_0 = PV$$

$$\frac{dV}{dt} = Au$$

が成立すると考えると、時間とともに変化する推進力は $F = (Bt + C)^{\frac{2}{3}}$ とあらわされることを示せ。ただし、 B, C は定数である。



問4 K君が打ち上げ実験をしてみたところ、上記の考察結果とおおむね一致していた。下のグラフ (a), (b) は、それぞれ F と質量 m の時間変化をあらわしている。

- (1) (a) と (b) はそれぞれどのような状況の違いを示しているかを述べよ。
- (2) 解答用紙にグラフ (a), (b) を写し、時刻 t_1 以後の F と m の時間変化をそれぞれ書き足せ。
- (3) ペットボトルの発射点からの高さ h の時間変化をあらわすグラフを、(a), (b) のそれぞれについて作成せよ。なお、複数の場合があり得るならばグラフも複数作成し、それぞれの違いを説明せよ。

問5 落下したペットボトルを回収してみると、中に霧が発生していた。このことから、問3での考察が不十分であると考えられる。その理由を指摘せよ。その際、実際の推進力と問3で得られた推進力との大小関係も指摘すること。