

プレチャレンジ 2013年5月 問題 解答と解説

5月の問題は、過去の第1チャレンジの問題を中心に、静止している流体の性質についてなどの問題を集めました。

図1は、圧力に関する簡単な実験をしているようすです。ペットボトルの側面に穴をあけて水を入れると、穴から水が出てきています。穴の位置によって水の出かたが異なっていますが、どうしてこのような結果になるのか、プレチャレンジの問題にチャレンジした皆さんは説明できますね。



図1 ペットボトルに入れた水が穴から出るようす

では、1～4の解答と解説です。

1. (2007年第1チャレンジ第1問 問4)

解答 10.4%

解説 流体中では、深いところほど圧力が大きいので、流体中にある物体にはたらく圧力は上向きの力になる。これが浮力である。浮力の大きさは、物体が流体にあることによって排除した流体の重さと等しくなるという「アルキメデスの原理」に従う。

この問題では、氷山の重力と浮力が釣り合っている状態である。氷山の重力は、重力加速度を g 、氷の密度を ρ_i 、体積を V とすると、

$$\rho_i V g$$

となる。一方、浮力は、氷山の水面上に浮かんでいる部分の体積を xV 、海水の密度を ρ_s とすると、氷山の沈んでいる部分の体積は $(1-x)V$ となるので、結局、

$$\rho_s (1-x) V g$$

となる。

この2式が釣り合っているので、

$$\rho_i V g = \rho_s (1-x) V g$$

$$\rho_i = \rho_s (1-x)$$

$$x = 1 - \frac{\rho_i}{\rho_s} = \frac{\rho_s - \rho_i}{\rho_s} = \frac{1024 - 917}{1024} = 0.104$$

と求めることができる。

2. (2007年第1チャレンジ第1問 問5)

解答 水は穴から流れ出ない。

解説 水で満たされ、側面に穴の開いたコップを机の上に置いたとき、コップの側面から穴にかかる水圧は図1や前問のように水の上面からの深さ分に相当する水の重力が大気圧に加わり、水は外側に押し出される。一方、この問題のように、そのコップを上を持ち上げた後、手を離れた場合、コップと水は自由落下を始める。自由落下するコップと共に動く観測者から見たとき、その中の水は上向きの慣性

力を受け、重力と釣り合って無重力状態になる。従って、穴にかかる水圧は大気圧と等しく、外の大気圧と釣り合い、水は穴から外に飛び出さない。

さて、コップの空気抵抗が無視できないときなどはどうなるだろうか。色々考えてみてください。

3. (トリチェリーの真空)

(a) **解答** $1013 \times 10^2 \text{ Pa}$

解説 ガラス管の上部には、真空部分ができている。この部分は、「トリチェリーの真空」とよばれ、圧力は0とみなすことができる。いま、容器の水銀表面は大気圧である。一方、ガラス管での圧力を考えるとき、水銀上面から h m 下がった場所での圧力は ρgh であり、 $h = 0.76\text{m}$ では大気圧と等しくなる。従って、大気圧 P_0 は

$$P_0 = \rho gh = 13.6 \times 10^3 \times 9.8 \times 0.76 = 1013 \times 10^2 \text{ Pa}$$

となる。ここで重力加速度 g は $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ を用いた。

(b) **解答** 10.3 m

解説 水の密度は $\rho_w = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ なので、水の高さ h_w は

$$h_w = \frac{P_0}{\rho_w g} = \frac{1013 \times 10^2}{1.0 \times 10^3 \times 9.8} = 10.3$$

と求めることができる。

物理チャレンジ2011では、第1チャレンジの実験課題として「大気圧を測ってみよう」が出題されていました。この問題の考え方を応用して、学校の校舎から10メートル以上もある長いホースを使って大気圧を求めていたチャレンジャーもいました。

4. (2010年第1チャレンジ第1問 問2)

解答 $F_d < F_a = F_b < F_c$

解説 密閉された静止流体の一部に圧力を加えると、流体内の全ての場所で圧力がその分だけ増加する。このことは「パスカルの原理」とよばれている。

同じ深さでの水圧は等しいので、 $a=b$ である。 c はその2倍、 d は1/2になる。

5. 次回に向けて

図2は市販されている「晴雨計」です。天気によって気圧が変わることを利用しています。図3は静岡の水族館です。水槽の窓から手を入れて、中の魚を触ることができます。水槽に窓がついているのに、水がこぼれないのはなぜでしょうか。図5のように、ペットボトルとプラスチックコップで簡単に作ることができるので、作ってみて考えてみてください。ペットボトルの蓋が閉まっていることがポイントです。蓋を開けたらどうなりますか？

このように、水圧や大気圧の原理を利用した機器や施設は幾つもあります。プレチャレンジの問題をきっかけとして、色々なものの原理を考えてみましょう。



図 2 晴雨計



図 3 体験できる水槽^{注)}



図 4 水槽の窓から魚を触る^{注)}



図 5 手作りの体験できる水槽

注) 浜名湖学習体験学習施設ウォットにて H.T 撮影。(2011.3.27)