

・科学パズル Q.2 の [追加の Question]

密閉されたビンが非常に大きいものとします。ビンの中の鳥は下から上の方へぐんぐん上昇しました。そのときビンの総重量はどうなるでしょうか。

の回答で、謎好きアリスさんから以下のようなご回答が寄せられました。

名前：謎好きアリス

本文：久しぶりに k e n z o 先生のページにお邪魔します。 科学パズル 2 の大きな瓶の中で鳥が飛び立った時、秤の重さはどうなるか？という質問の答えです。高く飛翔すると翼に揚力がかかり、浮力とは別の力が加わって軽くなると思うのですが、いかがでしょうか。 揚力がなんであるかは分かりませんが、やっぱりこれも秤に影響を及ぼすのかな?? 疑問に思うと夜も寝られませぬ…。 よろしくお願ひします。^_^;

以下は小生の回答ですが、回答が怪しければ突っ込み可能です(汗;;)。

《Ans》

このパズルは作用・反作用の原理を鳥のホバリング(空中停止飛行)のケースにあてはめて考えています。

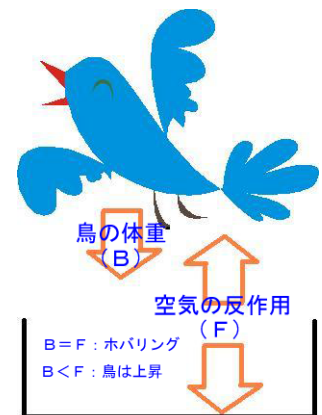
鳥が何も羽ばたかずに風船のようにぽっかりと空気中に浮いている場合、その場合は鳥の体重と空気の浮力のバランスがとれている状態です。しかし、そのようなことが可能かどうかチェックしてみましょう! 鳥に作用する浮力の大きさは、鳥の体積と同体積の空気の重なので、空気の重さは空気の密度 1.23 Kg/m^3 に鳥の体積(仮に 100 cc とする)を掛けたもので



$$1.23 [\text{Kg/m}^3] \times 100 [\text{cc}] = 0.123 [\text{g}] \quad (\text{Kg}=1000\text{g}, \text{m}^3 = 1000\text{l}, \text{l} = 1000\text{cc})$$

となります。鳥としてメジロを取り上げると、メジロの体重は約 11 gr とされますから、浮力は体重に比べるとごく僅かということになります。ということで風船のようにポツカリと浮いていられない(木から鳥が落ちることもあるワケです)。

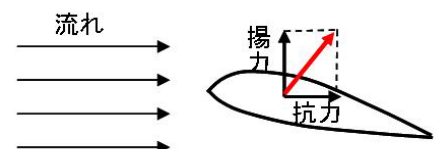
さて、密閉された瓶の中で鳥がホバリングしている場合、鳥は羽ばたいて絶えず下の空気を叩き、その反動(反作用)で空中停止飛行しています。鳥の体重を B 、空気の反作用の大きさを F とすると、ホバリング状態は $B = F$ と力の大きさが釣り合っている状態となります。この F は瓶底にもかかるので、鳥がホバリングしていようと瓶底に止まっていようと、鳥+瓶の総重量は変わらないというのが Q. 2 の答えでした。



追加の Q は、鳥がぐんぐん上昇する場合はどうなるか、ということですが、この場合は鳥に上向き力が作用しますので、その力 F と鳥の体重 B の関係は $B < F$ となります。この F は同様に瓶底にもかかりますので、結局、総重量はホバリング状態よりも重くなる、ということになります。

高く飛翔すると翼に揚力がかかり、浮力とは別の力が加わって軽くなる?

右の図のように、空気の流れの中に上面と下面が非対称な翼をある程度傾けて置くと、翼の上側と下側で流れの状態が異なり、上側の空気の流れは下側に比べて速く流れます。ベルヌイの定理によれば、速い流れは遅い流れに比べて圧力が



低くなることが知られています。空気の流れの中に置かれた翼は上面の方が下面より圧力が低くなるので、翼はその圧力差の分、上方に力を受けることとなります。この力は図の赤い矢印で示しました。この力を流れの方向とそれに対して垂直な方向の成分に分けて、前者を抗力、後者を揚力と呼んでいます。揚力と言うのは流れの方向に対して垂直上方に上げる力のことですね。ところで、いま空気の流れの中で翼が静止している場合を考えましたが、静止した空気の中で翼が前方に向かっている場合も上の議論と同じこととなります（見方を変えれば一緒ですね）。

鳥が広い大空を自由に飛び回る場合、その飛び方は大きく言って次の2ケースがあります。

- $$\left\{ \begin{array}{l} (1) \text{ 羽ばたかずに飛行するケース： 翼に働く揚力を利用} \\ (2) \text{ 羽ばたいて飛行するケース} \quad \left\{ \begin{array}{l} (a) \text{ 体重と釣り合う揚力で一定の高度を維持して飛行} \\ (b) \text{ 体重と異なる揚力で高度を変える飛行} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

さて、Q. 2のケースは(2)の(a)にあたり、[追加の Question]のケースは(2)の(b)、体重と異なる揚力で高度を変える飛行になりますね。密閉した瓶の中で鳥が上昇する場合、鳥は体重以上の揚力を受けます。そしてこの揚力は鳥を押し上げると同時に瓶のそこも押しているので、瓶+鳥の総重量はホバリングしている場合より重くなる。

by *KENLOU*

(2009.10.12)