

熱と仕事 授業案

2015年2月28日

上田仮説サークル 渡辺規夫

[演示実験]

スーパーボールを落とす。跳ね返る。

アンチスーパーボールを落とすと跳ね返らない。

[問い]

高い場所にあったときの位置エネルギーは机にぶつかる直前にはどうなっているだろう。

《生徒》運動エネルギーになる。

[問い]

床に衝突する直前の運動エネルギーは衝突直後にどこへ行ったんだろうか。

《生徒》ボールの中に入った??なくなった。

[問い] 落ちて止まったボールは温度が上がっているか。

マイヤーの研究

1814年～1878年 ドイツの医学者、物理学者

1841年「仕事が熱になる。」という論文を投稿 物理学年報で黙殺

リービッヒの化学学会の学術誌に発表 1842年

マイヤーの論文は学会で評価されなかった。

マイヤーの友人は言った。「もし、君の言うことが正しいとすれば、水をかきまわしていれば、温度が上がるはずだ。本当に温度が上がるのか。」

ここで、その問題について考えてみよう。

[問題]

ミキサーで水を2分間かき回すことにします。温度は上がるでしょうか。

予想

ア、上がらない。

イ、上がるはずだけれども、温度計で測るのは無理

ウ、上がる。(温度計で測れるくらい。少なくとも2℃以上あがる)

[実験の結果]

4℃くらいあがった。

結論

熱→物体 温度が上がる。

仕事→物体 温度が上がる。

熱と仕事は同じものではないか？

[ジュールの実験]

1 cal の熱は 4.2J の仕事に相当する。

それでは、風呂をかきまわしてれば、風呂は沸くのか。

そこで問題

[問題] 20℃の水 1 kg を 40℃にするためにする仕事を求めよ。

水 1 kg を温度 20℃上昇させるために必要な熱 Q は

$$Q = m c \Delta t = 1000 \times 4.2 \times (40 - 20) = 84000 \text{ J}$$

この 84000 J の仕事は 1 kg の水をどのくらいの高さまで持ち上げる仕事に相当するか。 $W = m g h$

$$h = \frac{W}{mg} = \frac{84000}{1 \times 9.8} = 8570$$

すなわち、8570 m の高さ (エベレストのてっぺんくらい) に持ち上げる仕事に相当する。

1 kg の水を 8570 m の高さから落とすと 20℃の水が 40℃になる。

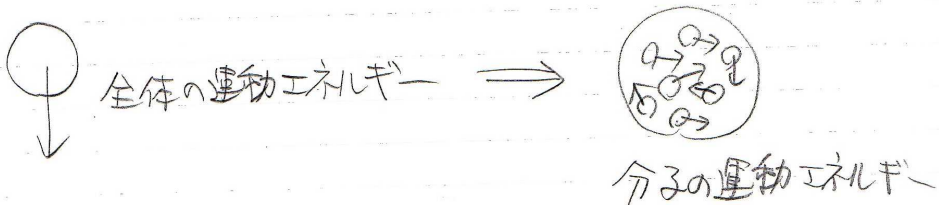
滝で水が落ちると温度が上昇している。温度 1°C 上昇させるには

$$mc \Delta t = m g h \text{ より } h = \frac{m c \Delta t}{m g} = \frac{1000 \times 4.2 \times 1}{1 \times 9.8} = 429 \text{ m}$$

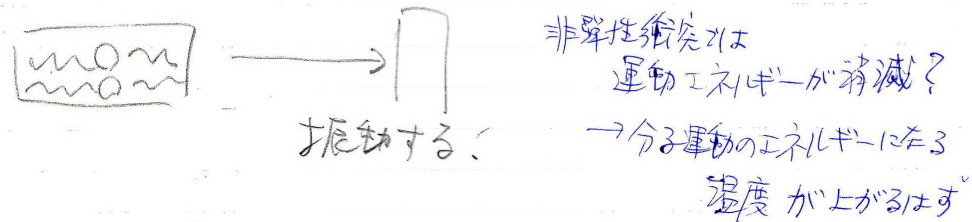
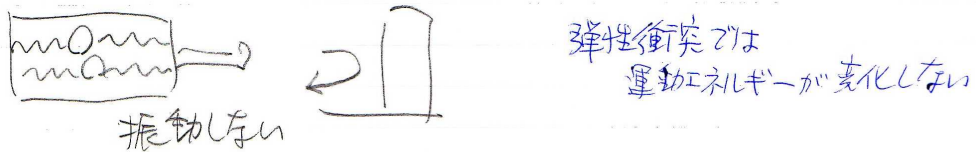
(ここで $m c \Delta t$ では m は単位が g $m g$ では m は単位が kg)

の高さから落とす必要がある。すなわち、 429 m の滝があるとすると、水は落ちたときに温度が 1°C 高くなっているということになる。

最初に戻って、アンチスーパーボールは落ちて止まったときにボールの温度が上がっているのである。

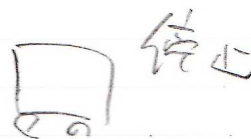
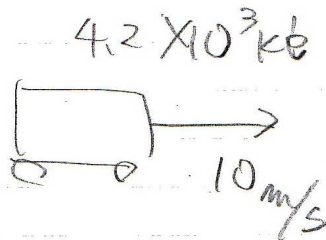


モデル実験



走っていたトラックが止まるまでに発生する熱ほどのくらいになるか。

問8



$$Q = \frac{1}{2} m v^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 4.2 \times 10^3 \times 10^2$$
$$= 2.1 \times 10^5 \text{ J}$$

ヘルムホルツの問い

[問題] 地球が急に止まったらどうなるか。

[解答]

地球が止まったとき運動エネルギーが、地球を作る原子・分子の運動エネルギーになる。すなわち熱になる。

地球の質量 $m = 6.0 \times 10^{24} \text{ kg}$

地球の速さ $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 1.5 \times 10^7}{365 \times 24 \times 3600} = 3.0 \times 10^4 \text{ m/s}$

運動エネルギーは $\frac{1}{2} \times 6.0 \times 10^{24} \times (3.0 \times 10^4)^2 = 2.7 \times 10^{33} \text{ J}$

これが全部熱になったら温度はどのくらい上がるか。

地球が最も比熱が大きい水でできていると仮定しても ($c=4.2\text{J/gK}$)

$Q = m c \Delta T$ より $\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{2.7 \times 10^{33}}{6.0 \times 10^{24} \times 10^3 \times 4.2} = 1.1 \times 10^5 \text{ K}$

ヘルムホルツの論文では 112000°C 温度上昇する。すなわち、地球は全部蒸発するとしている。