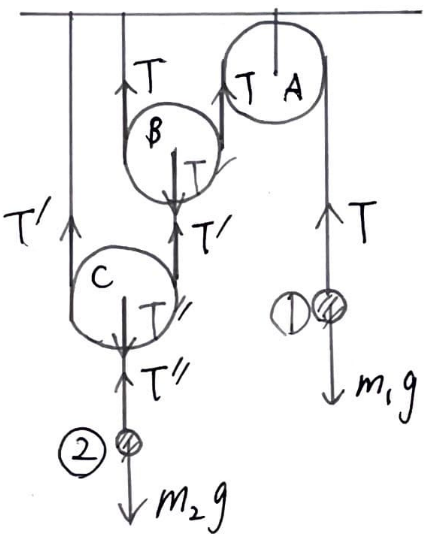
# 医学部専門予備校　クエスト　解答速報

## 昭和大学（医）　物理　　試験日 2 月 4 日（土）



1

(1)



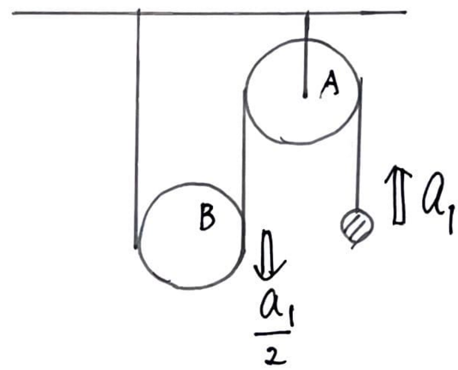

運動方程式(以下、EOMと略記)より、

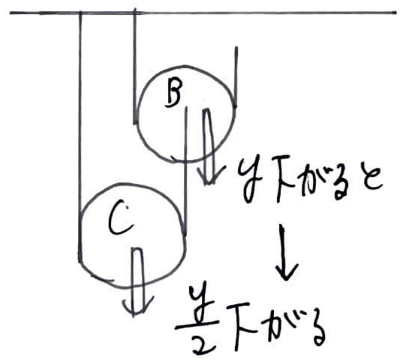
$$
\begin{cases}
① : 0 = T - m_1 g \\
② : 0 = T'' - m_2 g \\
B : 0 = 2T - T' \\
C : 0 = 2T' - T''
\end{cases}
$$

4式から、$m_2 (= 4T) = 4m_1 \equiv m_0$

(初めから $T' = 2T$, $T'' = 2T'$ とすればよい。)

(2)

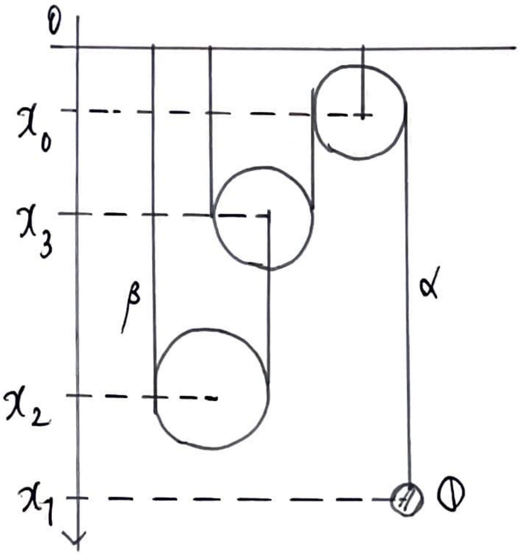



Cの加速度はBの半分。

$$\therefore a_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{a_1}{2}$$

以上は動滑車の知識から $a_1$ と $a_2$ の関係を求めた。これに思い至らなければ次のように考えればよい(束縛条件を考える)。




糸の長さが一定であることを定式化すると、

$$\begin{cases} 糸\alpha: (x_3-0)+(x_3-x_0)+(x_1-0)=一定 \\ 糸\beta: (x_2-0)+(x_2-x_3)=一定 \end{cases}$$

$$\Longleftrightarrow \begin{cases} 2x_3+x_1=一定 \\ 2x_2-x_3=一定 \end{cases}$$

$$\therefore\ 4x_2+x_1=一定$$

$$\therefore\ \left|\frac{d^2x_1}{dt^2}\right| = \left|-4\frac{d^2x_2}{dt^2}\right|$$

$$\therefore\ a_1=4a_2$$

(3) (1)と同様に考えて、
((1)の文字を流用する)

$$\begin{cases} ①: m_1a_1 = T - m_1 g \cdots ㋐ \\ ②: m_2a_2 = m_2 g - T'' \cdots ㋑ \\ B: 0 = 2T - T' \cdots ㋒ \\ C: 0 = 2T' - T'' \end{cases}$$

$$\therefore\ a_2 = \frac{m_2-4m_1}{16m_1+m_2}g$$

ここで $a_2$ の答えの「確からしさ」を確認しておく。

- $m_2=4m_1$ なら(1)の状況。
  つまり、$a_2=0$ となるはず。

$$a_2 = \frac{4m_1-4m_1}{16m_1+4m_1}g = 0 \quad \text{OK.}$$

- $m_1\to 0$ なら $a_2\to g$ のはず
  (自由落下)

$g \Downarrow$ ②

$$a_2 = \frac{m_2-4\times 0}{16\times 0+m_2}g = g \quad \text{OK.}$$

- $m_2\to 0$ なら、$a_1\to -g$ のはず

$g \Downarrow$ ①

$$a_2 = \frac{0-4m_1}{16m_1+0}g = -\frac{g}{4}$$

$$\therefore\ a_1 = 4a_2 = -g \quad \text{OK.}$$

(4) ⑦より、$T = m_1(a_1 + g)$

$$= m_1(4a_2 + g)$$

$$= m_1\left(4\frac{m_2 - 4m_1}{16m_1 + m_2} + 1\right)g$$

$$= \frac{5m_1 m_2 g}{16m_1 + m_2}$$

(5) $2T = \dfrac{10m_1 m_2 g}{16m_1 + m_2}$

(6) $a = \dfrac{m_1(-a_1) + m_2 a_2}{m_1 + m_2}$

$$= \frac{m_1(-4a_1) + m_2 a_2}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{-4m_1 + m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_2 - 4m_1}{16m_1 + m_2} g$$

$$= \frac{(4m_1 - m_2)^2}{(m_1 + m_2)(16m_1 + m_2)} g$$

---

(2)がいくらか難しかっただろうか。とは言え解けなければならないレベルではある。他の問いは何の変哲もないものばかりである。

$\boxed{2}$

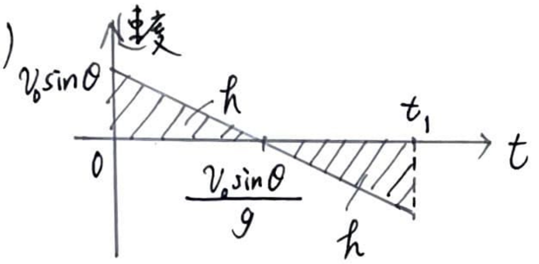
$\boxed{A}$

(1) エネルギー保存則より、

$$mgh = \frac{1}{2}m(v_0 \sin\theta)^2$$

$$\therefore h = \frac{(v_0 \sin\theta)^2}{2g}$$

(2)




$$t_1 = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$$

(3) かべはなめらかゆえ、鉛直方向の力は重力しかない。よって、鉛直方向の運動は(2)と同じ。

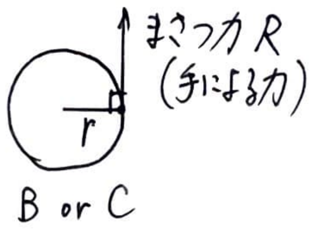
ゆえに、 $t_2 = t_1 = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$

---

確認テストレベルである。

$\boxed{B}$

回転運動 ⇒ 力のモーメントを考える。




力のモーメント $M = Rr$

$R$ 一定のとき、$r$ 大の方が $M$ 大

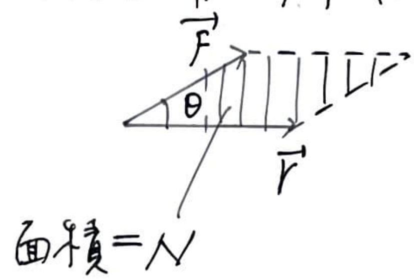
つまり、Bの方が有利。

〈解答例〉

力のモーメントの大きさ $N$ について考える。

$M$ は力 $\vec{F}$ と軸と $\vec{F}$ の作用点を結ぶベクトル $\vec{r}$ の外積の大きさで表される。

つまり、$N = |\vec{r} \times \vec{F}| = |\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta$.




いま、$|\vec{F}|$ が共通だとすれば、$|\vec{r}|$ の大きいBを持った方が有利である。

---

やや解きにくかっただろうか。しかし、力のモーメントの式を用いて何とか答えるべき問いである。

## C

質量 $m$ を測りたい $\Rightarrow$ $m$ が入っている法則

などは何か？ ＋ $g$ が入っていてはダメ

- EOM
- 保存則3つ
- 円運動，単振動，…

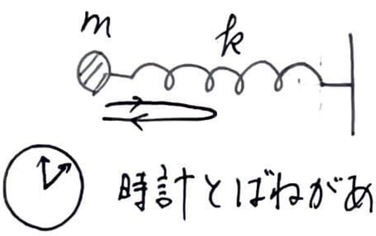
① $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ （最も定番だろう）

② $mv + MV = 0$

③ 円運動

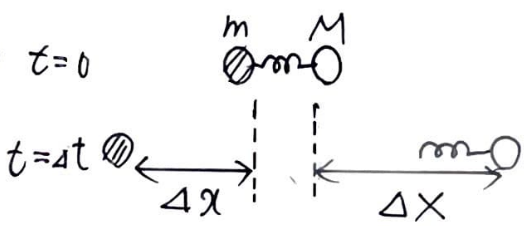
（私はこの3つしか思いつかなかったが，他にもあるでしょう。）

①




時計とばねがあれば $m$ が測れる.

② $t=0$




図Ⓐ

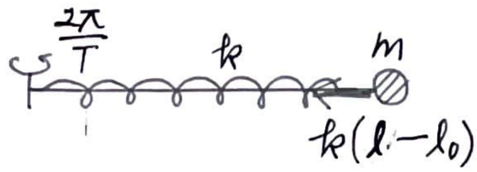
運動量保存則より，

$$m\frac{\Delta x}{\Delta t} + M\left(-\frac{\Delta X}{\Delta t}\right) = 0$$

$$\therefore\ m = \frac{\Delta X}{\Delta x}\underbrace{M}_{\text{既知量}}$$

時計，ものさし，ばね，質量が分かっている物体があれば $m$ が測れる.

③




EOMより，

$$ml\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = k(l-l_0)$$

$$\therefore\ m = \frac{k(l-l_0)T^2}{4\pi^2 l}$$

時計，ものさし，ばねがあれば $m$ が測れる.

〈解答例〉

① ばね定数 $k$ の分かっているばねの一端にボールを取りつける. そのボールを単振動させて周期 $T$ を測る. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ より，$T$ が分かればボールの質量 $m$ が求められる.

つまり，ばねと時計があれば $m$ を求められる.

② 図Ⓐのように物理量を設定する.

運動量保存則より，

$$m\frac{\Delta x}{\Delta t} + M\left(-\frac{\Delta X}{\Delta t}\right) = 0$$

が成立する.

$$\therefore\ m = \frac{\Delta X}{\Delta x}M$$

この方法であれば，時計，ものさし，ばね，質量が分かっている物体があれば，ボールの質量 $m$ を求められる.

（図を使ってはダメ？）

③ ばね定数$k$，自然長$l_0$が分かっているばねの一端にボールを取りつけて等速円運動させる。この円運動の周期$T$，ばねの長さ$l$を測ればボールの質量$m$を求められる。
式は以下。

$$ml\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2=k(l-l_0)$$

$$\therefore\ m=\frac{k(l-l_0)T^2}{4\pi^2 l}$$

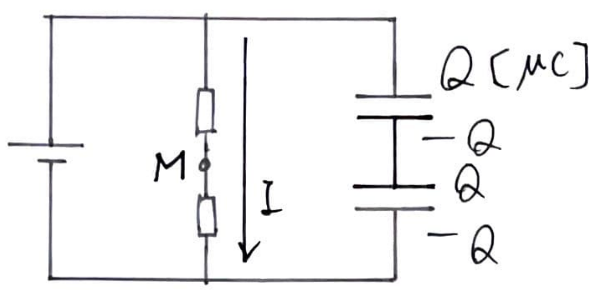
---

今年はこの$\boxed{C}$が最も難しかっただろうか。
多くの受験生は「知らない／見たことない／考えたことない。だから答えられない」と思ったことだろう。
「知らない／…。だから考えてみよう」と思った人はそれだけでお見事である（1%もいないだろうか）。
この問いを「知識問題」だと考えることもできる（し，指導者も「これは知識だね」と言うかも知れない）が，できることなら「知恵問題（＝思考問題）」だと捉えてほしい。そうでなければ，物理を学んでいる甲斐などないだろう（し，実力も大して伸びないだろう：これは来年以降の受験生へのメッセージである）。もしも「素手」で考えられた受験生がいたら，まことにあっぱれであった。

$\boxed{3}$

(1) 0A

(2)




キルヒホッフ第2法則(以下、K2と略記)より、

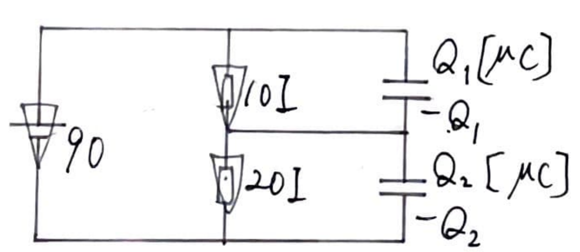
$$\begin{cases} \text{左半分}:\ 90=(10+20)I \cdots ① \\ \text{大外}:\ 90=\dfrac{Q}{20}+\dfrac{Q}{30} \cdots ② \end{cases}$$

①より、$I = 3.0\,\mathrm{A}$

②より、$Q = 1080\,\mu\mathrm{C}$

$\approx 1.1\times10^{3}\,\mu\mathrm{C}$

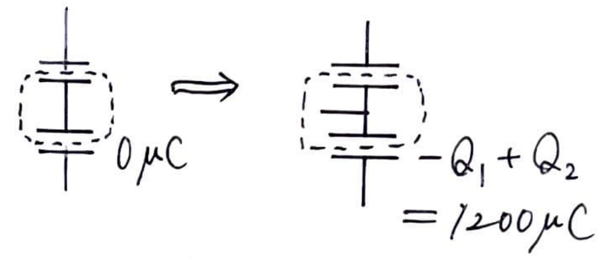
(3)




$(I=3.0\,\mathrm{A})$

K2より、

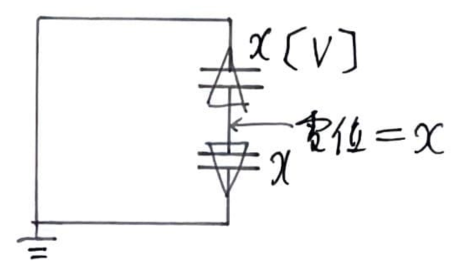
$$\begin{cases} Q_1=20\cdot10I=600\,\mu\mathrm{C} \\ Q_2=30\cdot20I=1800\,\mu\mathrm{C} \end{cases}$$




$K_2$を通った電荷の大きさ $=1.2\times10^{2}\,\mu\mathrm{C}$

正電荷がM→N向きに移動したと考えられるから、電流の向きはM→N

(4)




電荷保存則より、

$20x+30x=1200$

$\therefore x = 24\,\mathrm{V}$

また、
$$\begin{cases} Q_1' = 20\times24 = 4.8\times10^{2}\,\mu\mathrm{C} \\ Q_2' = 30\times24 = 7.2\times10^{2}\,\mu\mathrm{C} \end{cases}$$

エネルギー保存則より、発生したジュール熱

$$= \frac{Q_1^2}{2C_1} + \frac{Q_2^2}{2C_2} - \frac{1}{2}(C_1+C_2)x^2$$

$$= \frac{(600)^2}{2\times20} + \frac{(1800)^2}{2\times30} - \frac{1}{2}(20+30)\times24^2$$

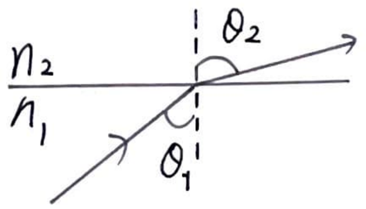
$$= 48600\,\mu\mathrm{J}$$

$$\approx 4.9\times10^{-1}\,\mathrm{J}$$

定期テストレベル。完答必須。

$\boxed{4}$

(1)




屈折の法則(以下、lorと略記)より、

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

全反射が起こるのは、

$$\sin\theta_1 < \sin\theta_2$$

の場合ゆえ、

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} > 1$$

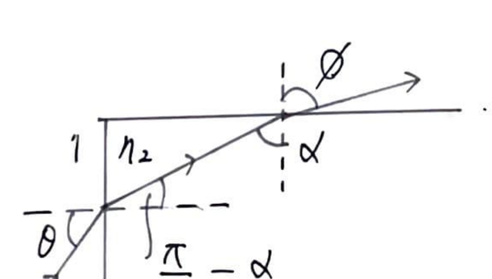
$$\therefore n_1 > n_2$$

(2) lorより、

$$n_1 \sin\alpha_0 = n_2 \sin\frac{\pi}{2}$$

$$\therefore \sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

(3)




lorより、

$$\sin\theta = n_2 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

$$\therefore \cos\alpha = \frac{\sin\theta}{n_2} \quad \cdots ①$$

(4) lorより、

$$n_2 \sin\alpha = n_1 \sin\phi$$

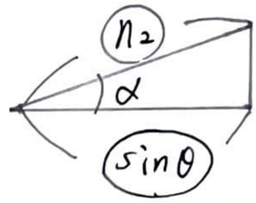
$$\therefore \sin\phi = \frac{n_2}{n_1}\sin\alpha$$

$\phi$が存在しないための条件は、

$$\sin\phi > 1$$

$$\therefore \frac{n_2}{n_1}\sin\alpha > 1 \quad \cdots ②$$

ここで、①より下図が描ける。



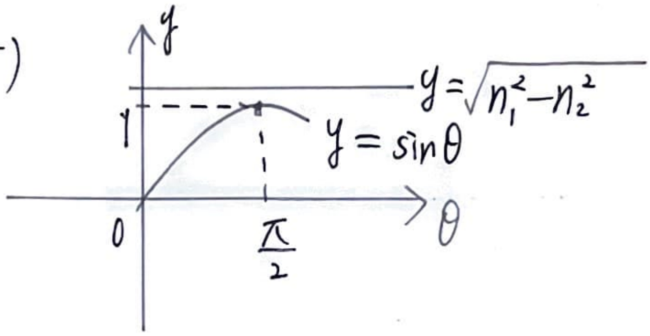

$$\therefore \sin\alpha = \frac{\sqrt{n_2^2 - \sin^2\theta}}{n_2}$$

これを②に代入して、

$$\frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{\sqrt{n_2^2 - \sin^2\theta}}{n_2} > 1$$

$$\therefore (0<)\sin\theta < \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \cdots ③$$

(5)



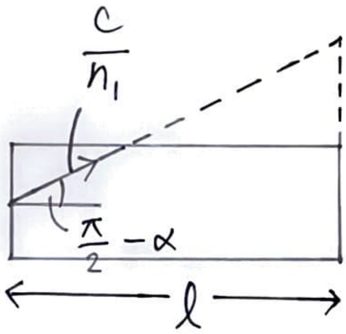

$\theta$がいかなる値であれ③が成立するための条件は、

$$\sqrt{n_1^2-n_2^2} > 1$$

$$\therefore\ \underline{n_1^2-n_2^2 > 1}$$

である。

(6)




$$\Delta t = \frac{l/\cos(\frac{\pi}{2}-\alpha)}{c/n_1}$$

$$= \frac{n_1 l}{c\sin\alpha}$$

$$= \underline{\frac{n_1^2 l}{c\sqrt{n_1^2-\sin^2\theta}}}$$

---

定期テストレベルである。完答必須。