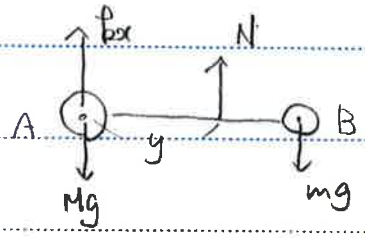
― 千葉工業大学 ―

1月31日（日）一般選抜A日程　物理

解 答・解 説

1 (a) 棒の力のつりあいは



x方向：$0 = Mg + mg - kx - N$ ―①

棒のAのまわりの力のモーメントのつりあいは

$0 = Ny - mgl$　　∴ $N = \underline{\frac{l}{y}mg}_{\,1}$

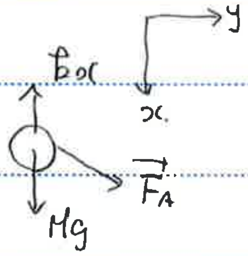
①より　$x = \underline{\frac{1}{k}\{(M+m)g - N\}}_{\,2}$

Pが $y = l$ にあるとき　1より $N = mg$．　2より $x = \frac{1}{k}\{(M+m)g - \cancel{mg}\}$

このxがx_0なので　$x_0 = \underline{\frac{1}{k}Mg}_{\,3}$

Aが棒から受ける力を $\vec{F_A} = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix}$ とすれば

Aの受ける力は右図のように3つあるので



$x = x_0$ のとき　つりあいの式は

$$\begin{cases} x: & 0 = Mg + F_1 - kx_0 \quad \therefore F_1 = 0 \\ y: & 0 = F_2 \end{cases}$$

∴ $\vec{F_A} = \vec{0}$　　（F_Aの大きさは $\underline{0}_{\,4}$）

$y=y_1$ のとき ばねが自然長なので $x=0$ より、1, 2の式に代入すれば

$$N=\frac{l}{y_1}mg,\quad 0=\frac{1}{k}\{(M+m)g-N\}$$

$$\therefore\ (M+m)g=\frac{l}{y_1}mg \Leftrightarrow y_1=\underline{\frac{m}{M+m}l}\ _5$$

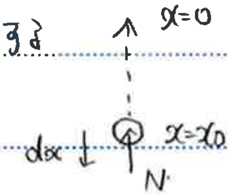
Aの受ける力は先ほどの3つの力なので Aの力のつりあい

$$\begin{cases} x:\ 0=Mg+F_1-k\cdot 0 & \therefore F_1=Mg \\ y:\ 0=F_2 \end{cases}$$

$$\therefore\ \vec{F_A}=\begin{pmatrix} Mg \\ 0 \end{pmatrix}$$

F_Aの大きさは $\underline{Mg}$ $_6$

Pは $x=x_0$ から $x=0$ へ移動する間に Nは仕事をする



Nは y の関数 $\left(N=\frac{l}{y}mg\right)$ なので yとxの関係は

式1, 2でつながって

$$\frac{l}{y}mg=(M+m)g-kx \quad\text{——— ②}$$

の関係を有することに注意すると Nのする仕事は

$$W=\int_{x=x_0}^{x=0}\vec{N}\cdot d\vec{r}=\int_{x=x_0}^{x=0}\frac{l}{y}mg\cdot dx\cos 180^\circ$$

$$=\int_0^{x_0}\{(M+m)g-kx\}dx \qquad \text{式②を用いて置換積分}$$

$$=\underline{(M+m)gx_0-\frac{1}{2}kx_0^2}\ _7$$

これは全体を1つの系として見れば

棒に加えた（垂直抗力N）のした仕事 W

= 棒の位置エネルギーの増加 $(M+m)gx_0$ + ばねの弾性エネルギーの減少 $\left(-\frac{1}{2}kx_0^2\right)$

ととらえることもできる。

(b) 棒にはたらく力のつりあいより

$$x:\quad 0 = (M+m)g - kx_1 \qquad \therefore\ x_1 = \frac{1}{k}(M+m)g \quad ⑧$$

次にA、Bの運動方程式は

$$\begin{cases} Ma = Mg - k(x+x_1) + N & ⑨ \\ ma = mg - N & ⑩ \end{cases}$$

より一体とみなせば（足し合わせば）

$$(M+m)a = (M+m)g - k(x+x_1)$$
$$= -kx$$

となり角速度 $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{M+m}}$ とすれば、周期 $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\dfrac{M+m}{k}}$ の単振動を行うことがわかる。

$x = x_1$ を基準点として、棒の力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}(M+m)v_1^2 \qquad (v_1 \text{ は O' 点の速さ})$$

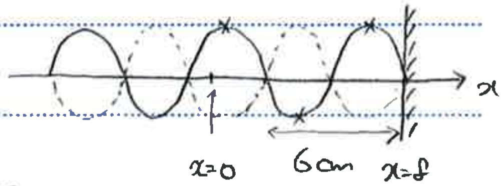
$$\therefore\ v_1 = A\sqrt{\frac{k}{M+m}} \quad ⑫ \qquad (v_1 = A\omega \text{ としてもよい})$$

このとき O' の加速度 $a = 0$ より $N = mg - ma = mg$ ⑬

2 (a) (1) 6 cm　(2) 2 cm

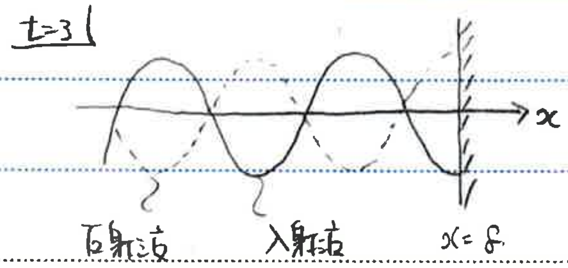
(3) $f\lambda = V$ より　$f = \frac{3.0}{6} = 0.50$ [Hz]

(4) $x = 8$ は固定端より 定常波（合成波）の変位は常に0。定常波の波形は右図のようになるので腹は3つ



(5) 周期 $T = \frac{1}{f} = 2$ [s] なので $t = 3$ [s] 時は $\frac{t}{T} = \frac{3}{2}$ 周期分経過

$t = 0$ のときからスタートし $\frac{3}{2}$ 周期 = $1 + \frac{1}{2}$ 周期後の波形は下図



このときの合成波の変位は0。　オ

(b) (6) Oが0次の強め合い C, Dが1次の強め合いなので C（またはD）での干渉条件は $BC - AC = 1 \cdot \lambda$ である。

三平方の定理より $BC = \sqrt{480^2 + 140^2} = 20\sqrt{24^2 + 7^2} = 500$ [cm]

より　$\lambda = BC - AC = 500 - 480 = 20$ [cm] $= 0.200$ [m]

(7) $V = f\lambda = 1750 \times 0.200 = 350$ [m/s]

(8) うなりの振動数 = 振動数の差より、$5 = |f_A - 1750|$

Aのスピーカーの振動数 $f_A > 1750$ [Hz] より　$f_A = 1755$ [Hz]

(c) (9) 金属球が失った熱量 $Q_1 = 140 \times 0.500 \times (90-28) = 4340$

$= 4.34 \times 10^3$ [J]

(10) 水が得た熱量 $Q_2 = 200 \times 4.20 \times (28-25) = 2520 = 2.52 \times 10^3$ [J]

より 外部に逃げた熱量 $Q = Q_1 - Q_2 = 1.82 \times 10^3$ [J]

(11) 熱平衡時の水温を T [℃] とすれば、(9), (10) と同様に

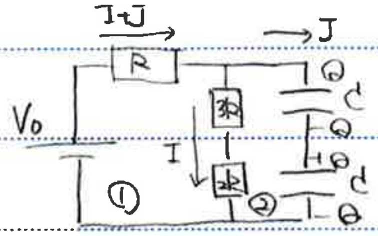
$Q_1 = 140 \times 0.500 \times (90 - T)$

$Q_2 = 200 \times 4.20 \times (T - 25)$

と表せる (11) は熱量が外部に逃げないので (熱量保存則) より

$Q_1 = Q_2$　　∴ $T = 30.0$ [℃]

3 (a) S_1とS_2を閉じると右図のようになる（文字は右図のように設定）



電圧則：① $V_0 = R(I+J) + 3RI + 2RI = 6RI + RJ$

② $3RI + 2RI = \frac{Q}{C} + \frac{Q}{C}$，$5RI = \frac{2Q}{C}$

ただし　$J = \frac{dQ}{dt}$　…③

S_1とS_2を閉じた直後　$Q = 0$　②より　$I = 0$

よって①より　$J = \frac{V_0}{R}$

十分時間がたつと　Q＝一定　③より　$J = 0$

①より　$I = \frac{V_0}{6R}$，このとき　$Q = \frac{5}{2}CRI = \frac{5}{12}CV_0$

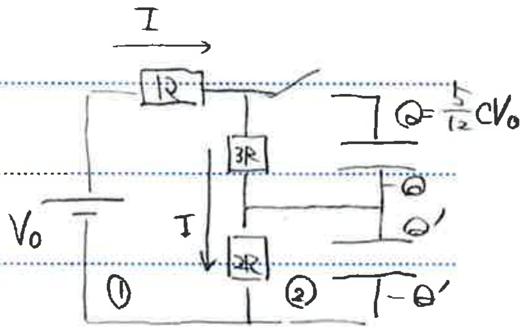
∴ bの電位　$\phi(b) = \frac{Q}{C} = \frac{5}{12}V_0$

S_1を開くと C側のコンデンサーは電気的に孤立．ゆえに電荷Qは一定

十分時間がたったとき①に電圧則を用いれば　$I = \frac{V_0}{6R}$ になるが

②は　$2RI = \frac{Q'}{C}$ より　$\frac{Q'}{C} = 2RI = \frac{V_0}{3}$．

よって　cの電位　$\phi(c) = \phi(b) + \frac{Q'}{C} = \frac{V_0}{3} + \frac{5}{12}V_0 = \frac{11}{12}V_0$



(b) 6　運総×倍

加速電圧Vで加速して運動エネルギーになるので

$$\underline{eV} = \frac{1}{2}mv^2$$ 7

8　$\frac{1}{2}mv^2 = h\nu$，$\nu\lambda = c$ より　7と合わせて

$$eV = \frac{hc}{\lambda_1} \qquad \therefore \ \lambda_1 = \underline{\frac{hc}{eV}}$$ 8

9　運動量保存則　電子の運動量を $\vec{p} = \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix}$ として

$$\begin{cases} x: \ \dfrac{h}{\lambda_1} = \dfrac{h}{\lambda_2}\cos\theta + P_x \\ y: \ 0 = \dfrac{h}{\lambda_2}\sin\theta + P_y \end{cases}$$

$$\therefore \ P_x = \underline{h\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\cos\theta\right)}$$ 9

10　コンプトン効果

総　評

1. 力学（剛体のつりあいと単振動）、2. 波（弦波と干渉）、熱

3. 電気回路（RC回路）と現代物理学（粒子性X線とコンプトン効果）

が出題されました。万べんなくの出題で現代物理学までしっかり

出題されています。

1，2，3も標準程度の難易度で難問は出題されていませんが

力学や電気回路に比べ、波、熱、現代物理学が易しめになっていました。

やはり試験はバランスです。全ての分野をバランスよく解答する

力が試されていると思って取り組んでいかないと分量も多めですから

たちまち時間がなくなり合格ラインに到達しません。

なお、合格ラインは7割程度でしょうか！

バランスよい学習、解答を心がけるようにして下さい。