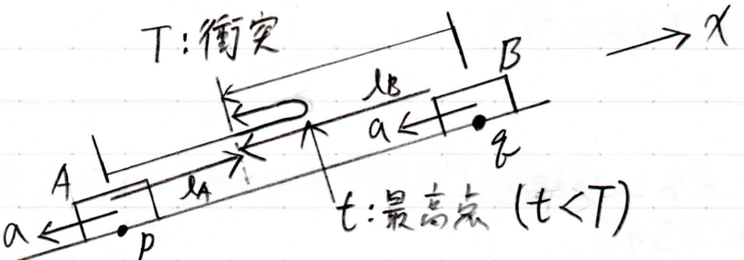
No.

Date

藤堂瑶象

1.(1) 題意の状況を整理すると以下のようになる。



上図より物体Aの点pからの変位l_Aと物体Bの点qからの変位l_Bは以下のように表わされる。

$$l_A = v_0T + \frac{1}{2}(-a)T^2 = v_0T - \frac{1}{2}aT^2$$

$$l_B = \frac{1}{2}(-a)T^2 = -\frac{1}{2}aT^2$$

従って選択肢は次のようになる。

i:ウ, ii:エ //

物体Bが物体Aと衝突する直前の速さは$3v_0$ [m/s] なので次式が成立する。

$$(-a)T = -3v_0$$

上式を整理すると加速度の大きさは次のようになる。

1: $a = 3v_0/T$ //

題意の状況を更新すると以下のようになる。

前問で変位l_Aと加速度aの大きさを求めたので、点pから見た衝突点を求めると次のようになる。

$$l_A = v_0T - \frac{1}{2}(3v_0/T)T^2 = v_0T - \frac{3}{2}v_0T = -\frac{1}{2}v_0T$$

従って、求める距離(絶対値)は次のようになる。

2: $\frac{1}{2}v_0T$ //

また、この時の物体Aの速度は次のように求められる。

$$v_0 + (-a)T = v_0 - (3v_0/T)T = v_0 - 3v_0 = -2v_0$$

従って、求める速さ(絶対値)は次のようになる。

3: $2v_0$ //

藤柴理季

1.(1続)衝突するまでの物体Bの移動距離は次のように計算される。

$$|l_B| = \left|-\frac{1}{2}(3v_0/T)T^2\right| = \frac{3}{2}v_0T$$

従って、求める距離は次のようになる。

$4: \frac{3}{2}v_0T$ //

衝突点から見た点P、点Qとの距離は前問で求められているので、点Pと点Qの距離は次のように求められる。

$5: \frac{3}{2}v_0T - \frac{1}{2}v_0T = v_0T$ //

1.(2)物体Aが最高点に達する瞬間、速度はゼロとなるので次式が成立する。

$$v_0 + (-a)t = 0 \cdots v_0 - (3v_0/T)t = 0 \cdots t = T/3$$

従って選択肢は次のようになる。

iii: イ //

また、この時の物体A、物体Bの移動距離は以下のように求められる。

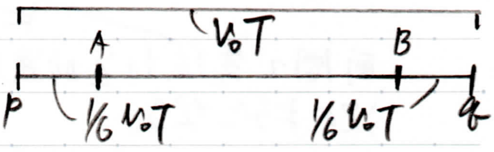
$$|l_A(t)| = \left|v_0t - \frac{1}{2}at^2\right| = \left|v_0(T/3) - \frac{1}{2}(3v_0/T)\cdot(T/3)^2\right|$$
$$= \left|\frac{1}{3}v_0T - \frac{1}{6}v_0T\right| = \frac{1}{6}v_0T$$
$$|l_B(t)| = \left|-\frac{1}{2}at^2\right| = \left|-\frac{1}{2}(3v_0/T)\cdot(T/3)^2\right|$$
$$= \left|-\frac{1}{6}v_0T\right| = \frac{1}{6}v_0T$$

従って、求める移動距離は、それぞれ次のようになる。

6,7: 物体A: $\frac{1}{6}v_0T$、物体B: $\frac{1}{6}v_0T$ //

上記の解を用いると、物体Aが最高点に達した時の、物体Aと物体Bの距離は次のように求められる。

$$v_0T - \frac{1}{6}v_0T - \frac{1}{6}v_0T = \frac{2}{3}v_0T$$

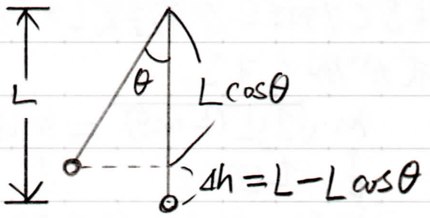


従って選択肢は次のようになる。

iv: ウ //

2.(1) 基礎知識。

1 : $mg\Delta h$ //



力学的エネルギー保存則より次式が成立する。

$$\frac{1}{2}mv_A^2 = mg\Delta h = mgL(1-\cos\theta)$$

$$\cdots v_A = \sqrt{2gL(1-\cos\theta)}$$

従って求める解は次のようになる。

2 : $\sqrt{2gL(1-\cos\theta)}$ //

質量が等しい物体の弾性衝突では、速度の交換が生じる。
従って求める解は次のようになる。

3 : $v_A' = 0$, 4 : $v_B' = \sqrt{2gL(1-\cos\theta)}$ //

↑ 当塾の講義動画「運動量と力積の関係」を参照のこと。

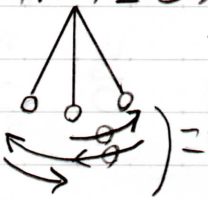
力学的エネルギー保存則より、小球Bは Δh 分鉛直方向に変位する。

5 : $L(1-\cos\theta)$ //

講義動画「単振動の概要」を参照のこと。

単振子に関する基礎知識。

6 : $\pi\sqrt{L/g}$ //



$T = 2\pi\sqrt{L/g}$

↑ これで1周期

2.(2) 力学的エネルギー保存則より小球Bの鉛直方向の変位は次のようになる。

7 : $L(1-\cos\theta)$ //

振子運動に関与するひもの長さが $L/2$ となるので、前問の解を用いて求める解は次のようになる。

8 : $\pi\sqrt{(L/2)/g} = \pi\sqrt{L/(2g)}$ //

藤紫括委

2.(3) 小球Bと物体Cが衝突した瞬間の速度をv_{BC}とおくて、運動量保存則より次式が成立する。

$$\underset{\overset{\uparrow}{B}}{m}\cdot\underset{\overset{\uparrow}{\boxed{4}\text{より}}}{\sqrt{2gL(1-\cos\theta)}}=\underset{\overset{\uparrow}{B}}{m}v_{BC}+\underset{\overset{\uparrow}{C}}{m}v_{BC}=2mv_{BC}\quad\cdots v_{BC}=\sqrt{1/2\,gL(1-\cos\theta)}$$

次に力学的エネルギー保存則より次式が成立する。

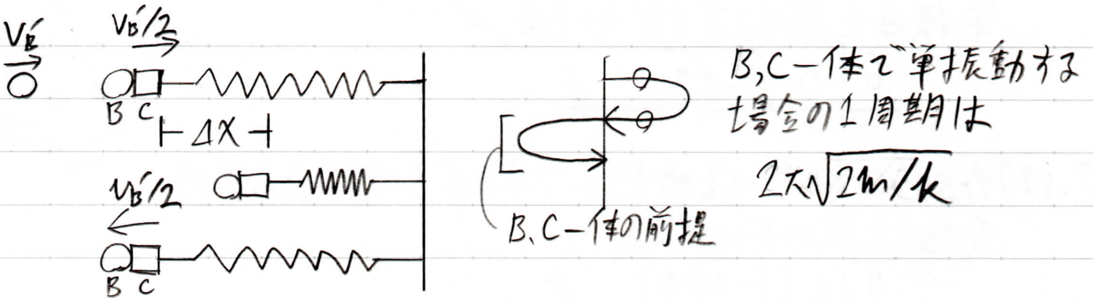
$$\frac{1}{2}(\underset{\overset{\uparrow}{B}}{m}+\underset{\overset{\uparrow}{C}}{m})v_{BC}^2=\frac{1}{2}k(\Delta x)^2\quad\cdots(\Delta x)^2=\frac{2m}{k}\cdot\frac{gL(1-\cos\theta)}{2}=\frac{mgL(1-\cos\theta)}{k}$$

以上から求める解は次のようになる。

$$9:\sqrt{\frac{mgL(1-\cos\theta)}{k}}\quad //$$

運動の過程を3つに分解して考える。

- 小球Bが物体Cばねへ向かうのに要する時間。 d/v_B'
- 小球Bと物体Cが一体となって運動する時間。 $\pi\sqrt{2m/k}$
  ばねによる単振動の一部の時間。



- 小球Bが小球Aへ向かうのに要する時間。 $d/(v_B'/2)=2d/v_B'$

上記より合計時間を計算すると次のようになる。

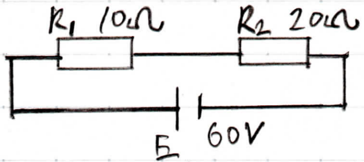
$$\frac{d}{v_B'}+\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}+\frac{2d}{v_B'}=\frac{3d}{v_B'}+\frac{\pi\sqrt{2m}}{\sqrt{k}}=\frac{3d\sqrt{k}+\pi v_B'\sqrt{2m}}{v_B'\sqrt{k}}$$

以上から求める解は次のようになる。

$$10:\frac{3d\sqrt{k}+\pi v_B'\sqrt{2m}}{v_B'\sqrt{k}}\quad //$$

藤柴瑳希

3.(1) 題意の回路図を描くと以下のようになる。



← 全ての数値の有効数字は2桁.

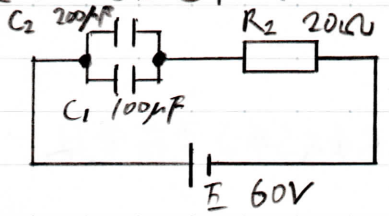
上図より回路に流れる電流は次のように求められる。

$$E/(R_1+R_2)=60/(10+20)=2.0$$

従って求める電流値は次のようになる。

1: 2.0[A]//

3.(2) 題意の回路図を描くと以下のようになる。



コンデンサー C_1, C_2 は並列なので合成容量は次のように求められる。

$$C_1+C_2=100\times10^{-6}+200\times10^{-6}=300\times10^{-6}$$

従って求める容量値は次のようになる。

2: 300 [μF]//

十分に時間が経過すると電流は流れなくなり、コンデンサーの両端電圧は電源電圧と等しくなる。これより電荷(C_1, C_2の合計)を求めると次のようになる。

$$(C_1+C_2)E=\underbrace{(300\times10^{-6})}_{3\text{桁}}\cdot\underbrace{60}_{2\text{桁}}=1.8\times10^{-2}$$

従って求める電荷量は次のようになる。

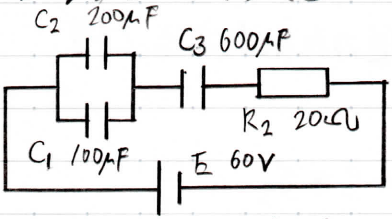
3: 1.8×10^{-2} [C]//

No.

Date

藤柴拓系

3.(3) 題意の回路図を描くと以下のようになる。



コンデンサー C_1, C_2 と C_3 は直列なので、合成容量 C は次のように求められる。

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1+C_2} + \frac{1}{C_3} \quad \cdots \quad C = \frac{(C_1+C_2)C_3}{C_1+C_2+C_3} = \frac{300\times10^{-6}\cdot600\times10^{-6}}{900\times10^{-6}}$$

$$= 200\times10^{-6}$$

従って、求める容量値は次のようになる。

4: 200 [μF] //

十分に時間が経過した後にコンデンサー全体にたくわえられる電荷量は次のように求められる。

$$CE = (200\times10^{-6})\cdot60 = 1.2\times10^{-2}$$

従って求める電荷量は次のようになる。

5: 1.2×10^{-2} [C] //

また、静電エネルギーは $\frac{1}{2}CE^2$ $(=\frac{1}{2}QE)$ より次のようになる。

6: $\frac{1}{2}(1.2\times10^{-2})\cdot60 = 3.6\times10^{-1}$ … 3.6×10^{-1} [J] //

コンデンサーへの充電が完了すれば、流れる電流はゼロとなる。

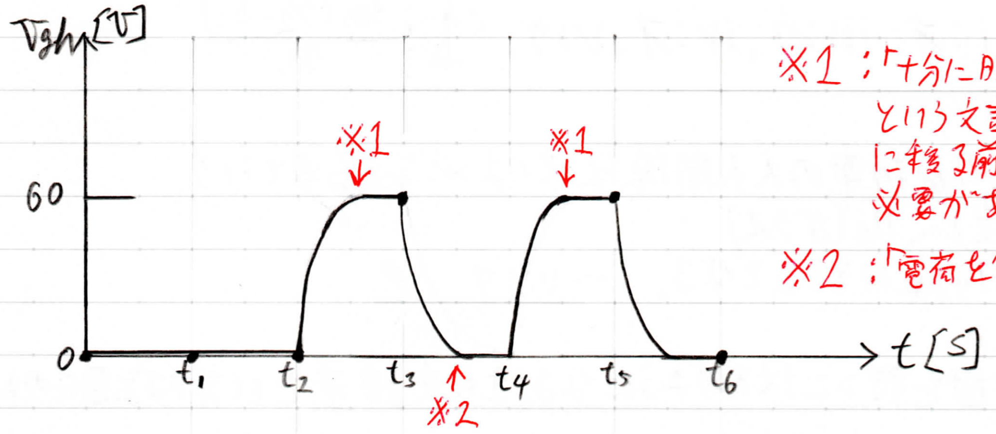
7: 0 [A] //

藤柴理系

3.(4) 電圧、電流のグラフを描くため時系列の整理を行うと以下のようになる。

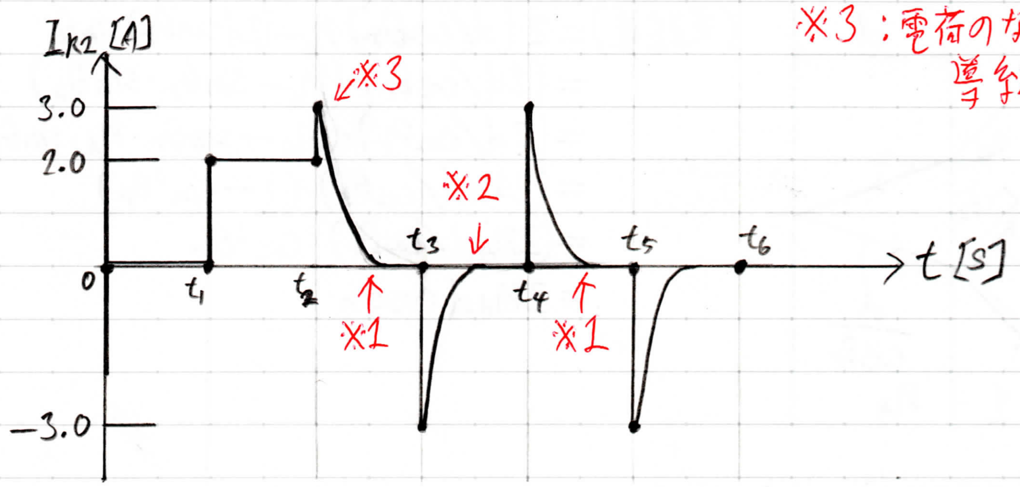
時刻	事象
0	無電圧。
t_1	電圧印加。回路は抵抗R_1, R_2の直列回路。
t_2	スイッチS_2を$c \to d$に切換。回路は並列C_1, C_2とR_2の直列回路。
t_3	スイッチS_1を$b \to a$に切換。回路はCR放電回路。
t_4	スイッチS_1を$a \to b$、スイッチS_3を$f \to e$に切換。 並列C_1, C_2とC_3とR_2の直列回路に充電。
t_5	スイッチS_1を$b \to a$に切換。回路はCR放電回路。
t_6	放電完了。

上記の内容をふまえて、電圧V_{gh}と電流I_{R2}のグラフを描くと以下のようになる。



※1 :「十分に時間が経った後に」という文言があるので、次の操作に移る前に、その値に達している必要がある。

※2 :「電荷を全て放電した」という文言がある。



※3 :電荷のないコンデンサーは導線と同じ。

藤柴理希

4.(1) 光の反射、屈折に関する知識問題。

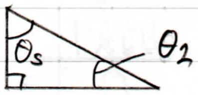


図4(b)において入射角はθ_2である。…i:イ
右図より$\theta_2=\pi/2-\theta_s$となる。…ii:オ
図4(b)において反射角はθ_sである。…iii:ウ
入射角と反射角は等しい。…iv:オ
屈折率が小さい媒質から大きい媒質へ入射した光が反射してくる場合、その反射光の位相はπずれる。…v:サ

屈折の法則より$1\cdot\sin\theta_2=n_A\cdot\sin\theta_r$が成立するので、$\sin\theta_r$について式を整理すると次のようになる。

$$\sin\theta_r=(1/n_A)\sin\theta_2=(1/n_A)\sin(\pi/2-\theta_s)$$

(1)の解をまとめると次のようになる。

※$\sin(\frac{\pi}{2}-\theta_s) = \cos\theta_s$

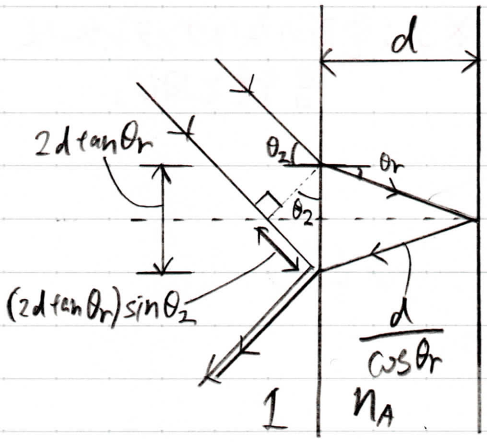
i:イ、ii:オ、iii:ウ、iv:オ、v:サ、1: $\frac{\sin(\pi/2-\theta_s)}{n_A}$

4.(2) 薄膜とガラスの屈折率の大小関係は次のように与えられている。

n_A(薄膜) < n_B(ガラス)

従って、(1)vと同様の結果となる。…vi:サ //

光路について作図を行うと以下のようになる。また光路差を計算すると図右のようになる。



$$
\begin{aligned}
(\text{光路差}) &= 2\cdot(d/\cos\theta_r)\cdot n_A-(2d\tan\theta_r)\sin\theta_2\\
&=(2d/\cos\theta_r)\cdot(n_A-\sin\theta_r\cdot\sin\theta_2)\\
&=(2d/\cos\theta_r)\cdot(n_A-\sin\theta_r\cdot n_A\cdot\sin\theta_r)\\
&=(2n_Ad/\cos\theta_r)\cdot(1-\sin^2\theta_r)\\
&=(2n_Ad/\cos\theta_r)\cdot\cos^2\theta_r\\
&=2n_Ad\cos\theta_r
\end{aligned}
$$

以上から求める解は次のようになる。

2: $2n_Ad\cos\theta_r$ //

No.

Date

藤柴理系

4.(2続) 2つの反射光が弱めあうためには光路差が半波長分ズレている必要がある。

$$2n_A d\cos\theta_r = m\lambda + \frac{1}{2}\lambda = \left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$$

※mの定義($m=0,1,2\ldots$)より“$-\frac{1}{2}\lambda$”とすると、$m=0$の時、$-\frac{1}{2}\lambda$となり、右辺は負の長さとなる。これを避けるため無難に“$+\frac{1}{2}\lambda$”とする。

以上から、求める解は次のようになる。

$$\underline{3:\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda \quad /\!/}$$

前問で求めた条件よりd_{min}について次式が成立する。

$$2n_A d_{min}\cos\theta_r = \left(0+\frac{1}{2}\right)\lambda = \frac{1}{2}\lambda \cdots d_{min} = \lambda/(4n_A\cos\theta_r)$$

従って求める解は次のようになる。

$$\underline{4:\lambda/(4n_A\cos\theta_r) \quad /\!/}$$

前問より$\sin\theta_r$は次のように表わされる。

$$\sin\theta_r = \{\sin(\pi/2-\theta_s)\}/n_A = (\cos\theta_s)/n_A$$

これより$\cos\theta_r$は次のように表わされる。

$$\cos\theta_r = \sqrt{1-\sin^2\theta_r} = \sqrt{1-(\cos^2\theta_s)/n_A^2} = (1/n_A)\sqrt{n_A^2-\cos^2\theta_s}$$

従って、d_{min}は次のように表す事もできる。

$$\underline{5:\lambda/(4\sqrt{n_A^2-\cos^2\theta_s}) \quad /\!/}$$

4.(3) 前問の式に具体的な値を代入すると次のようになる。

$$\frac{\lambda}{4\sqrt{n_A^2-\cos^2\theta_s}} = \frac{560\times10^{-9}}{4\sqrt{(\sqrt{2})^2-(1/\sqrt{2})^2}} = \frac{140\times10^{-9}}{\sqrt{2-1/2}}$$

$$= 140\sqrt{\frac{2}{3}}\times10^{-9} \qquad ※1[nm]=10^{-9}[m]$$

従って求める値は次のようになる

$$\underline{6:140\sqrt{\frac{2}{3}}\,[nm] \quad /\!/}$$