



2024年度 日本医科大学 (前期)

【 講 評 】

大問構成は去年と同じであった。基本問題を解き切って7割以上は得点したい。

Iはどちらも典型的な力学の問題であり落とせない。

IIは標準的なコンデンサーの問題。カとキの分数計算をミスせず完答したい。

IIIは固定端反射と自由端反射の問題。合成波の変位を手早く求めたい。

【 解 答 】

I (1) ア 45 イ 15 ウ 75

(2) エ 1.0 オ 6.3 カ 13 キ 1.0

II ア 2 イ 1 ウ 1 エ $\frac{11}{20}$ オ $\frac{9}{11}$ カ $\frac{279}{220}$ キ $\frac{81}{220}$

III ア 2.0 イ 4.0 ウ 2.8 エ 0 オ -2.0 カ 2.0

【 解 説 】

I

(1) 初速度を V とすると飛距離は

$$x = \frac{V^2 \sin 2\theta}{g}$$

となるので、これが最大となるのは $\sin 2\theta = 1$ のとき、すなわち $\theta = 45^\circ$ (ア) のときである。
また、飛距離が半分となるのは $\sin 2\theta = \frac{1}{2}$ のときであるから、 $\theta = 15^\circ, 75^\circ$ (イ、ウ) のとき。

(2) 加速度を a とすると、速度が負のときの運動方程式は

$$ma = -kx + \mu mg = -k\left(x - \frac{\mu mg}{k}\right)$$

となるため、

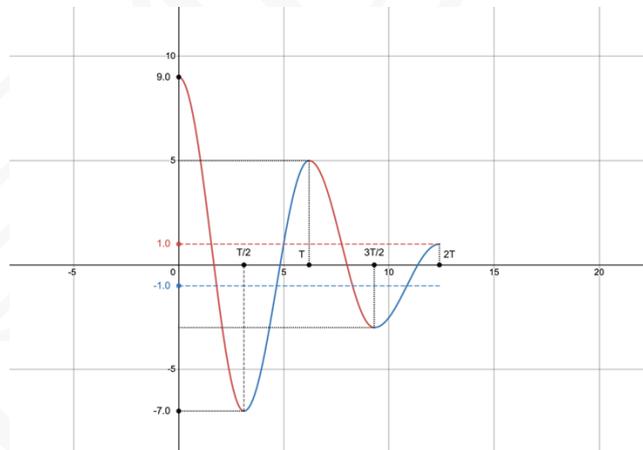
$$x = \frac{\mu mg}{k} = \frac{0.100 \times 1.00 \times 10.0}{1.00} = 1.0 \text{ m (エ)}$$

を中心とする周期

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{1.00}{1.00}} = 6.28 \approx 6.3 \text{ s (オ)}$$

の単振動を行う。

その後は静止するまで以下のような運動を行う。



図より物体の振動は $2T \approx 13 \text{ s}$ (カ) まで持続し、 $x = 1.0 \text{ m}$ (キ) の位置で静止する。

II

はじめの状態ですwitchを閉じてしばらく放置した後の電場の強さを E_0 とする。また、コンデンサーの極板間隔を d とし、蓄えられた電荷量を Q_0 とする。

(ア) switchを開いているため電荷が変化しないので、電場の強さは変わらない。したがって、Bの電位は $E_0 \times 2d = 2 \times V$ となる。

(イ) 電場の強さは変わらないため、Bの電位は

$$E_0 \times \frac{d}{2} + E_0 \times \frac{d}{2} = 1 \times V$$

となる。

(ウ) 極板Bと極板Gのなすコンデンサーに蓄えられる電荷量は Q_0 で変わらないため電場の強さは変わらず1倍である。

(エ) 誘電体の含まれていない部分の距離は $\frac{1}{4}d$ であり、誘電体の含まれている部分の電場の強さは $\frac{2}{5}E_0$ であり、距離は $\frac{3}{4}d$ である。したがって、Bの電位は

$$E_0 \times \frac{1}{4}d + \frac{2}{5}E_0 \times \frac{3}{4}d = \frac{11}{20}V$$

となる。よってコンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは

$$\frac{1}{2}Q_0 \times \frac{11}{20}V = \frac{11}{20} \times U$$

である。

(オ) Aに対するBの電位が V となるため、電場の強さは $\frac{20}{11}$ 倍となり、蓄えられる電荷量も $\frac{20}{11}$ 倍となる。よって、抵抗を通じて

$$\frac{20}{11}Q_0 - Q_0 = \frac{9}{11} \times Q_0$$

の電荷が運ばれる。

(カ) このときコンデンサーに蓄えられる静電エネルギーの増分は

$$\frac{1}{2} \times \frac{20}{11}Q_0 \times V - \frac{1}{2} \times Q_0 \times \frac{11}{20}V = \frac{279}{220} \times \frac{1}{2}Q_0V = \frac{279}{220} \times U$$

である。

(キ) 電池のした仕事は $\frac{9}{11}Q_0V = \frac{18}{11}U$ であるから、抵抗で発生するジュール熱は

$$\frac{18}{11}U - \frac{279}{220}U = \frac{81}{220} \times U$$

である。

III

(ア) 図より波長は **2.0 m** である。

(イ) $v = 0.500 \text{ m/s}$ より $T = \frac{\lambda}{v} = 4.0 \text{ s}$ である。

(ウ) $x = -0.500 \text{ m}$, $t = 4.50 \text{ s}$ における入射波の変位 y_1 と反射波の変位 y_2 はそれぞれ

$$y_1(-0.500, 4.50) = -2.0 \cos 2\pi \left(\frac{4.50}{4.0} - \frac{-0.500}{2.0} \right) = -2 \cos \frac{3}{4}\pi = \sqrt{2}$$

$$y_2(-0.500, 4.50) = -y_1(0.500, 4.5) = 2.0 \cos 2\pi \left(\frac{4.50}{4.0} - \frac{0.500}{2.0} \right) = 2 \cos \frac{7}{4}\pi = \sqrt{2}$$

であるから、合成波の変位は

$$y(-0.500, 4.50) = 2\sqrt{2} \doteq \mathbf{2.8 \text{ m}}$$

となる。

(エ) $x = 0 \text{ m}$ は固定端なので節であり、節の間隔は $\frac{\lambda}{2} = 1.0 \text{ m}$ であるから、 $x = -1.0 \text{ m}$ も節である。

したがって、変位は **0 m** である。

(オ) $x = -0.250 \text{ m}$, $t = 4.50 \text{ s}$ における入射波の変位 y_1 と反射波の変位 y_3 はそれぞれ

$$y_1(-0.250, 4.50) = -2.0 \cos 2\pi \left(\frac{4.50}{4.0} - \frac{-0.250}{2.0} \right) = -2 \cos \frac{5}{2}\pi = 0$$

$$y_3(-0.250, 4.50) = y_1(0.250, 4.5) = -2.0 \cos 2\pi \left(\frac{4.50}{4.0} - \frac{0.250}{2.0} \right) = -2 \cos 2\pi = -2$$

であるから、合成波の変位は

$$y(-0.250, 4.50) = \mathbf{-2.0 \text{ m}}$$

となる。

(カ) $x = -0.500 \text{ m}$ は節であるから、 $x = -0.750 \text{ m}$ における変位は $x = -0.250 \text{ m}$ における変位の -1 倍である。したがって、

$$y(-0.750, 4.50) = \mathbf{2.0 \text{ m}}$$

となる。

お問い合わせは ☎0120-302-872

<https://keishu-kai.com/>