

物 理 B

(全 問 必 答)

第1問 次の各問い(問1～7)の ～ に入る数値として正しいものを、後の解答群の ①～⑦のうちから一つずつ選べ。ただし、同じものを何度選んでもよいものとする。[解答番号 ～] (配点 21)

問1 図1のように真空中に置かれたコンデンサーの極板間隔を2倍にして、その間に比誘電率が4の誘電体を満たすと、電気容量ははじめの 倍になる。

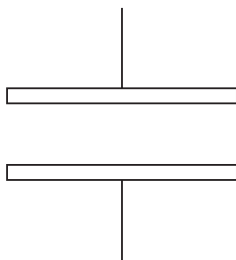


図 1

問2 図2のようにスピーカーからの音に共鳴して基本振動が生じている閉管の気柱がある。他の条件はかえずに、気柱の中に3倍振動を生じさせるには、スピーカーから出る音の振動数を 倍にすればよい。ただし、開口端補正は考えないものとする。

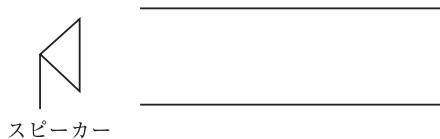


図 2

問3 放射性原子で、半減期の2倍の時間が経過すると、元の量の **3** 倍の原子が崩壊によって失われてしまう。

問4 図3のように地面から高さ H のところから物体を自由落下させた。地面からの高さが半分のところまで来たとき、地面を基準にした重力の位置エネルギーと運動エネルギーの和は、はじめの **4** 倍になっている。

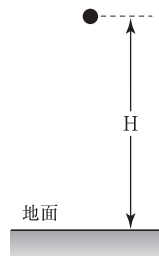


図 3

問5 図4のように電流計Aの測定範囲を3倍にしたいときは電流計の内部抵抗 r の **5** 倍の抵抗 R を並列につなげばよい。このような装置を、分流器という。

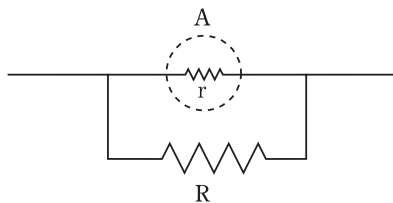


図 4

問6 図5のように小球を地面から仰角 60° で斜方投射したときに到達する水平距離は、同じ初速度で仰角を 30° にしたときの 倍である。

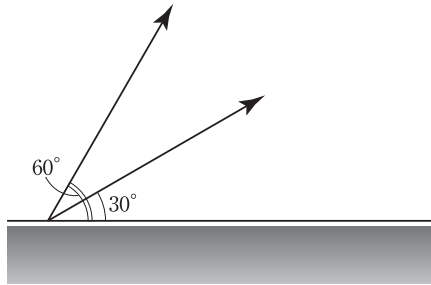


図 5

問7 図6のように摩擦のある斜面上で、傾角が 30° の面に静止している物体がある。この傾斜を 60° にしても物体が静止し続けているとすれば、この物体に働いている静止摩擦力は、はじめの 倍になっている。

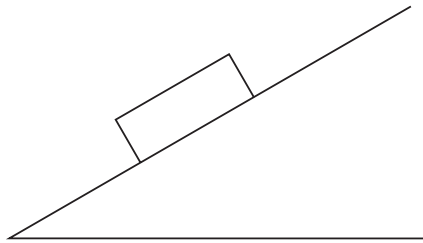


図 6

~ の解答群

- | | | | | |
|---------------|---------------|------------|---------------|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ |
| $\frac{1}{4}$ | $\frac{3}{4}$ | $\sqrt{2}$ | $\sqrt{3}$ | ① $\frac{\sqrt{3}}{2}$ |

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 20)

傾角 θ のなめらかな斜面をもつ斜面台を水平面に固定し、図1のように x - y 座標をとる。いま、原点 O から質量 m の小球を斜面上で x 軸とのなす角 α 、速さ v_0 で投射する。ただし、斜面の x 軸方向の長さは l 、 y 軸方向の長さは十分に長く、また、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

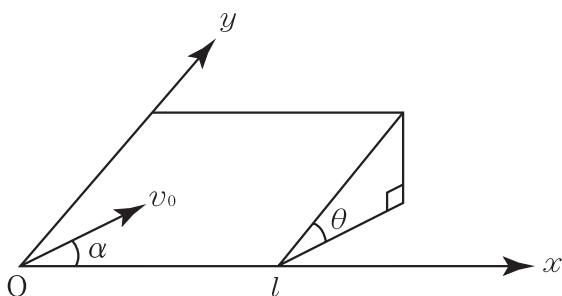


図 1

問1 斜面上で、小球が受ける y 軸方向の力の大きさはいくらか。次の ~ のうちから一つ選べ。

mg

$mg \cos \theta$

$mg \sin \theta$

$mg \tan \theta$

$\frac{mg}{\sin \theta}$

$\frac{mg}{\cos \theta}$

小球が最高点に達した瞬間に、斜面台の右端から飛び出すものとして、以下の問いに答えよ。

問2 小球を投射してから最高点に達するまでの時間 T はいくらか。次の ~ のうちから一つ選べ。 $T = \boxed{2}$

$\frac{v_0}{g}$	$\frac{v_0}{g \cos \theta}$	$\frac{v_0}{g \sin \theta}$
$\frac{v_0 \cos \alpha}{g}$	$\frac{v_0 \sin \alpha}{g \sin \theta}$	$\frac{v_0 \cos \alpha}{g \sin \theta}$

問3 l と T との間に成り立つ関係式はどうなるか。次の ~ のうちから一つ選べ。 $\boxed{3}$

$l = T v_0 \cos \alpha$	$l = T v_0 \sin \alpha$	$l = T v_0 \tan \alpha$
$l = 2T v_0 \cos \alpha$	$l = 2T v_0 \sin \alpha$	$l = 2T v_0 \tan \alpha$

問4 小球が斜面を飛び出す点の水平面からの高さ h はいくらか。次の ~ のうちから一つ選べ。 $h = \boxed{4}$

$\frac{v_0^2 \sin \alpha \sin \theta}{2g}$	$\frac{v_0^2 \sin \alpha \sin \theta}{g}$	$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$	$\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2g}$	$\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$

問5 小球が斜面を飛び出した後、床と衝突し、その後最高点に達したときの床からの高さは h の $\frac{1}{3}$ であった。小球と水平面との反発係数はいくらであったか。次の ~ のうちから一つ選べ。 $\boxed{5}$

$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$	1
$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ~] (配点 20)

図1のように質量 M の小物体 B にばね定数 k の軽いばねを取り付け、水平面上で右向きに速度 v_0 を与える。B の右方には質量 m の小物体 A が静止していて、B はばねを介して A と衝突する。図の PQ 間はなめらかで、Q より右方では摩擦がある。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。以下の問いでは水平方向右向きを正として答えよ。

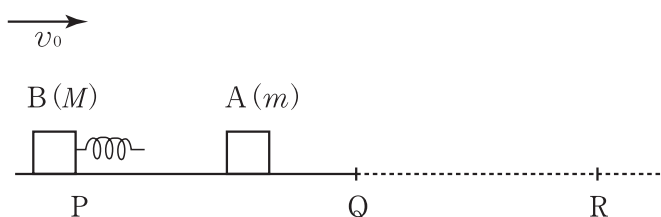


図 1

はじめ、A、B は PQ 間で運動しているものとする。

問1 ばねが最も縮んだときの A の速度はいくらか。次の ~ のうちから一つ選べ。

$$v_0 \qquad \frac{m}{M} v_0 \qquad \frac{M}{m} v_0$$

$$\frac{m}{M+m} v_0 \qquad \frac{M}{M+m} v_0 \qquad \frac{M-m}{M+m} v_0$$

問2 A がばねから離れた直後の速度 V はいくらか。次の ~ のうちから一つ選べ。 $V =$

$$\frac{m}{M+m} v_0 \qquad \frac{2m}{M+m} v_0 \qquad \frac{M}{M+m} v_0$$

$$\frac{2M}{M+m} v_0 \qquad \frac{M-m}{M+m} v_0 \qquad \frac{m-M}{M+m} v_0$$

その後、A は点 Q に達し、図の点 R で静止した。A と水平面との動摩擦係数を μ とし、2 回目の衝突は起こらないものとする。

問3 摩擦のある面に達してから静止するまでの A の加速度はいくらか。次の ~ のうちから一つ選べ。

μg	$-\mu g$	$\frac{m}{M} \mu g$
$-\frac{m}{M} \mu g$	$\frac{M}{m} \mu g$	$-\frac{M}{m} \mu g$

問4 QR 間の距離 l はいくらか。次の ~ のうちから一つ選べ。 $l =$

$\frac{V^2}{g}$	$\frac{V^2}{\mu g}$	$\frac{V^2}{2\mu g}$
$\frac{V}{g}$	$\frac{V}{\mu g}$	$\frac{V}{2\mu g}$

問5 A が QR 間を滑っている間に失われた力学的エネルギーの 40% が A の温度上昇に使われたとすると、A の温度上昇はいくらになるか。次の ~ のうちから一つ選べ。ただし、A の熱容量を C とする。

$\frac{mV^2}{C}$	$\frac{mV^2}{2C}$	$\frac{mV^2}{4C}$
$\frac{mV^2}{5C}$	$\frac{mV}{C}$	$\frac{mV}{5C}$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 18)

図1のように、距離 d 離れた2点 A, B を波源として速さ v 、波長 λ の水面波が同位相で発生している。

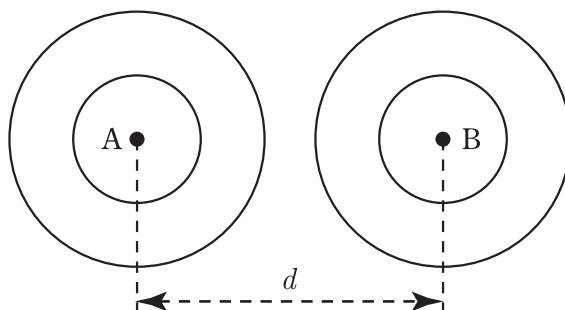


図 1

問1 この波について述べた次の文中に入る、ア～オの言葉の組み合わせとして、正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

「波源 A B 上には A と B からの逆向きの波が進んでくるため互いに (ア) する。この結果、全く振動しない点である (イ) と、激しく振動する点である (ウ) が交互に現れる (エ) が生じる。これらの点の座標は、(オ) の原理より、波動方程式や断面の作図を用いて求めることができる。」

- | | | | | |
|------|-----|-----|-------|---------|
| ア：干渉 | イ：腹 | ウ：節 | エ：疎密波 | オ：ホイヘンス |
| ア：干渉 | イ：節 | ウ：腹 | エ：定常波 | オ：ホイヘンス |
| ア：干渉 | イ：腹 | ウ：節 | エ：疎密波 | オ：重ね合わせ |
| ア：干渉 | イ：節 | ウ：腹 | エ：定常波 | オ：重ね合わせ |
| ア：回折 | イ：腹 | ウ：節 | エ：疎密波 | オ：ホイヘンス |
| ア：回折 | イ：腹 | ウ：節 | エ：定常波 | オ：ホイヘンス |
| ア：回折 | イ：節 | ウ：腹 | エ：疎密波 | オ：重ね合わせ |
| ア：回折 | イ：節 | ウ：腹 | エ：定常波 | オ：重ね合わせ |

問2 AB上で全く振動しない点が2つだけ現れた。このときの d の長さの範囲として正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 2

$$\lambda < d < 2\lambda$$

$$\lambda < d < 3\lambda$$

$$2\lambda < d < 3\lambda$$

$$\frac{1}{2}\lambda < d < \frac{3}{2}\lambda$$

$$\frac{3}{2}\lambda < d < \frac{5}{2}\lambda$$

$$\frac{1}{2}\lambda < d < \frac{5}{2}\lambda$$

次に、波源 A と波源 B の距離を 3λ にする。A を原点として、図 2 のように、波源 B の向きに x 軸をとり、それに垂直に y 軸をとる。

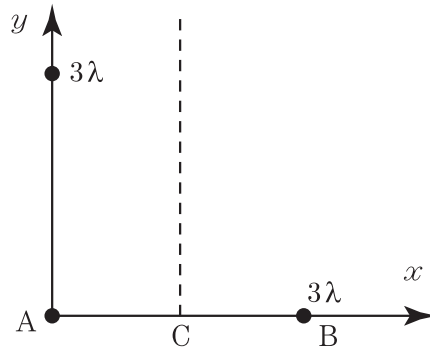


図 2

問3 このとき、AB の中点 C ($x = 1.5\lambda$) の点は激しく振動する点になる。ある時刻にこの点では最も大きな山を生じていた。この大きな山のその後の x 軸上での振る舞いとして正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 3

その場所で、そのまま変位が 0 になり、その後大きな谷になる。

大きな山は x 軸の正の方向に進んでいく。

大きな山は x 軸の負の方向に進んでいく。

大きな山は x 軸の正と負の両方向に進んでいく。

山はこのままずっと山のままで動かない。

問4 AB の中点 C で最も大きな山を生じている同じ時刻に、点 C から y 軸の正方向にどれだけ離れたところに大きな山が生じているか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$\frac{1}{2}\lambda$ λ $\frac{3}{2}\lambda$ 2λ $\frac{5}{2}\lambda$ 3λ

問5 問4の大きな山のその後の振る舞いとして正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

その場所で、そのまま変位が 0 になり、その後大きな谷になる。

大きな山は y 軸に平行に正の方向に進んでいく。

大きな山は y 軸に平行に負の方向に進んでいく。

大きな山は y 軸に平行に正と負の両方向に進んでいく。

山はこのままずっと山のままで動かない。

問6 y 軸上の $0 < y < 3\lambda$ で、激しく振動する点はいくつ現れるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

0 1 2 3 4 5

第5問 次の文章を読み、各問い(問1～7)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 21)

面積 S の2枚の極板 A, C を $3d$ 離しておき、この間にそれぞれから距離 d , $2d$ 離れたところに極板 B を置き固定する。起電力 V で内部抵抗の無視できる電池と P Q に切り替えることのできるスイッチを図1のようにつなぐ。極板 C は接地し、はじめ、どの極板にも電荷が貯まっておらず、極板の厚さは無視でき、この空間の誘電率は ϵ_0 であるとする。

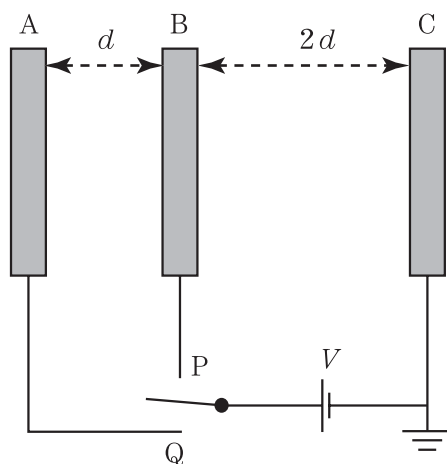


図 1

問1 スイッチを Q に入れる。極板 A に貯まる電荷はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$$\frac{\epsilon_0 S}{d} V$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{2d} V$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{3d} V$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{4d} V$$

$$\frac{\epsilon_0 S}{6d} V$$

$$\frac{3\epsilon_0 S}{2d} V$$

問2 問1のとき、極板 B の電位はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$$V$$

$$\frac{1}{2} V$$

$$\frac{1}{3} V$$

$$\frac{3}{2} V$$

$$\frac{2}{3} V$$

$$\frac{1}{6} V$$

問3 続いて、スイッチを P に入れる。極板 B に貯まる全電荷はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 3

$$\begin{array}{ccc} \frac{\varepsilon_0 S}{3d} V & -\frac{\varepsilon_0 S}{3d} V & \frac{\varepsilon_0 S}{6d} V \\ -\frac{\varepsilon_0 S}{6d} V & \frac{\varepsilon_0 S}{2d} V & -\frac{\varepsilon_0 S}{2d} V \end{array}$$

問4 問3のとき、極板 A の電位はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 4

$$\frac{1}{6} V \quad \frac{1}{3} V \quad \frac{1}{2} V \quad \frac{2}{3} V \quad \frac{4}{3} V \quad \frac{5}{3} V$$

問5 次に、再びスイッチを Q に入れる。極板 A に貯まる電荷はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 5

$$\begin{array}{ccc} \frac{7\varepsilon_0 S}{9d} V & \frac{2\varepsilon_0 S}{9d} V & \frac{\varepsilon_0 S}{9d} V \\ \frac{\varepsilon_0 S}{6d} V & \frac{2\varepsilon_0 S}{3d} V & \frac{\varepsilon_0 S}{d} V \end{array}$$

問6 さらに、図2のようにスイッチをQに入れたまま、極板Bの固定をはずし、外力を加えてゆっくり右へ距離 d 動かした。このとき、電池を通過した電荷はどちら向きにいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 6

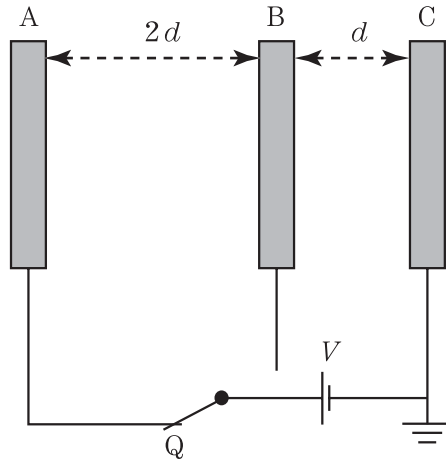


図 2

- | | |
|---|---|
| - 極から + 極に $\frac{\epsilon_0 S}{18d} V$ | + 極から - 極に $\frac{\epsilon_0 S}{18d} V$ |
| - 極から + 極に $\frac{2\epsilon_0 S}{9d} V$ | + 極から - 極に $\frac{2\epsilon_0 S}{9d} V$ |
| - 極から + 極に $\frac{5\epsilon_0 S}{9d} V$ | + 極から - 極に $\frac{5\epsilon_0 S}{9d} V$ |
| - 極から + 極に $\frac{\epsilon_0 S}{6d} V$ | + 極から - 極に $\frac{\epsilon_0 S}{6d} V$ |

問7 問6のとき、外力のした仕事はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 7

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| $\frac{\epsilon_0 S}{6d} V^2$ | $-\frac{\epsilon_0 S}{6d} V^2$ | $\frac{\epsilon_0 S}{9d} V^2$ |
| $-\frac{\epsilon_0 S}{9d} V^2$ | $\frac{\epsilon_0 S}{18d} V^2$ | $-\frac{\epsilon_0 S}{18d} V^2$ |