

令和 2 年度 (後期日程)

入学者選抜学力検査問題

物 理

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は 5 ページからなっています。また、解答用紙は 2 枚、下書用紙は 1 枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、この冊子、解答用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ 2 箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙(合計 2 枚)の受験番号欄(合計 4 箇所)に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この冊子の白紙と余白は、適宜計算などに使用してよい。
5. 解答は、必ず別紙「物理解答用紙」の指定された場所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中)に記入しなさい。その際、特に要求されていなければ、途中の計算式などを書かずに、問いに対する答えのみを記入しなさい。
6. 解答用紙の欄外や裏面には何も記入しないこと。
7. 下書用紙への記入の有無・内容は自由です。
8. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
9. この冊子および下書用紙は、持ち帰りなさい。

I 図のように、水平方向に動くことができる移動ベルトの上に質量 m の小さな箱 A が置かれており、箱 A と左側の壁 B との間には、ばね定数 k の軽いばね S が水平に取り付けられている。はじめベルトと箱 A はともに静止しており、ばね S は自然の長さであった。このときの箱 A の位置を原点 O とし、水平右向きが正となるように x 軸をとる。以下では、ベルトを正の向きに動かしたときの箱 A の運動について、静止している観測者の立場で考える。ただし、ベルトと箱 A の間の静止摩擦係数は μ 、動摩擦係数は $\frac{\mu}{2}$ 、重力加速度の大きさは g とする。

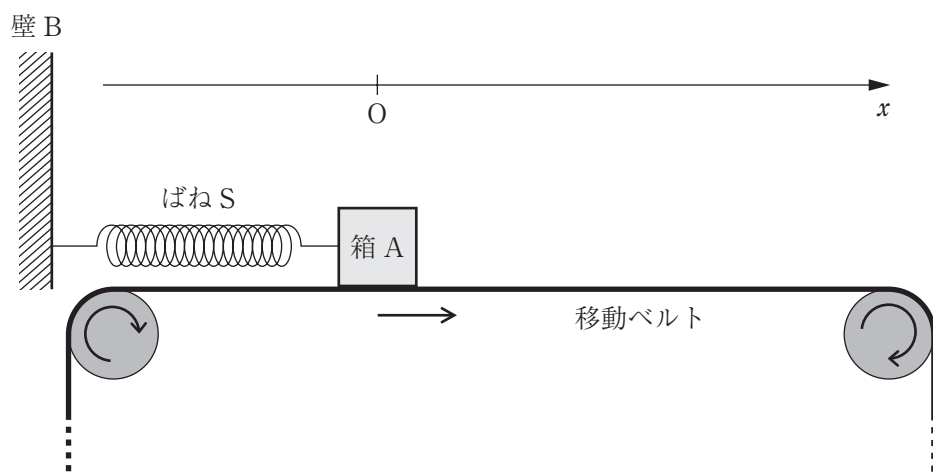
まず、箱 A が原点 O から動かないように箱 A を手で支えながら、ベルトを正の向きに加速させた。その後、ベルトが高速で動いている状態で、箱 A から手を静かにはなしたところ、箱 A はベルトの上をすべりながら周期的な振動を始めた。箱 A から手をはなした時刻を $t = 0$ として、以下の問(1)～(3)に答えよ。ただし、各問いの解答は m, k, μ, g, t の中から必要なものを用いて表せ。箱 A は常にベルトの速さよりも小さい速さで運動するものとする。

- (1) 箱 A の振動の周期 T と振幅 X を求めよ。
- (2) 時刻 t における箱 A の位置 x_A と速度 v_A を t の関数として表せ。
- (3) 箱 A の速さの最大値を求めよ。

ベルトと箱 A をともに一旦静止させ、箱 A の位置を原点 O に戻した。次に、ベルトを正の向きに一定の速さまで少しずつ加速させたところ、箱 A はベルトの上をすべることなく正の向きに動き始めた。ベルトの速さが一定の速さ V に達した後、箱 A が $x = x_1$ の位置に到達すると、箱 A はベルトの上をすべり出し減速し始めた。これより後の箱 A の運動について、以下の問(4)～(8)に答えよ。ただし、各問いの解答は m, k, μ, g, V の中から必要なものを用いて表せ。

- (4) 位置 x_1 を求めよ。
- (5) 箱 A は $x = x_1$ の位置を通り過ぎた後、 $x = x_2$ の位置に到達すると、正の向きの運動が止まり負の向きの運動に反転した。位置 x_2 を求めよ。
- (6) 箱 A は $x = x_2$ の位置で折り返した後、 $x = x_3$ の位置に到達すると、負の向きの運動が止まり正の向きの運動に反転した。位置 x_3 を求めよ。
- (7) 箱 A が $x = x_3$ の位置で折り返した後、箱 A の速さが初めに V になったときの箱 A の位置を $x = x_4$ とする。位置 x_4 を求めよ。
- (8) 箱 A が $x = x_2$ から $x = x_3$ の位置まで移動するのに要した時間を求めよ。

(配点率 50%)



図

II 抵抗が無視できる導線および抵抗値 r の抵抗を用いて、図1に示すような台形に閉じた1回巻きのコイル PQRS を作った。QR と PS は x 軸に平行で PS の長さは a であり、PQ は y 軸に平行で長さは b である。また、SR と SP のなす角度は θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) である。 $x > 0$ の領域には z 軸の正の方向(紙面の裏から表の方向)に磁束密度が B の一様な磁場がある。このコイルは x 方向にのみ滑らかに動かすことができ、 $x < 0$ の領域から $+x$ 方向に一定の速さ v で動かす。点 P が $x = 0$ を通過する時刻を $t = 0$ 、点 R、点 S が $x = 0$ を通過する時刻をそれぞれ t_1, t_2 とする。コイルに生じる誘導起電力は、 $P \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow S \rightarrow P$ の向きに電流が生じる場合を正とし、また、コイルに流れる電流が作る磁場は無視してよい。

$0 < t < t_1$ におけるコイルについて、以下の問(1)~(3)に答えよ。

- (1) コイルに流れる電流の大きさはいくらか。
- (2) コイルの動く速さを一定に保つために、外から加える力がする仕事の仕事率を求めよ。
- (3) 抵抗で消費される電力を求めよ。

$t_1 < t < t_2$ におけるコイルについて、次の問(4)に答えよ。

- (4) コイルに生じる誘導起電力を t, t_2, v, B, θ を用いて表せ。

今度は、磁束密度 B の一様な磁場が z 軸の正の方向にかかっている中に、抵抗が無視できる導線を用いて長方形 $P'Q'R'S'$ に沿って1回巻いたコイルを図2のように置いた。そして対称軸を y 軸としてそのまわりに一定の角速度 ω で図2に示す方向に回転させた。 $P'Q'$ 、 $Q'R'$ の長さはそれぞれ h, d である。コイルの端子 T_1 および T_2 が $S'P'$ 間にあり、 $T_1 - T_2$ 間の距離は十分短く、また、コイルに流れる電流が作る磁場は無視してよい。コイル面が z 軸となす角度を ϕ とする。以下の問(5)~(8)に答えよ。

- (5) $P'Q'$ および $R'S'$ は等速円運動をするが、その速さを求めよ。
- (6) 導線 $P'Q'$ 中にある自由電子が磁場から受ける力の大きさを ϕ の関数として表せ。電子の電気量を $-e$ とする。

時刻 $t = 0$ において $\phi = 0$ とする。

- (7) コイルの端子 $T_1 - T_2$ 間に電気容量が C のコンデンサーをつないだ場合、流れる電流を表す式を示せ。電流は $P' \rightarrow Q' \rightarrow R' \rightarrow S' \rightarrow P'$ の向きに生じる場合を正とする。

- (8) 磁場の強さが一様ではなく、 $-\frac{d}{4} < x < \frac{d}{4}$ においては磁束密度が $\frac{B}{2}$ である場合、同様に等速度で回転させると端子 $T_1 - T_2$ 間に現れる電圧の波形はどのようなになるか。図3の(ア)~(カ)の中から最も近いものを選んで答えよ。

(配点率 50%)

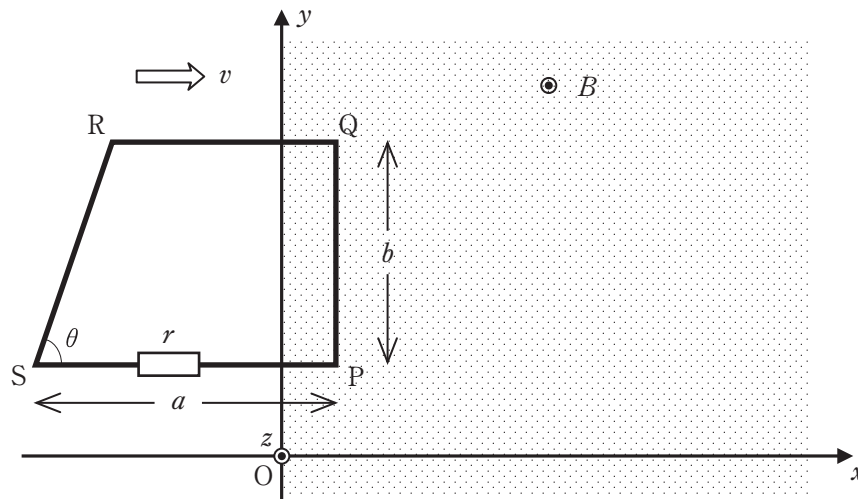


図1

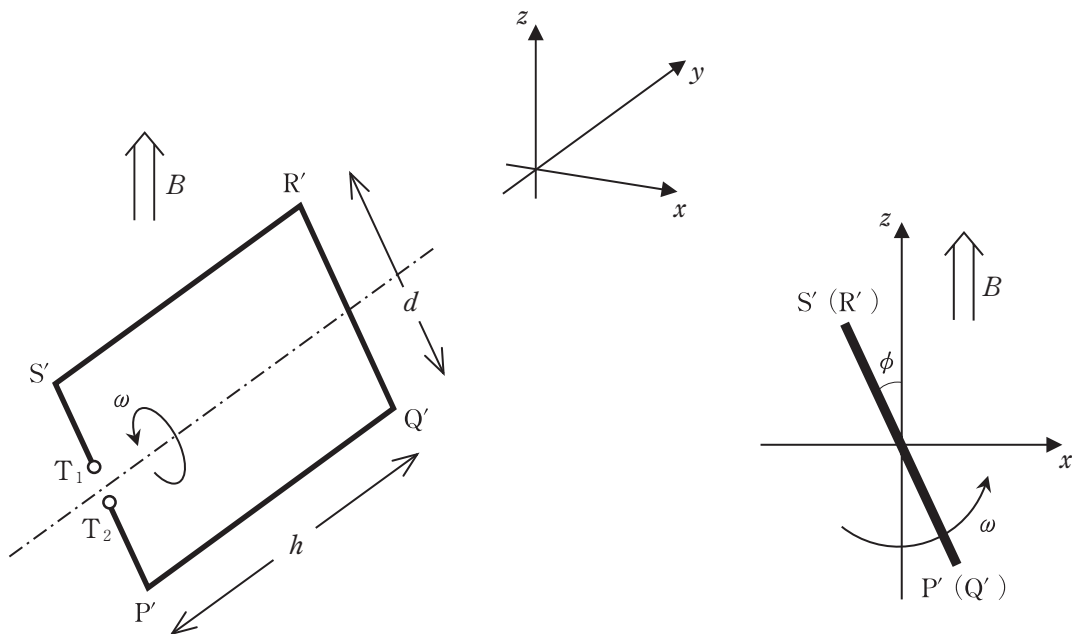


図2

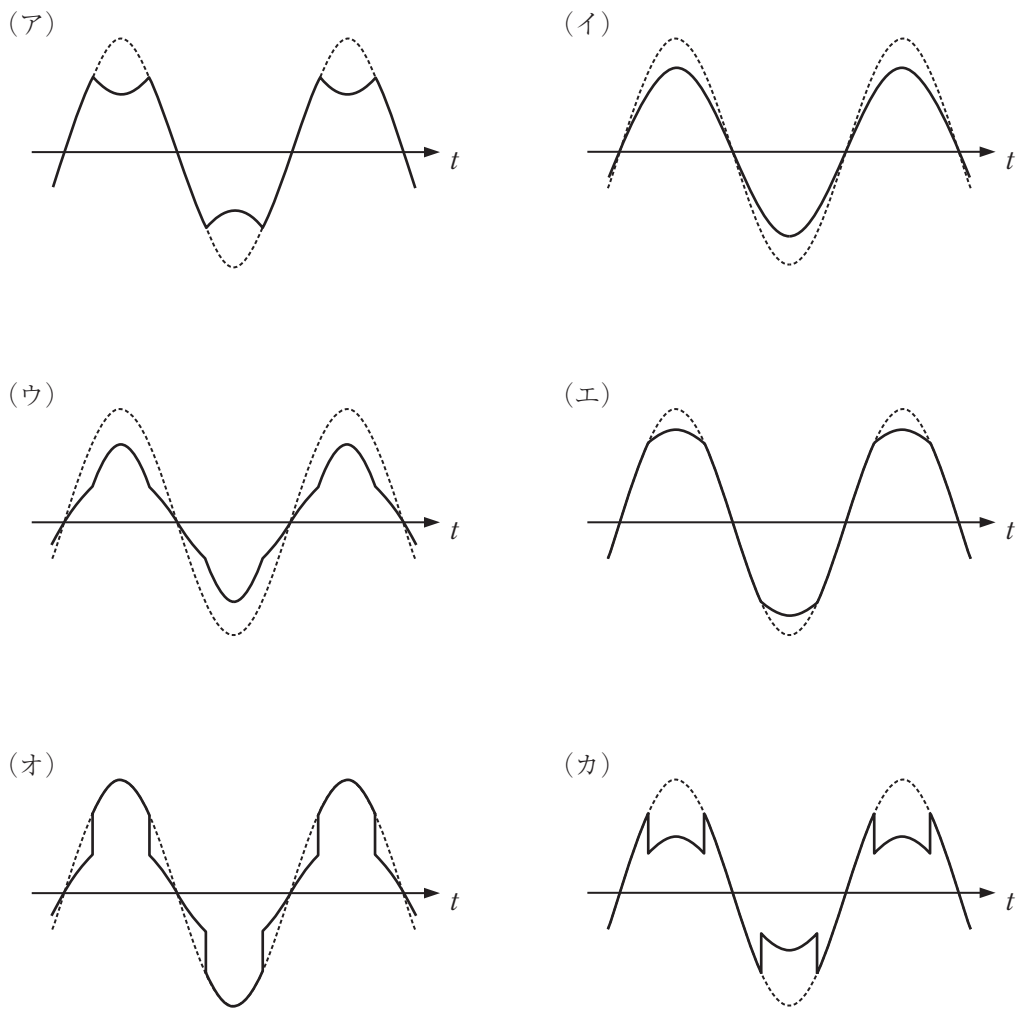


図 3

(破線は一様な磁場 B の中で回転する場合の波形)

(以 上)