

理 科

9 : 00～11 : 00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は 39 ページある。このうち、「物理」は 2～7 ページ、「化学」は 8～19 ページ、「生物」は 20～31 ページ、「地学」は 32～39 ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系・群・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

| 学部・系・群・専攻 科目 | 理 学 部 | | | | | 医 学 部 | | | | | 歯 学 部 | 薬 学 部 | 工 学 部 | | | | 農 学 部 | 獣 医 学 部 | 水 産 学 部 | |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|--------|-------|-------|----------|------|---------|---------|-------|---------|---------|------------|
| | 数学重点選抜群 | 物理重点選抜群 | 化学重点選抜群 | 生物重点選抜群 | 地学重点選抜群 | 医学系 | 保 健 学 系 | | | | | | 応用理工系(注) | 情報工系 | ロボティクス系 | 機械知能工学系 | | | | 環境社会工学系(注) |
| | | | | | | | 看護学専攻 | 放射線技術専攻 | 検査学専攻 | 理学療法専攻 | | | | | | | | | | |
| 物理 | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 化学 | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 生物 | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 地学 | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | | | | | | | | ○ | | ○ | ○ | ○ | | ○ | |

(注)：工学部(応用理工系、環境社会工学系)は、物理又は化学を含む 2 科目選択

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下 2 箇所)を、監督員の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

物 理

1 次の文章の に適切な数式を入れよ。

天井からつり下げたばね定数 k [N/m] の軽いつる巻きばねの先に質量 m [kg] のうすい板が固定されている。鉛直下向きに x 軸をとり、ばねが自然長のときの板の位置を原点とする。また、重力加速度を g [m/s²] とする。

問 1 図 1(a)のように板が静止しているとき、板の位置は (1) [m] であり、重力による板の位置エネルギーとばねの弾性エネルギーの和は (2) [J] である。ただし、位置エネルギーは原点を基準とする。

問 2 図 1(a)のように静止した板に質量 $2m$ [kg] の小さなおもりを置き静かに手を離すと、図 1(b)のようにおもりと板は一体となり単振動をはじめた。振動の中心では力がつりあうことから、振動の中心の位置は (3) [m] であり、振幅は (4) [m] である。また、周期は (5) [s] である。

問 3 板に問 2 と同じおもりを置き、図 1(c)のように x_0 [m] まで引き下げて静止させた後に静かに手を離すと、おもりと板は一体となり上昇をはじめた。上昇の途中でおもりは板から離れ、重力による減速を受けながら上昇を続け、速度が 0 となった所で最高点に達した。おもりと板が一体となって上昇する間、板の位置が x [m] のときの下向きの加速度を a [m/s²]、おもりが板から受ける垂直抗力の大きさを N [N] とする。

おもりと板の運動方程式は、それぞれ、以下のように与えられる。

$$\text{おもり: } 2ma = \text{ (6) }$$

$$\text{板: } ma = \text{ (7) }$$

おもりが板から離れる瞬間の板の位置は (8) [m] である。おもりが到達する最高点の位置は (9) [m] である。実際におもりが板から離れて運動するためには、 $x_0 > \text{ (10) [m]}$ でなければならない。

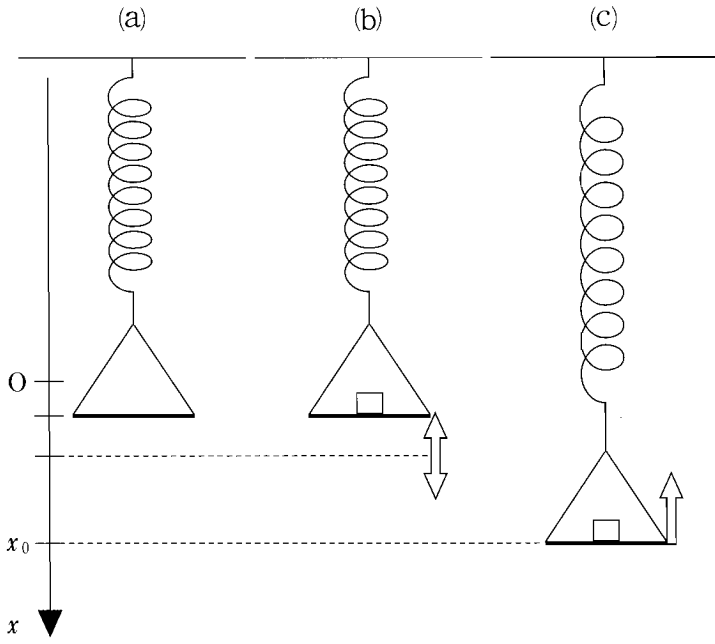


图 1

2

問 1 の に適切な数値または数式を入れ、問 2 に答えよ。

図 1 のように、紙面に垂直で一様な磁界が $x \geq 0$ の領域だけにある場合について考える。磁束密度は B [Wb/m²] で、磁界は紙面の表から裏へ向かっている。図のように、1 辺の長さが L [m] の正方形のコイル ABCD を、辺 AD が x 軸に平行になるように紙面上におき、 x 軸に平行な矢印の向きに一定の速さ v [m/s] で運動させる。頂点 A の x 座標を a [m] とし、コイルの全抵抗値を R [Ω] とする。自己誘導は無視する。

問 1 コイルが磁界の境界線をまたいでいるとき ($0 < a < L$)、コイルを貫く磁束は (1) [Wb] であり、微小時間 Δt [s] だけ経過すると、コイルを貫く磁束は (2) [Wb] だけ変化する。したがって、コイルに誘起される誘導起電力の大きさは (3) [V]、コイルに流れる誘導電流 (A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D の向きを正) は (4) [A] となる。また、コイルの速度を一定に保つためには、 x 軸の正の向きに (5) [N] の力を加える必要があり、このときコイルで消費される電力は (6) [W] である。

コイルが境界線を通過した後 ($a > L$) では、コイルに流れる電流は (7) [A] となる。

以上のことから、コイルの頂点 A を $a < 0$ の位置から $a > L$ の位置まで矢印の方向に一定の速さ v [m/s] で移動させたときに、速度を一定に保つために外力がした仕事は (8) [J] である。

問 2 次に、図 2 のように、 $0 \leq x \leq 2L$ の区間だけに一様な磁界がある場合について考える。 $a = 0$ であるときの時刻を $t = 0$ とし、コイルを x 軸に平行な矢印の向きに一定の速さ v [m/s] で移動させる。このとき、コイルに流れる電流(A → B → C → D の向きを正)、およびコイルの速度を一定に保つために必要な力(x 軸の正の向きを正)の時間変化を、時刻 $t = 0$ から $t = 3T_0$ [s] までの間について図示せよ。

ただし、 $I_0 = \boxed{\text{(4)}} \text{ [A]}$, $F_0 = \boxed{\text{(5)}} \text{ [N]}$, $T_0 = \frac{L}{v} \text{ [s]}$ とおく。

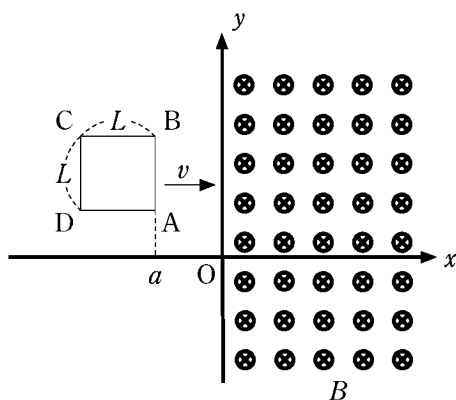


図 1

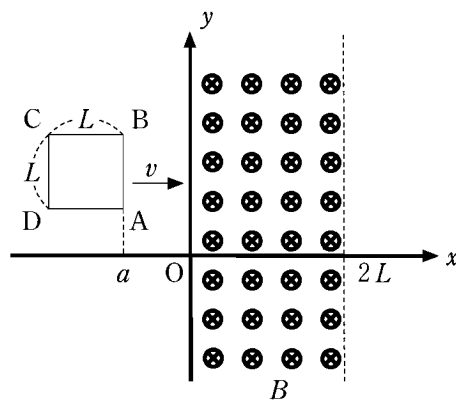


図 2

3 図1のように、真空中に間隔 d [m] の2つのスリット S_1, S_2 を置き、さらにスリットから l [m] 離れた位置に、 S_1S_2 に平行にスクリーンを置く。 S_1S_2 の垂直二等分線を x 軸にとり、 x 軸とスクリーンが交わる点を原点 O として、図のように y 軸をとる。スリット S_1 の手前(スクリーンの反対側)には、 x 軸に垂直な断面をもち、屈折率を自由に変えられる長さ a [m] の透明な媒質 A が置かれている。ただし、 A の表面での光の反射は無視できるものとする。このとき、以下の文章の に適当な数式を入れよ。

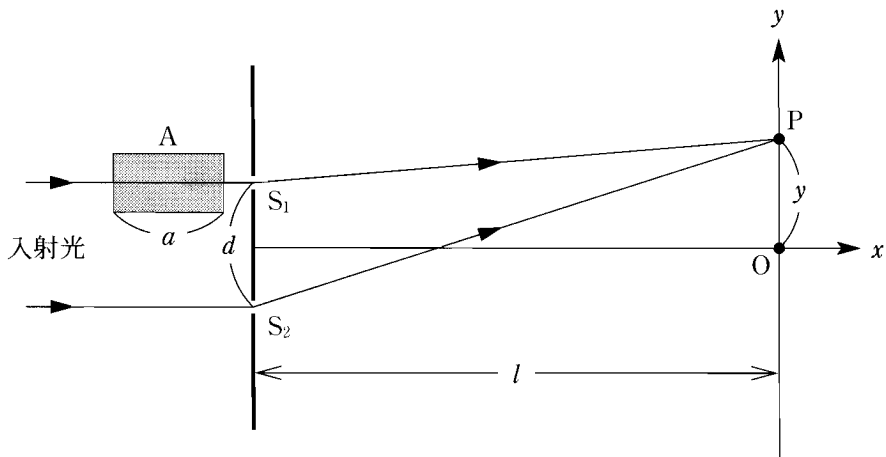


図1

問1 真空中の波長が λ [m] の単色光平面波を x 軸に平行に S_1, S_2 に入射する。真空中の光の速さを c [m/s] とすると、入射光の振動数は (1) [Hz] である。媒質 A の屈折率が n のとき、 A の中を進む光の速さは c の $\frac{1}{n}$ 倍となる。振動数は媒質中でも変わらないので、 A の中を進む光の波長は λ の (2) 倍となる。 A の中を光が a [m] 進むのにかかる時間は (3) [s] であり、同じ時間に真空中の光は (4) [m] 進む。

S_1, S_2 で回折した光は互いに干渉し、スクリーン上に明暗のしまもようを描く。 A の屈折率が1のとき、点 O および点 O の両側に等しい間隔で明線が観測された。点 O の明線を0次、点 O の両側の明線を、点 O に近い方

から順に1次, 2次, 3次, …の明線とよぶことにする。点Oから m 次 ($m = 0, 1, 2, \dots$)の明線までの距離を y_m [m]とすると, 両スリットから m 次の明線までの経路差は, d および y_m が l に比べて十分に小さいものとして, $d \frac{y_m}{l}$ [m]で与えられる。したがって, $y_m = \boxed{(5)}$ [m]となり, 隣り合う明線と明線の間隔は, $\boxed{(6)}$ [m]と求められる。

問 2 A の屈折率を時刻 $t = 0$ で 1 とし, その後, 毎秒 r [1/s] の割合で増加させたところ, 干渉じまは y 軸の正方向に移動した。屈折率が n になったとき, 最初点 O にあった明線は点 P まで移動した。このとき, 経路差 $\overline{S_2P} - \overline{S_1P}$ と, A によって生じる光路差 $(n - 1)a$ が等しくなる条件より, 点 P の位置は, $y = \boxed{(7)}$ [m] と求められる。明線と明線の間隔は変化しないので, m 次の明線が点 O をよぎる時刻を t_m とすると, $rt_m a = \boxed{(8)}$ [m] の関係が成り立つ。したがって, 点 O をよぎる明線の数, 毎秒 $\boxed{(9)}$ 個となる。