

選択問題 生物・化学・物理

(試験時間 10 : 00 ~ 11 : 00)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子は 40 ページある。
3. 生物・化学・物理のうち 1 つを選んで解答すること。
4. 試験中に問題冊子のページの脱落等に気付いた場合は、手をあげて監督者に知らせること。
5. 解答用紙に受験番号を記入し、マーク欄にマークすること。また、氏名とふりがなを記入すること。
6. 選択した科目名を解答用紙の選択科目名欄に記入し、記入した科目名を選択科目マーク欄にマークすること。(マークがない場合は採点されない)
7. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
8. 解答用紙への記入には必ず HB の黒鉛筆またはシャープペンシル (HB, 0.5 mm 芯以上) を用いること。他の筆記用具を用いると、正確に読み取れない場合がある。
9. マーク式の解答にあたっては、解答用紙の該当する箇所を
右に示す例に従ってぬりつぶすこと。
例えば 2 にマークするとき、次のように
①●③とする。
10. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消すこと。
×をつけても消したことはない。また消しゴムのくずを完全に取り除いておくこと。
11. 解答がマーク式でないものについては、指定の箇所に解答を記入すること。
12. 解答用紙の指定された場所以外には何も書いてはならない。
13. 計算には問題冊子の余白を使用すること。
14. 辞書機能、計算機能をもつものを使用してはならない。
15. 携帯電話の電源は切っておくこと。身につけたり机上に置いたりしてはならない。
16. この問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

例

良	不良
●	● ⊗ ●

物 理

1 図1のように、右向きで大きさ a ($a > 0$) の加速度で等加速度直線運動をしている電車内に、質量を無視できる長さ L の糸でつり下げられた、大きさを無視できる質量 m のおもりがある。また、その車内で観測者は静止している。重力加速度の大きさを g 、糸の張力の大きさを S とする。 a は g に比べて十分に小さく、糸と鉛直方向がなす角度を θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$)

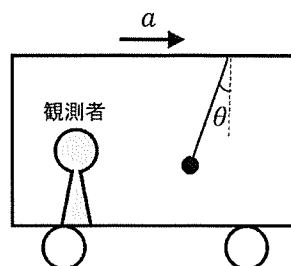


図 1

とする。おもりや糸の運動に対する空気抵抗は考えない。おもりや糸が観測者や電車にぶつかることはないものとする。また、おもりの位置や速度、加速度は車内の観測者によって測定されたものとする。

I. 観測者から見て、おもりは $\theta = \theta_0$ で静止していた。

問1 おもりの水平方向の力のつり合いの式(ア)と鉛直方向のつり合いの式(イ)として最も適切なものを次の選択肢から1つずつ選び、解答欄にマークしなさい。

- ① $S \cos \theta_0 + mg = 0$ ② $S \cos \theta_0 - mg = 0$ ③ $S \sin \theta_0 + mg = 0$
 ④ $S \sin \theta_0 - mg = 0$ ⑤ $S \cos \theta_0 + ma = 0$ ⑥ $S \cos \theta_0 - ma = 0$
 ⑦ $S \sin \theta_0 + ma = 0$ ⑧ $S \sin \theta_0 - ma = 0$ ⑨ $ma \cos \theta_0 - S = 0$
 ⑩ $mg \sin \theta_0 - S = 0$

問2 S (ウ) と、 a (エ) を表す式として最も適切なものを次の選択肢から1つずつ選び、解答欄にマークしなさい。

- ① $g \sin \theta_0$ ② $g \cos \theta_0$ ③ $g \tan \theta_0$ ④ $mg \sin \theta_0$ ⑤ $mg \cos \theta_0$
 ⑥ $\frac{mg}{\sin \theta_0}$ ⑦ $\frac{g}{\sin \theta_0}$ ⑧ $\frac{mg}{\cos \theta_0}$ ⑨ $\frac{mg}{\tan \theta_0}$ ⑩ $\frac{1}{g \tan \theta_0}$

(物 理)

Ⅱ. 車内で静止しているおもりをつる糸が時刻 $t = 0$ で静かに切れた. 糸が切れた瞬間のおもりの位置を原点, 図 1 の右向きを x 軸の正の向き, 鉛直上向きを y 軸の正の向きとして電車内の座標を定義する.

問 3 糸が切れた瞬間のおもりの初速度の大きさ (オ) と加速度の大きさ (カ) として最も適切なものを次の選択肢から 1 つずつ選び, 解答欄にマークしなさい.

- ① 0 ② $a + g$ ③ $a^2 + g^2$ ④ $\sqrt{a + g}$ ⑤ $\sqrt{a^2 + g^2}$
- ⑥ $\frac{a+g}{2}$ ⑦ $\frac{a^2+g^2}{2}$ ⑧ $\frac{\sqrt{a+g}}{2}$ ⑨ $\frac{\sqrt{a^2+g^2}}{2}$ ⑩ $\frac{mg^2+2a}{2}$

問 4 おもりの水平方向の位置 x を時刻 t の関数として表した場合, 最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び, 解答欄 (キ) にマークしなさい.

- ① at ② $-at$ ③ at^2 ④ $-at^2$ ⑤ $(a + g)t$
- ⑥ $\frac{at}{2}$ ⑦ $-\frac{at}{2}$ ⑧ $\frac{\sqrt{a+g} t^2}{2}$ ⑨ $-\frac{at^2}{2}$ ⑩ $-\frac{(a+g)t}{2}$

問 5 おもりの鉛直方向の位置 y を x の関数として表した場合, 最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び, 解答欄 (ク) にマークしなさい.

- ① ax ② $-ax$ ③ gx ④ $-gx$ ⑤ $-\sqrt{ax}$
- ⑥ $-\frac{\sqrt{ag}x}{2}$ ⑦ $\frac{gx}{a}$ ⑧ $-\frac{gx}{a}$ ⑨ $\frac{ax}{g}$ ⑩ $-\frac{ax}{g}$

Ⅲ. 図 1 の状態のおもりを力のつり合いの位置からわずかにずらして, そのあと静かに手を離した. このとき, おもりはつりあいの位置を中心として単振り子となった.

問 6 振り子運動の周期 T を表す式を m, L, a, g から必要なものを用いて表しなさい. 導出過程とともに解答欄 A および B に書きなさい.

〔2〕 図 2-1 のように、起電力の大きさ E の電池 (内部抵抗は 0)、抵抗値が R の電気抵抗、自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C_0 の平行板コンデンサーとスイッチ S_1 , S_2 を抵抗の無視できる導線でつないだ回路がある。最初、スイッチ S_1 , S_2 は開いており、コンデンサーには電荷がないものとする。コンデンサーは極板の面積が S 、極板の間隔が d とする (このときの回路の状態を初期状態とする)。極板間は真空であるものとし、真空の誘電率の大きさを ε_0 とする。

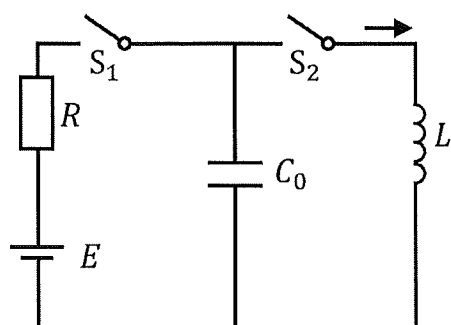
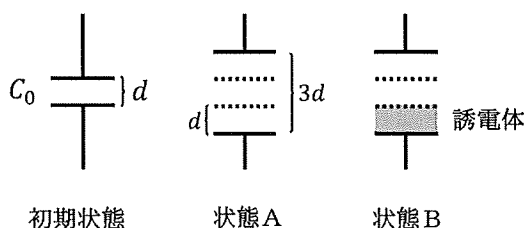


図 2-1

図 2-2 回路の各状態
におけるコンデンサー

問 1 上記の初期状態から、スイッチ S_2 は開いたまま、スイッチ S_1 を閉じる。 S_1 を閉じた直後の回路に流れる電流の大きさとして最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄 (ア) にマークしなさい。

- ① 0 ② $\frac{L}{R}$ ③ $\frac{L}{C_0}$ ④ $\frac{E}{R}$ ⑤ $\frac{E}{C_0}$
 ⑥ $\frac{L}{E}$ ⑦ $\frac{R}{E}$ ⑧ $\frac{SE}{d}$ ⑨ $\frac{SR}{d}$ ⑩ $\frac{dE}{L}$

問 2 問 1 で S_1 を閉じた後、十分な時間をかけてコンデンサーを充電する。このとき、コンデンサーに蓄えられた電気量として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄 (イ) にマークしなさい。

- ① 0 ② E ③ $\frac{LE}{d}$ ④ $\frac{E}{RS}$ ⑤ $\frac{E}{\varepsilon_0}$
 ⑥ $\frac{SE}{d}$ ⑦ $\frac{\varepsilon_0 SE}{d}$ ⑧ $\frac{\varepsilon_0 E}{d}$ ⑨ $\frac{\varepsilon_0 SR}{d}$ ⑩ $\frac{\varepsilon_0 dSE}{L}$

(物 理)

問3 問2のように十分に充電した後に S_1 を開き、開いた状態でコンデンサーの極板の間隔を図2-2のように d から $3d$ に広げた(このときの回路の状態を状態Aとする). このとき、コンデンサーの電気容量は C_0 の ウ 倍になる. また、コンデンサーの極板間の電位差は起電力の大きさ E の エ 倍になる. ウ と エ に入る最も適切なものを次の選択肢から1つずつ選び、解答欄にマークしなさい.

- | | | | | |
|------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| ④ $\frac{1}{2}$ | ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ $\frac{1}{3}$ |
| ⑤ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | ⑥ $\frac{6}{7}$ | ⑦ $\frac{6}{5}$ | ⑧ $\frac{6}{25}$ | ⑨ $\frac{36}{25}$ |

問4 状態Aのコンデンサーに面積 S 、厚さ d 、比誘電率 ε_r ($\varepsilon_r > 1$) の誘電体を図2-2のように挿入した(このときの回路の状態を状態Bとする). このときのコンデンサーの極板間の電位差として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(オ)にマークしなさい.

- | | | | |
|---|--|---|---|
| ④ 0 | ① $2E$ | ② $(\varepsilon_0 + 1)E$ | ③ $(2\varepsilon_0 + 1)E$ |
| ④ $(\varepsilon_r + 1)E$ | ⑤ $(2\varepsilon_r + 1)E$ | ⑥ $\frac{(2\varepsilon_0 + 1)E}{\varepsilon_r}$ | ⑦ $\frac{(2\varepsilon_0 + 1)E}{\varepsilon_0}$ |
| ⑧ $\frac{(2\varepsilon_r + 1)E}{\varepsilon_r}$ | ⑨ $\frac{(\varepsilon_r + 1)E}{\varepsilon_r}$ | | |

問5 状態Aから状態Bにしたとき、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは カ. また、静電エネルギーの変化の大きさは キ である. カ と キ に入る最も適切なものをそれぞれの選択肢から1つずつ選び、解答欄にマークしなさい.

カの選択肢

- | | | |
|---------|--------|--------|
| ④ 変化しない | ① 増加する | ② 減少する |
|---------|--------|--------|

キの選択肢

- | | | | | |
|-----|---------------------|--|-----------------------|------------|
| ④ 0 | ① $\frac{1}{2}C_0E$ | ② $\frac{\varepsilon_r + 1}{2\varepsilon_r}C_0E^2$ | ③ $\frac{1}{2}C_0E^2$ | ④ C_0E^2 |
|-----|---------------------|--|-----------------------|------------|

(物 理)

⑤ $\frac{1}{\varepsilon_r} C_0 E^2$ ⑥ $\frac{1}{2\varepsilon_r} C_0 E^2$ ⑦ $\frac{\varepsilon_r-1}{2\varepsilon_r} C_0 E^2$ ⑧ $C_0 E$ ⑨ $\frac{\varepsilon_r+1}{2\varepsilon_r+1} C_0 E^2$

問6 回路が状態A(問3で説明したように、スイッチ S_1 は開いている)にあるとき、スイッチ S_2 を閉じる。回路に流れる振動電流の最大値の大きさ I_0 として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(ク)にマークしなさい。

① $\frac{E}{R}$ ② $\frac{2E}{R}$ ③ $\frac{3E}{R}$ ④ $\frac{1}{3} C_0 E^2$ ⑤ $C_0 E^2$
⑥ $\sqrt{C_0} E$ ⑦ $\sqrt{2C_0} E$ ⑧ $\sqrt{\frac{C_0}{L}} E$ ⑨ $\sqrt{\frac{2C_0}{L}} E$ ⑩ $\sqrt{\frac{3C_0}{L}} E$

問7 問6の振動電流の周期 T として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(ケ)にマークしなさい。

① π ② 3π ③ $\pi \frac{LE}{R}$ ④ $\pi \frac{C_0 E}{R}$ ⑤ πC_0
⑥ πLC_0 ⑦ $\pi \sqrt{LC_0}$ ⑧ $2\pi \sqrt{\frac{LC_0}{3}}$ ⑨ $\pi \sqrt{\frac{LC_0}{2}}$ ⑩ $\pi \sqrt{\frac{C_0}{L}}$

問8 図2-3を解答欄Cに書き写し、スイッチ S_2 を閉じた直後($t=0$)から $t=T$ までの振動電流のグラフの概形を書きなさい。横軸を時間 t 、縦軸を振動電流 I とする。ただし、電流は図2-1の矢印の向きを正とする。

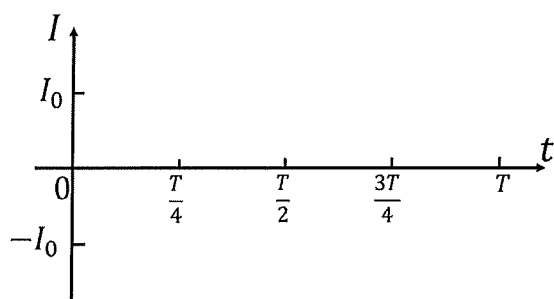


図2-3

〔3〕 図3のように、全長 L のまっすぐで細い円柱状の光ファイバーが空気中に置かれている。光ファイバーの中心軸付近は透明な円柱状の媒質1で作られており、それを透明な円筒状の媒質2が隙間なく取り囲んでいる。ファイバーの両端の面Aと面Bは円形であり、円柱の中心軸に垂直である。空気の屈折率を1、媒質1、2の屈折率をそれぞれ n_1 、 n_2 ($n_1 > 1$, $n_2 > 1$) とする。 L は面Aと面Bの半径に比べて十分長いものとする。

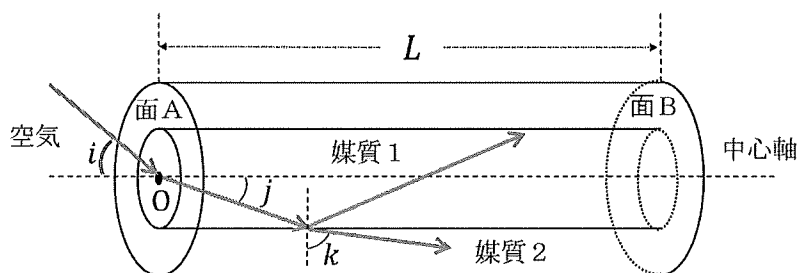


図3

I. 面Aと中心軸の交わる点Oを通して、単色光を入射角 i ($0 \leq i < \frac{\pi}{2}$) で媒質1に入射させた。

問1 点Oでの光の入射角 i と屈折角 j の関係として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(ア)にマークしなさい。

- ① $n_1 i = j$ ② $n_1 \sin i = \sin j$ ③ $n_1 \cos i = \sin j$ ④ $n_1 \sin i = \cos j$
 ⑤ $n_1 \cos i = \cos j$ ⑥ $i = n_1 j$ ⑦ $\sin i = n_1 \sin j$ ⑧ $\cos i = n_1 \sin j$
 ⑨ $\sin i = n_1 \cos j$ ⑩ $\cos i = n_1 \cos j$

問2 媒質1に入射した光が媒質2との境界面で全反射が生じず、一部の光が媒質2に入るときの屈折角 k と角 j との関係として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(イ)にマークしなさい。

- ① $n_1 j = n_2 k$ ② $n_1 k = n_2 j$ ③ $n_1 \sin j = n_2 \sin k$
 ④ $n_1 \sin j = n_2 \cos k$ ⑤ $n_1 \cos j = n_2 \sin k$ ⑥ $n_1 \cos j = n_2 \cos k$
 ⑦ $n_1 \sin k = n_2 \sin j$ ⑧ $n_1 \sin k = n_2 \cos j$ ⑨ $n_1 \cos k = n_2 \sin j$
 ⑩ $n_1 \cos k = n_2 \cos j$

問3 媒質1から媒質2へ入射する光が全反射するためには、まずそれぞれの屈折率の間に ウ の条件が必要となる。さらに媒質1から媒質2へ入射する光の入射角の正弦 ($\sin$) の値は、エ より大きくなければならない。このときの入射角を臨界角とよぶ。ウ と エ に入る最も適切なものをそれぞれの選択肢から1つずつ選び、解答欄にマークしなさい。

ウの選択肢

- ① $n_1 = n_2$ ② $n_1 > n_2$ ③ $n_1 < n_2$ ④ $n_1 n_2 = 2$
 ⑤ $n_1 n_2 > 2$ ⑥ $n_1 n_2 < 2$ ⑦ $n_1 + n_2 = 3$ ⑧ $n_1 + n_2 > 3$
 ⑨ $n_1 + n_2 < 3$ ⑩ $n_1 - n_2 = 1$

エの選択肢

- ① $\frac{1}{n_1}$ ② $\frac{1}{n_2}$ ③ $\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}$ ④ $\frac{2}{n_1}$ ⑤ $\frac{2}{n_2}$
 ⑥ $\frac{n_1}{n_2}$ ⑦ $\frac{n_2}{n_1}$ ⑧ $\frac{2n_1}{n_2}$ ⑨ $\frac{2n_2}{n_1}$ ⑩ $\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$

問4 光が媒質2に入らず境界面で全反射を繰り返せば、光を媒質1の中で遠くまで伝搬させることができる。全反射のための入射角 i の条件は、オ $< \sin i <$ カ である。オ と カ に入る最も適切なものを次の選択肢から1つずつ選び、解答欄にマークしなさい。

- ① 0 ② 1 ③ $\frac{1}{n_1}$ ④ $\frac{1}{n_2}$
 ⑤ $n_1 - n_2$ ⑥ $n_2 - n_1$ ⑦ $n_1^2 - n_2^2$ ⑧ $n_2^2 - n_1^2$
 ⑨ $\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ ⑩ $\sqrt{n_2^2 - n_1^2}$

(物 理)

Ⅱ. 点 O から入射した光は、媒質 1 を通って面 B へ到達した. 真空中の光の速さを c とする.

問 5 $i = 0$ のとき, 光が面 A から面 B へ到達するのに要する時間として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び, 解答欄 (キ) にマークしなさい.

- ① 0 ② $\frac{L}{c}$ ③ $\frac{\sqrt{n_1}L}{c}$ ④ $\frac{n_1L}{c}$ ⑤ $\frac{n_1^2L}{c}$
- ⑥ $\frac{\sqrt{n_2}L}{c}$ ⑦ $\frac{n_2L}{c}$ ⑧ $\frac{n_2^2L}{c}$ ⑨ $\frac{(n_1+n_2)L}{c}$ ⑩ $\frac{(n_1^2+n_2^2)L}{c}$

問 6 媒質 1 から媒質 2 へ入射する光の入射角が臨界角より大きいとき, 光が面 A から面 B へ到達するのに要する時間として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び, 解答欄 (ク) にマークしなさい.

- ① $\frac{n_1L}{c}$ ② $\frac{n_1^2L}{c}$ ③ $\frac{L}{cn_1}$ ④ $\frac{L}{cn_1^2}$ ⑤ $\frac{n_1L \cos j}{c}$
- ⑥ $\frac{Ln_1}{c \cos j}$ ⑦ $\frac{n_1L \sin j}{c}$ ⑧ $\frac{n_1L}{c \sin j}$ ⑨ $\frac{n_1L \tan j}{c}$ ⑩ $\frac{n_1L}{c \tan j}$

問 7 光ファイバーはインターネットにおける情報伝達のための伝送路として利用され, 配線をしやすくするために, ある程度曲げても情報通信ができるように作られている. しかし極端に曲げた場合, 通信ができなくなることがある. この理由を解答欄 D に, 必要に応じて図を用いながら簡潔に説明しなさい.