

F 2 数学 F 3 物理 F 4 化学

この冊子は、**数学**、**物理** および **化学** の問題を 1 冊にまとめてあります。

数学の問題は、1 ページより 3 ページまであります。
物理の問題は、4 ページより 15 ページまであります。
化学の問題は、16 ページより 27 ページまであります。

[注 意]

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用紙には志望学科・受験番号を記入してください。解答用マークシートには受験番号及び氏名を記入し、さらに受験番号・志望学科をマークしてください。
- (3) 解答は所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取除いたうえで、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは横 1 行について 1 箇所に限ります。2 箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

物 理

- 1 次の文中の の中にあてはまる数式を解答群 1 から選び、その番号を解答用マークシートの指定欄にマークしなさい。ただし、重力加速度の大きさは $g[\text{m/s}^2]$ としなさい。 (34 点)

次の方法により、万有引力定数のおおよその値、及び地球のおおよその質量を求める。図 1—1 に示すように、一端が固定されたばね定数 $k[\text{N/m}]$ の質量が無視できるばねの他端に、X 線上に中心がある質量 $m[\text{kg}]$ の小球が設置されている。ばね、小球共に水平面内で X 方向のみに変位する。この時のばねの振動周期を測定すると $T[\text{s}]$ であった。

- (1) 図 1—2 に示すように、質量 $M[\text{kg}]$ の大球を、大球と小球とが引き合う力、つまり万有引力 $F[\text{N}]$ と、それに抗するばねによる力 $F'[\text{N}]$ とが釣り合う X 線上のある位置に固定した。この時、小球は元の位置から $x[\text{m}]$ だけ大球の方向に移動しており、大球との中心間距離は $r[\text{m}]$ (x に比べて r は十分大きい) であった。このとき、万有引力定数を $G[\text{Nm}^2/\text{kg}^2]$ とすると、小球と大球が引き合う力(万有引力) $F[\text{N}]$ は、

$$F = GM \times \frac{\boxed{\text{(あ)}}}{\boxed{\text{(い)}}$$

となる。一方、ばねによる力 $F'[\text{N}]$ は、次のように表すことができる。

$$F' = k \times \boxed{\text{(う)}}$$

さらに、ばねの周期 $T[\text{s}]$ は、

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{\boxed{\text{(え)}}}{\boxed{\text{(お)}}}}$$

と表すことができる。以上より、 $F = F'$ を利用して $k[\text{N/m}]$ を用いないで万有引力定数 $G[\text{Nm}^2/\text{kg}^2]$ を求めると、

$$G = \frac{4\pi^2 \times \boxed{\text{(カ)}} \times \boxed{\text{(カ)}} \times \boxed{\text{(キ)}}}{T^2 \times \boxed{\text{(ク)}}$$

となる。

- (2) 地球上で質量 m' [kg] の小球に加わる力 F'' [N] は

$$F'' = m' g$$

と表せる。これより、地球の自転の影響を無視する場合、地球の中心からその小球までの距離を a [m] とすると、地球の質量 M' [kg] は万有引力定数 G [Nm^2/kg^2] を用いて次式で表すことができる。

$$M' = g \times \frac{\boxed{\text{(ケ)}}}{\boxed{\text{(コ)}}$$

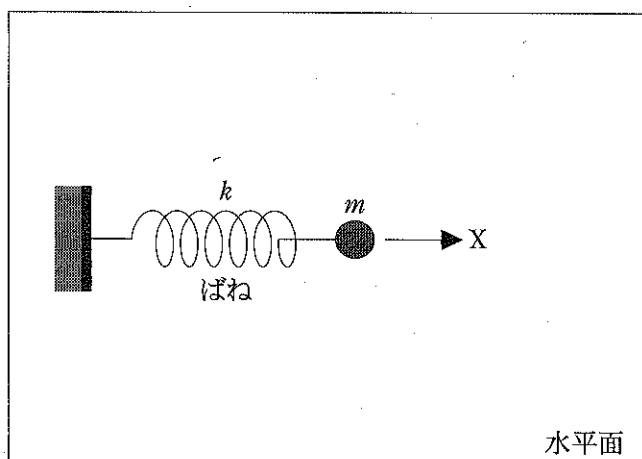


図 1 — 1

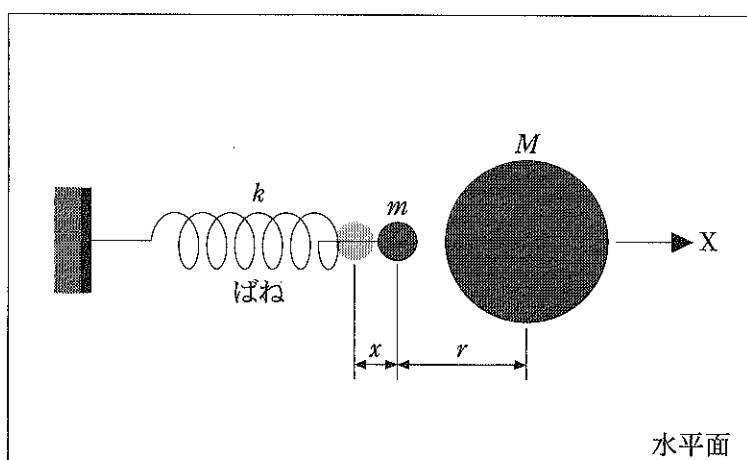


図 1 — 2

解答群 1

00 a	01 a^2	02 a^3	03 $2a$	04 $2a^2$
05 $2a^3$	06 G	07 G^2	08 G^3	09 k
10 k^2	11 k^3	12 m	13 m^2	14 m^3
15 $2m$	16 $2m^2$	17 $2m^3$	18 M	19 M^2
20 M^3	21 $2M$	22 $2M^2$	23 $2M^3$	24 r
25 r^2	26 r^3	27 x	28 x^2	29 x^3

- 2 次の の(い), (う), (お), については, あてはまる適切な語句を解答群 2—1の中から, (さ)については解答群 2—2から選び, その番号を解答用マークシートの指定欄にマークしなさい。またそれ以外の については, あてはまる適当な数値を, 下に述べる注意にしたがって解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。数値は四捨五入して有効数字2桁まで求め, 下に示す形式で a , b , p , c をマークしなさい。

$$\begin{array}{ccccccc} \boxed{a} & & \boxed{b} & \times 10 & \boxed{p} & \boxed{c} \\ & & \uparrow & & \uparrow & \\ & & \text{小数点} & & \text{正負の符号} & \end{array}$$

ただし, $c = 0$ のときには, 符号 p は $+$ を, c は 0 をマークしなさい。

(33 点)

- (1) 図 2—1 のように, 大きさ $E = 0.40 \text{ N/C}$ の一様な電場 E と, 磁束密度の大きさ $B = 0.50 \text{ T}$ の一様な磁場 B が直交している。この中に電荷 $q = -2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ をもつ小さな粒子が電場及び磁場の両方に垂直な方向(即ち紙面に垂直な方向)に速さ $v [\text{m/s}]$ の等速度運動をしている。ここで重力の影響は無視できるものとする。この粒子が電場から受ける電気力 F_1 の大きさは (あ) N で, 方向は (い) となる。また, この粒子が磁場から受けるローレンツ力の大きさを F_2 とすると, 粒子が等速度運動をするためには, この2つの力 F_1 と F_2 がそれぞれ粒子の進む方向に垂直でかつ互いに逆方向で, かつ同じ大きさでなければならないことから, 釣り合いの条件 $F_1 = F_2$ より, F_2 の方向は (う) となる。また, 粒子の速さは, $v =$ (え) m/s となり, その方向は (お) である。これらより, F_2 の大きさは (か) N となる。

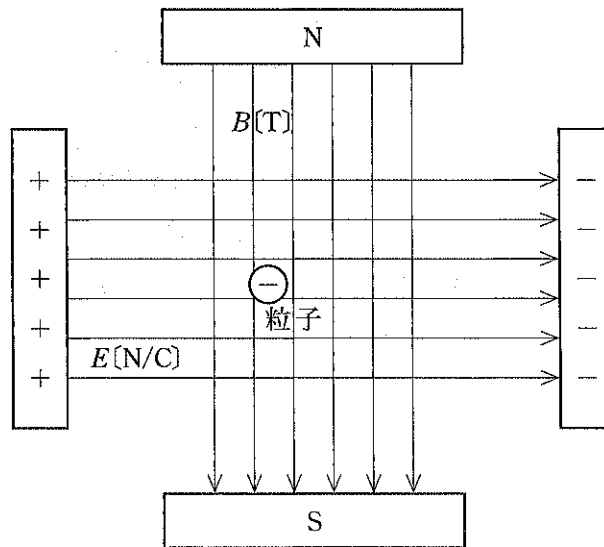


図 2—1

解答群 2—1

((い)(う)(お)の解答群)

- 0 右から左の向き
- 1 左から右の向き
- 2 上から下の向き
- 3 下から上の向き
- 4 紙面の表面から裏面への向き
- 5 紙面の裏面から表面への向き

(2) 図2—2のように、磁束密度の大きさ $B = 0.50 \text{ T}$ の一様な鉛直上向きの磁場中に、間隔 $L = 0.40 \text{ m}$ で水平に置かれたレールがあり、起電力の大きさ $E = 8.0 \text{ V}$ の電池と抵抗値 $r [\Omega]$ の可変抵抗とスイッチ a、抵抗値 $R = 10 \Omega$ の抵抗とスイッチ b がつながれている。また、導体棒 PQ を図のように置き、滑車を通して質量 $M = 3.1 \times 10^{-2} \text{ kg}$ のおもりをつける。電池の内部抵抗値、レールと導体棒との摩擦、抵抗以外の導線部分の抵抗値、導体棒 PQ とひもの質量はそれぞれ無視できるものとし、また重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とする。はじめにスイッチ a を閉じてスイッチ b を開き、可変抵抗値を調節するとおもりは静止した。このとき、流れる電流の大きさは、(き) A であり、可変抵抗の値 r は、(く) Ω と表される。

次に、スイッチ a を開いてスイッチ b を閉じ、おもりの質量を適切に調節したところ、ある時間経過後に一定の速さ $v = 3.5 \text{ m/s}$ で下方に移動した。このときに誘導起電力の大きさは、(け) V であり、回路に流れる電流の大きさは、(こ) A で、その方向は (さ) となる。

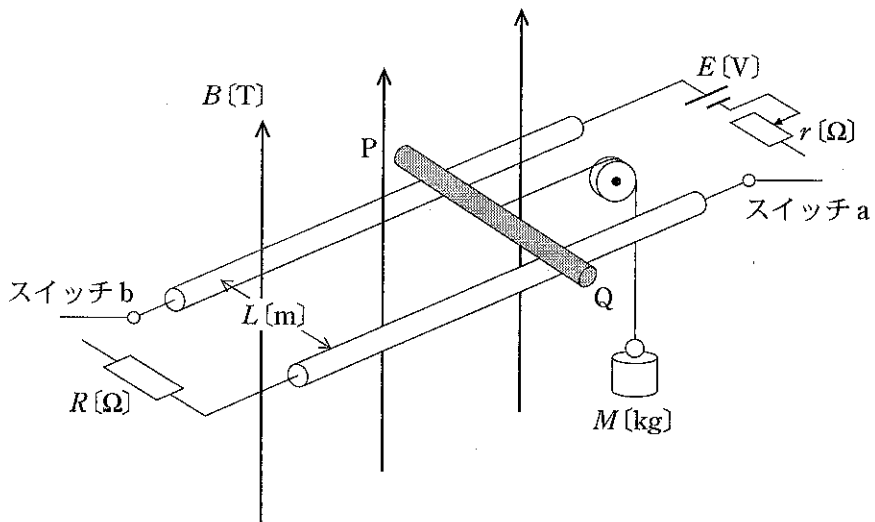


図 2—2

解答群 2—2

(さ)の解答群)

- 0 PからQの向き
- 1 QからPの向き
- 2 どちら向きでもない

- 3 設問(1)については、 にあてはまる適当な数値を、下に述べる注意にしたがって解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。数値は、有効数字が2ケタになるように3ケタ目を四捨五入し、下に示す形式で a 、 b 、 c をマークしなさい。

$$\begin{array}{ccc} \boxed{a} & \boxed{b} & \times 10^{\boxed{c}} \\ & \uparrow & \\ & \text{小数点} & \end{array}$$

- 設問(2)については、 にあてはまる適切な語句を解答群3の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(33点)

- (1) 断熱された銅の容器に200 gの氷が入っている。はじめ、全体の温度が -10°C であった。これに毎秒100 Jの割合で熱を加えると、容器および氷(または水)の温度が時間とともに図3に示したような変化をした。水の比熱を $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、銅および氷の比熱は問題の温度範囲で一定値をとるものとする。

50秒から710秒の間は、熱が加えられているにもかかわらず、温度の上昇が見られない。これは、この間に氷が融け、同温の水に変化しているからである。この間に加えられた熱量の合計 $Q_1[\text{J}]$ は (あ) Jとなり、単位質量あたりの熱量、すなわち融解熱 $q[\text{J}/\text{g}]$ は (い) J/gとなる。

つぎに710秒から1170秒の間に注目する。この間に加えられた熱量の合計 $Q_2[\text{J}]$ は (う) Jとなる。一方、この間に水が吸収した熱量 $Q_3[\text{J}]$ は (え) Jである。すなわち、 $Q_4[\text{J}] = Q_2 - Q_3$ の熱量は容器に吸収されたもので、これより、容器の熱容量 $C[\text{J}/\text{K}]$ は (お) J/Kであることがわかる。

最後に氷の比熱 $c[\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$ を求めよう。0秒から50秒の間に加えられた熱量の合計 $Q_5[\text{J}]$ は (か) Jであるから、氷の比熱 c は (き) J/(g·K)である。

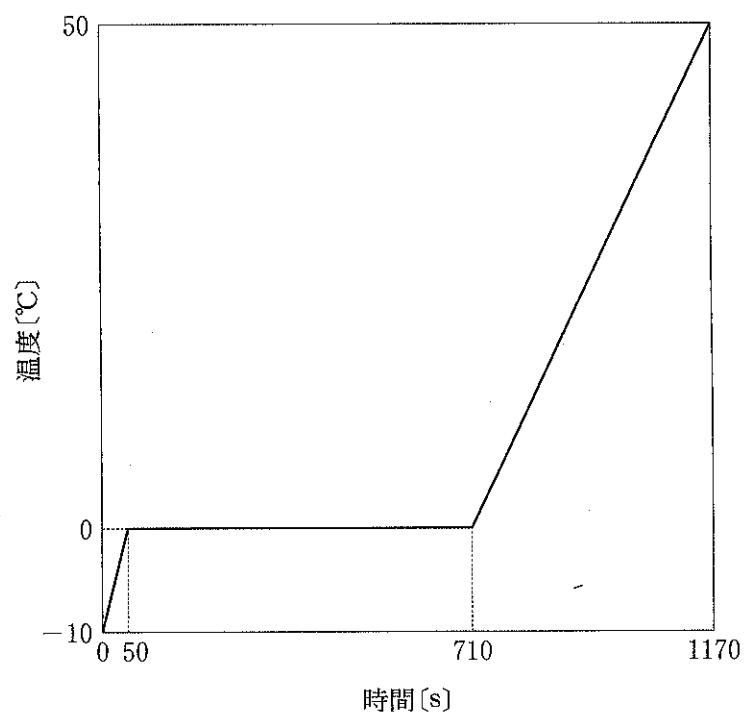


図 3

(2) エネルギーには、力学的エネルギーや熱エネルギー、電気エネルギー、化学エネルギー、光エネルギー、核エネルギーなどがある。これらのエネルギーはさまざまな形に変換され、その過程で利用される(ただし、すべてが目的のエネルギーに変換されるわけではなく、熱などとして周囲に逃げ、利用されないことが多い)。

光合成は光エネルギーが (ク) に変換したものである。

(け) は (ク) が光エネルギーに変換したものである。

ソーラーセイル(太陽帆船)の光圧は光エネルギーが (こ) に変換したものである。

(さ) は (こ) が熱エネルギーに変換したものである。

(し) は力学的エネルギーが電気エネルギーに変換したものである。

(す) は電気エネルギーが力学的エネルギーに変換したものである。

解答群 3

(く)(こ)の解答群

- 0 力学的エネルギー
- 1 熱エネルギー
- 2 電気エネルギー
- 3 化学エネルギー
- 4 光エネルギー
- 5 核エネルギー

(け)(さ)(し)(ず)の解答群

- 0 水力発電
- 1 火力発電
- 2 乾電池
- 3 太陽電池
- 4 モーター
- 5 エンジン
- 6 ブレーキ
- 7 蛍光灯
- 8 白熱電球(電灯)
- 9 蛍の発光