

(K—50—M)

後期日程

平成 31 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

1. 指示があるまでこの冊子の中を見てはいけません。
2. 生物，物理，化学の中から 2 科目選択しなさい。
3. 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
4. 解答用紙のマーク数字は，次の「良い例」のように，濃く正しく塗りつぶしなさい。正しく塗りつぶされていない場合，採点できないことがあります。

良い例……………●

悪い例……………

5. 各解答用紙には解答欄の他に次の記入欄があるので，正確に記入しなさい。
 - ① 氏名欄……………氏名を漢字とフリガナで記入しなさい。
 - ② 受験番号欄……………6桁の受験番号を算用数字で記入し，マーク欄の数字を正しく塗りつぶしなさい。
 - ③ 解答科目欄……………解答する科目名を記入し，該当科目のマークを塗りつぶしなさい。
6. 解答方法は，問題の解答に対応した解答欄の数字を塗りつぶしなさい。

例えば

- ・ ア と表示のある解答欄に対して②と解答する場合，解答用紙の解答欄 ア の②を塗りつぶしなさい。
- ・ ア と表示のある解答欄に対して③⑤⑦と解答する場合，解答用紙の解答欄 ア の③⑤⑦を塗りつぶしなさい。

7. この問題冊子の余白を下書きに用いて構いません。
8. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れなどに気がついた場合は，手を上げて申し出なさい。
9. 試験中に質問がある場合は，手を上げて申し出なさい。
10. 試験終了後，この問題冊子は持ち帰りなさい。
11. 途中退場は認めません。
12. この冊子は，全部で 34 ページです。生物，物理，化学の順になっています。

目 次

生 物	1～15 ページ(問題 I～III)
物 理	16～22 ページ(問題 I～IV)
化 学	23～34 ページ(問題 I～IV)

物 理

I にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。 セ , テ , ト , ヌ の解答は該当する解答欄から最も適当なものの一つ選べ。

- (1) 滑らかで水平な床の上に、左端が壁に固定されたばね定数 $k = 80 \text{ N/m}$ のばねが置かれている。ばねの右端に質量 50 g の物体を押し付け、ばねが自然長から 10 cm 縮んだ位置で手を離した。物体がばねから離れた後の物体の運動エネルギーは ア . イ $\times 10^{-}$ J であり、物体の速さは エ . オ m/s となる。
- (2) 温度 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ 、質量 100 g の氷に対して、ヒーターで一定の割合で熱を加え、加熱時間と温度の関係を調べたところ図1のようになった。水の比熱を $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とすると、単位時間あたりにヒーターの加える熱は カ . キ $\times 10^{}$ W であり、氷の比熱は ケ . コ $\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ となる。また、氷の融解熱は サ . シ $\times 10^{}$ J/g である。

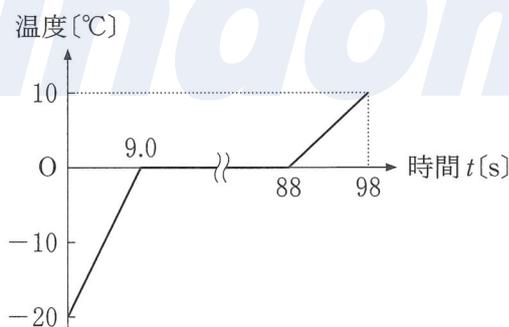


図 1

- (3) 焦点距離 5.0 cm の凸レンズ前方 3.0 cm の位置に物体を置くと、レンズ セ の ソ . タ cm の位置に倍率 チ . ツ の テ ができる。また、凸レンズ前方 6.0 cm の位置に物体を置くと、レンズ ト の ナニ cm の位置に ヌ ができる。

セ , ト の解答欄

① 前方

② 後方

テ , ヌ の解答欄

① 正立の実像

② 正立の虚像

③ 倒立の実像

④ 倒立の虚像

II にあてはまる最も適当な数字をマークすること。以下の問題には有効数字2桁で答えよ。

(1) 抵抗値 $R = 40 \Omega$ の抵抗と自己インダクタンス $L = 10 \text{ mH}$ のコイルを直列に電圧 $V = V_0 \sin \omega t$ の交流電源につないだ。ここで、 $V_0 = 20 \text{ V}$ 、角周波数 $\omega = 3.0 \times 10^3 \text{ rad/s}$ である。抵抗の両端の電圧の最大値は アイ V であり、コイルの両端の電圧の最大値は ウエ V となる。

(2) 波長 $2.0 \times 10^{-10} \text{ m}$ の X 線がある結晶面に平行に入射させ、しだいに傾けていくと、回折角 $\theta = 16^\circ$ のときに最初の強い反射が起こった。 $\sin 16^\circ = 0.28$ とすると、結晶の原子配列面の間隔は オ . カ $\times 10^{-$ キク m である。さらに角度を大きくしていったとき、次に強い反射が起こるのは $\sin \theta = 0.$ ケコ のときである。

(3) ボーアの水素原子モデルにおいて、原子核から無限遠方の点を電子の位置エネルギーの基準とすると、水素原子内の電子の基底状態のエネルギーは -13.6 eV である。量子数 $n = 2$ の第1励起状態のエネルギーは $-$ サ . シ eV であり、 $n = 3$ の第2励起状態のエネルギーは $-$ ス . セ eV である。第2励起状態から第1励起状態への遷移で放出される光子のエネルギーは ソ . タ eV となる。

Ⅲ にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。ただし、 オ ~ サ , および ソ ~ テ については、最も適当な数値をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。

地球からの万有引力を受けて、地表から高さ h の赤道上空を円運動している質量 M の人工衛星を考える。地表における重力加速度の大きさを g 、地球は密度が一樣な半径 R の球とみなせるものとして、以下の問いに答えよ。

(a) 上空を周回している人工衛星にはたらく地球からの万有引力の大きさは ア $\times Mg$ 、人工衛星の速さ V_0 は イ $\times \sqrt{gR}$ であり、人工衛星が地球の周りを1周するのに要する時間は ウ $\times 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ と表わされる。

人工衛星にいる宇宙飛行士が観測する人工衛星内の物体には、外力がはたらいっていないように見える。これは、物体にはたらく地球からの万有引力と エ がつりあっているためである。

ア ~ ウ の解答群

- | | | |
|--|--------------------------|--|
| ① $\frac{h}{R+h}$ | ② $\frac{R}{R+h}$ | ③ $\frac{h^2}{(R+h)^2}$ |
| ④ $\frac{R^2}{(R+h)^2}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{h}{R+h}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{R}{R+h}}$ |
| ⑦ $\sqrt{\frac{R+h}{h}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{R+h}{R}}$ | ⑨ $\left(\frac{R+h}{h}\right)^{\frac{3}{2}}$ |
| ⑩ $\left(\frac{R+h}{R}\right)^{\frac{3}{2}}$ | | |

エ の解答群

- | | | |
|-------------|------------|-------|
| ① 太陽からの万有引力 | ② 月からの万有引力 | ③ 復元力 |
| ④ 遠心力 | ⑤ 空気抵抗 | ⑥ 保存力 |
| ⑦ 垂直抗力 | ⑧ 大気圧 | ⑨ 浮力 |

(b) 上空を周回中の人工衛星内の定点を原点とする xy 平面上において、マジックテープがついた 2 つの小球 A と B の運動を考える。質量 m の小球 A が一定の速さ $3v$ で x 軸上を、質量 $4m$ の小球 B が一定の速さ v で y 軸上を、ともに原点に向かって移動している。ある時刻で 2 つの小球が原点において衝突し、一体となって xy 平面の第 1 象限内を運動したとする。衝突後の小球の速度の x 成分は $\frac{\text{オ}}{\text{カ}}v$ 、 y 成分は $\frac{\text{キ}}{\text{ク}}v$ であり、衝突前の 2 つの小球の重心の座標は、直線 $y = \frac{\text{ケ}}{\text{コ}}x$ 上で xy 平面の第 サ 象限内にある。また、小球の変形や回転運動は考慮しなくてよいものとする、衝突の前後で 2 つの小球の運動エネルギーの和は シ が、その理由は ス ためである。

シ の解答群

- | | |
|-------------|--------------------|
| ① 保存され一定である | ② 増加する |
| ③ 減少する | ④ 増加する場合も減少する場合もある |

ス の解答群

- | | |
|----------------------|------------------|
| ① 力学的エネルギーが保存する | ② 初期条件に依存する |
| ③ 衝突による力積が影響を及ぼす | ④ 作用・反作用の法則が成り立つ |
| ⑤ 2 つの小球が接近する | ⑥ 万有引力が保存力である |
| ⑦ マジックテープによって仕事がなされる | |
| ⑧ 慣性の法則が成り立つ | |

(c) 周回中の人工衛星を円軌道の接線方向に加速したところ、人工衛星は地球の中心を焦点として地表からの高さが最大 $R + 2h$ である楕円軌道上を周回するようになった。

加速を行った直後の人工衛星の速さを V_1 、加速後に地表からの高さが最大となる瞬間の速さを V_2 とすると、 セ の第 ソ 法則により、 $V_2 = \frac{\text{タ}}{\text{チ}}V_1$ が成り立つ。

この関係式と、加速後における力学的エネルギーの保存則を用いると、速さ V_1 と加速前の人工衛星の速さ V_0 の間には、 $V_1^2 = \frac{\text{ツ}}{\text{テ}}V_0^2$ なる関係式が成り立つ。

セ の解答群

- | | | |
|---------|----------|--------|
| ① フック | ② ケプラー | ③ ボイル |
| ④ シャルル | ⑤ キルヒホッフ | ⑥ ポアソン |
| ⑦ アンペール | ⑧ ファラデー | ⑨ クーロン |

IV にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。ただし、 ア , イ および サ , シ については、最も適当な数値をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。

図1のように、磁束密度の大きさが B で鉛直上向きの一様な磁場(磁界)の中で、二本の導体レールが水平面に間隔 l で平行に固定されている。質量 m の導体棒 PQ をレールに垂直にのせ、PQ の重心に糸をつけて滑らかで軽い滑車を経て、質量 $2m$ のおもりをつり下げる。PQ はレールと常に直交したまま動く。レールと糸は十分長く、運動の途中で糸がたるむことはないとする。また、レールと棒 PQ の間の摩擦および導体部分の電気抵抗は無視できる。重力加速度を g とする。

レールの左端 S, T の間に3種類の素子をつなぎ、スイッチで切り替える。最初に棒 PQ を静止させてから時刻 $t = 0$ で静かに手を離した後の運動を考える。レール上で棒 PQ が動く方向に x 軸を取り、 $t = 0$ での位置を原点とする。

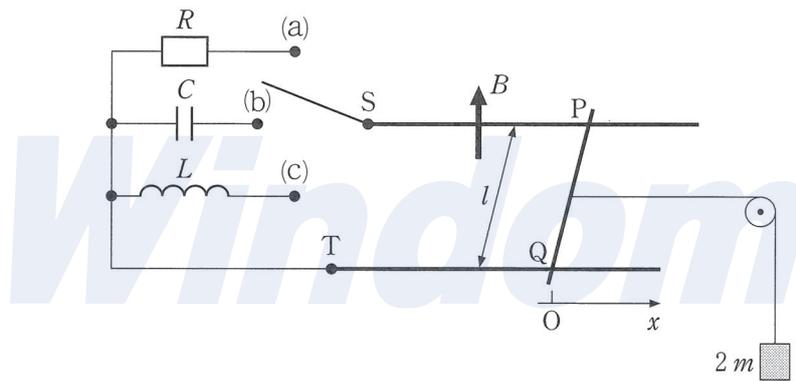


図1

(a) レールの左端 S, T 間に抵抗値 R の抵抗をつなぎ、棒 PQ から静かに手を離れた。手を離れた

瞬間の棒 PQ の加速度は $\frac{\text{ア}}{\text{イ}} g$ である。

じゅうぶん時間が経つと一定の速度 ウ で運動する。このとき抵抗を流れる電流は

エ であり、誘導起電力の大きさは オ である。また、抵抗での消費電力は カ である。

ウ の解答群

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{B^2 l^2}{mgR}$ | ② $\frac{B^2 l^2}{2mgR}$ | ③ $\frac{B^2 l^2}{3mgR}$ |
| ④ $\frac{mgR}{B^2 l^2}$ | ⑤ $\frac{2mgR}{B^2 l^2}$ | ⑥ $\frac{3mgR}{B^2 l^2}$ |

エ ~ カ の解答群

- | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① $\frac{mg}{Bl}$ | ② $\frac{2mg}{Bl}$ | ③ $\frac{4mg}{Bl}$ |
| ④ $\frac{mgR}{Bl}$ | ⑤ $\frac{2mgR}{Bl}$ | ⑥ $\frac{4mgR}{Bl}$ |
| ⑦ $\frac{m^2 g^2 R}{B^2 l^2}$ | ⑧ $\frac{2m^2 g^2 R}{B^2 l^2}$ | ⑨ $\frac{4m^2 g^2 R}{B^2 l^2}$ |

(b) レールの左端 S から抵抗を外して、電気容量 C のコンデンサーをつないだ後、棒 PQ から静かに手を離れた。最初コンデンサーの極板にたくわえられた電荷は 0 であった。

棒の速度が v のとき、コンデンサーの極板にたくわえられた電荷は キ v であり、微小な時間 Δt の間に速度が Δv だけ変化したとき、導体棒を流れる電流は ク $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ と表せる。したがって、棒は加速度 ケ で等加速度運動する。

キ , ク の解答群

- | | | |
|-----------------------|------------------|-----------------------|
| ① CBl | ② $CB^2 l^2$ | ③ $\frac{C}{Bl}$ |
| ④ $\frac{C}{B^2 l^2}$ | ⑤ $\frac{Bl}{C}$ | ⑥ $\frac{B^2 l^2}{C}$ |

ケ の解答群

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ① g | ② $2g$ | ③ $\frac{2}{3}g$ |
| ④ $\frac{mg}{m + CBl}$ | ⑤ $\frac{mg}{m + CB^2 l^2}$ | ⑥ $\frac{2mg}{3m + CBl}$ |
| ⑦ $\frac{2mg}{3m + CB^2 l^2}$ | ⑧ $\frac{2mg}{CBl}$ | ⑨ $\frac{2mg}{CB^2 l^2}$ |

(次のページに続く)

(c) レールの左端 S からコンデンサーを外して、自己インダクタンス L のコイルを接続した後、棒 PQ から静かに手を離れた。

微小な時間 Δt の間にコイルを流れる電流 I と棒の位置 x がそれぞれ ΔI , Δx だけ変化したとすると、 $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \boxed{\text{コ}}$ $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ が成り立つ。 $t = 0$ で $I = 0$, $x = 0$ であることから、 $I = \boxed{\text{コ}}$ x が成り立つ。

PQ の加速度は $\frac{\boxed{\text{サ}}}{\boxed{\text{シ}}} g - \boxed{\text{ス}} \frac{x}{m}$ となり、PQ は単振動することがわかる。振動の中心は $\boxed{\text{セ}}$ であり、角振動数を ω とすると $\omega^2 = \boxed{\text{ソ}}$ である。

$\boxed{\text{コ}}$ の解答群

- | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|
| ① BIL | ② $\frac{BIL}{2}$ | ③ $\frac{BIL}{3}$ |
| ④ $\frac{L}{Bl}$ | ⑤ $\frac{L}{2Bl}$ | ⑥ $\frac{L}{3Bl}$ |
| ⑦ $\frac{Bl}{L}$ | ⑧ $\frac{Bl}{2L}$ | ⑨ $\frac{Bl}{3L}$ |

$\boxed{\text{ス}}$ の解答群

- | | | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ① B^2l^2L | ② $\frac{B^2l^2L}{2}$ | ③ $\frac{B^2l^2L}{3}$ |
| ④ $\frac{L}{B^2l^2}$ | ⑤ $\frac{L}{2B^2l^2}$ | ⑥ $\frac{L}{3B^2l^2}$ |
| ⑦ $\frac{B^2l^2}{L}$ | ⑧ $\frac{B^2l^2}{2L}$ | ⑨ $\frac{B^2l^2}{3L}$ |

$\boxed{\text{セ}}$ の解答群

- | | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $\frac{mgL}{B^2l^2}$ | ② $\frac{2mgL}{B^2l^2}$ | ③ $\frac{3mgL}{B^2l^2}$ |
| ④ $\frac{B^2l^2}{mgL}$ | ⑤ $\frac{B^2l^2}{2mgL}$ | ⑥ $\frac{B^2l^2}{3mgL}$ |

$\boxed{\text{ソ}}$ の解答群

- | | | |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| ① $\frac{Bl}{3mL}$ | ② $\frac{2Bl}{3mL}$ | ③ $\frac{Bl}{mL}$ |
| ④ $\frac{B^2l^2}{3mL}$ | ⑤ $\frac{2B^2l^2}{3mL}$ | ⑥ $\frac{B^2l^2}{mL}$ |

Windom