

平成 21 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。なお、解答用紙(2 枚)は、各科目に共通です。
4. 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……………氏名を記入しなさい。
 - ② 受験番号欄……………受験番号(6 桁の数字)を記入し、受験番号をマーク欄に必ずマークしなさい。
 - ③ 解答科目欄……………解答する科目を、記述欄に、生物、物理、化学のうち 1 つを必ず記入し、マーク欄には当該科目の下に必ずマークしなさい。
5. マークには HB の鉛筆を使用し、次の例のように、濃く正しくマークしなさい。



正確にマークされていない場合、採点できないことがあります。

6. 解答上の注意が問題毎に指示されている場合があります。注意して下さい。
7. 答えを修正する場合は必ず「プラスチック製消しゴム」で完全に消し、消しくずを解答用紙上に残してはいけません。
8. 中途退場は認めません。
9. 試験中に質問がある場合は、手をあげて申し出なさい。
10. この冊子の余白を計算用紙に用いてかまいません。
11. 試験終了後、この冊子は持ち帰りなさい。
12. この冊子は、全部で 31 ページです。生物、物理、化学の順になっています。

問 題 目 次

| | |
|-----|--------------------|
| 生 物 | 1～9 ページ(問題 I～IV) |
| 物 理 | 11～18 ページ(問題 I～IV) |
| 化 学 | 19～24 ページ(問題 I～IV) |

物 理

I 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。

図1のような半径 R [m] の円環がある。円環の最高点をA、最低点をB、中心をOとする。円環はA、O、Bを通る鉛直な軸のまわりで回転することができる。質量 m [kg] の物体Pは、円環からは離れず円環に沿って動くことができるとする。Pの円環上の位置は $\angle BOP = \theta$ [rad] で指定することができる。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

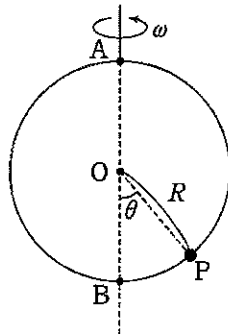


図1

(1) 円環と物体の間に摩擦がない場合について考える。

(a) 円環を軸のまわりに $\sqrt{\frac{g}{R}}$ より大きい一定の角速度 ω [rad/s] で回転させ、PをBの位置から角 θ_0 ($0 < \theta_0 < \frac{\pi}{2}$) の位置に持ち上げてはなすと、Pは θ_0 の位置を保ったまま円環とともに回転した。 θ_0 について、 ア が成り立つ。

ア の解答群

- | | | | |
|--|---|---|--|
| ① $\tan \theta_0 = \frac{R\omega^2}{g}$ | ② $\tan \theta_0 = \frac{g}{R\omega^2}$ | ③ $\sin \theta_0 = \frac{R\omega^2}{g}$ | ④ $\sin \theta_0 = \frac{g}{R\omega^2}$ |
| ⑤ $\sin \theta_0 = \frac{2g}{R\omega^2}$ | ⑥ $\cos \theta_0 = \frac{R\omega^2}{g}$ | ⑦ $\cos \theta_0 = \frac{g}{R\omega^2}$ | ⑧ $\cos \theta_0 = \frac{2g}{R\omega^2}$ |

このとき、Pが円環から受ける垂直抗力は イ [N] である。

イ の解答群

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $mg \tan \theta_0$ | ② $\frac{mg}{\tan \theta_0}$ | ③ $mg \cos \theta_0$ |
| ④ $\frac{mg}{\cos \theta_0}$ | ⑤ $mg \sin \theta_0$ | ⑥ $\frac{mg}{\sin \theta_0}$ |

- (b) 円環が $\sqrt{\frac{g}{R}}$ より小さい一定の角速度 ω [rad/s] で回転している状態で、PをBの位置から少しだけずらしてはなすと、円環とともに回転する観測者からみて、PはBを中心として小さい振幅で振動した。この振動を単振動とみなすと、振動の周期 T は [s] である。ただし、 θ [rad] は十分小さく、近似式 $\sin \theta \approx \theta$ 、 $\cos \theta \approx 1$ が成り立つとする。

の解答群

- ① $2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ ② $2\pi\sqrt{\frac{R}{g+R\omega^2}}$ ③ $2\pi\sqrt{\frac{R}{g-R\omega^2}}$ ④ $2\pi\sqrt{\frac{2R}{2g-R\omega^2}}$
 ⑤ $\sqrt{\frac{g}{R}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{g+R\omega^2}{R}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{g-R\omega^2}{R}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{2g-R\omega^2}{2R}}$

- (2) 次に、円環と物体Pの間に摩擦がある場合について考える。円環とPの間の静止摩擦係数を μ とする。

- (c) 円環が回転していないとき、Pを角 θ_1 ($0 < \theta_1 < \frac{\pi}{2}$) の位置に持ち上げ静かにはなしても、物体がすべらずに静止できる条件は である。

の解答群

- ① $\tan \theta_1 < \mu$ ② $\tan \theta_1 < \frac{1}{\mu}$ ③ $\tan \theta_1 > \mu$ ④ $\tan \theta_1 > \frac{1}{\mu}$

- (d) 円環を一定の角速度 ω [rad/s] で回転させる。Pが θ_2 ($0 < \theta_2 < \frac{\pi}{2}$) の位置ですべらずにとどまることができるとき、 ω の範囲は $< \omega < \input type="text" value="カ"/>$ である。ただし、 $\mu < \tan \theta_2 < \frac{1}{\mu}$ とする。

, の解答群

- ① $\sqrt{\frac{g}{R \sin \theta_2} \cdot \frac{1 + \mu \tan \theta_2}{\tan \theta_2 - \mu}}$ ② $\sqrt{\frac{g}{R \sin \theta_2} \cdot \frac{1 - \mu \tan \theta_2}{\tan \theta_2 + \mu}}$
 ③ $\sqrt{\frac{g}{R \sin \theta_2} \cdot \frac{\tan \theta_2 - \mu}{1 + \mu \tan \theta_2}}$ ④ $\sqrt{\frac{g}{R \sin \theta_2} \cdot \frac{\tan \theta_2 + \mu}{1 - \mu \tan \theta_2}}$
 ⑤ $\sqrt{\frac{g}{R} \cdot \frac{\tan \theta_2 - \mu}{1 + \mu \tan \theta_2}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{g}{R} \cdot \frac{\tan \theta_2 + \mu}{1 - \mu \tan \theta_2}}$
 ⑦ $\sqrt{\frac{g}{R} \cdot \frac{1 + \mu \tan \theta_2}{\tan \theta_2 - \mu}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{g}{R} \cdot \frac{1 - \mu \tan \theta_2}{\tan \theta_2 + \mu}}$

II 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。

(1) 室温 t_0 (°C) の部屋で次の実験を行なった。この温度での空気中の音速は 340 m/s であるとする。

(a) 長さ $l = 60$ cm で一様な線密度の弦の中央をはじいて基本振動を生じさせる。500 Hz の音になるように弦の張力を調節した。このとき、弦を伝わる波の速さは ア m/s であり、空気中を伝わる弦の音の波長は イ cm である。

ア , イ の解答群

- ① 0.68 ② 60 ③ 68 ④ 300 ⑤ 340
 ⑥ 440 ⑦ 500 ⑧ 600 ⑨ 1200

(b) 垂直に立てたガラス管に水を入れ、管口近くでおんさを鳴らしながら、水位を下からゆっくり上げていく。水面から管口までの距離を L [cm] とする。 $L = L_1$ で共鳴が起こり、更に水位を上げると $L = L_2$ のときに共鳴が起こった。 $L = L_1$ のときにできる定常波の節の個数は ウ である。ただし、管口は定常波の腹になっているものとする。

ウ の解答群

- ① $\frac{L_1 + L_2}{2(L_1 - L_2)}$ ② $\frac{L_1 + L_2}{L_1 - L_2}$ ③ $\frac{3L_1 - L_2}{2(L_1 - L_2)}$ ④ $\frac{3L_1 - L_2}{L_1 - L_2}$

管の全長が 120 cm のとき、管の下端から上端まで水位を変化させると、500 Hz のおんさとの間に エ 回共鳴が起こる。

エ の解答群

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4
 ⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7 ⑨ 8

管口から水面までの距離を 50 cm に固定して、管口近くにスピーカーを置いて音を出す。音の振動数を 40 Hz から 2000 Hz まで連続的に変化させると、 オ 回共鳴が起こる。

オ の解答群

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4
 ⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7 ⑨ 8

(2) 室温が t_0 [°C] から下がったとき、長さ l [cm] の弦と、管口と水面の距離が L [cm] の管の固有振動数の変化を正しく記述しているのは である。ただし、 L 、 l および弦の張力と線密度は温度変化の影響を受けないものとする。

室温を t_0 [°C] に保ち、部屋全体をヘリウムの気体で満たす。このとき、弦と管の固有振動数の空気中の値からの変化を正しく記述しているのは である。ただし、ヘリウム気体中の音速は空気中の音速の約 3 倍とする。また、 L 、 l および弦の張力と線密度はヘリウムの影響を受けないものとする。

, の解答群

| | 弦の固有振動数 | 管の固有振動数 |
|---|---------|---------|
| ① | 変化しない | 変化しない |
| ② | 変化しない | 増加する |
| ③ | 変化しない | 減少する |
| ④ | 増加する | 変化しない |
| ⑤ | 減少する | 変化しない |
| ⑥ | 増加する | 増加する |
| ⑦ | 減少する | 減少する |
| ⑧ | 増加する | 減少する |
| ⑨ | 減少する | 増加する |

Ⅲ 理想気体の2乗平均速度 $\sqrt{v^2}$ [m/s]に関する以下の問題の 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。気体定数は $R = 8.3 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ とする。

(a) 気体の温度を一定に保ち圧力を2.0倍にすると2乗平均速度は 倍になる。

の解答群

- ① 0.25 ② 0.50 ③ 0.71 ④ 1.0 ⑤ 1.4 ⑥ 2.0 ⑦ 4.0

(b) 気体の圧力と絶対温度を2.0倍にすると2乗平均速度は 倍になる。

の解答群

- ① 0.25 ② 0.50 ③ 0.71 ④ 1.0 ⑤ 1.4 ⑥ 2.0 ⑦ 4.0

(c) 温度と圧力が等しい分子量 M_1 [g/mol] の気体Aと分子量 M_2 [g/mol] の気体Bがある。2乗平均速度の比(Aの2乗平均速度/Bの2乗平均速度)は である。

の解答群

- ① $\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2$ ② $\frac{M_1}{M_2}$ ③ $\sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$ ④ 1
 ⑤ $\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ ⑥ $\frac{M_2}{M_1}$ ⑦ $\left(\frac{M_2}{M_1}\right)^2$

(d) 密度 1.5 kg/m^3 、圧力 $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ の気体の2乗平均速度は m/s である。

の解答群

- ① 4.0×10^2 ② 4.9×10^2 ③ 5.7×10^2 ④ 6.9×10^2
 ⑤ 1.6×10^5 ⑥ 2.4×10^5 ⑦ 3.2×10^5

図2のように、熱を通さない体積の等しい容器A、Bが細い管でつながれている。コックCは閉じられている。細い管の体積は無視でき、細い管もコックも外部との熱のやり取りはないとする。

(e) Aには圧力 p_A [Pa]、温度 T_A [K] の単原子分子の気体が入っていて、Bは真空である。Cを開けたあとじゅうぶん時間が経過したときの圧力は p_A の 倍になり、2乗平均速度はCを開ける前の値の 倍になる。

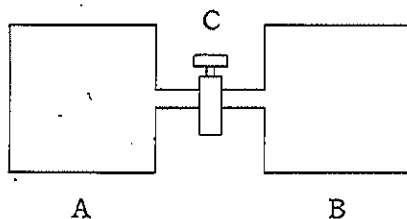


図2

, の解答群

- ① 0.25 ② 0.50 ③ 0.71 ④ 1.0 ⑤ 1.4 ⑥ 2.0 ⑦ 4.0

(f) コックCを閉じた図2の容器Aに $p_A = 4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, $T_A = 600 \text{ K}$ の単原子分子気体を入れ、容器Bには $p_B = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, $T_B = 300 \text{ K}$ の同じ分子からなる気体を入れた。コックCを開けたあとじゅうぶん時間が経過したときの圧力は $\times 10^5 \text{ Pa}$ になり、2乗平均速度はCを開く前の容器Bの気体の2乗平均速度の 倍になる。

の解答群

- ① 1.0 ② 1.5 ③ 2.0 ④ 2.5 ⑤ 3.0 ⑥ 3.5 ⑦ 4.0

の解答群

- ① 0.60 ② 0.77 ③ 1.0 ④ 1.3 ⑤ 1.7 ⑥ 2.0 ⑦ 2.8

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。

図3のように、 xy 平面上 $x \geq 0.1$ [m] の領域に、 x 軸に沿って直線状のレール J が、直線 $y = cx$ ($c > 0$) に沿ってレール K が、それぞれ固定されている。この平面には、紙面裏側から表側への向きに、磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁界がかけられている。2本の平行導線 C, D は、間隔 d [m] を保つように両端を軽い絶縁体で接続されており、 y 軸に平行なまま、 J, K 上を x 軸方向になめらかに運動することができる。 J は長さ d [m] あたり R [Ω] の電気抵抗を持つ。 K や C, D の電気抵抗、レールと導線の太さ、および電流が流れることによって新たに生じる磁界は無視できるとする。

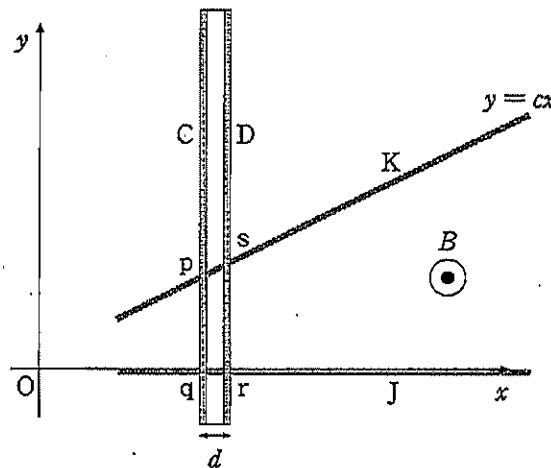


図3

(a) C の x 座標を x [m] とすると、 C, D と J, K で囲まれる部分を貫く磁束は [Wb] である。

C, D が x 軸の正の向きに速さ v [m/s] で運動しているとする、導線とレールで囲まれる部分に生じる誘導起電力の大きさ V [V] は $\times v$ で与えられる。

, の解答群

- ① cxB ② cdB ③ $2dB$ ④ $2cdB$ ⑤ $cd \frac{x}{3} B$
 ⑥ dxB ⑦ $cdxB$ ⑧ $cd \left(x + \frac{d}{2} \right) B$ ⑨ $cd \left(x + \frac{d}{3} \right) B$

(b) C, D と J, K で囲まれる部分に流れる電流の大きさ I [A] は であり、その向きは である。ただし、図3のように、 C, D と J, K の交点を p, q および r, s とする。

また、このとき磁界が2本の導線に及ぼす力 F [N] の大きさは $\times B$ で与えられ、その向きは である。

ウ, オ の解答群

- ① $2cdRvB$ ② $cdR\left(x + \frac{d}{2}\right)vB$ ③ $dRvB$
 ④ $\frac{cx}{R}vB$ ⑤ $\frac{cd}{R}vB$ ⑥ $\frac{vB}{R}$
 ⑦ $c^2d\frac{2x+d}{R}vB$ ⑧ $\frac{c^2d^2}{R}vB$ ⑨ $cd\frac{2x+d}{R}vB$

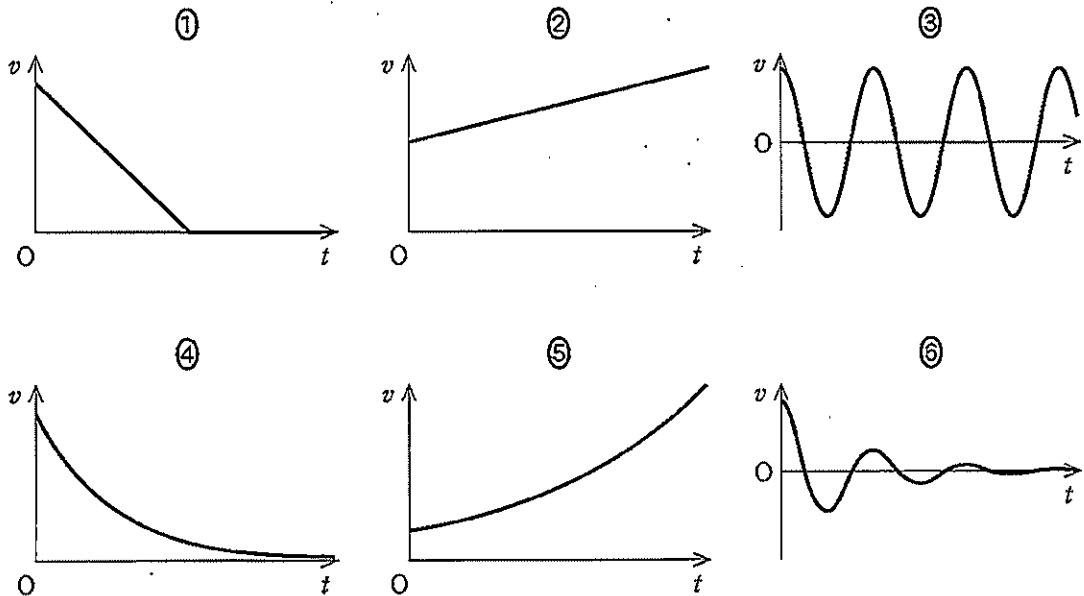
エ, カ の解答群

- ① x 軸正の向き ② x 軸負の向き ③ y 軸正の向き ④ y 軸負の向き
 ⑤ 紙面裏側から表側への向き ⑥ 紙面表側から裏側への向き
 ⑦ $p \rightarrow q \rightarrow r \rightarrow s \rightarrow p$ の向き ⑧ $p \rightarrow s \rightarrow r \rightarrow q \rightarrow p$ の向き

(c) 導線 C, D の質量を m [kg] とする。時刻 $t=0$ のとき, C, D を x 軸の正の向きに初速度 v_0 [m/s] (> 0) を与えて運動させたとする。 t [s] と導線の速度 v [m/s] との関係を表すグラフは **キ** となる。

このとき, 単位時間あたりに導線が失う(または得る)運動エネルギー P [W] は, 導線で発生するジュール熱に等しく, 問題(a)で求めた誘導起電力 V [V] と(b)で求めた電流 I [A] を用いて **ク** と表される。

キ の解答群



ク の解答群

- ① $\frac{V}{2I}$ ② $\frac{V}{I}$ ③ $\frac{2V}{I}$ ④ $\frac{1}{2}VI$ ⑤ VI
 ⑥ $2VI$ ⑦ $\frac{1}{2}VI^2$ ⑧ VI^2 ⑨ $2VI^2$