

2020年度採用

群馬県公立高等学校教員選考試験問題

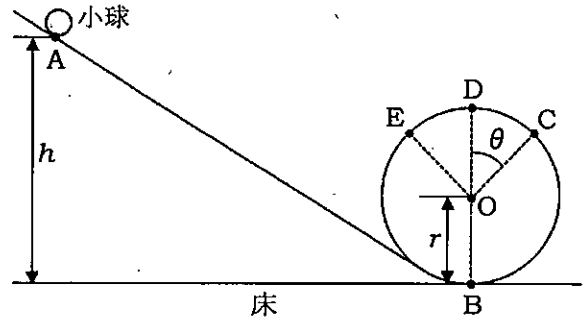
物 理

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

注 意 事 項

- 1 「開始」の指示があるまでは、問題用紙を開かないでください。
- 2 問題は、1ページから5ページまであります。「開始」の指示後、すぐに確認してください。
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入してください。
- 4 「終了」の指示があったら、直ちに筆記具を置き、問題用紙と番号順に重ねた解答用紙を机の上に置いてください。
- 5 退席の指示があるまで、その場でお待ちください。
- 6 この問題用紙は、持ち帰ってください。

1 図のように、水平な床の上に、ある傾きをもたせた部分と点 O を中心とする半径 r のループの部分からなるレールが固定されている。レールの表面はなめらかで、各部分はなめらかに接続されている。



床からの高さが h の点 A から、質量 m の小球を静かに放したところ、小球は鉛直面内でレールの内側に沿って円運動した。重力加速度の大きさを g 、小球の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとして、次の(1)～(6)の問いに答えなさい。なお、(2)、(3)、(4)の問いには答えだけでなく、考え方や計算の過程も書きなさい。

- (1) ループの最高点 D での小球の速さを求めよ。
- (2) ループの最高点 D で、小球がレールに及ぼす力の大きさを求めよ。
- (3) ループを一周するために必要な出発点の高さの最小値を求めよ。
- (4) 点 C において、小球がレールに及ぼす力の大きさを h と θ の関数として求めよ。ただし、鉛直方向と OC のなす角 (図の $\angle DOC$) を θ とする。
- (5) $\angle DOC = \angle DOE = 60^\circ$ のとき、円弧 CDE のレールを外した場合、小球が E 点で再びループに戻るために必要な出発点の高さを求めよ。
- (6) ある生徒が、「小球が点 C を通過するとき、小球には重力と垂直抗力と向心力の3つの力がはたかっているのではないか。」と誤ったとらえ方をした場合、この生徒に対してどのように説明したらよいか、書け。

2 n [mol] の理想気体の状態を、次の①、②のように変化させた。

① 気体の体積を V_0 [m³] に保ったまま加熱したところ、気体の温度と圧力はそれぞれ T_0 [K]、 P_0 [Pa] から、 T_1 [K]、 P_1 [Pa] に変化した。

② 気体の圧力を P_0 [Pa] に保ったまま加熱したところ、気体の温度と体積はそれぞれ T_0 [K]、 V_0 [m³] から、 T_1 [K]、 V_1 [m³] に変化した。

この気体の定積モル比熱を C_V [J/(mol·K)]、定圧モル比熱を C_P [J/(mol·K)]、気体定数を R [J/(mol·K)] として、次の(1)～(5)の問いに答えなさい。

(1) ①、②について、気体の温度が T_0 [K] から T_1 [K] に変化するまでの間の、圧力 P [Pa] と体積 V [m³] の関係、圧力 P [Pa] と温度 T [K] の関係、体積 V [m³] と温度 T [K] の関係を表すグラフをそれぞれ描け。なお、どちらが①、②の変化を示しているか分かるように、①、②を記入すること。

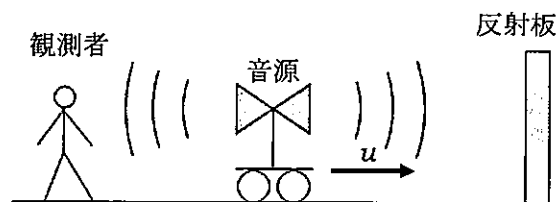
(2) ①、②について、気体の温度が T_0 [K] から T_1 [K] に上昇したとき、気体が吸収した熱量をそれぞれ求めよ。

(3) C_V [J/(mol·K)]、 C_P [J/(mol·K)]、 R [J/(mol·K)] の間には、マイヤーの関係 $C_P = C_V + R$ が成り立つことを示せ。

(4) 二原子分子の定積モル比熱が単原子分子の定積モル比熱より大きい理由を、簡潔に書け。

(5) 熱力学第1法則の表記には、 $Q = \Delta U + W$ と $\Delta U = Q + w$ がある。それぞれの式について、各物理量が何を表すかを明確に示し、式の解釈をそれぞれ書け。

3 図のように、観測者、音源、反射板が一直線上に並んでいる。観測者と反射板は静止しており、音源は速さ u で観測者から遠ざかっている。音源の振動数を f_0 、音速を V として、次の(1)~(6)の問いに答えなさい。なお、(3)の問いには答えだけでなく、考え方や計算の過程も書きなさい。



- (1) 観測者が聞く音源からの直接音の振動数を求めよ。
- (2) 観測者が聞く反射板からの反射音の振動数を求めよ。
- (3) 観測者が聞くうなりの回数を V 、 u 、 f_0 で表せ。ただし、 u は V よりも十分小さいものとする。
- (4) 音源の振動数が $f_0 = 340\text{Hz}$ のとき、観測者が1秒間に6回のうなりを聞いた。音速を $V = 340\text{m/s}$ とするとき、音源の速さ u を求めよ。
- (5) 反射板を図の一直線上で動かしたところ、(3)におけるうなりが聞こえなくなった。このとき、反射板を動かす向きと速さを求めよ。ただし、反射板の速さは音速より小さいものとする。
- (6) 日常の生活の中で、ドップラー効果を利用している例を1つ書け。

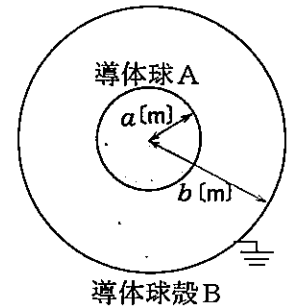
4 真空中に半径 a [m] の導体球Aがある。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] として、次の(1)~(6)の問いに答えなさい。なお、(3)の問いには答えだけでなく、考え方や計算の過程も書きなさい。

初めに、導体球Aに正電荷 Q [C] を与えた。

- (1) 導体球Aが蓄えている正電荷はどのように分布しているか、書け。
- (2) 導体球Aの中心から距離 r [m] ($r > a$) の点の電場の強さを求めよ。

次に、図のように、半径 b [m] の薄い導体球殻Bを、導体球Aと同心にしてかぶせ、導体球殻Bを接地した。

- (3) 導体球Aと導体球殻Bを極板とするコンデンサーと考えて、このコンデンサーの電気容量を求めよ。



- (4) 地球を導体球と考えた場合、地球の電気容量を求めよ。ただし、 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m、地球の半径を6400kmとする。
- (5) コンデンサーの極板間に誘電体を挿入すると、電気容量が大きくなる理由を簡潔に書け。
- (6) 自宅にあるもので簡単にコンデンサーを作る方法を簡潔に書け。

5 ${}_{15}^{32}\text{P}$ (リン) は、半減期 14 日で β 崩壊をして S (硫黄) になる。次の (1) ~ (4) の問いに答えなさい。

(1) この S の質量数と原子番号をそれぞれ求めよ。

(2) ${}_{15}^{32}\text{P}$ の原子核数は、56 日後には初めの何倍になるか、求めよ。

(3) 放射性同位体の原子核数 N が、時間 t とともに $N=N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ のように減少する様子を教室でシミュレーションするための方法を、簡潔に書け。ただし、初めの原子核数を N_0 、半減期を T とする。

(4) $N=N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ は $N=N_0e^{-\lambda t}$ と変形することができる。(3) の方法でシミュレーションを行ったとき、定数 λ に関して考察できることを、簡潔に書け。

科目	物理解答用紙	2枚中の1	受験番号		氏名	
----	--------	-------	------	--	----	--

(2020年)

1 (1)

(2)

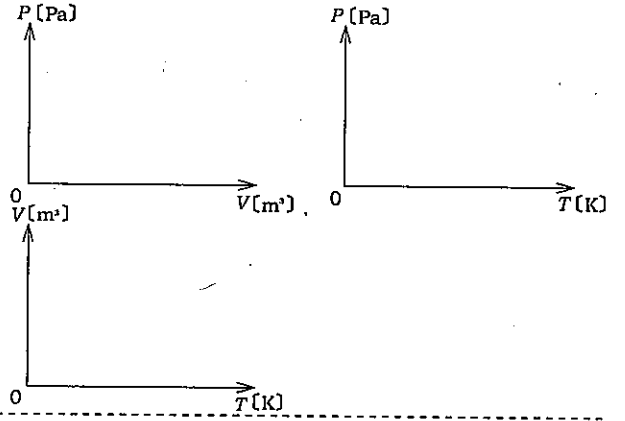
(3)

(4)

(5)

(6)

2 (1)



(2)

① :

② :

(3)

(4)

(5)

$$Q = \Delta U + W$$

$$\Delta U = Q + w$$

科目	物理解答用紙	2枚中の2	受験番号		氏名	
----	--------	-------	------	--	----	--

(2020年)

3 (1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

4 (1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

5 (1)

質量数： 原子番号：

(2)

(3)

(4)

以下はあくまでも解答の一例です。

科目	物理解答用紙	2枚中の1	受験番号	氏名
----	--------	-------	------	----

(2020年)

1 (1)

$$\sqrt{2g(h-2r)}$$

3点

(2) レールが小球に及ぼす力の大きさを N_0 とすると、点Dでの向心方向の運動方程式より

$$\frac{mv^2}{r} = mg + N_0$$

ここで、(1)の答を代入し、

$$N_0 = \frac{mv^2}{r} - mg = \frac{mg}{r}(2h-5r)$$

4点

(3) 求める高さを h_0 とすると、(2)の答で、 $N_0 = 0$ のとき $h = h_0$ より、

$$\frac{mg}{r}(2h_0-5r) = 0$$

よって、

$$h_0 = \frac{5}{2}r$$

4点

(4) 点Cでの速さを v_1 とすると、力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = mg(h-r(1+\cos\theta))$$

また、小球がレールから受ける垂直抗力の大きさを N_1 とすると、向心方向の運動方程式より、

$$\frac{mv_1^2}{r} = mg\cos\theta + N_1$$

2式によって v_1 を消去すると、

$$N_1 = \frac{mg}{r}(2h-3r\cos\theta-2r)$$

5点

(5)

$$\frac{5}{2}r$$

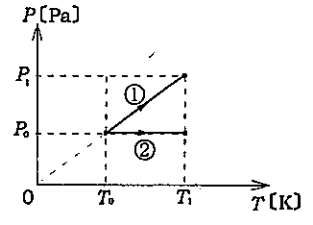
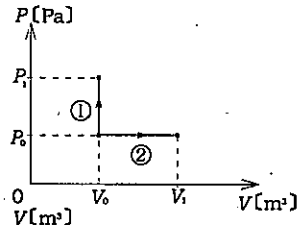
3点

(6) (例)

向心力は物体の運動の向きを変えて、円運動をさせるはたらきをする力であり、点Cでは、重力の半径方向の成分と垂直抗力の合力が向心力の役割をしている。

3点

2 (1)



6点

(2)

$$\textcircled{1} : nC_V(T_1 - T_0) \quad [\text{J}]$$

$$\textcircled{2} : nC_P(T_1 - T_0) \quad [\text{J}]$$

4点

(3) ②について、熱力学第1法則より、

$$Q = \Delta U + W$$

$$nC_P(T_1 - T_0) = nC_V(T_1 - T_0) + P_0(V_1 - V_0) \\ = nC_V(T_1 - T_0) + nR(T_1 - T_0)$$

よって、

$$C_P = C_V + R$$

4点

(4) (例)

二原子分子の方が、回転や振動のエネルギーの分、単原子分子より定積モル比熱 C_V が大きくなる。

3点

(5) (例)

$$Q = \Delta U + W$$

気体が吸収した熱量 Q は、気体の内部エネルギーの変化 ΔU と気体が外部にした仕事 W の和に等しい。

$$\Delta U = Q + w$$

気体の内部エネルギーの変化 ΔU は、気体が吸収した熱量 Q と気体が外部からされた仕事 w の和に等しい。

4点

科目	物理解答用紙	2枚中の2	受験番号	氏名
----	--------	-------	------	----

(2020年)

3 (1)

$$\frac{V}{V+u} f_0$$

3点

(2)

$$\frac{V}{V-u} f_0$$

3点

(3) (1)、(2)の振動数の差より、

$$\left(\frac{1}{V-u} - \frac{1}{V+u} \right) V f_0$$

$$= \frac{2uV}{V^2 - u^2} f_0 = \frac{2 \frac{u}{V} f_0}{1 - \frac{u^2}{V^2}} \approx \frac{2u}{V} f_0$$

4点

(4)

$$u = 3.0 \text{ m/s}$$

4点

(5)

観測者から遠ざかる向きに、 u の速さで動かす。

3点

(6) (例)

スピードガン

3点

4 (1)

導体球Aの表面に一様に分布している。

3点

(2)

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \quad [\text{N/C}]$$

3点

(3) 導体球Aの電位を V とすると、

$$\begin{aligned} V &= \int_b^a \left(-\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \right) dr \\ &= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left[-\frac{Q}{r} \right]_b^a \\ &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \end{aligned}$$

求める電気容量を C とすると、
 $Q = CV$ より、

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{4\pi\epsilon_0 ab}{b-a} \quad [\text{F}]$$

5点

(4)

$$7.11 \times 10^{-4} \text{ F}$$

4点

(5) (例) 誘電体に現れる誘電分極による電場によって、極板間の電場の強さ E が小さくなる。

極板間の電位差 $V = \int (-E) dr$ より、 E が小さくなると V も小さくなる。電気容量を C とすると、電荷 $Q = CV$ より、 Q は一定なので、 V が小さくなると C は大きくなる。

3点

(6) (例) プラスチック製のコップと2枚のアルミホイルを用意し、2枚のアルミホイルが接触しないように、それぞれをコップ側面の内側と外側に巻き付ける。

3点

5 (1)

質量数：32 原子番号：16

4点

(2)

$$\frac{1}{16} \text{ 倍}$$

4点

(3) (例) 生徒全員に1人1個のさいころを持たせる。最初、全員が立っている状態で、合図に合わせてさいころを振り、1の目が出た生徒のみ座らせる。1分ごとに立っている生徒のみにさいころを振らせ、1の目が出た生徒のみ座らせる。これを繰り返し、立っている生徒数を記録していく。

4点

(4) (例)

$\lambda = \frac{\log_e 2}{T}$ となり、(3)の結果を代入すると

$\lambda = \frac{1}{6} \approx 0.17$ に近い値となるため、 λ は原子核が崩壊する確率を表す定数であることが考察できる。

4点