

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2 月 2 日 —

物 理
化 学
生 物

この中から 1 科目を選択して解答しなさい。

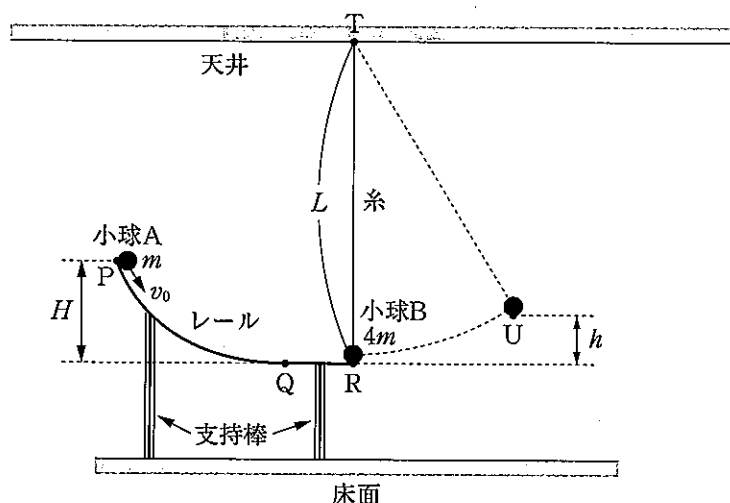
科 目	問 題 の ペ ー ジ
物 理	1 ～ 4
化 学	5 ～ 11
生 物	12 ～ 19

解答用紙をビニール袋から取り出し、選択した科目の解答用紙にすべて記入して提出しなさい。

1

図のように、点Pから点Rに至るレールが支持棒により水平な床面から浮かせて固定されている。このレールは、最高点Pから点Qに至る曲線部と、点Qから点Rに至る水平部から成り、点Qで滑らかにつながっている。レールの最高点Pは点Rよりも鉛直高さ H だけ高い位置にある。また、天井の点Tに一端が固定された長さ L ($L > H$) の伸び縮みしない軽い糸で鉛直に吊り下げられた小球Bが点Rに位置している。ただし、小球Bは糸によってのみ支えられており、レールからの抗力は受けていない。

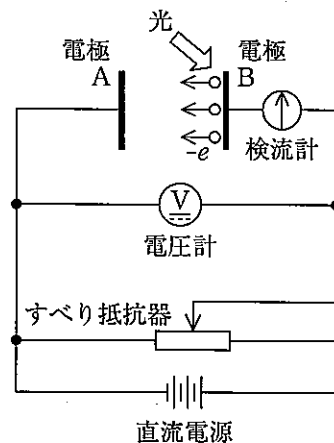
いま、点Pから質量 m の小球Aを初速 v_0 でレールに沿って打ち出した。小球Aはレールに沿って滑り降り、点Qを通過して点Rにおいて小球Bと正面衝突した。小球Bの質量は $4m$ であり、小球Aと小球Bの衝突のはねかえり係数は0.5である。小球Aが小球Bに衝突した後、小球Aはレールに沿ってはねかえされ、小球Bは固定点Tを中心とする半径 L の円弧に沿った運動をして点Rよりも鉛直高さ h ($h < L$) だけ高い最高点Uに到達した。レールの表面は滑らかで摩擦はなく、また空気抵抗もないものとする。重力加速度の大きさを g として、以下の各問いに答えなさい。なお、以下の各問いでは、小球Aが初めて点Rに到達して小球Bと衝突する場合、およびその衝突による運動を考えるものとする。また、小球Aと小球Bの運動はすべてレールを含む鉛直面内で行われるものとする。



- (1) 小球Aと小球Bの衝突直前の小球Aの速さを g , m , H , v_0 の中から適切な記号を用いて求めなさい。
- (2) 小球Aと小球Bの衝突直後の小球Bの速さを g , m , H , v_0 の中から適切な記号を用いて求めなさい。
- (3) 衝突後に小球Bが到達する高さ h を g , m , H , v_0 の中から適切な記号を用いて求めなさい。
- (4) 小球Aと小球Bの力学的エネルギーの和は、この衝突によってどれだけ減少したか、 g , m , H , v_0 の中から適切な記号を用いて求めなさい。
- (5) 小球Aの初速 v_0 が0のとき、衝突後に小球Bが到達する高さ h が L の $\frac{1}{20}$ となるのは H がいくらのときか。 L を用いて求めなさい。

2

ある波長の光を金属電極に照射すると電極から電子が飛び出すことが知られている。図に示すように、真空中に2枚の金属でできた電極 A と電極 B が平行におかれている。すべり抵抗器と直流電源を用いることにより、電極 A, B 間の電圧は変化させることができるようになっている。電子の質量を m 、電荷を $-e$ ($e > 0$) とし、電子に働く重力の影響、また、検流計の内部抵抗の影響は考えないものとして、以下の各問いに答えなさい。答えはそれぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。



電極 B にある波長の光を照射したところ、初速 v_0 で電子が電極 B を飛び出し検流計に電流が流れた。このとき、電圧計の指示値は V ($V > 0$) であった。

- (1) 電極 A, B 間の電場の向きと、電極 B から飛び出した電子に働く静電気力の向きを求めなさい。
- (2) 電極 B から飛び出した直後の電子の運動エネルギーを求めなさい。
- (3) 電子が電極 B から電極 A に到達するまでに静電気力がする仕事を求めなさい。
- (4) 電子が電極 A に到達する直前の速さを求めなさい。

電極 B にこの波長の光を照射し続けながら、電圧計の指示値が V より増加するようにすべり抵抗器を操作すると、ある電圧になったとき電流が流れなくなった。

- (5) 電流が流れなくなったときの電極 A, B 間の電圧を求めなさい。

〔解答群〕

- (1) ア. 電場の向き：電極 B から電極 A へ向かう方向、静電気力の向き：電極 A から電極 B へ向かう方向
 イ. 電場の向き：電極 B から電極 A へ向かう方向、静電気力の向き：電極 B から電極 A へ向かう方向
 ウ. 電場の向き：電極 A から電極 B へ向かう方向、静電気力の向き：電極 A から電極 B へ向かう方向
 エ. 電場の向き：紙面の奥から手前へ向かう方向、静電気力の向き：電極 B から電極 A へ向かう方向
 オ. 電場の向き：紙面の手前から奥へ向かう方向、静電気力の向き：電極 B から電極 A へ向かう方向

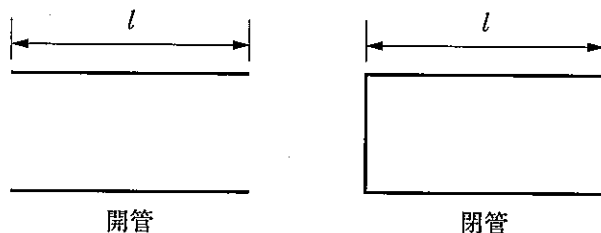
(2) ア. mv_0 イ. $\frac{1}{2}mv_0^2$ ウ. $2mv_0$ エ. $2mv_0^2$ オ. $\frac{1}{2}mv_0$

(3) ア. $2eV$ イ. eV ウ. $\frac{1}{2}eV^2$ エ. $-eV^2$ オ. $-eV$

(4) ア. $\sqrt{v_0^2 - \frac{2eV}{m}}$ イ. $\sqrt{v_0^2 - \frac{eV^2}{2m}}$ ウ. $v_0\sqrt{\frac{2eV}{m}}$ エ. $\sqrt{v_0^2 - \frac{eV}{2m}}$ オ. $v_0\sqrt{\frac{eV}{2m}}$

(5) ア. $\frac{\sqrt{2}mv_0}{2e}$ イ. $\frac{2mv_0}{e}$ ウ. $\frac{mv_0}{2e}$ エ. $\frac{mv_0^2}{2e}$ オ. $\frac{2mv_0^2}{e}$

- 3** 空気中に置かれた図のような長さ l [m] の開管と閉管がある。これらの管内の気柱を伝わる音波がつくる定常波について、以下の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、開口端と定常波の腹の位置とは一致するものとし、必要があれば、温度 t [°C] のときの空気中の音速 v [m/s] を求める式、 $v = 331.5 + 0.6t$ を用いなさい。



図

表

気体	音速 [m/s]
空気	331.5
二酸化炭素	258
ヘリウム	970

はじめに2つの管を温度0°Cの空気中においた。

- (1) 開管と閉管にできる定常波の基本振動数の差が Δf [Hz] であった。開管および閉管の長さ l [m] を求めなさい。
- (2) 開管にできる定常波の2倍振動と閉管にできる定常波の3倍振動の場合の波長の差は何 m か。
- (3) 開管を0°Cの空気中においた場合、0°Cの二酸化炭素中においた場合、0°Cのヘリウム中においた場合で、基本振動数の定常波ができるとき、振動数の大きさの順序はどのようになるか。ただし、0°Cのときの各気体の音速は表の通りである。

次に、空気中に置かれた開管と気柱の温度を t_1 [°C] に上昇させた。

- (4) 温度が t_1 [°C] の場合と0°Cの場合の開管にできる定常波の基本振動数の差は何 Hz か。ただし、ここでは管の熱膨張は考えないものとする。
- (5) 温度上昇に伴う開管の熱膨張を考慮してみよう。温度上昇によっても定常波の基本振動数が0°Cの場合と変わらないようにするには、管の線膨張率 α [1/K] はどのくらいの値が必要か。最も近いものを求めなさい。

〔解答群〕

- (1) ア. 0 イ. $\frac{331.5}{4\Delta f}$ ウ. $\frac{331.5}{2\Delta f}$ エ. $\frac{331.5}{\Delta f}$ オ. $\frac{663}{\Delta f}$
- (2) ア. 0 イ. $\frac{1}{4}l$ ウ. $\frac{1}{3}l$ エ. l オ. $2l$

- (3) ア. ヘリウム>二酸化炭素>空気 イ. 二酸化炭素>空気>ヘリウム
 ウ. ヘリウム>空気>二酸化炭素 エ. 空気>二酸化炭素>ヘリウム
 オ. 気体の種類によって変わらない

(4) ア. $\frac{331.5t_1}{l}$ イ. $\frac{0.6t_1}{4l}$ ウ. $\frac{0.6t_1}{2l}$ エ. $\frac{331.5t_1}{2l}$ オ. $\frac{331.5t_1}{4l}$

- (5) ア. 0.05 イ. 0.02 ウ. 0.005 エ. 0.002 オ. 0.0005

4 質量 500 g で比熱 $0.40 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ の物体 A, 質量 1000 g で比熱 $0.50 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ の物体 B, 質量 500 g で比熱 $1.0 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ の物体 C がある。熱のやりとりに関する以下の各問いに答えなさい。

- (1) 物体 A の熱容量は何 J/K か。
- (2) 物体 A の温度を 25°C から 150°C まで上げるとき, 必要な熱量は何 J か。
- (3) 温度が 150°C の物体 A を, 温度が 10°C の物体 B に接触させ, 熱平衡に達したとき, 物体 B の温度は何 $^\circ\text{C}$ になるか。ただし, 熱のやりとりは, 物体 A と物体 B の間のみで起こるものとする。

電熱器を使用して物体 C を温めた。電熱器の電熱線には, 直流の電圧 100 V をかけて, 0.50 A の電流を流した。

- (4) この電熱器で物体 C の温度を 30°C から 210°C まで温めるのにかかる時間は何 s か。ただし, 電熱器の熱はすべて物体 C に伝わるものとし, まわりに熱は逃げないものとする。
- (5) (4)において, 電熱器が消費した電力量は何 kWh か。