

平成31年度採用

群馬県公立高等学校教員選考試験問題

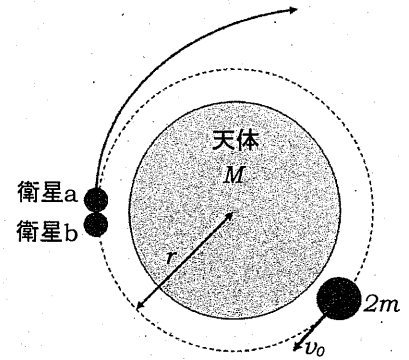
物 理

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、質量 M の天体のまわりを質量 $2m$ の衛星が一定の速さ v_0 で半径 r の円軌道上を回っている。万有引力定数を G として、次の(1)~(4)の問いに答えなさい。なお、(2)、(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) v_0 を r 、 G 、 M で表せ。

次に、衛星を質量が等しい2つの衛星 a と衛星 b に瞬間的に分離させたところ、分離の前後で衛星の運動の向きに変化はなく、衛星 a は加速し衛星 b は減速した。分離直後の衛星 a と衛星 b の相対速度の大きさを v とする。

- (2) 分離直後の衛星 a の速さ v_a と衛星 b の速さ v_b を v 、 v_0 でそれぞれ表せ。

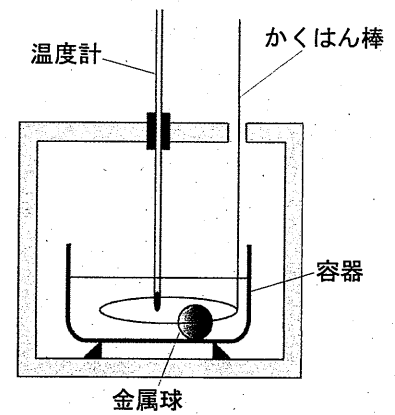
- (3) 分離直後の衛星 a の万有引力による位置エネルギーは、無限遠を基準として
$$U = -G \frac{Mm}{r}$$

で表される。この式を、位置エネルギーの定義に基づいて導出せよ。

- (4) 分離直後の相対速度が大きすぎると衛星 a は無限遠に飛び去ってしまう。衛星 a が無限遠に飛び出す最小の相対速度の大きさ v を v_0 で表せ。

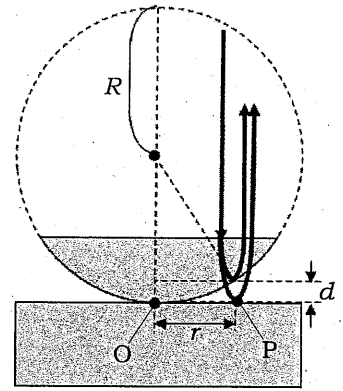
2 図のように、容器、かくはん棒及び温度計を断熱材でできた箱に入れた水熱量計を用いて、金属の比熱を求める実験を行った。水の比熱を c_0 [J/(g·K)]、水熱量計の熱容量を C [J/K] として、次の(1)～(6)の問いに答えなさい。

はじめに、容器に水 M [g] を入れ、しばらく待つと水の温度は t_0 [°C] になった。次に、質量 m [g] の金属球を t_1 [°C] に熱し、水熱量計の中へ入れ、かくはん棒で静かにかき混ぜたところ、水の温度は t_2 [°C] となった。



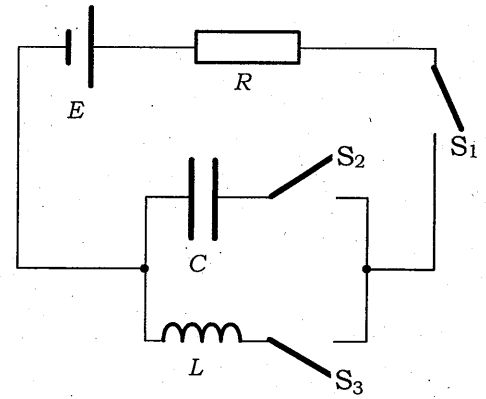
- (1) 水熱量計と外部との間に熱の出入りがなかったものとして、金属球の比熱を求めよ。
- (2) 実験の結果、 $M = 200.0\text{g}$ 、 $m = 100.0\text{g}$ 、 $t_0 = 25.0^\circ\text{C}$ 、 $t_1 = 100.0^\circ\text{C}$ 、 $t_2 = 32.0^\circ\text{C}$ であった。 $c_0 = 4.19\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、 $C = 40\text{J}/\text{K}$ として、(1)の結果を用いて、金属球の比熱を有効数字2桁で求めよ。
- (3) この実験の結果に誤差が生じる原因として、水熱量計と外部との間の熱の出入り以外でどのようなことが考えられるか、1つ書け。
- (4) はじめの水温は室温に対してどのように設定すればよいか、その理由も含めて簡潔に書け。
- (5) 実験の途中、容器の中の水を少しこぼしてしまった場合、求める比熱は正しい値と比べてどのようなになると考えられるか、その理由も含めて簡潔に書け。
- (6) この実験をより発展的な内容にするためには、どのような工夫が考えられるか、1つ書け。

3 図のように、曲率半径 R [m] の平凸レンズを平面ガラスの上にお
 のせ、波長 λ [m] の単色光を真上から入射させて反射光を観察し
 たところ、点 O を中心とした、同心円状に広がる明暗の縞模様が見
 えた。点 O から距離 r [m] の位置の点 P での空気層の厚さを
 d [m] として、次の(1)～(5)の問いに答えよ。なお、(2)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) 点 P で暗くなる条件を d 、 λ 、 m ($m=0, 1, 2, \dots$) で表せ。
- (2) $2d$ を r と R で表せ。ただし、 R は d に比べて十分に大きいものとする。
- (3) 点 O から数えて m 番目の暗環の半径を求めよ。
- (4) 隣り合う暗環の間隔は、中心から遠ざかるにつれて、どのようになるか。その理由も含めて簡潔に書け。なお、必要であれば図を用いてもよい。
- (5) 波長 $\lambda = 5.0 \times 10^{-7} \text{m}$ の光を入射させたところ、点 O から数えて 2 番目の暗環の半径が $1.0 \times 10^{-2} \text{m}$ となった。レンズの曲率半径 R を求めよ。

4 図のように、電圧 E の直流電源、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサー、自己インダクタンス L のコイル、およびスイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 で構成された回路がある。はじめ、コンデンサーに電荷はなく、すべてのスイッチは開いた状態にしておく。また、回路において電源の内部抵抗、導線の抵抗など R 以外の抵抗は無視できるものとする。次の(1)～(5)の問いに答えよ。なお、(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) はじめの状態から、スイッチ S_1 と S_2 を閉じた。このときの時刻を $t=0$ として、 $t=0$ から十分時間が経過するまでの間に、抵抗に流れる電流 I と時刻 t の関係を表すグラフをかけ。ただし、電流 I は閉回路を右回りに流れる向きを正とする。
- (2) 次に、スイッチ S_2 を開き、 S_1 を閉じたまま S_3 を閉じた。このときの時刻を $t=0$ として、 $t=0$ から十分時間が経過するまでの間に、抵抗に流れる電流 I と時刻 t の関係を表すグラフをかけ。ただし、電流 I は閉回路を右回りに流れる向きを正とする。
- (3) 回路をはじめの状態に戻し、スイッチ S_2 と S_3 を閉じた状態で S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じてから十分時間が経過したとき、抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流をそれぞれ求めよ。また、このとき、コイル、コンデンサーに蓄えられているエネルギーをそれぞれ求めよ。
- (4) 次に、スイッチ S_1 を閉じて十分時間が経過した状態から、 S_1 を開いた。この後、コンデンサーの両端にかかる電圧の最大値を求めよ。
- (5) スwitch S_1 を開いた時刻を $t=0$ として、時刻 $t > 0$ におけるコンデンサーに流れる電流 I と時刻 t の関係を表すグラフをかけ。ただし、電流 I は閉回路を右回りに流れる向きを正とする。

- 5 金属の表面に紫外線のような波長の短い光を当てると、金属内部の電子が飛び出してくる現象を光電効果という。また、このとき飛び出してくる電子を光電子という。光電効果には次のⅠ～Ⅲの特徴がある。後の(1)、(2)の問いに答えなさい。

- Ⅰ 当てる光の振動数が金属固有の値より小さければ、どんなに強い光を当てても光電子は飛び出さない。
- Ⅱ 当てる光の振動数が金属固有の値以上であれば、どんなに弱い光であっても当てたとたんに光電子は飛び出す。
- Ⅲ 当てる光の振動数が一定のとき、光の強度に比例して光電子の数が増える。

- (1) Ⅰ～Ⅲの特徴は、光を波と考えると矛盾が生じるが、光を粒子と考えるとうまく説明ができる。Ⅰ～Ⅲの特徴を、アインシュタインの光量子仮説を用いて、それぞれ説明せよ。
- (2) 日常生活の中で、光の波動性と粒子性を表す具体的な現象を、それぞれ1つ書け。

科 目	物理解答用紙	2枚中の1	受験 番号		氏 名	
--------	--------	-------	----------	--	--------	--

(31年)

1 (1)

(2)

(3)

(4)

2 (1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

3 (1)

(2)

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

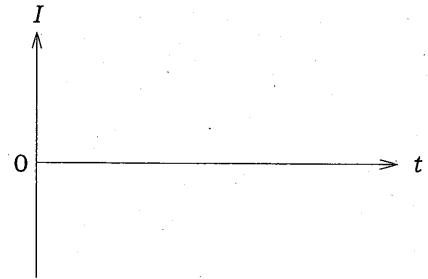
(31年)

3 (3)

(4)

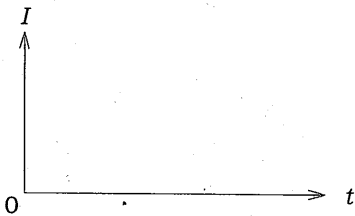
(4)

(5)

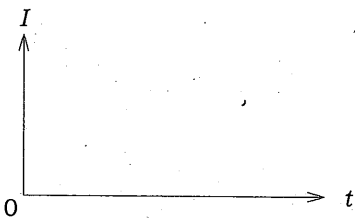


(5)

4 (1)



(2)



(3)

〈電流〉

抵抗： コイル：

コンデンサー：

〈エネルギー〉

コイル： コンデンサー：

5 (1)

I

II

III

(2)

波動性

粒子性

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
----	--------	-------	------	----

(31年)

1 (1)

$$v_0 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

4点

(2)

運動量保存則より

$$2m v_0 = m v_a + m v_b$$

また、相対速度より

$$v = v_a - v_b$$

2式を連立させて解くと

$$v_a = v_0 + \frac{v}{2}$$

$$v_b = v_0 - \frac{v}{2}$$

6点

(3)

天体の中心からの距離を x とすると、万有引力 F は

$$F = -\frac{GMm}{x^2}$$

となる。万有引力による位置エネルギーは、無限遠を基準点とし、ある位置 r から基準点まで衛星 a を移動させたとき、万有引力 F のする仕事で表せるので、仕事 W は

$$\begin{aligned} W &= \int_r^\infty \left(-\frac{GMm}{x^2} \right) dx \\ &= \left[G \frac{Mm}{x} \right]_r^\infty \\ &= -G \frac{Mm}{r} \end{aligned}$$

となる。よって、万有引力による位置エネルギー U は

$$U = -G \frac{Mm}{r}$$

と表せる。

5点

(4)

$$v = 2(\sqrt{2} - 1)v_0$$

4点

2 (1)

$$\frac{(Mc_0 + C)(t_2 - t_0)}{m(t_1 - t_2)} \quad [\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$$

4点

(2)

$$0.90 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$$

4点

(3) (例)

熱した金属球を水熱量計に移す際、熱の一部が空気中に逃げってしまうため。

3点

(4) (例)

金属球を入れた後、水熱量計から外部に熱が逃げるため、金属球を入れる前は、水温は室温より低めにした方がよい。

3点

(5) (例)

実際より水の質量を大きな値で計算することになるので、比熱は正しい値より大きくなる。

3点

(6) (例)

異なる種類の金属を複数用意し、比熱の値から金属を同定させる。

3点

3 (1)

$$2d = m\lambda$$

4点

(2)

三平方の定理より

$$R^2 = (R - d)^2 + r^2$$

$$= R^2 \left(1 - \frac{d}{R} \right)^2 + r^2$$

ここで、 $R \gg d$ より

$$R^2 \approx R^2 \left(1 - \frac{2d}{R} \right) + r^2$$

よって、

$$2d \approx \frac{r^2}{R}$$

5点

科 目	物理解答用紙	2枚中の2	受験 番号	氏 名
--------	--------	-------	----------	--------

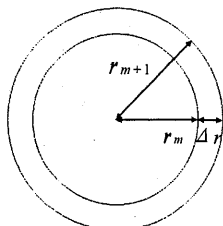
(31年)

3 (3)

$$\sqrt{mR\lambda} \quad [\text{m}]$$

4点

(4)



同心円の中心から m 番目、 $m+1$ 番目の暗環の半径をそれぞれ r_m 、 r_{m+1} とすると、求める暗環の間隔 Δr は、

$$\begin{aligned} \Delta r &= r_{m+1} - r_m \\ &= \sqrt{(m+1)R\lambda} - \sqrt{mR\lambda} \\ &= \frac{\sqrt{R\lambda}}{\sqrt{m+1} + \sqrt{m}} \end{aligned}$$

となる。

m が大きくなるほど、 Δr は小さくなる。
よって、暗環の間隔は小さくなる。

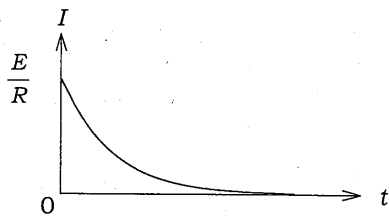
5点

(5)

$$1.0 \times 10^2 \text{ m}$$

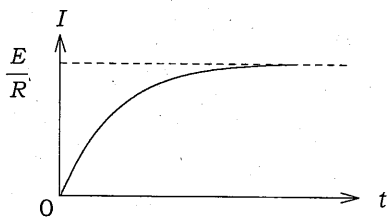
4点

4 (1)



3点

(2)



3点

(3)

〈電流〉 抵抗： $\frac{E}{R}$ コイル： $\frac{E}{R}$
コンデンサー：0

〈エネルギー〉
コイル： $\frac{LE^2}{2R^2}$ コンデンサー：0

各2点

(4)

コンデンサーに加わる電圧の最大値を V_{max} として、エネルギー保存則より

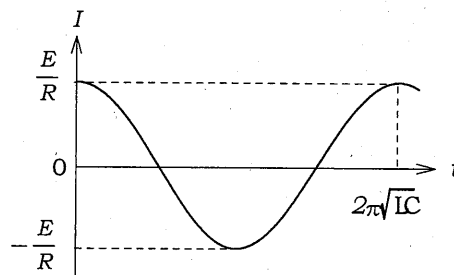
$$\frac{1}{2} CV_{max}^2 = \frac{LE^2}{2R^2}$$

よって

$$V_{max} = \frac{E}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

5点

(5)



3点

5 (1)

I

光子1個あたりのエネルギーは振動数に比例し、光子1個と電子1個が反応すると考えると、光子1個あたりのエネルギーが仕事関数に満たなければ光電子は飛び出さない。

3点

II

光子の数が少ない弱い光でも、光子1個あたりのエネルギーが仕事関数以上であれば、光電子はすぐに飛び出す。

3点

III

光子1個と電子1個が反応すると考えると、光子の数に比例して飛び出す光電子の数も増える。

3点

(2) (例)

波動性

シャボン玉が色づいて見える。 3点

粒子性

弱い日光でも浴びると日焼けをする。 3点