令和３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。

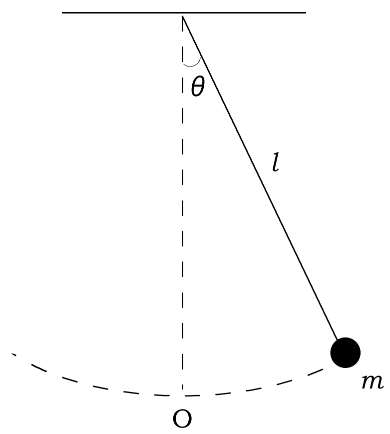
3　解答は、すべて解答用紙に記入してください。

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、長さ l の軽くて伸び縮みしない糸の先に質量 m の小さなおもりを付け、他端を天井につるす。おもりを最下点Oから少し横へ引いて手を放したところ、天井につるした点を含む鉛直面内でおもりが左右に振動した。糸が鉛直線となす角を θ、重力加速度の大きさを g とし、糸はたるまず、空気抵抗は無視できるものとして、次の(1)～(9)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)　最下点Oから円周に沿った変位を右向きを正として、おもりの接線方向の運動方程式を書け。

(2)　角 θ におけるおもりの速さを v、手を放した瞬間の角を $\theta = \theta_0$ として、(1)の運動方程式を解き、角 θ と速さ v の関係を求めよ。

(3)　糸の長さに比べて振幅が十分に小さい場合、振動の周期を求めよ。

(4)　(3)の結果から分かることを簡潔に書け。

(5)　手を放した時刻を $t = 0$、このときの角を $\theta = \theta_0$ として、角 θ を時刻 t の関数として求めよ。

(6)　ある生徒が、「重力 mg と糸の張力 S の合力は常に $mg\sin\theta$ に等しい。」と誤ったとらえ方をした場合、この生徒に対してなぜ誤りであるかをどのように説明したらよいか、書け。

授業において、上の図のような装置を用いて振り子の周期を測定することによって、重力加速度の大きさ g を求める実験を行った。糸の長さ l を測定したところ、1.00 mであった。また、おもりが10回振動するごとに時刻 t' を測定し、次の表にまとめた。

回　数	時刻 t'(s)	回　数	時刻 t'(s)
10	20.18	60	120.95
20	40.40	70	141.10
30	60.54	80	161.21
40	80.70	90	181.18
50	100.75	100	201.36

(7)　重力加速度の大きさ g を求める際、有効数字は何桁まで求めればよいか、書け。

(8)　表の結果から、振り子の周期の平均値を求める方法として考えられるものを、簡潔に説明せよ。

(9)　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。

2　光や電子の波動性と粒子性に関して、次の(1)～(4)の問いに答えなさい。ただし、プランク定数を h、真空中の光速度を c とする。

(1)　光子の振動数を ν として、光子の運動量を h、c、ν を用いて表せ。

(2)　光子の運動量を p として、光の波長を p、h を用いて表せ。

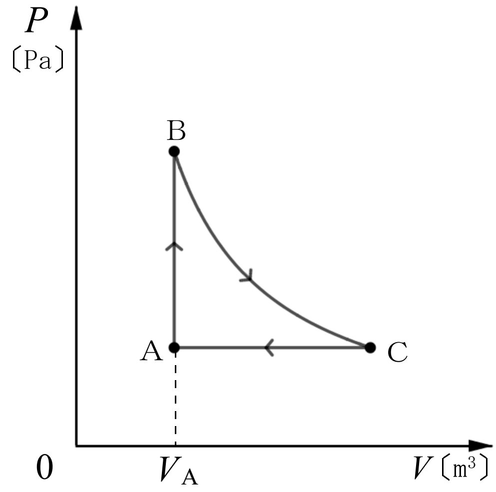
(3)　質量 m の電子についても波動性があると考えた場合、速度 v の電子波の波長を m、v、h を用いて表せ。

(4)　電子波においても光子と同じように、電子波の速度 v と振動数 ν、波長 λ の間には $v = \nu\lambda$ の関係があると考えると矛盾が生じる。どのような矛盾が生じるか、数式を用いて簡潔に説明せよ。

3　n〔mol〕の単原子分子理想気体をピストンのついたシリンダー内に入れ、その状態を図のように状態A→状態B→状態C→状態Aと変化させる熱機関について考える。

状態A→状態Bは定積変化、状態B→状態Cは等温変化、状態C→状態Aは定圧変化であり、状態Bの気体の圧力は状態Aのときの３倍であった。

状態Aの気体の体積を V_A〔m³〕、気体の温度を T_A〔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)　熱機関について、具体例を挙げて簡潔に説明せよ。

(2)　状態Bでの気体の温度と、状態Cでの気体の体積をそれぞれ求めよ。

(3)　状態A→状態B→状態C→状態Aの変化における気体の体積 V〔m³〕と絶対温度 T〔K〕との関係を表すグラフをかけ。なお、A～Cのどの状態を示しているか分かるようにそれぞれA～Cを記入すること。

(4)　次の①～③の各過程において、気体が外部にした仕事、気体の内部エネルギーの変化、気体が得た熱量をそれぞれ求めよ。

①　状態A→状態B

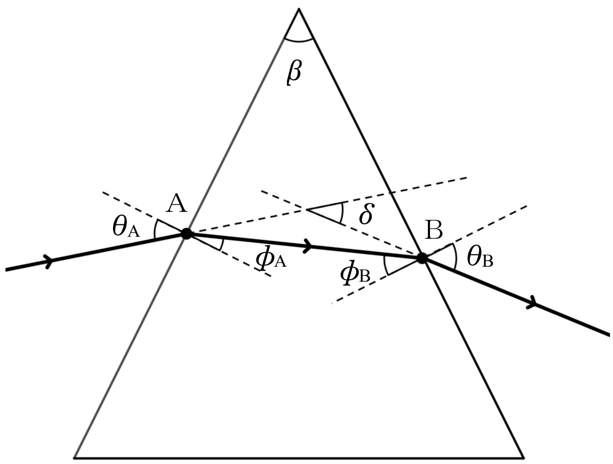
②　状態B→状態C

③　状態C→状態A

(5)　この１サイクルの間に気体が外部にした正味の仕事と、この熱機関の熱効率をそれぞれ求めよ。

4　図のように、屈折率1.0の空気中から屈折率 n のガラスでできた頂角 β のプリズムに単色平行光線を入射させた。

　光線はプリズムの表面上の点Aから入射し、点Bから空気中に出てくる。点Aにおける入射角を θ_A、屈折角を Φ_A とし、点Bにおける入射角を Φ_B、屈折角を θ_B とする。また、点Aから入射する光線と点Bから出る光線のなす角（偏角）を δ とする。次の(1)～(5)の問いに答えなさい。



(1)　$\sin\theta_A$ を n、Φ_A を用いて表せ。

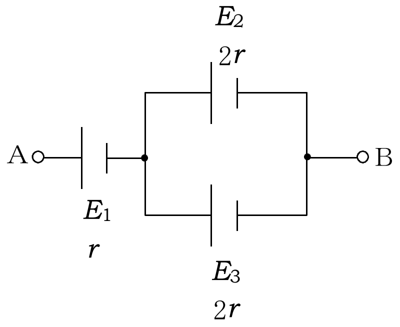
(2)　頂角 β を Φ_A、Φ_B を用いて表せ。

(3)　偏角 δ を θ_A、θ_B、Φ_A、Φ_B を用いて表せ。

(4)　偏角 δ は点Aでの入射角 θ_A によって変化し、$\theta_A=\theta_B$ のとき最小となる。このときの偏角を最小偏角という。最小偏角を δ_m として、ガラスの屈折率 n を δ_m、β を用いて表せ。

(5)　単色光線ではなく、白色光線をプリズムに入射させ、通過した光をスクリーンに当てると、様々な波長のスペクトルが観測できる。このようにプリズムを用いて分光ができる理由を簡潔に説明せよ。

5　図のように、起電力 E_1、E_2、E_3 で内部抵抗がそれぞれ r、$2r$、$2r$ の電池を接続する。次の(1)～(6)の問いに答えなさい。なお、(5)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)　端子ＡＢ間の電位差 E を E_1、E_2、E_3 を用いて表せ。

次に、端子ＡＢ間に可変抵抗器を接続する。

(2)　可変抵抗器の抵抗値が R のとき、可変抵抗器を流れる電流 I を E_1、E_2、E_3、R、r を用いて表せ。

(3)　回路全体で消費される電力 P_0 を E、R、r を用いて表せ。

(4)　可変抵抗器で消費される電力 P_1 を E、R、r を用いて表せ。

(5)　可変抵抗器で消費される電力 P_1 の最大値を E、r を用いて表せ。また、そのときの R を求めよ。

(6)　回路全体で消費される電力 P_0 と可変抵抗器で消費される電力 P_1 の差 P_0-P_1 は何を意味するか、数式を用いて簡潔に説明せよ。

科目	物理解答用紙	２枚中の１	受験番号		氏名	

（３年）

1 (1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

2 (1)

(2)

(3)

(4)

科目	物理解答用紙	２枚中の２	受験番号		氏名	

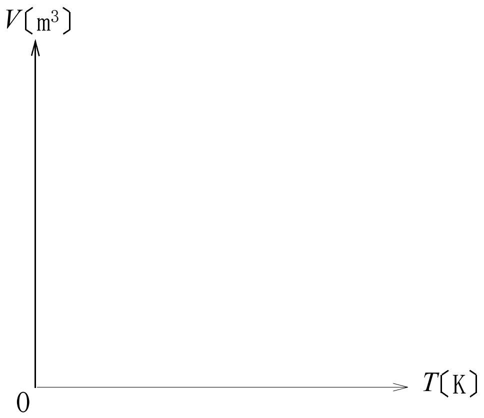
（３年）

3 (1)

(2)

状態Ｂ　状態Ｃ

(3)



(4)

①気体が外部にした仕事

内部エネルギーの変化

気体が得た熱量

②気体が外部にした仕事

内部エネルギーの変化

気体が得た熱量

③気体が外部にした仕事

内部エネルギーの変化

気体が得た熱量

(5)

正味の仕事

熱効率

4 (1)

(2)

(3)

(4)

(5)

5 (1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

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		（３年）

1 (1)

$$m\cdot\frac{d^2(l\theta)}{dt^2}=-mg\sin\theta$$

3点

(2)

$v=\dfrac{d(l\theta)}{dt}$ より (1)の運動方程式は

$$m\cdot\frac{dv}{dt}=-mg\sin\theta$$

$$m\cdot v\cdot\frac{dv}{dt}=-mgl\cdot\sin\theta\cdot\frac{d\theta}{dt}$$

$$\int mv\ dv=-mgl\int\sin\theta\ d\theta$$

$$\frac{1}{2}mv^2=-mgl(-\cos\theta)+C\quad (C：積分定数)$$

ここで、$\theta=\theta_0$ で $v=0$ より

$0=mgl\cos\theta_0+C$

$C=-mgl\cos\theta_0$

$$\therefore\ \frac{1}{2}mv^2=mgl(\cos\theta-\cos\theta_0)$$

4点

(3)

θ が十分小さいとき、$\sin\theta\fallingdotseq\theta$ より

$$ml\cdot\frac{d^2\theta}{dt^2}=-mg\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}=-\frac{g}{l}\theta$$

ここで、各振動数を ω、定数 C_1、C_2 とし、

$\theta=C_1\sin\omega t+C_2\cos\omega t$ とおくと、

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}=-\omega^2\theta$$

よって、　$\omega=\sqrt{\dfrac{g}{l}}$

$\therefore$ 周期　$T=\dfrac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$

4点

(4)　（例）

振幅が小さい場合、周期は糸の長さと重力加速度の大きさだけで決まり、おもりの質量や振幅には無関係である。

3点

(5)

$$\theta=\theta_0\cos\sqrt{\frac{g}{l}}\cdot t$$

3点

(6)（例）

$mg\sin\theta$ は重力 mg と糸の張力 S の合力の接線方向の成分である。おもりが運動しているときは糸の張力 S が変化するため、静止したとき以外、重力 mg と糸の張力 S の合力は $mg\sin\theta$ と等しくならない。

3点

(7)

３桁

2点

(8)（例）

（６０回目の時刻－１０回目の時刻）／５０、

・・・

（１００回目の時刻－５０回目の時刻）／５０

をそれぞれ算出し、その平均をとる。

3点

(9)（例）

糸の長さ、おもりの質量、振幅の大きさをそれぞれ変えて同じ実験を行い、その結果を比較する。

3点

2 (1)

$$\frac{h\nu}{c}$$

2点

(2)

$$\frac{h}{p}$$

2点

(3)

$$\frac{h}{mv}$$

3点

(4)

電子の運動エネルギー　$\dfrac{1}{2}mv^2=h\nu$　より

$$\nu=\frac{mv^2}{2h}$$

これと(3)の解答を　$v=\nu\lambda$　に代入すると、

$$v=\frac{mv^2}{2h}\cdot\frac{h}{mv}$$

$$=\frac{v}{2}$$

となり、矛盾する。

4点

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２	受験番号		氏名		（３年）

3（1）（例）

ガソリンエンジンや蒸気機関のように、高温の物体から熱を吸収し、その一部を仕事に変換して、残りの熱を低温の物体に放出する装置

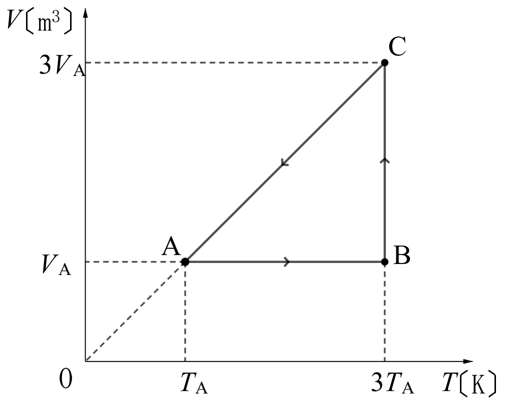
３点

（2）

状態Ｂ　$3T_A$〔K〕　　状態Ｃ　$3V_A$〔m³〕

各２点

（3）



３点

（4）

①気体が外部にした仕事　　0〔J〕

内部エネルギーの変化　　$3nRT_A$〔J〕

気体が得た熱量　　$3nRT_A$〔J〕

各１点

②気体が外部にした仕事　　$3nRT_A\log 3$〔J〕

内部エネルギーの変化　　0〔J〕

気体が得た熱量　　$3nRT_A\log 3$〔J〕

各１点

③気体が外部にした仕事　　$-2nRT_A$〔J〕

内部エネルギーの変化　　$-3nRT_A$〔J〕

気体が得た熱量　　$-5nRT_A$〔J〕

各１点

（5）

正味の仕事　　$3nRT_A\log 3-2nRT_A$　〔J〕

熱効率　　$\dfrac{3\log 3-2}{3+3\log 3}$

各３点

4（1）

$n\sin\phi_A$

３点

（2）

$\phi_A+\phi_B$

３点

（3）

$\theta_A-\phi_A+\theta_B-\phi_B$

３点

（4）

$$\frac{\sin\dfrac{\delta_m+\beta}{2}}{\sin\dfrac{\beta}{2}}$$

４点

（5）（例）

屈折率が波長によって異なるため、白色光に含まれる様々な色の光が、それぞれの波長に応じた角度で屈折して進むから。

３点

5（1）

$$E=E_1+\frac{1}{2}(E_2+E_3)$$

３点

（2）

$$I=\frac{2E_1+E_2+E_3}{2(R+2r)}$$

３点

（3）

$$P_0=\frac{E^2}{R+2r}$$

３点

（4）

$$P_1=\frac{E^2R}{(R+2r)^2}$$

３点

（5）

$$\frac{dP_1}{dR}=\frac{E^2}{(R+2r)^2}+E^2R\cdot(-2)\cdot\frac{1}{(R+2r)^3}=0$$

より

$R+2r-2R=0$

よって、　$R=2r$　で P_1 は最大となる。

$R=2r$ を代入すると、

P_1 の最大値は　$\dfrac{E^2}{8r}$

４点

（6）

回路方程式　$E=RI+2rI$　より

$IE=RI^2+2rI^2$

$IE-RI^2=2rI^2$

$P_0-P_1=2rI^2$

∴ P_0-P_1 は回路内の電池の内部抵抗で消費される電力を意味する。

４点