

## 平成 29 年度 入学試験問題

### 理 科 問 題 用 紙 (後期)

試験時間	120分
問題用紙	物理 1～8頁
	化学 9～22頁
	生物 23～32頁

### 注 意 事 項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 携帯電話等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机上には、受験票と筆記用具（鉛筆、シャープペンシル、消しゴム）および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。（耳栓、コンパス、定規等は使用できない。）
7. 問題用紙および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題用紙および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題用紙は持ち帰ること。

受験番号		氏名	
------	--	----	--

# 物 理

[I] 下記の(1)と(2)の文章の  に適した答えを記せ。ただし、物体は水平面上で摩擦の影響なく1つの直線上を運動するものとする。

(1) 2つの物体を静止した状態で置き、その間にばね定数  $k$  の非常に軽いばねがある。ここで、ばねを自然長から  $a$  だけ縮めて図1のように非常に軽い糸で固定した。ただし、ばねと物体はつながっていない。ある瞬間に糸を切ると、ばねの長さが自然長になったときに2つの物体はばねから離れ、別々に等速直線運動をした。左の物体の質量を  $m$ 、右の物体の質量を  $M$  とすると、このときの物体  $m$  の速さは  ア 、物体  $M$  の速さは  イ  である。

(2) 図2のように、2つの物体とばね定数  $k$  の非常に軽いばねを結びつけて、ばねを縮めて静かにはなすと、2つの物体は振動した。このときの周期を以下のように求めよう。なお、左の物体の質量を  $m$ 、右の物体の質量を  $M$  とする。この系の重心の位置を  $G$  とすると、( $G$  から物体  $m$  までの距離)  $\div$  ( $G$  から物体  $M$  までの距離) は  ウ  である。ただし、物体は質点として考える。また重心を基準にして考えると、2つの物体は同じ周期で動くことが示せるので、振動の周期としては物体  $m$  の周期だけを調べればよい。 $G$  から物体  $m$  までの長さのばね定数は  エ  なので、物体  $m$  の振動の周期は  オ  となる。

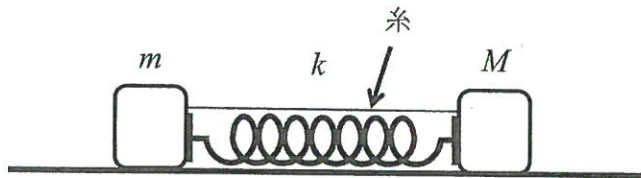


図 1

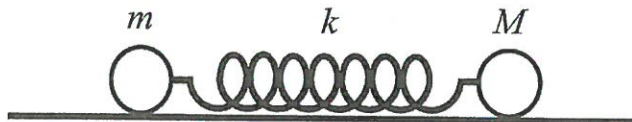


図 2

[ II ] 長さ  $L$ 、断面積  $S$  の一様な針金の両端を電圧  $V$  の電池につないだとき、その回路において成立する電流の大きさやジュールの法則に関して、電子の運動の立場から 1 つの仮説を作ること考える。論理的につじつまが合うよう、下記の文章の  に適した答えを記せ。なお、自由電子 1 個の質量および電荷の大きさを、それぞれ  $m$  および  $e$  とする。また、針金の形状は円柱と考える。

針金の内部には、長さ  $L$  の方向に  $V/L$  の電場が生じていると考え、自由電子は長さ方向にしか運動しないと仮定する。針金の中の自由電子は、その電場から力を受けて加速されるが、針金を構成している原子に非弾性衝突していったん停止し、直ちに電場によって加速されるものと考え（停止している時間をゼロ秒とする）。このように、電子は瞬間的な停止と等加速度運動とを多数回繰り返すが、等加速度運動している時間は常に一定値  $T$  とする。このとき、自由電子 1 個が針金の一端から出発して他端に達するまでの時間は、 /  $(TeV)$  である。このような自由電子の流れが電流であると考え、針金内に単位体積当たり  $n$  個の自由電子があるとすると、電流の大きさは   $\times TSV$  である。また、針金の抵抗値は  /  $(TS)$  と表される。

ところで、1 個の自由電子が 1 回の非弾性衝突によって失うエネルギーは  /  $(2mL^2)$  である。このエネルギーは自由電子 1 個に対して時間  $T$  ごとに失われるのであるから、単位時間当たり、針金の中の全自由電子が失うエネルギーは、 $SV^2 \times$   /  $(2mL^2)$  である。これは、単位時間当たり発生するジュール熱に等しい。

[ III ] 単原子分子の理想気体 1 mol に対して、下記の(1)、(2)および(3)に記述されている実験を行う。□の中に適した答えを記せ。ただし、気体定数を  $R$  ( $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ) とする。

(1) 圧力をかけ、断熱的に体積を 64 分の 1 に圧縮したとき、圧縮前の温度が 200 K であるならば、圧縮後の温度は □ア□ [K] となる。このとき、この理想気体の内部エネルギーの増分は、□イ□ [J] である。

(2) 定圧の下で 300 K から 310 K まで熱を加えて膨張させる。このとき、外から与える熱量は、□ウ□ [J] であり、そのうち膨張には □エ□ [J] が使われる。

(3) 体積が 2 倍になるまで熱を加えて等温膨張させる。このとき、この理想気体の内部エネルギーの増分は □オ□ [J] である。

[IV] 下記の文章の  の中に適した番号を入れよ。ただし、光の速さを  $c$ 、プランク定数を  $h$ 、電子の質量を  $m$ 、クーロンの法則の比例定数を  $k$ 、素電荷を  $e$ 、円周率を  $\pi$  とする。

水素原子の離散的な線スペクトルを説明するために、物理学者のボーアは以下のように考えた。まず、原子内の電子は原子核から半径  $r$  の軌道を速さ  $v$  で等速円運動していると仮定する。ただし、その速さは自由な値をとれず、 $n$  を 1 以上の自然数として、 という量子条件を満たすものとする。さて電子が等速円運動をしているとすると、遠心力とクーロン力の釣り合いから  が成り立つ。よって、電子の半径はとびとびの値となり  $r =$   となる。以上から電子のもつエネルギーもとびとびになり、 $n$  番目の定常状態のエネルギーは  となる。ここで、3 番目の定常状態から基底状態へ遷移したときに放出される光の波長は、 である。

(ア) ①  $mvr = nh$                       ②  $mvr = n \frac{h}{2\pi}$                       ③  $m \frac{v^2}{r} = nh$

④  $m \frac{v^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2}$                       ⑤  $\frac{1}{2} mv^2 = nh$

(イ) ①  $mvr = k \frac{e^2}{r^2}$                       ②  $mvr = n \frac{h}{2\pi}$                       ③  $m \frac{v^2}{r} = nh$

④  $m \frac{v^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2}$                       ⑤  $\frac{1}{2} mv^2 = k \frac{e^2}{r}$

(ウ) ①  $\frac{h^2}{2\pi^2 k m e^2} (2n+1)$                       ②  $\frac{h^2 m e^2}{4\pi^2 k} n^2$                       ③  $\frac{h^2}{k m e^2} n^2$

④  $\frac{h^2}{4\pi^2 k m e^2} n^2$                       ⑤  $\frac{h^2}{2\pi^2 k m e^2} n^4$

(エ) ①  $-\frac{2\pi^2 k^2 m e^4}{h^2} \frac{1}{n^2}$                       ②  $-\frac{k^2 m e^4}{h^2} \frac{1}{n^2}$                       ③  $\frac{4\pi^2 k^2 m e^4}{h^2} \frac{1}{n}$

④  $\frac{4\pi^2 k^2}{h^2 m e^4} \frac{1}{n}$                       ⑤  $\frac{m c^2}{n^2}$

(オ) ①  $\frac{8\pi^2 k^2 m e^4}{3 c h^3}$                       ②  $\frac{16\pi^2 k^2 m e^4}{9 c h^3}$                       ③  $\frac{9 c h^3}{16\pi^2 k^2 m e^4}$

④  $\frac{3 c h^3}{8\pi^2 k^2 m e^4}$                       ⑤  $\frac{9 h}{8 m c}$

