令 和 7 年 度

理　　科

問 題 冊 子

物　　理

第1問　次の文章を読んで $\boxed{\quad\quad}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。なお，$\boxed{\quad\quad}$ は同じ番号の $\boxed{\quad\quad}$ ですでに与えられたものと同じ式または値を表す。

図1－1のように，下端を床に固定したばねの上端に薄い板が取り付けられている。ばねは質量が無視できるとし，ばね定数は k である。板は常に水平であり，質量は m である。重力加速度の大きさを g とする。

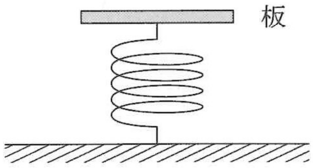
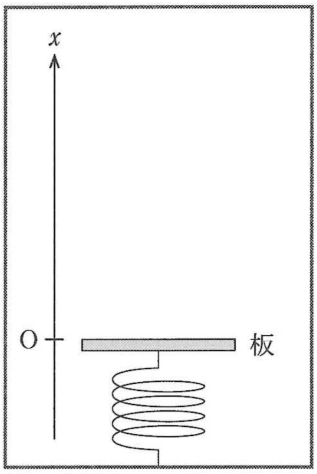


図1－1

Ⅰ　はじめ，板はつり合いの位置で静止している。ばねが自然長のときの板の位置からつり合いの位置までの距離は $\boxed{\quad 1 \quad}$ である。ここで，板に鉛直下向きに初速度を与えたところ，板は周期 $\boxed{\quad 2 \quad}$ で単振動を始めた。ばねが自然長になったときに板の速さが0（ゼロ）になるための板の初速度の大きさは $\boxed{\quad 3 \quad}$ である。

Ⅱ　図1－1のばねの下端を床から外して図1－2のようにエレベーターの床に固定した。その後，静止したエレベーターの中で板をつり合いの位置で静止させた。時刻0にエレベーターを一定の大きさ a の加速度で鉛直上向きに上昇させた。エレベーターとともに運動する観測者から見ると，時刻0に板は単振動を始めた。エレベーターの中に固定した鉛直上向きの x 軸を考え，板の単振動の中心の位置を原点Oとし，エレベーターとともに運動する観測者から板の運動を見ることにする。

原点Oは，ばねが自然長から $\boxed{\quad 4 \quad}$ だけ縮んだときの板の位置であり，時刻0での板の位置は $\boxed{\quad 5 \quad}$，速さは $\boxed{\quad 6 \quad}$ である。板が単振動を開始してから初めて原点Oを通過する時刻は $t_0 = \boxed{\quad 7 \quad}$ であり，時刻 t_0 での板の速度は，x 軸の向きを正として $\boxed{\quad 8 \quad}$ となる。



エレベーター

図1－2

エレベーターが上昇を始めた時刻0に，板と同じ質量mで大きさが無視できる小球を板の真上から初速度0で落下させたところ，小球と板は時刻t_0に1回目の弾性衝突をした。衝突直前の小球の速度は，x軸の向きを正として，m，k，g，aを用いると $\boxed{9}$ ，板の速度は $\boxed{8}$ である。時刻$2t_0$での小球の位置は，m，k，g，aを用いると $\boxed{10}$ ，板の位置は $\boxed{11}$ となる。この時刻$2t_0$に小球と板は2回目の弾性衝突をした。このとき，エレベーターの加速度の大きさは，m，kを用いて$a = \left(\boxed{12} \right) \times g$である。2回目の衝突直後の板の速度は，$x$軸の向きを正として，$m$，$k$，$g$を用いると $\boxed{13}$ である。

第2問 次の文章を読んで $\boxed{}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。$\boxed{7}$ については，解答群の中から正しいものを選び，記号で答えよ。また，**問1**は指示にしたがって解答せよ。なお，$\boxed{}$（点線）は同じ番号の $\boxed{}$ ですでに与えられたものと同じ式または値を表す。

図2－1のように，一辺の長さがLの正方形の極板AとBを空気中で間隔dだけ離して向かい合わせに配置した平行平板コンデンサーが，起電力Vの電源，抵抗値Rの抵抗，およびスイッチと直列につながれている。空気の誘電率はεとする。また，極板の間隔dは十分に小さく，極板の面積は十分に大きいとし，極板の端での電場(電界)の乱れは無視できるものとする。

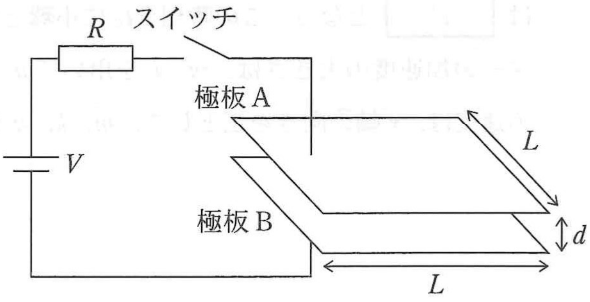
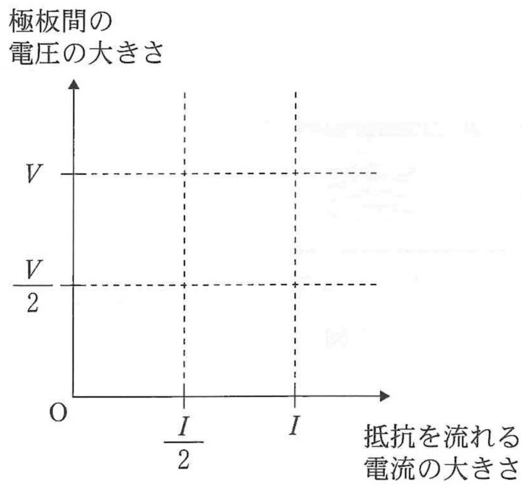


図2－1

I　極板AとBは，極板に垂直な方向から見て正確に重なっている。このコンデンサーの電気容量は $\boxed{1}$ である。

コンデンサーに電荷が蓄えられていない状態でスイッチを閉じた。スイッチを閉じた直後に抵抗を流れる電流の大きさは $\boxed{2}$ である。スイッチを閉じてから十分に時間が経過すると，コンデンサーに蓄えられている電気量は $\boxed{3}$，静電エネルギーは $\boxed{4}$ となる。

問1　スイッチを閉じてからコンデンサーの電気量が $\boxed{3}$ に達するまでの間の，抵抗を流れる電流の大きさと極板間の電圧の大きさの関係を表すグラフを描け。なお，図中のIはスイッチを閉じた直後に抵抗を流れる電流の大きさを表し，$I=$ $\boxed{2}$ である。



Ⅱ　スイッチを閉じてから十分に時間が経過した後，スイッチを開き，極板Bを固定したままAを極板に垂直な方向にゆっくり動かして，極板の間隔を微小距離Δdだけ広げた。このときコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは $\boxed{\ 5\ }$ となることから，極板AとBの間に働く力の大きさは $\boxed{\ 6\ }$ であり，AとBは互いに $\boxed{\ 7\ }$ 。

$\boxed{\ 7\ }$ の解答群

(ア)　引きあう　　(イ)　反発しあう　　(ウ)　力をおよぼさない

Ⅲ　極板の間隔をdに戻し，抵抗とスイッチを取り外して電源とコンデンサーを接続した。十分に時間が経過した後，図2－2のように，極板Bを固定し，極板の間隔をdに保ったまま，時刻0に極板Aに外力を加えて右向きに一定の速さwで動かし始めた。図2－2には，極板に垂直な方向から見て極板AとBが重なり合う部分が示されている。以下では，極板AとBの重なり合う部分の面積は十分に大きく，コンデンサーに蓄えられる電荷はAとBの重なり合う部分だけに分布し，極板の端での電場の乱れは無視できるものとする。

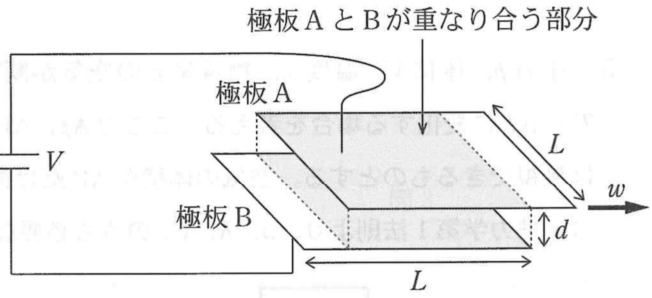


図2－2

時刻tでのコンデンサーの電気容量は $\boxed{\ 8\ }$ となるので，時刻0およびtにコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーをそれぞれU_0，U_tとすると，L，V，d，t，w，εのうち必要なものを用いて，$U_t - U_0 =$ $\boxed{\ 9\ }$ と表される。また，時刻0およびtにコンデンサーに蓄えられている電気量をそれぞれQ_0，Q_tとすると，L，V，d，t，w，εのうち必要なものを用いて，$Q_t - Q_0 =$ $\boxed{\ 10\ }$ と表されるので，時刻0からtの間に電源がした仕事は，L，V，d，t，w，εのうち必要なものを用いて $\boxed{\ 11\ }$ と表される。なお，$\boxed{\ 11\ }$ > 0ならば電源は仕事をしてコンデンサーに電気量を供給し，$\boxed{\ 11\ }$ < 0ならば電源は仕事をされてコンデンサーに蓄えられた電気量の一部が戻されたことになる。以上より，極板Aを動かす外力の仕事率は，L，V，d，w，εのうち必要なものを用いて $\boxed{\ 12\ }$ と表される。

第3問 次の文章を読んで $\boxed{}$ に適した式または値をそれぞれ記せ。**問1**は指示にしたがって解答せよ。以下では，気体定数を R とし，空気を定積モル比熱 C_V の理想気体として扱うものとする。

Ⅰ　圧力 p_1，温度 T_1，物質量 n_1 の空気が，温度 T_2 に定圧変化したとき，空気の内部エネルギーの変化は $\boxed{\quad 1 \quad}$ ，空気が外部に行う仕事は $\boxed{\quad 2 \quad}$ となる。この定圧変化で空気が吸収する熱量は，熱力学第1法則より $\boxed{\quad 3 \quad}$ となることから，空気の定圧モル比熱は $C_P = \boxed{\quad 4 \quad}$ である。

Ⅱ　圧力 p，体積 V，温度 T，物質量 n の空気が断熱膨張して圧力 $p + \Delta p$，体積 $V + \Delta V$，温度 $T + \Delta T$ に変化する場合を考える。ここで Δp，ΔV，ΔT は微小量とし，これらの積（$\Delta p \Delta V$ など）は無視できるものとする。空気の体積が ΔV だけ微小変化するときに空気が外部に行う仕事 $p\Delta V$ は，熱力学第1法則より，n，R，C_V のうち必要なものを用いると

$$p\Delta V = \boxed{\quad 5 \quad} \times \Delta T \qquad (1)$$

と表される。体積の変化率 $\dfrac{\Delta V}{V}$ は，式(1)と断熱膨張前の理想気体の状態方程式から，C_V と R を用いて

$$\frac{\Delta V}{V} = \boxed{\quad 6 \quad} \times \frac{\Delta T}{T} \qquad (2)$$

と表される。また，$\dfrac{\Delta V}{V}$ は，断熱膨張前後の理想気体の状態方程式から，R，Δp，ΔT のうち必要なものを用いると

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\boxed{\quad 7 \quad}}{p} + \frac{\boxed{\quad 8 \quad}}{T} \qquad (3)$$

と表すこともできるので，温度の変化率 $\dfrac{\Delta T}{T}$ は，式(2)と式(3)より，定圧モル比熱 C_P と R を用いて

$$\frac{\Delta T}{T} = \boxed{\quad 9 \quad} \times \frac{\Delta p}{p} \qquad (4)$$

と表される。

Ⅲ　一般に，対流圏では高度が高くなると気温は低くなる。この関係を，空気の塊(空気塊)の高度変化による断熱過程を通して考えてみよう。重力加速度の大きさ g は高度によらず一定とする。

図3のように，高度 z と $z+\Delta z$ の間の空気中の円柱部分を考える。円柱の上面と下面は水平であり，厚さ Δz は十分に小さく，この部分の空気の密度 ρ は一定とする。高度 z の円柱の下面にはたらく圧力を p，高度 $z+\Delta z$ の円柱の上面にはたらく圧力を $p+\Delta p$ とすると，$\Delta p=$ $\boxed{10}$ である。

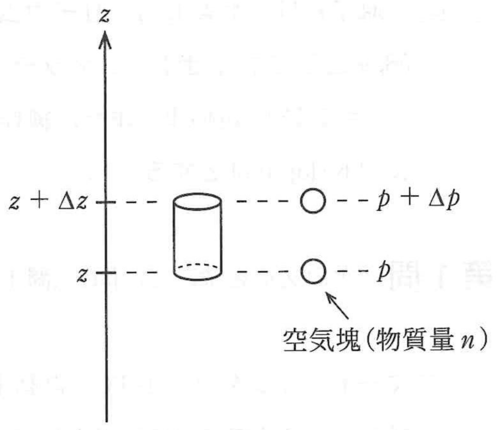


図3

図3のように，物質量 n の微小な体積の空気塊の高度が z から $z+\Delta z$ になる場合を考える。簡単のため，空気塊の温度，圧力，密度はまわりの空気に一致しており，高度が変化する際は熱のやり取りをせずに断熱変化をするとする。高度 z の空気の温度を T とすると，高度 z での空気塊の体積は $\boxed{11}$ である。また，空気の1モルあたりの質量を M とすると，密度は，M，p，T，n，R のうち必要なものを用いると $\rho=$ $\boxed{12}$ である。断熱変化をしながらこの空気塊の高度が $z+\Delta z$ になったときの温度変化は，M，g，C_P を用いて表すと $\Delta T=$ $\boxed{13}$ $\times\Delta z$ である。

問1　対流圏で高度が 100 m だけ高くなるときの空気塊の温度変化の大きさを，K(ケルビン)を単位として有効数字2桁で求めよ。なお，空気の1モルあたりの質量を 29 g とし，定圧モル比熱 $C_P=\dfrac{7}{2}R$，気体定数 $R=8.3\,\mathrm{J/(mol\cdot K)}$，重力加速度の大きさ $g=9.8\,\mathrm{m/s^2}$ を用いること。