第１問

問１　板を剛体とみて，板にはたらく鉛直方向の力のつり合いと力のモーメントのつり合いを考えます。板にはたらく力はすべて鉛直方向で，人が押す力（下向き），体重計ａが押す力（上向き），体重計ｂが押す力（上向き）です。人の質量を m kg，重力加速度を g m/s^2 とすると，人が押す力の大きさは重力の大きさに等しく，mg N。また，体重計ａ，ｂが押す力をそれぞれ N_a，N_b とします。

まず，力のつり合いは，

$$N_a + N_b - mg = 0 \qquad \cdots❶$$

次に，人が立っている点のまわりの力のモーメントのつり合いは，体重計ａ，ｂまでの距離をそれぞれ 2ℓ，ℓ とすると，

$$-N_a \cdot 2\ell + N_b \cdot \ell = 0 \qquad \cdots❷$$

❶，❷より　$N_a = (1/3)mg$，$N_b = (2/3)mg$。$m = 60$〔kg〕より，$N_a = 20g$〔N〕，$N_b = 40\ g$〔N〕。はかりの表示は，はかりの台を押す力の大きさ（＝物体の重さ）÷重力加速度ですから，ａは 20 kg，ｂは 40 kg となります。$\boxed{1}$ の正解は③。

問２　気体の内部エネルギーは温度に比例します。サイクルを一周すると温度は最初の値に戻るので温度変化の総和は 0 になりますが，Ａ→Ｂの断熱膨張では温度は降下，Ｂ→Ｃの定積変化では圧力が増加しているので温度は上昇，Ｃ→Ａの等温変化では温度は一定，と変化しています。したがって内部エネルギーは「変化するがもとの値に戻る」。

次に，気体が外部にする仕事は，Ａ→Ｂでは体積が増加しているので正，Ｂ→Ｃでは定積なので 0，Ｃ→Ａでは体積が減少しているので負です。仕事の大きさは $p-V$ グラフの面積で表されるので，Ａ→Ｂでの仕事よりもＣ→Ａでの仕事のほうが絶対値が大きい（3 つの曲線で囲まれた部分の面積だけ）ことがわかります。したがって，気体が外部にする仕事の総和は負となるので，気体が外部からされる仕事は正です。

また，サイクル全体として熱力学第一法則 $Q = \Delta U + W$（Q は気体が吸収する熱量，ΔU は気体の内部エネルギーの変化，W は気体が外部にする仕事）を考えると，$\Delta U = 0$ より $Q = W$ です。W は負でしたから Q，つまり気体が吸収した熱量の総和も負となります。以上より，$\boxed{2}$ の正解は③，$\boxed{3}$ の正解は③。

問３　そりが岸に固定されている場合，ブロックは摩擦力により速さが小さくなるので，運動量と運動エネルギーの両方が減少します。$\boxed{4}$ の正解は④。そりが固定されていない場合,ブロックとそりは同じ大きさの摩擦力を互いに及ぼし合いながら運動します。ブロックとそりからなる系への外力による力積は 0 なので，系の運動量の総和は保存されます。はじめブロックが持っていた力学的エネルギーは，その一部が摩擦力に抗してする仕事として失われるので，保存されません。$\boxed{5}$ の正解は②。

問４　荷電粒子は運動方向に垂直な向きにローレンツ力を受けて等速円運動をします。ローレンツ力の向きは，フレミングの左手の法則により，正の荷電粒子は運動方向に対し左向き，負の荷電粒子は運動方向に対し右向き。よって，正の荷電粒子は反時計回り，負の荷電粒子は時計回りです。

次に，2 つの荷電粒子の電気量の絶対値を q，速さを v，正の荷電粒子の質量を M，円運動の半径を R，負の荷電粒子の質量を m，円運動の半径を r とします。ここで $M > m$ です。磁界の磁束密度を B とすると，2 つの荷電粒子の運動方程式は

$$M(v^2/R) = qvB,\quad m(v^2/r) = qvB$$

$$\therefore R = Mv/qB,\quad r = mv/qB$$

したがって $R > r$ となります。$\boxed{6}$ の正解は④。

問５　光電子の運動エネルギーの最大値 K_0 は，光の振動数 ν，仕事関数 W，プランク定数 h を用いて　$K_0 = h\nu - W$　…❶ と表されます。また限界振動数 ν_0 では $K_0 = 0$ ですから，❶より　$W = h\nu_0$ 。したがって $h = W/\nu_0$ です。$\boxed{7}$ の正解は⑤。

第２問

問１　物体にはたらく空気の抵抗力は，空気に対する物体の運動と逆向きにはたらき，その大きさは，空気に対する物体の速さがあまり大きくないときには速さに比例します。物体が落下を始めるときは速さが 0 なので空気の抵抗力ははたらきませんが，物体が落下するにつれて速さが増加するので，空気の抵抗力も増加します。このとき，重力と抵抗力の合力（重力のほうが大きいので鉛直方向下向き）が次第に小さくなるので，物体の加速度の大きさも減少します。$\boxed{8}$ の正解は⑥。

問２　$n = 3$ のときは落下距離が 40 cm 以上になると 20 cm の区間の落下に要する時間が 0.13 s で一定となっています。このときの速さが終端速度 v_f で，$v_f = 0.20\ \mathrm{m} / 0.13\ \mathrm{s} \fallingdotseq 1.5 = 1.5 \times 10^0\ \mathrm{m/s}$ です。$\boxed{9}$，$\boxed{10}$，$\boxed{11}$ の正解は順に①，⑤，⓪。

問３　$v_f = mg/k$ に基づく予想は，「v_f が n に比例する」でしたが，図３にプロットされた測定値のすべての点のできるだけ近くを通る直線を引いたとすると，それは原点から大きくはずれます（直線を引くこと自体が適切ではなさそう)。$\boxed{12}$ の正解は②。

問４　アルミカップ１個の質量を m_1 とすると，$m = nm_1$ と書けます。すると，
$v_f = \sqrt{mg/k'} = \sqrt{nm_1g/k'} = \sqrt{m_1g/k'} \times \sqrt{n} = (\text{定数}) \times \sqrt{n}$　，また
$v_f{}^2 = nm_1g/k' = m_1g/k' \times n = (\text{定数}) \times n$　となります。$\boxed{13}$，$\boxed{14}$ の正解は④，⑧（順不同)。

問５　空気の抵抗力が時刻および速さとともに変化するので，加速度を与える鉛直方向下向きの合力（大きさは重力と抵抗力の差）も時刻とともに変化し，したがって加速度も時刻とともに変化します。$\boxed{\text{エ}}$ は(c)が適当です。また，物体の運動方程式は，鉛直下向きを正として $ma = mg - R$　ですから，$R = m(g-a)$　です。$\boxed{\text{オ}}$ は(c)。よって，$\boxed{15}$ の正解は⑨。

第３問

問１　向心力の大きさは mv^2/r。向心力は（名のとおり）円の中心を向いており，その方向は音源の進む向きと垂直ですから，向心力は仕事をしません。$\boxed{16}$ の正解は⑤。

問２　音源の速度がPQ方向の成分をもつと波長が変化してドップラー効果が起こります。f が f_0 と等しくなる，すなわち波長が変化しないのは速度のPQ方向の成分が 0 となる点Ｃ，Ｄです。いっぽう，速度のPQ方向の成分が速度そのものとなる点Ａ，Ｂでは波長の変化が最大となります。$\boxed{17}$ の正解は⑥。

問３　点Ａでは音源が速さ v で観測者に近づくので，観測者が測定する振動数 f_A は
$f_A = Vf_0/(V-v)$　…❶。また，点Ｂでは音源が速さ v で観測者から遠ざかるので，観測者が測定する振動数 f_B は $f_B = Vf_0/(V+v)$　…❷。❶，❷より f_0 を消去して整理すれば，$v = (f_A - f_B)V/(f_A + f_B)$ 。$\boxed{18}$ の正解は⑥。

問４　観測者の位置を点Ｒとします。問２と同様に考えて，観測者の速度のRQ方向の成分が 0 となる点Ｃ，Ｄでは f が f_0 と等しくなり，速度のRQ方向の成分が速度そのものとなる点Ａ，Ｂでは波長の変化が最大となります。点Ａでは観測者が音源に近づくので測定される振動数は最大，点Ｂでは観測者が音源から遠ざかるので測定される振動数は最小です。$\boxed{19}$ の正解は①。なお，観測者の速さを v'，点Ａ．Ｂで測定される振動数を f_A'，f_b' とすると，$f_A' = (V+v')f_0/V$，$f_B' = (V-v')f_0/V$ となります。

問５　(a)…図１の場合（音源が動く場合），変化するのは波長であり，音の速さは一定です。誤り。(b)…図１の場合，波長は半径方向には変化しません。正しい。(c)…図３の場合，音源は静止してるので，音源から見た音の速さは全方向に等しい。正しい。
(d)…図３の場合，点Ｃ，Ｄを含め各点を通過する音波の波長は観測者の運動とは無関係であり，一定です。誤り。なお，観測者が動く場合，変化するのは観測者が受け取る波の数でした。$\boxed{20}$ の正解は④。

第４問

問１　極板間の電圧が V，間隔が d であるとき，極板間の一様な電場の大きさ E は $E = V/d$ 。また，電場の大きさ E は電場に垂直な面を貫く単位面積あたりの電気力線の本数に等しいので，極板の面積が S，極板間の電気力線の本数が $4\pi k_0 Q$ のとき，$E = 4\pi k_0 Q/S$ 。$4\pi k_0 Q/S = V/d$ より $Q = SV/4\pi k_0 d$ 。これと $Q = CV$ を比較して，$C = S/4\pi k_0 d$ 。$\boxed{21}$ の正解は⑧。

問２　スイッチを開くまでコンデンサーには5.0 V（$= V_0$ とします）の電圧が加わっていました。スイッチを開いた瞬間，コンデンサー・電流計・抵抗からなる回路に電流が流れ，その大きさは図３より 100 mA ですから，抵抗の値は 5.0 V / 0.10 A = 50 Ω。
$\boxed{22}$ の正解は⑦。

問３　グラフの 1 cm^2 の面積に対応する電気量は，10×10^{-3} A × 10 s = 0.10 C。$\boxed{23}$ の正解は③。面積 45 cm^2 に対応する電気量は 4.5 C。これを電圧 5.0 V で充電された電気量と見れば，電気容量 C は $C = 4.5$ C / 5.0 V = 9.0×10^{-1} F 。$\boxed{24}$ の正解は⑧。

問４　$2^9 = 512, 2^{10} = 1024$ より, $1/1000 \fallingdotseq (1/2)^{10}$ とみなせます。電流の値が I_0 の 1/1000 になるまでのおよその時間は，35 s × 10 = 350 s。$\boxed{25}$ の正解は④。

問５　時刻 0 でのコンデンサーの電圧を V_0 とすると，$Q_0 = CV_0$ …❶。電流の値が I_0 の半分になる時刻 $t = t_1$ までに電気量 Q_1 が放電され，コンデンサーの電圧は半分になっているので，$Q_0 - Q_1 = C(V_0/2)$ …❷となります。❶，❷より $Q_0 = 2Q_1$。$t = 0$ から $t = t_1$（= 35 s）までのグラフの面積の２倍は，$t = 120$ s までの面積よりも明らかに大きいので，最初の方法で見積もられた電気量は実際より小さかったとわかります。したがって，最初の方法で求めた電気容量も正しい値より小さかったことになります。
$\boxed{26}$ の正解は⑤。