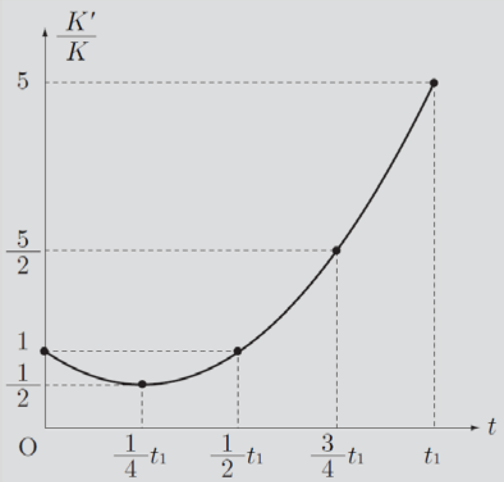
2021 年度　第１回　東北大本番レベル模試　（物理）　採点基準

1（計３４点）

問(1) 計 22 点	(a) 6 点	過程：2 点	初速度の x 成分 $\dfrac{1}{\sqrt{2}}v$，y 成分 $\dfrac{1}{\sqrt{2}}v$ の認識にそれぞれ過程点 1 点を与える。
		結果：4 点	$x=\dfrac{1}{\sqrt{2}}vt$，：2 点，$y=\dfrac{1}{\sqrt{2}}vt-\dfrac{1}{2}gt^2$ ：2 点
	(b) 4 点	過程：2 点	以下の過程点①または②または③を与える。 ①斜面を表す方程式 $y=-x$ を用いる方針。 ②放物線の方程式 $y=-\dfrac{g}{v^2}\left(x-\dfrac{v^2}{2g}\right)^2+\dfrac{v^2}{4g}$ を用いる方針。 ③斜面に垂直な y' 方向の等加速度運動の式を用いる方針。
		結果：2 点	$t_1=\dfrac{2\sqrt{2}\,v}{g}$
	(c) 4 点	過程：2 点	以下の過程点①または②または③を与える。 ①問(1) (a) と問(1) (b) の結果を用いる方針。 ② x_1 と y_1 のいずれかを求め，斜面を表す方程式 $y=-x$ を加味する方針。 ③斜面に沿って下向きの x' 方向の等加速度運動の式を用いる方針。
		結果：2 点	$x_1=\dfrac{2v^2}{g}$ ：1 点，$y_1=-\dfrac{2v^2}{g}$ ：1 点
	(d) 5 点	過程：4 点	①縦軸の切片が 1 であることに過程点 1 点を与える。 ②グラフの概形が放物線となることに過程点 1 点を与える。 ③時刻 $\dfrac{1}{4}t_1$ において放物線の頂点となり縦軸の値が $\dfrac{1}{2}$ となることに過程点 1 点を与える。 ④時刻 t_1 において縦軸の値が 5 となることに過程点 1 点を与える。 これら①～④は独立に配点する。

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td></td><td>結果：1 点</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(e)
3 点</td><td>過程：2 点</td><td>以下の過程点①または②または③を与える。
①斜面に衝突する直前の小球の速度の x' 成分が $2v$ で y' 成分が v であることの理解。
②斜面に衝突する直前の小球の速さが $\sqrt{5}v$ であることの理解。
③斜面に衝突する直前の速度が斜面と $45°+\theta$ の角をなすことの理解。</td></tr>
<tr><td>結果：1 点</td><td>$\tan\theta=\frac{1}{2}$</td></tr>
<tr><td rowspan="4">問(2)
計 12 点</td><td rowspan="2">(a)
3 点</td><td>過程：2 点</td><td>①斜面に衝突する直前の小球の速度の Y 成分の大きさが $\frac{1}{e}\frac{1}{\sqrt{2}}W$ であることに過程点 1 点を与える。
②運動量と力積の関係を用いる方針に過程点 1 点を与える。
これら①，②は独立に配点する。</td></tr>
<tr><td>結果：1 点</td><td>$I=\frac{1}{\sqrt{2}}\left(1+\frac{1}{e}\right)mW$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(b)
3 点</td><td>過程：2 点</td><td>以下の過程点①または②を与える。
①斜面に衝突する直前の速度の XY 成分を用いて $\tan\phi$ を求める方針。
②衝突する直前の速度が水平方向と $\phi-45°$ の角をなすことを用いて $\tan\phi$ を求める方針。</td></tr>
<tr><td>結果：1 点</td><td>$\tan\phi=\frac{1}{e}$</td></tr>
</table>

	(c) 3 点	過程：2 点	以下の過程点①または②を与える。 ① X 成分と Y 成分の加速度がともに $-\dfrac{1}{\sqrt{2}}g$ であることを用いて等加速度運動の式を立てる方針。 ②問(2)(b)を解答する過程で $\tan(\phi-45°)$ を t_2 で表し，$\tan\phi=\dfrac{1}{e}$ を用いて t_2 を求める方針。
		結果：1 点	$t_2=\dfrac{\sqrt{2}V}{(1+e)g}$
	(d) 3 点	過程：2 点	以下の過程点①または②を与える。 ①小球の運動を Y 方向に射影すると自由落下になることを用いる方針。 ②時刻 t_2 に小球が斜面に衝突する位置について，鉛直・水平方向の位置を求め，さらに斜面を表す方程式を用いて d を求める方針。
		結果：1 点	$d=\dfrac{1}{2}g{t_2}^2$

$\boxed{2}$（計３３点）			
問(1) 計 21 点	(a) 4 点	過程：2 点	以下の過程点①または②を与える。 ①電気容量が極板間隔に反比例すること。 ②誘電率や極板面積を文字で定義し，極板 X と Y，極板 Y と Z によるコンデンサーの電気容量の式をそれぞれ求め，それら比較する。
		結果：2 点	$2C$
	(b) 4 点	過程：2 点	①スイッチ $\mathrm{S_0}$ を閉じた直後の電気量が 0 であることの理解に過程点 1 点を与える。 ②スイッチ $\mathrm{S_0}$ を閉じた直後の電気抵抗の電位降下が RI であることに過程点 1 点を与える。 これら①，②は独立に配点する。
		結果：2 点	$I=\dfrac{2V}{R}$
	(c) 4 点	過程：2 点	①スイッチ $\mathrm{S_0}$ を閉じて十分に時間が経過したときの極板 X と Y，極板 Y と Z によるコンデンサーの電気量が等しいことの理解に過程点 1 点を与える。 ②２つのコンデンサーを含む閉回路についてのキルヒホッフの式に過程点 1 点，または 2 つのコンデンサーの直列接続の合成容量 $\dfrac{2}{3}C$ に過程点 1 点を与える。 これら①，②は独立に配点する。
		結果：2 点	$V_1=\dfrac{4}{3}V$
	(d) 5 点	過程：3 点	①1 回目操作終了時の極板 Y と Z によるコンデンサーの電気量が $2CV$ であることに過程点 1 点を与える。 ②1 回目の操作において電池 $\mathrm{E_0}$ のする仕事が $\dfrac{8}{3}CV^2$ であることに過程点 1 点を与える。 ③1 回目の操作において電池 $\mathrm{E_1}$ のする仕事が $\dfrac{2}{3}CV^2$ であることに過程点 1 点を与える。 これら①～③は独立に配点する。
		結果：2 点	$J=\dfrac{13}{9}CV^2$
	(e) 4 点	過程：2 点	無限に操作を繰り返した回路が，スイッチ $\mathrm{S_0}$ と $\mathrm{S_1}$ の両方を閉じて十分に時間が経過した回路に等しいという理解に過程点 2 点を与える。

		結果：2 点	$V_{\mathrm{F}}=V$
問(2) 計 12 点	(a) 3 点	過程：2 点	①極板 X と Y によるコンデンサーの電位差が $2V$ であることに過程点 1 点を与える。 ②極板 Y と Z によるコンデンサーの電位差が V であることに過程点 1 点を与える。 これら①，②は独立に配点する。
		結果：1 点	$Q_{\mathrm{Y}}=-4CV$
	(b) 5 点	過程：3 点	①極板 X と Y，極板 Y と Z によるコンデンサーの電気容量がそれぞれ $2C, C$ となることに過程点 1 点を与える。 ②極板 X と Y，極板 Y と Z によるコンデンサーの電気量がそれぞれ $\frac{10}{3}CV, \frac{2}{3}CV$ となること，または 2 組のコンデンサーの電気量の変化量がともに $\frac{4}{3}CV$ であることを，電荷保存則を用いて導出した場合に過程点 1 点を与える。 ③電池 E_0 と E_1 の仕事の和が $\frac{4}{3}CV^2$ であることに過程点 1 点を与える。 これら①～③は独立に配点する。
		結果：2 点	$V_{\mathrm{Y}}=\frac{1}{3}V$ ：1 点，$W_1=-\frac{4}{3}CV^2$ ：1 点
	(c) 4 点	過程：3 点	①極板 X と Y によるコンデンサーの電気容量が $4C$ となることに過程点 1 点を与える。 ②電荷保存則より，極板 Y と Z の間の電位差が 0 になることに過程点 1 点を与える。 ③電池 E_0 と E_1 の仕事の和が $\frac{2}{3}CV^2$ であることに過程点 1 点を与える。 これら①～③は独立に配点する。
		結果：1 点	$W_2=-\frac{5}{3}CV^2$

3（計３３点）

<table>
<tr><td rowspan="8">問(1)
計 20 点</td><td rowspan="2">(a)
5 点</td><td>過程：3 点</td><td>①状態方程式を用いて状態 1 から状態 2 までの温度の変化量を求める方針に過程点 1 点を与え，定圧モル比熱 $\frac{5}{2}R$ を用いて熱量を求める方針に過程点 2 点を与える。
②気体 A の内部エネルギーの変化量が $\frac{3}{2}P_0Sh$ であることに過程点 1 点を与え，気体 A がピストンⅠにした仕事が P_0Sh であることに過程点 1 点を与え，これらを用いて熱力学第一法則を考えることに過程点 1 点を与える。
これら①，②は独立に配点する。</td></tr>
<tr><td>結果：2 点</td><td>$Q_{12}=\frac{5}{2}P_0Sh$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(b)
3 点</td><td>過程：1 点</td><td>状態 3 における力のつり合いの式に過程点 1 点を与える。</td></tr>
<tr><td>結果：2 点</td><td>$P_3=P_0+\frac{kh}{S}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(c)
4 点</td><td>過程：2 点</td><td>以下の過程点①または②を与える。
①大気にした仕事が P_0Sh であることに過程点 1 点を与え，ばねにした仕事が $\frac{1}{2}kh^2$ であることに過程点 1 点を与える。
②気体 A と B の圧力 P と気体 A と B の体積の和 V_{AB} の関係を表すグラフを描き，グラフが囲む面積を用いて仕事を求めるという方針に過程点 2 点を与える。</td></tr>
<tr><td>結果：2 点</td><td>$W_{\mathrm{B}}=P_0Sh+\frac{1}{2}kh^2$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(d)
4 点</td><td>過程：2 点</td><td>①状態 3 における気体 A と B の体積の和が $2V_0+2Sh$ であることに過程点 1 点を与える。
②気体 A と B の圧力が常に等しいという理解のもとで内部エネルギーの変化量を計算するという方針に過程点 1 点を与える。
これら①，②は独立に配点する。</td></tr>
<tr><td>結果：2 点</td><td>$\Delta U_{23}=\frac{3kh}{S}V_0+3kh^2+\frac{3}{2}P_0Sh$</td></tr>
</table>

	(e) 4 点	過程：2 点	方針が正しければ以下の過程点を与える。 ①気体 A と B を合わせた系が外部にする仕事が W_B であることに過程点 1 点を与える。ここには，気体 A がピストン I にする仕事 w_A と気体 B がピストン I にする仕事 w_B の和が 0 であること $(w_A + w_B = 0)$ も含まれる。 ② 熱力学第一法則 $Q_{23} = \Delta U_{23} + W_B$ を用いる方針に過程点 1 点を与える。 これら①，②は独立に配点する。
		結果：2 点	$Q_{23} = \frac{3kh}{S}V_0 + \frac{7}{2}kh^2 + \frac{5}{2}P_0Sh$
問(2) 計 13 点	(a) 4 点	過程：2 点	気体 B についてのポアソンの式 $P_0V_0^{\frac{5}{3}} = P_4\left(\frac{1}{2}V_0\right)^{\frac{5}{3}}$ に過程点 2 点を与える。
		結果：2 点	$P_4 = 2^{\frac{5}{3}}P_0$
	(b) 4 点	過程：2 点	①状態 4 における気体 A の圧力が P_4 であることに過程点 1 点を与える。 ②状態 4 における気体 A の体積が $\frac{3}{2}V_0$ であることに過程点 1 点を与える。 これら①，②は独立に配点する。
		結果：2 点	$\Delta U = \frac{3}{2}\left(3\cdot 2^{\frac{2}{3}} - 1\right)P_0V_0$
	(c) 2 点	結果：2 点	グラフの記号：(あ)
	(d) 3 点	過程：2 点	①気体 A と B の内部エネルギーの変化量の総和が $\Delta U_{14} = \frac{3}{2}\left(P_4\cdot 2V_0 - P_0V_0\right)$ であることに過程点 1 点を与える。 ②熱力学第一法則 $Q_{14} = \Delta U_{14}$ に過程点 1 点を与える。 これら①，②は独立に配点する。
		結果：1 点	$Q_{14} = 3\left(2^{\frac{5}{3}} - 1\right)P_0V_0$