受験番号	学部　　　　　番

A — 1

（標準的な正答例であり，この他にも正解となる解答はあります。）

物　理　解　答　用　紙

1

評点	

問１

(1)　[説明と計算式]

点 B での小球の速さをv_{B}とする。

力学的エネルギー保存則より，$mgH_0 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{B}}^2 \quad \therefore v_{\mathrm{B}} = \sqrt{2gH_0}$

答　$\sqrt{2gH_0}$

(2)　[説明と計算式]

点 D での小球の速さをv_{D}とする。

$mgH_0 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2 + mgH_1 \quad \therefore v_{\mathrm{D}} = \sqrt{2g(H_0 - H_1)}$

点 D での小球の速度の水平成分をv_{Dx}とすると，斜面 CD の傾斜角がθであるため，$v_{\mathrm{Dx}} = \sqrt{2g(H_0 - H_1)}\cos\theta$

答　$\sqrt{2g(H_0 - H_1)}\cos\theta$

(3)　[説明と計算式]

最高点に到達した場合には速度の垂直成分は 0 になるので，

$mgH_0 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{Dx}}^2 + mgH_2 \quad \therefore H_2 = H_0 - (H_0 - H_1)\cos^2\theta$

答　$H_0 - (H_0 - H_1)\cos^2\theta$

問２

(1)　[説明と計算式]

点 D における小球の速さv_{D}は，

$\frac{1}{2}mv_{\mathrm{A}}^2 + mgH_0 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2 + mgH_1 \quad \therefore v_{\mathrm{D}} = \sqrt{v_{\mathrm{A}}^2 + 2g(H_0 - H_1)}$

最高点では速度の垂直成分が 0，水平成分が$v_{\mathrm{D}}\cos\theta$であるため，

$\frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2\cos^2\theta + mg(H_2 - H_1)$

$H_2 = H_0$であるため，

$\frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2 = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2\cos^2\theta + mg(H_0 - H_1)$　となり，v_{D}を消去すると

$\frac{1}{2}m\{v_{\mathrm{A}}^2 + 2g(H_0 - H_1)\} = \frac{1}{2}m\{v_{\mathrm{A}}^2 + 2g(H_0 - H_1)\}\cos^2\theta + mg(H_0 - H_1) \quad \therefore v_{\mathrm{A}} = \sqrt{2g(H_0 - H_1)}\frac{\cos\theta}{\sin\theta}$

答　$\sqrt{2g(H_0 - H_1)}\frac{\cos\theta}{\sin\theta}$

(2)　[説明と計算式]

点 E に衝突直前の小球の速度の垂直成分が$v_{\mathrm{D}}\sin\theta$，水平成分が$v_{\mathrm{D}}\cos\theta$である。

また，点 E に衝突直後の小球の速度の垂直成分が$ev_{\mathrm{D}}\sin\theta$，水平成分が$v_{\mathrm{D}}\cos\theta$である。

そのため，点 E に衝突直後の小球の速さv'_{E}は，$\sqrt{e^2v_{\mathrm{D}}^2\sin^2\theta + v_{\mathrm{D}}^2\cos^2\theta}$

最高点では速度の垂直成分が 0，水平成分が$v_{\mathrm{D}}\cos\theta$であるため，

$\frac{1}{2}mv'^2_{\mathrm{E}} = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2\cos^2\theta + mg(H_3 - H_1)$

$H_3 = H_0$であるため，

$\frac{1}{2}mv'^2_{\mathrm{E}} = \frac{1}{2}mv_{\mathrm{D}}^2\cos^2\theta + mg(H_0 - H_1)$　となり，v'_{E}とv_{D}を消去すると

$\frac{1}{2}m\{v_{\mathrm{A}}^2 + 2g(H_0 - H_1)\}(e^2\sin^2\theta + \cos^2\theta) = \frac{1}{2}m\{v_{\mathrm{A}}^2 + 2g(H_0 - H_1)\}\cos^2\theta + mg(H_0 - H_1) \quad \therefore v_{\mathrm{A}} = \frac{\sqrt{2g(H_0 - H_1)(1 - e^2\sin^2\theta)}}{e\sin\theta}$

答　$\frac{\sqrt{2g(H_0 - H_1)(1 - e^2\sin^2\theta)}}{e\sin\theta}$

小計	

受験番号	学部　　　　　番

A — 2

（標準的な正答例であり，この他にも正解となる解答はあります。）

物　理　解　答　用　紙

2

問1

(1) [説明と計算式]

音が距離 d 伝わるのにかかる時間は $\frac{d}{V}$ となる。

よって，求める時刻は $t_0+\frac{d}{V}$ となる。

答　$t_0+\dfrac{d}{V}$

(2) [説明と計算式]

時刻 t_0+T には音源と観測者は距離 $d+v_{\mathrm{S}}T$ 離れており，

音が伝わるのにかかる時間は $\frac{d+v_{\mathrm{S}}T}{V}$ となる。

よって，求める時刻は $t_0+T+\frac{d+v_{\mathrm{S}}T}{V}$ となる。

答　$t_0+T+\dfrac{d+v_{\mathrm{S}}T}{V}$

(3) [説明と計算式]

観測者が受ける音の振動数を f' とする。

観測者が受ける音の周期は振動数の逆数なので，(1)と(2)の解答の時刻差を用いて

$$\frac{1}{f'}=T+\frac{v_{\mathrm{S}}}{V}T=\left(1+\frac{v_{\mathrm{S}}}{V}\right)\frac{1}{f}$$

を得る。よって，$f'=\frac{V}{V+v_{\mathrm{S}}}f$ となる。

答　$\dfrac{V}{V+v_{\mathrm{S}}}f$

(4) [説明と計算式]

問題(3)の結果より

$$v_{\mathrm{S}}=\left(\frac{f}{f'}-1\right)V$$

この式に問題文中の数値を代入する。

$$v_{\mathrm{S}}=\left(\frac{340}{320}-1\right)\times 340=21.25\fallingdotseq 21\ \mathrm{m/s}$$

答　21 m/s

問2

(1) [説明と計算式]

音の波長は $\lambda=\frac{V}{f}=\frac{340\ \mathrm{m/s}}{340\ \mathrm{Hz}}=1.0\ \mathrm{m}$。観測者から音源1までの距離を ℓ_1，音源2までの距離を ℓ_2 とすると $\ell_1=d$，$\ell_2=\sqrt{d^2+2.4^2}$ を得る。同位相の条件は $\ell_2-\ell_1=n\lambda$（n は負でない整数）。$\ell_2^2=(\ell_1+n\lambda)^2$ から $d=\frac{2.4^2-(n\lambda)^2}{2n\lambda}$ を得る。ここで d が有限の正の実数を取るのは $n=1,2$ のときのみ。

$n=1$ のとき $d=2.38\fallingdotseq 2.4\ \mathrm{m}$

$n=2$ のとき $d=0.44\fallingdotseq 0.4\ \mathrm{m}$

答　0.4，2.4

(2) [説明と計算式]

(1)の計算で逆位相の条件は $\ell_2-\ell_1=\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda$ より

$$d=\frac{2.4^2-\left(n+\frac{1}{2}\right)^2\lambda^2}{2\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda}$$

ここで d が正の実数を取るのは $n=0,1$ のときのみ。

$n=0$ のとき $d=5.51\fallingdotseq 5.5\ \mathrm{m}$

$n=1$ のとき $d=1.17\fallingdotseq 1.2\ \mathrm{m}$

答　1.2，5.5

小計	

受験番号	学部　　　　番

A — 3

（標準的な正答例であり，この他にも正解となる解答はあります。）

物　理　解　答　用　紙

3

問 1

(1) [説明と計算式]

抵抗体の体積抵抗率ρ、長さ L、断面積 S とすると抵抗体の抵抗は$R=\rho\frac{L}{S}$ なので、AB 間の抵抗は$R_{AB}=\rho\frac{\ell/2+x}{S}=\rho\frac{\ell/2}{S}+\rho\frac{x}{S}=R_0+\Delta R$とかける（$R_0$:移動前の抵抗、$\Delta R$:移動による抵抗変化)。また、負極に対する端子 A の電位は$e_A=IR_{AB}$ だから、棒の移動前は$e_{A0}=IR_0$、移動後は$e_{Ax}=I(R_0+\Delta R)$とかける。

よって、$\frac{e_{Ax}}{e_{A0}}=\frac{IR_0+I\Delta R}{IR_0}=1+\frac{\Delta R}{R_0}=1+\frac{\rho\frac{x}{S}}{\rho\frac{\ell/2}{S}}=1+\frac{2x}{\ell}$

答　$1+\frac{2x}{\ell}$

(2) [説明と計算式]

B の電位は$e_B=\frac{R_{BC}}{R_{AB}+R_{BC}}V$であり、 $R_{AB}=R_0+\Delta R$ 、$R_{BC}=R_0-\Delta R$ とかける。また、(1)より $\frac{\Delta R}{R_0}=\frac{2x}{\ell}$だから

$$e_B=\frac{R_0-\Delta R}{2R_0}V=\frac{V}{2}\left(1-\frac{\Delta R}{R_0}\right)=\frac{V}{2}\left(1-\frac{2x}{\ell}\right)=\left(\frac{1}{2}-\frac{x}{\ell}\right)V$$

答　$\left(\frac{1}{2}-\frac{x}{\ell}\right)V$

(3) [説明と計算式]

$e_B=\frac{V}{2}\left(1-\frac{2x}{\ell}\right)$ であり、同様に $e_E=\frac{R_{DE}}{R_{EF}+R_{DE}}V$で $R_{EF}=R_0-\Delta R$ 、$R_{DE}=R_0+\Delta R$ とかけるから

$e_E=\frac{R_0+\Delta R}{2R_0}V=\frac{V}{2}\left(1+\frac{\Delta R}{R_0}\right)=\frac{V}{2}\left(1+\frac{2x}{\ell}\right)$　となる。

端子 B に対する端子 E の電位V_1は，$V_1=e_E-e_B=\frac{V}{2}\left(1+\frac{2x}{\ell}\right)-\frac{V}{2}\left(1-\frac{2x}{\ell}\right)=\frac{2x}{\ell}V$　よって、　$x=\frac{V_1}{2V}\ell$

答　$\frac{V_1}{2V}\ell$

問 2

(1) [説明と計算式]

コンデンサーの容量 C、電荷 Q、電圧 V の関係より、$V_{AB}=Q/C_{AB}$ 、$V_{BC}=Q/C_{BC}=e_B$ だから、

$$V=V_{AB}+V_{BC}=Q/C_{AB}+e_B=\frac{1}{C_{AB}}C_{BC}e_B+e_B=\left(1+\frac{C_{BC}}{C_{AB}}\right)e_B$$

$\therefore e_B=\dfrac{V}{1+\frac{C_{BC}}{C_{AB}}}$　ここで $C_{AB}=\varepsilon\frac{S}{d+x}$,$C_{BC}=\varepsilon\frac{S}{d-x}$ だから　$\frac{C_{BC}}{C_{AB}}=\dfrac{\frac{\varepsilon S}{d-x}}{\frac{\varepsilon S}{d+x}}=\frac{d+x}{d-x}$　とかけるので

$$e_B=\frac{V}{1+\frac{d+x}{d-x}}=\frac{d-x}{d-x+d+x}V=\frac{d-x}{2d}V=\frac{V}{2}\left(1-\frac{x}{d}\right)$$

次に、回路に蓄えられる静電エネルギーを考える。

$$C_{BC}=\varepsilon\frac{S}{d-x}\ ,\ V_{BC}=e_B=\frac{d-x}{2d}V=\frac{V}{2}\left(1-\frac{x}{d}\right)\text{であり，}$$

$$C_{AB}=\varepsilon\frac{S}{d+x}\ ,\ V_{AB}=V-V_{BC}=V-\frac{V}{2}\left(1-\frac{x}{d}\right)=\frac{V}{2}+\frac{V}{2}\frac{x}{d}=\frac{V}{2}\left(1+\frac{x}{d}\right)=\frac{d+x}{2d}V\quad\text{なので}$$

各々の静電エネルギーは　$U_{AB}=\frac{1}{2}C_{AB}V_{AB}^2=\frac{1}{2}\frac{\varepsilon S}{d+x}\frac{V^2}{4}\frac{(d+x)^2}{d^2}=\frac{1}{8}\varepsilon S\frac{d+x}{d^2}V^2$, $U_{BC}=\frac{1}{2}\frac{\varepsilon S}{d-x}\frac{V^2}{4}\frac{(d-x)^2}{d^2}=\frac{1}{8}\varepsilon S\frac{d-x}{d^2}V^2$

よって、回路に蓄えられるエネルギーは　$U_{AB}+U_{BC}=\frac{1}{8}\varepsilon S\frac{1}{d^2}V^2(d+x+d-x)=\frac{1}{4d}\varepsilon SV^2$と表せる。

これは移動距離 x には依存しない。つまり変化量は 0

答　電位：　$\frac{V}{2}\left(1-\frac{x}{d}\right)$　，静電エネルギーの変化量：　0

(2) [説明と計算式]

$e_B=\frac{V}{1+\frac{C_{BC}}{C_{AB}}}=\frac{d-x}{2d}V$であり，同様に　$e_E=\frac{V}{1+\frac{C_{DE}}{C_{EF}}}$　ここで $C_{EF}=\varepsilon\frac{S}{d-x}$,$C_{DE}=\varepsilon\frac{S}{d+x}$　だから　$\frac{C_{DE}}{C_{EF}}=\frac{\frac{\varepsilon S}{d+x}}{\frac{\varepsilon S}{d-x}}=\frac{d-x}{d+x}$

よって　$e_E=\frac{V}{1+\frac{d-x}{d+x}}=\frac{d+x}{d+x+d-x}V=\frac{d+x}{2d}V$　となる。

端子 B に対する端子 E の電位V_2は，$V_2=e_E-e_B=\frac{d+x}{2d}V-\frac{d-x}{2d}V=\frac{V}{2d}(d+x-d+x)=\frac{V}{2d}2x=\frac{V}{d}x$

よって、　$x=\frac{V_2}{V}d$

答　$\frac{V_2}{V}d$

小計	