物理

<出題の意図 >

問題Ⅰ

設問（1）：弾性衝突の関係式や衝突の際の運動量保存則をそれぞれ立式し，正しく解けるかを問う。

設問（2）：ばねの弾性力を受けて運動する小球に関して，力学的エネルギー保存則を立式し，正しく解けるかを問う。

設問（3）：ばねの弾性力を介して相互作用する小球の運動量の総和が保存することを理解できているかを問う。

設問（4）：ばねの弾性力を介して相互作用する小球の運動方程式を正しく立式できるかを問う。

設問（5）：小球の相対運動に関する運動方程式を正しく立式できるかを問う。

設問（6）：小球の相対運動に関する運動方程式が単振動を示すことを見抜き，その周期が求められるかを問う。

設問（7）：ばねの長さが最大・最小になるときの小球の運動を，運動量や力学的エネルギーの保存則から多角的に考察できるかを問う。

設問（8）：ばねの弾性力を介して相互作用する小球の運動の時間変化について多角的に考察できるかを問う。

問題Ⅱ

設問（1）：コンデンサーの特性が理解できているかを問う。

設問（2）：コンデンサーの過渡現象が理解できているかを問う。

設問（3）：RC 直列回路が理解できているかを問う。

設問（4）：電荷を蓄えたコンデンサーを含む回路が理解できているかを問う。

設問（5）：電荷とエネルギー保存則の関係を理解できているかを問う。

設問（6）：電気振動原理の基礎知識を問う。

設問（7）：具体的な定量化・計算を通して電気振動が理解できているかを問う。

設問（8）：半導体ダイオードの整流特性が理解できているかを問う。

問題Ⅲ

設問（1）：状態方程式の理解を問う。

設問（2）：気体１の圧力と大気圧が関わる場合での力のつりありの理解を問う。

設問（3），（4）：定積変化の理解を問う。

設問（5），（6）：定圧変化の理解を問う。

設問（7），（8）：気体１，気体２の圧力と大気圧が関わる場合での力のつりあいの理解を問う。

設問（9）：定積変化，定圧変化を pT 図上で図示できるかを問う。

設問（10）断熱変化を伴う場合の変位と熱の関係の理解を問う。

物理　＜正解･解答例＞

問題I

(1) ［計算］

v_A，v_B は，運動量保存則より $mv_0 = mv_A + Mv_B$ を得る。
また，弾性衝突より，はね返り係数を 1 として

$$1 = -\frac{v_A - v_B}{v_0}$$

となるので，これらの式を連立させることで，$v_A = \dfrac{m-M}{m+M}v_0$，$v_B = \dfrac{2mv_0}{m+M}$ を得る。

［答］小球A $v_A = \dfrac{m-M}{m+M}v_0$

［答］小球B $v_B = \dfrac{2mv_0}{m+M}$

(2) ［答］

$$x_B^{max} = \frac{2mv_0}{m+M}\sqrt{\frac{M}{k}}$$

(3) ［答］

$$MV_0$$

(4) ［答］小球C

$$Ma_C = k\left(x_D - x_C - \ell\right)$$

［答］小球D

$$Ma_D = -k\left(x_D - x_C - \ell\right)$$

(5) (あ)［答］

$$\frac{2k}{M}$$

(い)［答］

$$\ell$$

(6) ［答］

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{2k}}$$

(7) ［計算］

ばねの伸縮長が最大となる時，小球 C から見た D の速度は $v_D - v_C = 0$ である。この式と，設問 (3) の運動量保存則 $MV_0 = Mv_C + Mv_D$ を連立させて解けば

$$v_C = \frac{V_0}{2},\quad v_D = \frac{V_0}{2}$$

を得る。また，ばねの伸縮長の最大値を d とすれば，力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}MV_0^2 = \frac{1}{2}Mv_C^2 + \frac{1}{2}Mv_D^2 + \frac{1}{2}kd^2$$

となる。この時，$v_C = \frac{V_0}{2}$，$v_D = \frac{V_0}{2}$ を代入して d について解けば，$d = V_0\sqrt{\frac{M}{2k}}$ を得る。
したがって，ばねの長さの最大値，最小値は，$\ell + V_0\sqrt{\frac{M}{2k}}$，$\ell - V_0\sqrt{\frac{M}{2k}}$ となる。

［答］最大値 $\ell + V_0\sqrt{\dfrac{M}{2k}}$

［答］最小値 $\ell - V_0\sqrt{\dfrac{M}{2k}}$

(8) ［答］

（オ）

問題Ⅱ

(1) ［答］

$I = \dfrac{E}{R}$

(2) ［答］

（エ）

(3) ［答］

$V_0 = E$

(4) ［答］

$V_0 = \dfrac{E}{2}$

(5) ［計算］

スイッチ S_1 が A_1 に接続されていたときは，C_2 は電荷がないので蓄積されている総エネルギーを W_1 とすると，W_1 は $W_1 = \frac{1}{2}CE^2$

コンデンサーC_1 と C_2 に蓄えられる総エネルギーを W_2 とすると， W_2 は

$W_2 = \frac{1}{2}CV_1^2 + \frac{1}{2}CV_2^2$であり， $V_1 = V_2 = \frac{1}{2}E$ を入れると$W_2 = \frac{1}{4}CE^2$ になる。

抵抗で消費されるエネルギーは，エネルギーの減少分に相当するため，

$W_1 - W_2 = \dfrac{1}{4}CE^2$

［答］

$\dfrac{1}{4}CE^2$

(6) ［答］

CE

(7) ［計算］

コイルの電圧が 0 のとき，それぞれのコンデンサーの極板間の電圧は等しいので，電気量保存の法則よりコンデンサーC_1, C_2 の電圧の大きさを V_1 とすると，$CV_1 + CV_1 = CE$となる。

電流 I_m が流れているインダクタンス L のコイルのエネルギーは$\frac{1}{2}LI_m^2$なので，エネルギー保存則を考えると，$\frac{1}{2}CE^2 = 2 \times \frac{1}{2}CV_1^2 + \frac{1}{2}LI_m^2$ となり，これをまとめると $I_m = E\sqrt{\frac{C}{2L}}$となる。

この式に，$C = 0.100$ mF，$L = 5.00$ mH，$E = 1.00$ V を入れて計算すると $I_m = 0.10$ A

［答］

$I_m = 0.10$ A

(8)

［答］A_2 に接続したとき	［答］B_2 に接続したとき
（カ）	（ク）

問題Ⅲ

(1) ［答］

$$n=\frac{p_A S\ell}{RT_A}$$

(2) ［答］

$$p_A^{\max}=p_0+\frac{mg}{S}$$

(3) ［答］

$$T_B=\frac{p_0+\frac{mg}{S}}{p_A}T_A$$

(4) ［答］

$$Q_{AB}=\frac{3}{2}[(p_0-p_A)S+mg]\ell$$

(5) ［答］

$$T_C=\frac{\left(p_0+\frac{mg}{S}\right)(\ell+L)}{p_A\ell}T_A$$

(6) ［答］

$$Q_{BC}=\frac{5}{2}(p_0S+mg)L$$

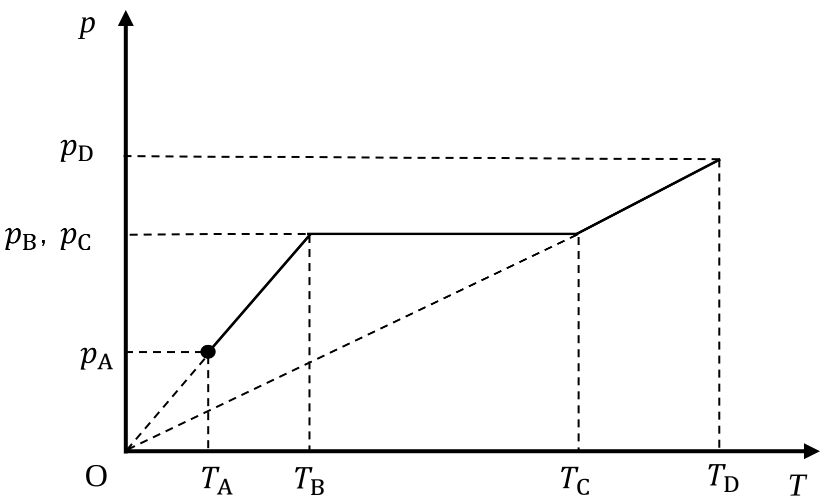
(7) ［答］

$$T_D=\frac{\left(2p_0+\frac{mg}{S}\right)(\ell+L)}{p_A\ell}T_A$$

(8) ［答］

$$Q_{CD}=\frac{3}{2}p_0S(\ell+L)$$

(9) ［答］



［説明］

状態Aから状態Bまでは定積変化であるため原点を通る直線となる.

状態Bから状態Cまでは定圧変化であるためT軸に平行な直線となる.

状態Cから状態Dまでは定積変化であるため原点を通る直線となる.

(10) ［答］

(ウ)