物　　理

注　意

1. 問題は全部で 11 ページである。
2. 解答用紙に氏名・受験番号を忘れずに記入すること。(ただし，マーク・シートにはあらかじめ受験番号がプリントされている。)
3. 解答はすべて解答用紙に記入すること。
4. 問題冊子の余白は計算に利用してよい。
5. 解答用紙は必ず提出のこと。この問題冊子は提出する必要はない。

マーク・シート記入上の注意

1. 解答用紙(その1)はマーク・シートになっている。**HB**の黒鉛筆またはシャープペンシルを用いて記入すること。
2. 解答用紙にあらかじめプリントされた受験番号を確認すること。
3. 解答する記号の ○ を塗りつぶしなさい。○で囲んだり×をつけたりしてはいけない。

解答記入例(解答が イ のとき)

	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト
1	●	○	○	○	○	○	○

4. 一度記入したマークを消す場合は，消しゴムでよく消すこと。×をつけても消したことにならない。
5. 解答用紙をよごしたり，折り曲げたりしないこと。

1 図1―1のように水平に対して角度θのなめらかな斜面があり，斜面にそってx軸をとる。斜面の下端には自然長L_0のバネが固定され，質量M_Aの物体Aがバネの先に固定され静止している。そのときの物体Aの位置を$x=0$とする。物体は斜面にそって運動するものとする。ただし，バネ定数をk，重力加速度をgとし，物体の大きさとバネの質量は無視できる。設問1)，3)，4)は**解答用紙(その2)**の対応する解答欄に答を記し，設問2)，5)はそれぞれ解答群Ⅰ，Ⅱから，設問6)は解答群Ⅲから最もふさわしい答を選び，**解答用紙(その1)**にマークせよ。

1) 物体Aが静止した状態でのバネの長さLをもとめよ。

2) 質量M_Bの物体Bを水平面から高さhの斜面上に静かに置いたところ，斜面にそって落下し物体Aと1回めの衝突をした。衝突直前の物体Bの速さV_0を解答群Ⅰから選べ。

3) 物体A，Bの衝突は完全弾性衝突であった。衝突直後の物体A，Bの速度v_A，v_BをV_0を使ってあらわせ。

4) 物体Bは衝突直後静止し，その後斜面にそって落下した。M_AとM_Bの間にはどのような関係が成り立っていたか。

5) 1回めの衝突の時刻を$t=0$とする。その後，バネは縮み，時刻$t=T$で伸びはじめた。時刻Tとそのときの物体Aの位置Xを解答群Ⅱから選べ。

6) その後，物体A，Bは時刻t_cで2回めの衝突をした。時刻tに対する物体A，Bの位置の変化のグラフを解答群Ⅲから選べ。ただしOは原点($t=0$，$x=0$)をあらわしている。

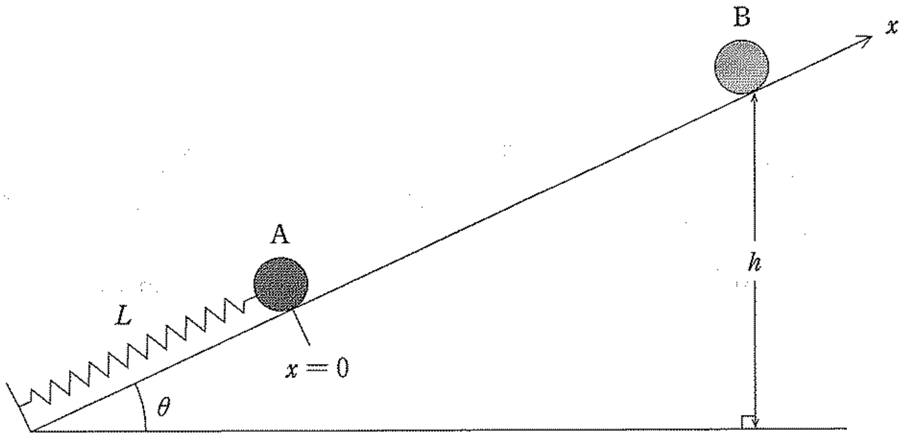


図1—1

解答群Ⅰ：

(a) $\sqrt{g(h - L\cos\theta)}$　(b) $\sqrt{g(h - L\sin\theta)}$

(c) $\sqrt{2g(h - L\cos\theta)}$　(d) $\sqrt{2g(h - L\sin\theta)}$

(e) $\sqrt{3g(h - L\cos\theta)}$　(f) $\sqrt{3g(h - L\sin\theta)}$

(g) $\sqrt{4g(h - L\cos\theta)}$　(h) $\sqrt{4g(h - L\sin\theta)}$

解答群Ⅱ：

(a) $2\pi\sqrt{\dfrac{M_A}{k}}$　(b) $2\pi\sqrt{\dfrac{k}{M_A}}$　(c) $\pi\sqrt{\dfrac{M_A}{k}}$

(d) $\pi\sqrt{\dfrac{k}{M_A}}$　(e) $\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{M_A}{k}}$　(f) $\dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{k}{M_A}}$

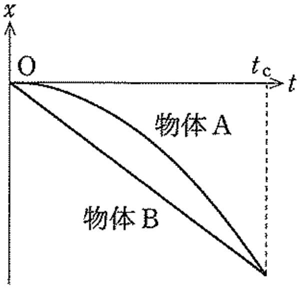
(g) $\dfrac{\pi}{4}\sqrt{\dfrac{M_A}{k}}$　(h) $\dfrac{\pi}{4}\sqrt{\dfrac{k}{M_A}}$　(i) $\sqrt{\dfrac{M_A}{k}}V_0$

(j) $-\sqrt{\dfrac{M_A}{k}}V_0$　(k) $2\sqrt{\dfrac{M_A}{k}}V_0$　(l) $-2\sqrt{\dfrac{M_A}{k}}V_0$

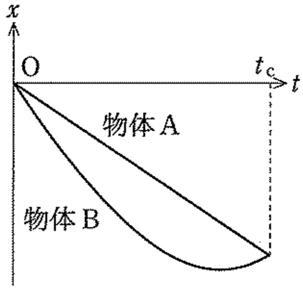
(m) $\sqrt{\dfrac{k}{M_A}}V_0$　(n) $-\sqrt{\dfrac{k}{M_A}}V_0$　(o) $2\sqrt{\dfrac{k}{M_A}}V_0$

(p) $-2\sqrt{\dfrac{k}{M_A}}V_0$

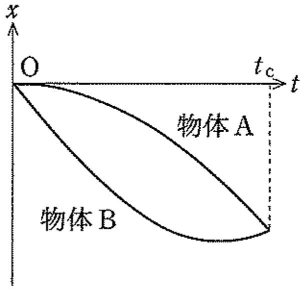
解答群Ⅲ：


x
O
tc
t
物体 A
物体 B

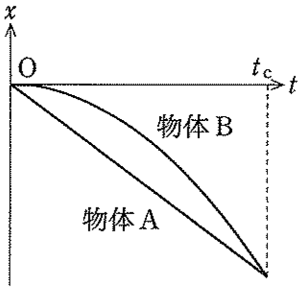
(a)


x
O
tc
t
物体 A
物体 B

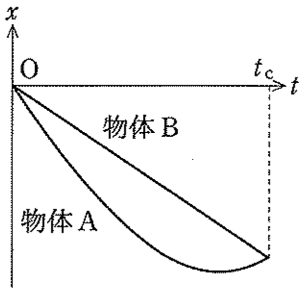
(b)


x
O
tc
t
物体 A
物体 B

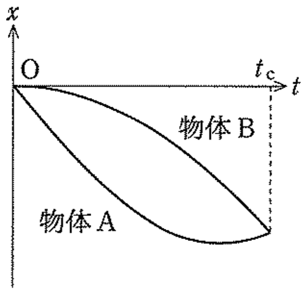
(c)


x
O
tc
t
物体 B
物体 A

(d)


x
O
tc
t
物体 B
物体 A

(e)


x
O
tc
t
物体 B
物体 A

(f)

<余　　白>

2 以下の文章を読み，空欄(a)〜(g)にあてはまるもっとも適切な式を解答群から選び，**解答用紙**(**その1**)の該当する記号をマークせよ。また空欄(ア)〜(キ)にあてはまるもっとも適切な式と，問2—1のグラフを**解答用紙**(**その2**)にかけ。

図2—1のように内部抵抗の無視できる起電力Vの電池，スイッチ，可変抵抗，電気容量Cのコンデンサーからなる回路がある。可変抵抗の抵抗値をRとする。スイッチを閉じた後，図の向きに電流Iが流れコンデンサーにたくわえられている電気量はQであるとき，コンデンサーの両端の電位差は $\boxed{\quad(ア)\quad}$ であり，可変抵抗に加わる電圧は $\boxed{\quad(イ)\quad}$ である。これよりR，I，C，QとVの関係は$V=$ $\boxed{\quad(ア)\quad}$ $+$ $\boxed{\quad(イ)\quad}$ となる。

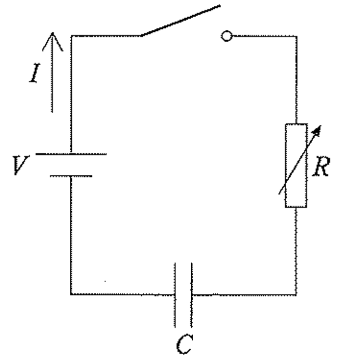


図2—1

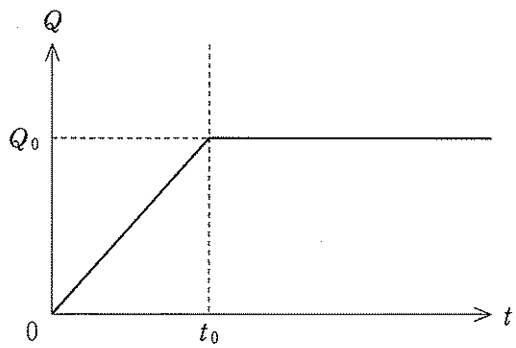


図2—2

次にコンデンサーのたくわえる電気量を0にした後，時刻$t=0$にスイッチを閉じた。$0 \leqq t \leqq t_0$の間，可変抵抗の抵抗値Rを減少させていくと，コンデンサーがたくわえる電気量Qは図2—2のように変化した。これより$0 \leqq t \leqq t_0$の間における電気量QはQ_0，t，t_0をもちいて $\boxed{\quad(ウ)\quad}$ とかけ，電流はQ_0，t_0をもちいて $\boxed{\quad(エ)\quad}$ とあらわされる。$t_0 < t$では電気量は一定値Q_0を保った。このとき回路を流れる電流は $\boxed{\quad(オ)\quad}$ となった。

これより，

$$0 \leqq t \leqq t_0 \text{ では } V = \boxed{\quad(エ)\quad} \times R + \boxed{\quad(カ)\quad} \times t \quad \cdots(式1)$$

$$t_0 < t \text{ では } V = \boxed{\quad(キ)\quad} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(式2)$$

という関係が成り立つ。

◇M56(624—693)

(式1)，(式2)より$0 \leqq t \leqq t_0$における可変抵抗の抵抗値Rをtの関数としてあらわすと$R=$ (a) となる。

一般に電力Pは抵抗Rと電流Iをもちいて$P=$ (b) とかける。したがって，$0 \leqq t \leqq t_0$において，可変抵抗で消費される電力Pはtの関数として$P=$ (c) となる。

問 2-1. 可変抵抗で消費される電力を時刻tの関数としてあらわしたグラフを**解答用紙(その2)**の図2—3にかけ。

時刻0からt_0の間に可変抵抗に発生する全ジュール熱W_Jは，図2—3においてt軸と電力をあらわす線で囲まれた図形の$0 \leqq t \leqq t_0$の部分の面積になるので，$W_J=$ (d) となる。また，時刻t_0までにコンデンサーにたくわえられたエネルギーは$W_C=$ (e) である。一方，時刻0からt_0の間に電池のする仕事W_bは，$W_b=$ (f) となり，これは一定の起電力Vで電荷を0からQ_0までコンデンサーにたくわえる仕事に等しい。これより (g) となり，これは系のエネルギー保存則をあらわしている。

(a)の解答群

① $Q_0 t$	② $\dfrac{Q_0 t}{C}$	③ $\dfrac{t}{C}$
④ $Q_0(t_0 - t)$	⑤ $\dfrac{Q_0}{C}(t_0 - t)$	⑥ $\dfrac{1}{C}(t_0 - t)$
⑦ $\dfrac{Q_0 t}{t_0}$	⑧ $\dfrac{Q_0 t}{C t_0}$	⑨ $\dfrac{t}{C t_0}$
⑩ $\dfrac{Q_0}{t}$	⑪ $\dfrac{Q_0}{C t}$	⑫ $\dfrac{1}{C t}$

(b)の解答群

① $\dfrac{R}{I}$	② $\dfrac{R^2}{I}$	③ $\dfrac{R}{I^2}$	④ $\dfrac{R^2}{I^2}$
⑤ IR	⑥ IR^2	⑦ $I^2 R$	⑧ $I^2 R^2$
⑨ $\dfrac{I}{R}$	⑩ $\dfrac{I}{R^2}$	⑪ $\dfrac{I^2}{R}$	⑫ $\dfrac{I^2}{R^2}$

(c)の解答群

① $\dfrac{t_0}{Q_0 C}(t_0 - t)$　② $\dfrac{t_0^2}{Q_0^2 C}(t_0 - t)$

③ $\dfrac{t_0}{Q_0 C^2}(t_0 - t)^2$　④ $\dfrac{t_0^2}{Q_0^2 C^2}(t_0 - t)^2$

⑤ $\dfrac{Q_0^2}{t_0^2 C^2}(t_0 - t)^2$　⑥ $\dfrac{Q_0}{t_0 C^2}(t_0 - t)^2$

⑦ $\dfrac{Q_0}{t_0 C}(t_0 - t)$　⑧ $\dfrac{Q_0^2}{t_0^2 C}(t_0 - t)$

⑨ $\dfrac{C Q_0^2}{t_0^2 (t_0 - t)}$　⑩ $\dfrac{C^2 Q_0}{t_0^2 (t_0 - t)}$

⑪ $\dfrac{C^2 Q_0}{t_0 (t_0 - t)^2}$　⑫ $\dfrac{C^2 Q_0^2}{t_0^2 (t_0 - t)^2}$

(d), (e), (f)　の解答群

① 0　② $\dfrac{Q_0^2}{C}$　③ $\dfrac{Q_0^2}{2C}$　④ $\dfrac{2Q_0^2}{C}$

⑤ $\dfrac{Q_0}{C}$　⑥ $\dfrac{Q_0}{2C}$　⑦ $\dfrac{2Q_0}{C}$　⑧ $\dfrac{Q_0^2}{C} t_0$

⑨ $\dfrac{Q_0^2}{2C} t_0$　⑩ $Q_0^2 t_0$　⑪ $Q_0 t_0$　⑫ $2Q_0 t_0$

(g)の解答群

① $W_b = W_J + W_c$　② $W_c = W_b + W_J$

③ $W_J = W_c + W_b$　④ $W_b = \dfrac{W_J}{2} + \dfrac{W_c}{2}$

⑤ $W_c = \dfrac{W_b}{2} + \dfrac{W_J}{2}$　⑥ $W_J = \dfrac{W_c}{2} + \dfrac{W_b}{2}$

⑦ $W_b = W_c$　⑧ $W_b = W_J$

＜余　　白＞

3 以下の文章中の空欄(ア)〜(ウ)について，適切な式，数値または文を解答群からえらび，その記号を**解答用紙（その１）**の解答欄にマークせよ。空欄(1)〜(3)には，あてはまる適切な式，記号または数値を**解答用紙（その３）**の解答欄に記入せよ。なお，重力加速度の大きさを g とする。

図３―１に示したように，内径が一定で高さ方向に長い，空気の入ったシリンダーＣの内部に，質量 M，全体積 V_0，内容積 V_1 の変形しない容器Ｑがある。Ｑ内には密度 ρ_1 の気体が密封されている。

シリンダーＣはなめらかに上下に移動する断熱壁Ｗで仕切られており，ＣとＷで囲まれた領域Ｒの内部の空気の温度は変化させることができる。いっぽう，ＣとＷの外部では空気の圧力は一定であり，Ｗを通して空気の出入りはない。また，領域Ｒの内部において，空気の温度，密度はつねに一様であり，その体積は，つねに V_0 に比べてじゅうぶん大きく，かつＱにはたらく空気抵抗は無視できる。

はじめ，ＱはＣの内側に固定されていた。このとき，Ｒ内部の空気の絶対温度は T_0，Ｑに密封された気体の圧力は p_1 であった。この状態を(I)とする。

Ｑを静かに解放したところ，Ｑはもとの位置に静止したままであった。このとき，Ｒ内部の空気の密度は，$\rho_0 =$ $\boxed{\quad(ア)\quad}$ である。

つぎにＱを固定し，その後，Ｒ内部の空気の絶対温度をゆっくり上昇させ，$T_1(> T_0)$ とした。この間にＷはもとの位置から移動したが，Ｃの上端とＱの固定位置からは，じゅうぶん離れた位置で停止した。このときＱ内部の気体の温度も T_1 であった。この状態を(II)とする。

このとき，Ｑに密封された気体の圧力 p_1' と，状態(I)で測定された圧力 p_1 の大小関係は $\boxed{\quad(1)\quad}$ である。状態(I)から状態(II)まで変化させる間に，Ｒ内部の空気の体積は V_R から $\boxed{\quad(2)\quad}$ $\times V_R$ に変化した。したがって，状態(II)におけるＲ内部の空気の密度は，$\rho_0' =$ $\boxed{\quad(3)\quad}$ $\times \rho_0$ である。

時刻 $t = 0$ において，Ｑを静かに解放したところ，Ｑは $\boxed{\quad(イ)\quad}$ 。

時刻 $t = t_1(> 0)$ におけるＱの速さは $\boxed{\quad(ウ)\quad}$ である。ただし，$0 \leqq t \leqq t_1$ においてＱはＲ内部の空中にあり，ＣにもＷにも接触していない。

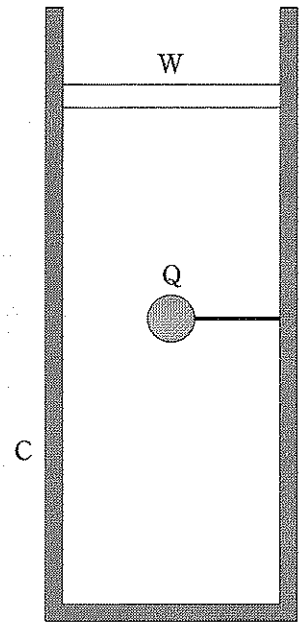


図3—1

(ア)の解答群

(a) $\dfrac{M}{V_0}$　(b) $\dfrac{M}{V_0 - V_1}$　(c) $\dfrac{V_1\rho_1}{V_0}$

(d) $\dfrac{V_0\rho_1}{V_0 - V_1}$　(e) $\dfrac{M + V_1\rho_1}{V_0}$　(f) $\dfrac{M + V_0\rho_1}{V_1}$

(g) $\dfrac{M - V_1\rho_1}{V_0}$　(h) $\dfrac{M - V_0\rho_1}{V_1}$　(i) $\dfrac{M + V_0\rho_1}{V_0 + V_1}$

(j) $\dfrac{M + V_0\rho_1}{V_0 - V_1}$　(k) $\dfrac{M - V_0\rho_1}{V_0 + V_1}$　(l) $\dfrac{M - V_0\rho_1}{V_0 - V_1}$

(イ)の解答群

(a) 静止したままであった

(b) 鉛直下方に動き出した

(c) 鉛直上方に動き出した

(d) 鉛直方向に振動しはじめた

(e) 水平方向に振動しはじめた

(f) 水平方向に動き出した

(ウ)の解答群

(a) 0

(b) $\sqrt{\dfrac{7p_1}{5\rho_0'}}$

(c) $\sqrt{\dfrac{7V_1\rho_1 p_1}{5M\rho_0'}}$

(d) $\sqrt{\dfrac{7V_1\rho_1 p_1}{5(M+V_1\rho_1)\rho_0'}}$

(e) $\dfrac{V_1\rho_1}{M}gt_1$

(f) $\dfrac{V_1\rho_1}{M+V_1\rho_1}gt_1$

(g) $\dfrac{M-V_1\rho_1}{M+V_1\rho_1}gt_1$

(h) $\dfrac{M-V_0\rho_0'}{M+V_1\rho_1}gt_1$

(i) $\dfrac{M+V_1\rho_1-V_0\rho_0'}{M+V_1\rho_1}gt_1$

(j) $\dfrac{7(M+V_1\rho_1-V_0\rho_0')}{5(M+V_1\rho_1)}gt_1$

(k) $\dfrac{M-V_1\rho_1+V_0\rho_0'}{M+V_1\rho_1}gt_1$

(l) $\dfrac{M+V_1\rho_1-V_0\rho_0'}{M+V_0\rho_0'}gt_1$

(m) $\dfrac{7(M+V_1\rho_1-V_0\rho_0')}{5(M+V_0\rho_0')}gt_1$

(n) $\dfrac{M-V_1\rho_1+V_0\rho_0'}{M+V_0\rho_0'}gt_1$

(o) $\dfrac{V_1\rho_1}{M+V_0\rho_0'}gt_1$