物　　理

注　意

1. 問題は全部で10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 1 のとき)

1	● ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⓪

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 以下の文章を読み，空欄(1)～(14)にあてはまる最も適切な式または語句をそれぞれの解答群から選び，**解答用紙（その１）**の該当する記号をマークせよ。

図１―１のように，質量 m の，大きさの無視できる３個の小球A，B，Cがなめらかな水平面上に x 軸に沿って静止している。小球Bの位置を $x=0$，小球Cの位置を $x=\ell$ とする。ばね定数 $k=m\omega^2$ のばねの左端は壁に固定され，右端には板がとりつけてある。ばねと板の質量は無視できる。はじめは，ばねは自然の長さになっており，板と小球Aは接している。小球どうしの衝突のはねかえり係数は $\frac{1}{2}$ である。ただし，$\omega>0$ とする。

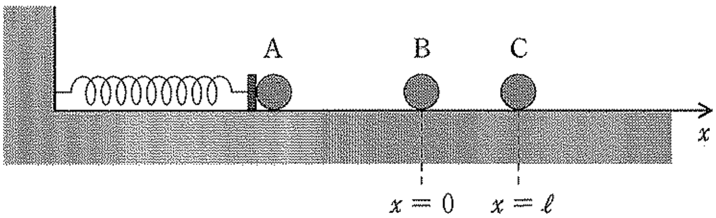

図１―１

小球Aを x 軸の負の方向に押し，ばねを ℓ だけ縮めて静かに手をはなしたところ，Aは x 軸の正の方向に動きはじめ，その後，板から離れ等速直線運動し，小球Bに衝突した。Bに衝突する直前のAの速度は $\boxed{(1)}\times\ell\omega$ である。この衝突後のAの速度は $\boxed{(2)}\times\ell\omega$，Bの速度は $\boxed{(3)}\times\ell\omega$ である。したがって，２個の小球の力学的エネルギーの総和は衝突により $\boxed{(4)}$ だけ減少する。失われた力学的エネルギーのほとんどが $\boxed{(5)}$ となる。

空欄(1)，(2)，(3)に対する解答群

① $\sqrt{2}$	② $\frac{\sqrt{2}}{2}$	③ $\frac{1}{8}$	④ $\frac{1}{4}$	⑤ $\frac{3}{4}$
⑥ $\frac{1}{2}$	⑦ $\frac{4}{3}$	⑧ $\frac{3}{2}$	⑨ 1	⓪ 2

空欄(4)に対する解答群

① $\frac{1}{2}m\ell\omega^2$　② $\frac{1}{4}m\ell\omega^2$　③ $\frac{3}{4}m\ell\omega^2$　④ $\frac{3}{8}m\ell\omega^2$

⑤ $\frac{3}{16}m\ell\omega^2$　⑥ $\frac{1}{2}m\ell^2\omega^2$　⑦ $\frac{1}{4}m\ell^2\omega^2$　⑧ $\frac{3}{4}m\ell^2\omega^2$

⑨ $\frac{3}{8}m\ell^2\omega^2$　⓪ $\frac{3}{16}m\ell^2\omega^2$

空欄(5)に対する解答群

① 熱　② 力　③ 圧　力

④ 力のモーメント　⑤ 質　量　⑥ 重　力

⑦ 温　度　⑧ 慣　性　⑨ 位置エネルギー

⓪ 保存力

小球Aがはじめて小球Bに衝突した時刻を $t=0$ とすると，この衝突の後，次の衝突が起こるまでのA，Bの位置 $x'_{\mathrm{A}}(t)$，$x'_{\mathrm{B}}(t)$ は，

$$x'_{\mathrm{A}}(t) = \boxed{\quad(2)\quad} \times \ell\omega t$$

$$x'_{\mathrm{B}}(t) = \boxed{\quad(3)\quad} \times \ell\omega t$$

と表される。この後，Bは時刻 $t = \boxed{\quad(6)\quad}$ で小球Cに衝突した。この衝突の後，次の衝突が起こるまでのB，Cの位置 $x''_{\mathrm{B}}(t)$，$x''_{\mathrm{C}}(t)$ は，

$$x''_{\mathrm{B}}(t) = \boxed{\quad(7)\quad} \times \ell + \boxed{\quad(8)\quad} \times \ell\omega t$$

$$x''_{\mathrm{C}}(t) = \boxed{\quad(9)\quad} \times \ell + \boxed{\quad(10)\quad} \times \ell\omega t$$

と表される。さらにこの後，$t = \boxed{\quad(11)\quad}$，$x = \boxed{\quad(12)\quad}$ で，再びAとBが衝突した。この衝突後のAの速度は $\boxed{\quad(13)\quad} \times \ell\omega$，Bの速度は $\boxed{\quad(14)\quad} \times \ell\omega$ となった。

空欄(6)に対する解答群

① $\frac{1}{3\omega}$　② $\frac{2}{3\omega}$　③ $\frac{4}{3\omega}$　④ $\frac{1}{2\omega}$　⑤ $\frac{3}{2\omega}$

⑥ $\frac{\omega}{3}$　⑦ $\frac{2\omega}{3}$　⑧ $\frac{4\omega}{3}$　⑨ $\frac{\omega}{2}$　⓪ $\frac{3\omega}{2}$

空欄(7), (8), (9), (10)に対する解答群

① $\frac{1}{4}$	② $\frac{3}{4}$	③ $\frac{1}{8}$	④ $\frac{3}{8}$	⑤ $\frac{5}{8}$
⑥ $\frac{7}{8}$	⑦ $\frac{1}{16}$	⑧ $\frac{3}{16}$	⑨ $\frac{9}{16}$	⓪ $\frac{13}{16}$

空欄(11)に対する解答群

① $\frac{1}{\omega}$	② $\frac{4}{\omega}$	③ $\frac{5}{\omega}$	④ $\frac{8}{\omega}$	⑤ $\frac{12}{\omega}$
⑥ ω	⑦ 4ω	⑧ 5ω	⑨ 8ω	⓪ 12ω

空欄(12)に対する解答群

① $\frac{5}{4}\ell$	② $\frac{9}{4}\ell$	③ ℓ	④ 2ℓ	⑤ 3ℓ
⑥ 4ℓ	⑦ 5ℓ	⑧ $\frac{15}{8}\ell$	⑨ $\frac{25}{16}\ell$	⓪ 48ℓ

空欄(13), (14)に対する解答群

① $\frac{9}{16}$	② $\frac{13}{16}$	③ $\frac{7}{32}$	④ $\frac{15}{32}$	⑤ $\frac{25}{32}$
⑥ $\frac{7}{64}$	⑦ $\frac{13}{64}$	⑧ $\frac{15}{64}$	⑨ $\frac{25}{64}$	⓪ $\frac{35}{64}$

<余　　　白>

2 以下の文章を読み，空欄(15)〜(31)にあてはまる最も適切な数値，式または文を解答群から選び，**解答用紙（その１）**の解答欄の該当する記号をマークせよ。

図２―１のように紙面内にx軸，y軸をとる。真空中$x=0$と$x=\frac{3}{2}d$（ただし$d>0$）に，紙面に垂直にじゅうぶん広い平行平面電極Ⅰと Ⅱがあり，その間に強さEの一様な電場がx軸正方向にかかっている。また，領域$x<0$には，紙面に垂直に裏から表向きに磁束密度Bの一様磁場がある。

以下の問題において粒子はxy平面内を運動し，その位置は２次元座標(x, y)で表すことができる。たとえば，図２―１でx軸上の点P，Qの座標はそれぞれ，P$(\frac{d}{2}, 0)$，Q$(d, 0)$である。なお，重力は無視できる。

電極Ⅰの電位を０とすると，点Qの電位は， $\boxed{(15)}$ である。点Qから，質量m，電荷$q(>0)$の大きさの無視できる粒子を原点Oに向けて速さv_0で射出した。射出直後の粒子の運動エネルギーは $\boxed{(16)}$ であるので，点Pに到達したときの粒子の運動エネルギーは $\boxed{(17)}$ となる。粒子のx方向の加速度をa_xとすると，点Pにおいて，$ma_x=$ $\boxed{(18)}$ と表される。同様に，y方向の加速度をa_yとおくと，$ma_y=$ $\boxed{(19)}$ である。

原点Oではじゅうぶん小さな穴が電極にあいており，速さv_0がある速さv_Lより大きければ，粒子はその穴を通過し，$x<0$の領域に進入できる。この場合，$v_L=$ $\boxed{(20)}$ であり，$v_0>v_L$のとき原点Oにおける粒子の速さは，$\boxed{(21)}$ となる。

$v_0=2v_L$のとき，粒子は速さ$V'=$ $\boxed{(22)}$ で原点Oを通過した。原点O通過直後の粒子の加速度をa'_x，a'_yとすると，$ma'_x=$ $\boxed{(23)}$ ，$ma'_y=$ $\boxed{(24)}$ である。そして，この後粒子は座標($\boxed{(25)}$ ， $\boxed{(26)}$)において $\boxed{(27)}$ 。

次に，質量m，電荷$-q$の粒子を同様に点Qから原点Oに向けて速さ$v_0=2v_L$で射出したところ，原点Oにおける粒子の速さは $\boxed{(28)}$ で，原点O通過後，座標($\boxed{(29)}$ ， $\boxed{(30)}$)において $\boxed{(31)}$ 。

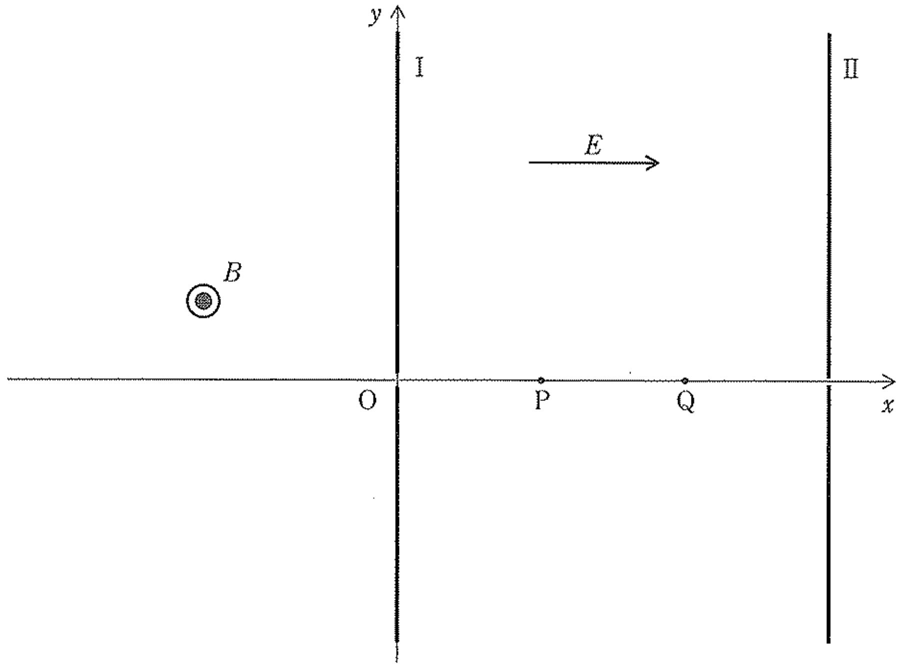

図 2 ― 1

(15)の解答群

① $-\frac{3}{2}Ed$　② $-Ed$　③ $-\frac{1}{2}Ed$　④ 0

⑤ $\frac{1}{2}Ed$　⑥ Ed　⑦ $\frac{3}{2}Ed$

(16), (17)の解答群

① $\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{3}{2}qEd$　② $\frac{1}{2}mv_0^2-qEd$　③ $\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}qEd$

④ $\frac{1}{2}mv_0^2$　⑤ $\frac{1}{2}mv_0^2+\frac{1}{2}qEd$　⑥ $\frac{1}{2}mv_0^2+qEd$

⑦ $\frac{1}{2}mv_0^2+\frac{3}{2}qEd$　⑧ 0

(18), (19)の解答群

① $-\frac{3}{2}qE$　② $-qE$　③ $-\frac{1}{2}qE$　④ 0

⑤ $\frac{1}{2}qE$　⑥ qE　⑦ $\frac{3}{2}qE$

(20)の解答群

① 0　② $\dfrac{qEd}{2m}$　③ $\dfrac{qEd}{m}$　④ $\dfrac{3qEd}{2m}$　⑤ $\dfrac{2qEd}{m}$

⑥ $\sqrt{\dfrac{qEd}{2m}}$　⑦ $\sqrt{\dfrac{qEd}{m}}$　⑧ $\sqrt{\dfrac{3qEd}{2m}}$　⑨ $\sqrt{\dfrac{2qEd}{m}}$　⓪ $2\sqrt{\dfrac{qEd}{m}}$

(21)の解答群

① $\sqrt{2v_0{}^2 - v_L{}^2}$　② $\sqrt{\dfrac{3}{2}v_0{}^2 - v_L{}^2}$　③ $\sqrt{v_0{}^2 - v_L{}^2}$

④ $\sqrt{\dfrac{1}{2}v_0{}^2 - v_L{}^2}$　⑤ 0　⑥ $\sqrt{v_0{}^2 - \dfrac{1}{2}v_L{}^2}$

⑦ $\sqrt{v_0{}^2 - \dfrac{3}{2}v_L{}^2}$　⑧ $\sqrt{v_0{}^2 - 2v_L{}^2}$　⑨ $\dfrac{1}{2}\sqrt{v_0{}^2 - v_L{}^2}$

⓪ $2\sqrt{v_0{}^2 - v_L{}^2}$

(22), (28)の解答群

① $\sqrt{5}\,v_L$　② $2v_L$　③ $\sqrt{3}\,v_L$　④ $\sqrt{2}\,v_L$　⑤ v_L

⑥ 0　⑦ $\dfrac{1}{\sqrt{2}}v_L$　⑧ $\dfrac{1}{\sqrt{3}}v_L$　⑨ $\dfrac{1}{2}v_L$　⓪ $\dfrac{1}{\sqrt{5}}v_L$

(23), (24)の解答群

① $-\dfrac{3}{2}qV'B$　② $-qV'B$　③ $-\dfrac{1}{2}qV'B$　④ 0

⑤ $\dfrac{1}{2}qV'B$　⑥ $qV'B$　⑦ $\dfrac{3}{2}qV'B$

(25), (26), (29), (30)の解答群

① $-2\sqrt{\dfrac{5}{3}}\dfrac{mV'}{qB}$　② $-\dfrac{2mV'}{qB}$　③ $-\sqrt{\dfrac{5}{3}}\dfrac{mV'}{qB}$

④ $-\dfrac{mV'}{qB}$　⑤ 0　⑥ $\dfrac{mV'}{qB}$

⑦ $\sqrt{\dfrac{5}{3}}\dfrac{mV'}{qB}$　⑧ $\dfrac{2mV'}{qB}$　⑨ $2\sqrt{\dfrac{5}{3}}\dfrac{mV'}{qB}$

⓪ $-\dfrac{1}{2}d$

(27)，(31)の解答群

① 速さが0となり，原点Oを中心とする振動をする

② 速さが0となり，点$\left(-\dfrac{d}{2},\ 0\right)$を中心とする振動をする

③ 速さが0となり，点Qに戻ってくる

④ 速さが0となり，停止する

⑤ 極板Ⅰの$y>0$の部分に到達する

⑥ 極板Ⅰの$y<0$の部分に到達する

⑦ 速さがV'となり，$-x$方向に飛び去る

⑧ 速さが$\sqrt{\dfrac{3}{5}}V'$となり，$-x$方向に飛び去る

⑨ 速さがv_0となり，$-x$方向に飛び去る

3 以下の文章を読み，空欄(32)〜(34)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)〜(エ)にあてはまる適切な式，および問Ⅰの解答を**解答用紙(その２)**の解答欄に記入せよ。以下では水の密度を ρ_1，重力加速度の大きさを g，大気圧を P_0 とする。

図３―１のように断面積 S の容器に高さが h のところまで水が入っている。水の質量は $\boxed{(32)}$ であり，大気圧による力と水にかかる重力の合力によって容器内の水が容器の底を押す力は $\boxed{(33)}$ となる。したがって容器の底面が受ける水圧は $\boxed{(34)}$ となる。

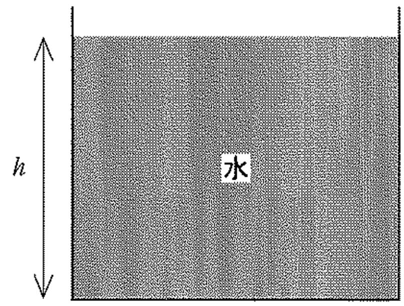

図３―１

次に，図３―２のように水と油からなる２層の液体があり，境界面に物体Ａが浮いている場合を考える。容器の断面積は S で，水は底面から高さ h_1 のところまで，油はその上に高さ h_2 だけ入っている。物体Ａは一辺が ℓ の立方体で，高さ $\dfrac{2}{3}\ell$ の部分まで水の中に沈んでいる。ただし ℓ は h_1，h_2 に比べて短く，また ℓ^2 は S に比べてじゅうぶん小さいものとする。油の密度を ρ_2 とする。ただし $\rho_2 < \rho_1$ である。

水と油の境界面において，水が受ける圧力は $P_1 = \boxed{(ア)}$ である。物体Ａの上面を油が押す力の大きさを P_1 を用いて表すと $\boxed{(イ)}$ であり，同様に物体Ａの下面を水が押す力の大きさは $\boxed{(ウ)}$ である。力のつり合いによって物体Ａが静止していることから，物体Ａの密度 ρ_A は $\boxed{(エ)}$ であるとわかる。

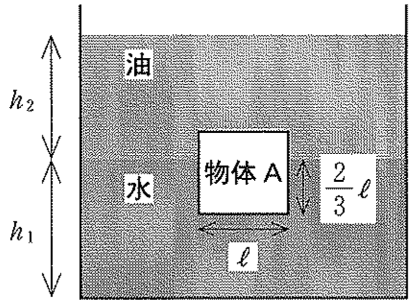

図 3 — 2

問 I　この物体 A を，形と大きさが全く同じで密度が ρ_B である別の物体 B で置き換えたところ，やはり水と油の境界に浮かんでいた。このとき，ρ_B について成り立つもっとも適切な関係式を理由と共に示せ。

(32)の解答群：

① ρ_1	② $\rho_1 S$	③ $\rho_1 h$	④ $\rho_1 Sh$
⑤ $\rho_1 g$	⑥ $\rho_1 Sg$	⑦ $\rho_1 hg$	⑧ $\rho_1 Shg$

(33)の解答群：

① $P_0 + \rho_1 g$	② $P_0 + \rho_1 Sg$	③ $P_0 + \rho_1 hg$	④ $P_0 + \rho_1 Shg$
⑤ $P_0 + \rho_1 Sh$	⑥ $P_0 S + \rho_1 Sg$	⑦ $P_0 S + \rho_1 hg$	⑧ $P_0 S + \rho_1 Shg$
⑨ $P_0 S + \rho_1 g$	⓪ $P_0 S + \rho_1 Sh$		

(34)の解答群：

① $\rho_1 g$	② $\rho_1 gh$	③ $\rho_1 h$	④ $\rho_1 g/S$
⑤ $\rho_1 gh/S$	⑥ $P_0 + \rho_1 g$	⑦ $P_0 + \rho_1 gh$	⑧ $P_0 + \rho_1 h$
⑨ $P_0 + \rho_1 g/S$	⓪ $P_0 + \rho_1 gh/S$		