物　　理

1 次の $\boxed{}$ に当てはまる式を入れよ。ただし，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

図のように，傾きの角度 θ の滑らかな斜面をもつ台車が水平な床面の上を一定の速さ U〔m/s〕で x 軸の負の方向に等速運動をしている。角の点B（床面からの高さ h〔m〕）から斜面上の距離 L〔m〕だけ離れた点Aに，大きさが無視できる小球が台車に固定されている。小球を静かに放すとすべり落ち始めた。小球が斜面に沿ってすべり落ちるとき，斜面に平行な方向の加速度の大きさ a〔m/s^2〕は，

$$a = \boxed{(1)}$$

である。したがって，小球が点Bに達したとき，斜面に対する小球の速さ v〔m/s〕は，

$$v = \boxed{(2)}$$

である。

床面上に静止した人が観測する小球の運動を考えよう。床面に対する小球の速度の水平方向成分（x 成分）V_x〔m/s〕および垂直方向成分（y 成分）V_y〔m/s〕は v を用いて表すと，

$$V_x = \boxed{(3)}, \quad V_y = \boxed{(4)}$$

である。

小球が点Bから飛び出して床面に衝突した。点Bから床面に衝突するまでの時間 T〔s〕は V_y を用いて表すと，

$$T = \boxed{(5)}$$

となる。床面では完全弾性衝突をしてはねかえった。はねかえった直後の小球の速さ V'〔m/s〕は V_x，V_y を用いて表すと，

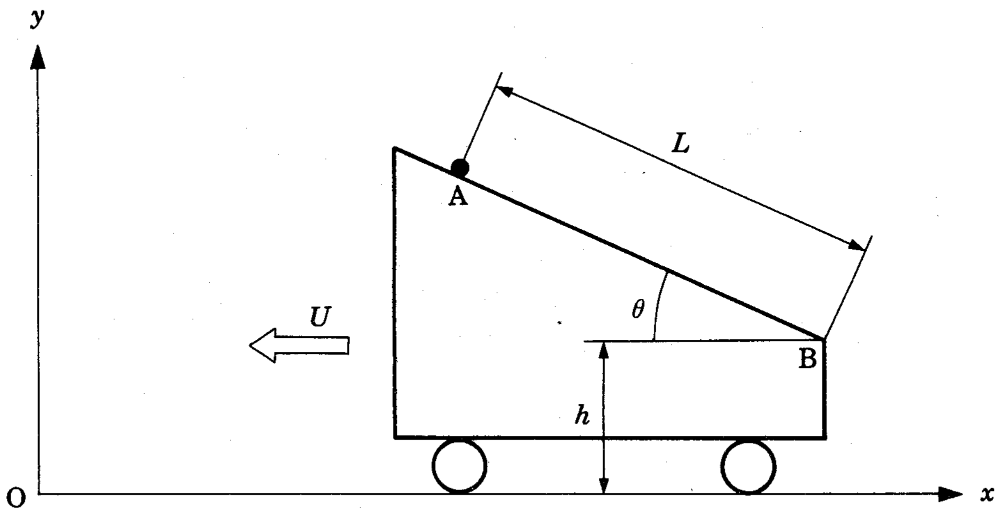
$$V' = \boxed{(6)}$$

である。

はねかえった小球が1回目と同じ点で再び床面に衝突するための U の条件を v を用いて表すと,

$$U = \boxed{\quad (7) \quad}$$

である。



$\boxed{2}$ 次の文章の $\boxed{}$ に適当な式を入れよ。

図1および図2に示すように，速さ V〔m/s〕，波長 λ〔m〕の平面波が海面に生じている。平行な薄い線は波の山を示す。ここに，長さ L〔m〕の船を浮かべ，下記のような実験をおこなった。ただし，水深は十分深く，実験中，波の状態は変わらなかったものとする。また，船はつねに水平に保たれているものとする。

(実験1)

図1のように，波の来る方向と船の向きが平行になるように，船を海底からロープで固定した。波の周期 T〔s〕を求めるため，一定時間 t_0〔s〕の間に，船首Aを通過する波の数 n_0 を測定した。波の周期 T は，t_0 と n_0 を用いると，次のようになる。

$$T = \boxed{\text{(a)}}$$

また，波の速さ V を求めるため，船首Aを通過した波の山が船尾Bを通過するまでに要する時間 t_1〔s〕を測定した。波の速さ V は，L と t_1 を用いると，次のようになる。

$$V = \boxed{\text{(b)}}$$

したがって，波長 λ〔m〕は，得られた T と V を用いると，次のようになる。

$$\lambda = \boxed{\text{(c)}}$$

(実験2)

図2のように，船の速さと波の関係を調べるため，船を速さ u〔m/s〕で波の来る方向に向かって走らせた。すると，一定時間 t_0 に船首Aを通過した波の山の数は，n_0 から n_1 に増加した。n_0 と n_1 の関係は，V と u を用いると，次のようになる。

$$n_1 = \boxed{\text{(d)}}$$

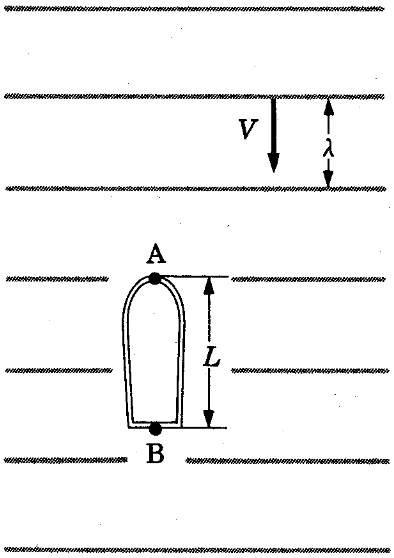


図1

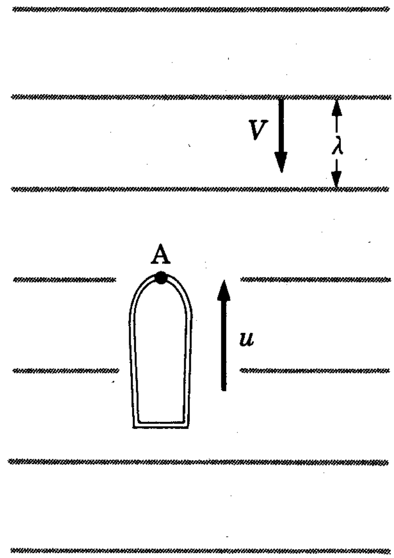
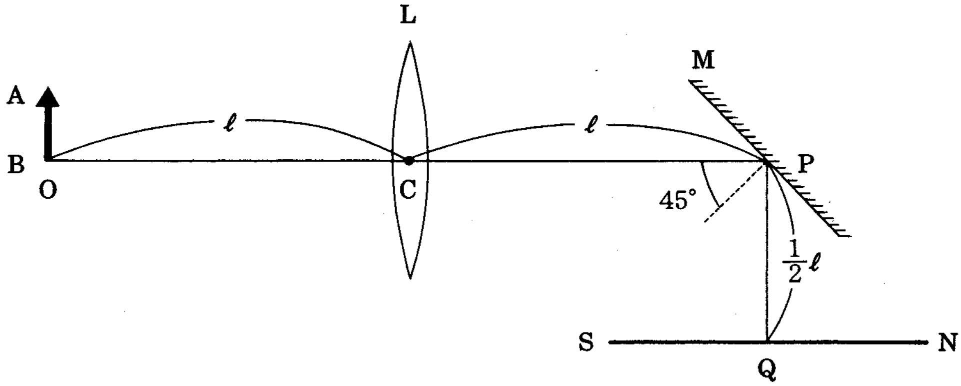


図2

3 図のように，物体AB，凸レンズL，光軸に対して45°の傾きをもつ平面鏡M，光軸に平行なスクリーンSNが設置されている。光軸上を進む光は平面鏡上の点Pで反射し，スクリーン上の点Qに達する。軸上の物体ABの位置をO，凸レンズの中心の位置をCとする。$\overline{OC}=\overline{CP}=\ell$，$\overline{PQ}=\frac{1}{2}\ell$のとき，物体ABの像がスクリーン上に結ばれている。次の各問に答えよ。



(イ) 凸レンズの焦点距離fはいくらか。ℓを用いて表せ。

(ロ) スクリーン上に結ばれた像は物体ABの何倍の大きさになっているか。

(ハ) スクリーン上に結ばれた像はQN上，またはQS上のいずれにあるか。

(ニ) 次に，凸レンズを光軸に沿って平行移動させたところ，スクリーン上に再び物体ABの像が結ばれた。

(1) 凸レンズを動かした向きはC→Pの向き，またはC→Oの向きのいずれであるか。

(2) 凸レンズの移動距離xを，ℓを用いて表せ。

4 次の文章の $\boxed{}$ に当てはまる記号，数字あるいは式を記入せよ。ただし，必要に応じて，クーロンの法則の比例定数を k〔N・m^2/C^2〕として用いよ。

図のようにＯ点から a〔m〕だけ離れた y 軸上にＰ点とＱ点があり，そこに電気量の等しい正電荷 q〔C〕がそれぞれ固定されている。また，Ｏ点から $\sqrt{3}\,a$ だけ離れた x 軸上の点をＡ点とする。

(1) まず，Ａ点について考える。Ｐ点の電荷 q がＡ点につくる電界の強さを E_1〔N/C〕とすれば，

$$E_1 = \boxed{(あ)}$$

となる。Ｐ点とＱ点にある両方の電荷がつくるＡ点の電界の強さを E_A〔N/C〕とすれば，

$$E_A = \boxed{(い)} \times E_1$$

となり，その向きは $\boxed{(う)}$ 点から $\boxed{(え)}$ 点への向きである。また，無限遠を電位の基準点にとり，Ｐ点の電荷によるＡ点の電位を V_1〔V〕とすれば，

$$V_1 = \boxed{(お)}$$

である。Ｐ点とＱ点の両方の電荷によるＡ点の電位を V_A〔V〕とすれば，

$$V_A = \boxed{(か)} \times V_1$$

となる。

(2) 次に，Ｏ点について考える。Ｐ点とＱ点の両方の電荷がつくるＯ点の電界の強さを E_O〔N/C〕とすれば，

$$E_O = \boxed{(き)}$$

となり，このときのＯ点の電位を V_O〔V〕とすると，

$$V_O = \boxed{(く)}$$

となる。

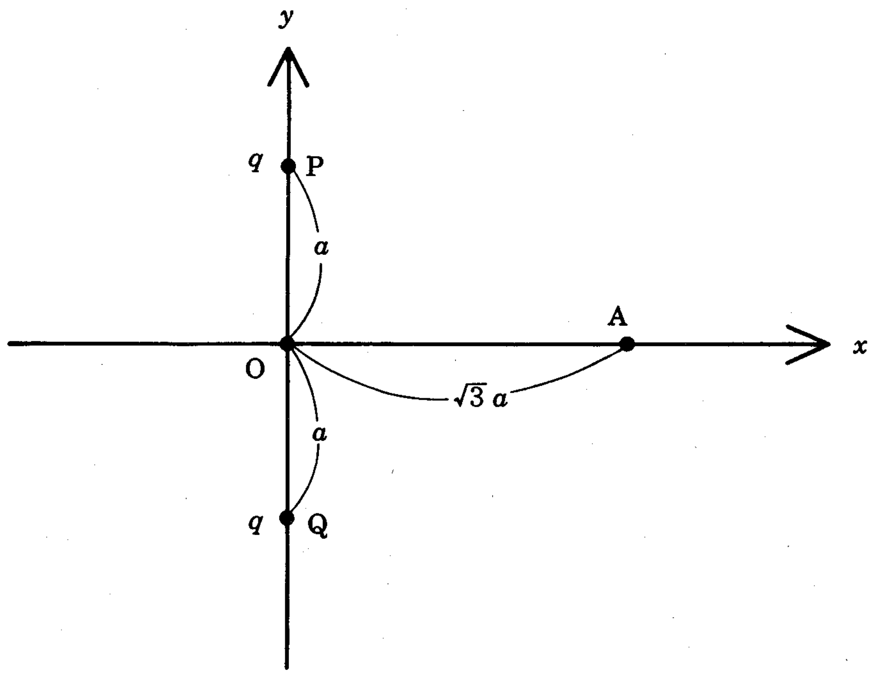
(3)　さらに，A 点に $-2q$ の電荷を置いた。このとき，P 点と Q 点の両方の電荷がつくる電界から，この電荷が受ける力の大きさ F〔N〕は E_A を用いて，

$F = \boxed{\text{(け)}}$

と表され，その力の向きは $\boxed{\text{(こ)}}$ 点から $\boxed{\text{(さ)}}$ 点の向きである。いま，この電荷が A 点から O 点まで移動するとき，電界がこの電荷にする仕事 W〔J〕は，V_A と V_O を用いて，

$W = \boxed{\text{(し)}}$

と表される。



5 次の文章を読み，(問１)～(問３)に答えよ。

光は，波動性を示すとともに粒子性を示す。光が粒子性を示す現象から，光電管を使った次の実験を理解することができる。

光電管には，図１に示すように，真空のガラス管内に金属で作った陽極Ｐと陰極Ｋが封じ込んである。陽極と陰極には電流計Ａ，電圧計Ｖ，直流電源Ｅ，すべり抵抗器Ｒがつながれている。電圧計の電圧は陽極電圧 V(陰極に対する陽極の電圧)を示すようになっている。

振動数 f_0 の一定の強さの紫外線を陰極にあてると陰極中の自由電子が陰極外に飛び出す。飛び出した自由電子を光電子という。陰極中の自由電子が，陰極外に飛び出すために必要な最小エネルギーを仕事関数という。飛び出した光電子は，電流計によって電流 I として測定される。この電流を光電流という。

(a)陽極電圧 V が０であっても，光電流が流れる。紫外線をあてながらすべり抵抗器を動かし，陽極電圧 V を０から上げていくと，(b)図２に示すように光電流 I は増加し，一定値 I_p となる。

逆に，陽極電圧 V を０から下げていくと，光電流 I は減少する。陽極電圧 V が負になっても，それほど低くない場合には光電流は流れる。しかし，(c)陽極電圧 V がある値 $-V_m$ $(V_m > 0)$ より低くなると光電流 I は０になる。

(問 1)　下線(a)について，陽極電圧 V が０であっても，光電流が流れる理由を60字以内で述べよ。

(問 2)　下線(b)について，光電流 I が一定値となる理由を40字以内で述べよ。

(問 3)　下線(c)について，V_m を紫外線の振動数 f_0，仕事関数 W，電子の電荷の大きさ e $(e > 0)$ およびプランク定数 h を用いて数式で示せ。

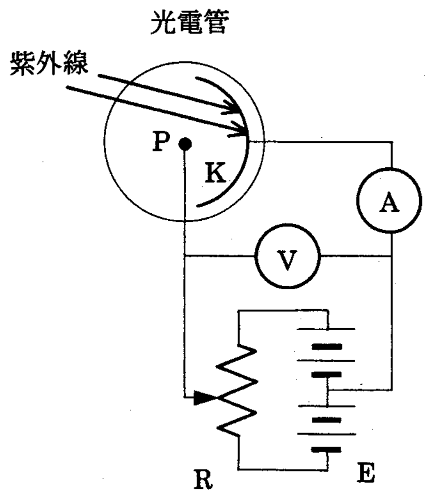


図 1. 光電管を用いた回路

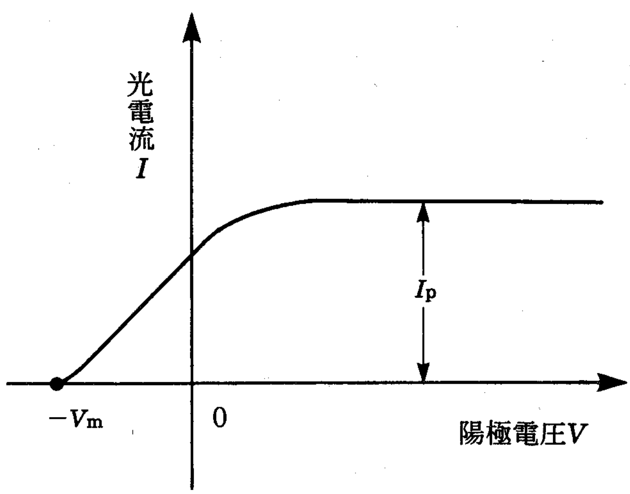


図 2. 陽極電圧と光電流の関係