[1] 次の問に答えよ。

(1) 以下の連立常微分方程式の y と z の一般解を求めよ。

$$
\begin{cases}
\dfrac{dy}{dx} = z \\[2ex]
\dfrac{dz}{dx} + \omega^2 y = 0
\end{cases}
$$

ただし，ω はある実定数である。

(2) 直交座標 (デカルト座標) を用いて $z + x^2 + y^2 = a^2$ $(x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0)$ によって指定される面 S を考える。ここで a は実定数とする。以下の問に答えよ。

(a) 面 S 上の単位法線ベクトル $\boldsymbol{n}$ を求め, 各軸方向の成分を x, y を用いて表わせ。ただし, $\boldsymbol{n}$ の向きは原点に対して外向きにとるものとする。

(b) 面 S 上の微小面積要素を $dS = f(x, y)dxdy$ の形で表現した場合, 関数 $f(x, y)$ を求めよ。

(c) ベクトル $\boldsymbol{V} = x\boldsymbol{e}_x + z\boldsymbol{e}_z$ の面 S に関する面積分

$$
\int_S \boldsymbol{V} \cdot \boldsymbol{n} dS
$$

を計算せよ。ただし, $\boldsymbol{e}_x$ と $\boldsymbol{e}_z$ はそれぞれ x, z 軸方向の基本ベクトルである。また, 積分内の $\cdot$ はベクトルの内積を表す記号である。

[2]　図１(a) のように長さl，質量Mの一様な棒が水平面上に置かれ，その両端にジャンプさせるための装置（ジャンプ力発生装置）が取り付けられている。二つのジャンプ力発生装置は同じもので，それぞれ重さが無視できるコイルと質量mの鉄心から成り，コイルに通電すると鉄心がコイルに引き上げられて運動量を得，その後コイルに衝突してコイルと一体になるようになっている。衝突は瞬間的に生じるので，この撃力によってジャンプが起こる。この様子を図１(b) に示す。通電を開始してから鉄心がコイルと衝突して一体になるまでの時間はt_1で，簡単のためにコイルの鉄心を引き付ける力は一定でfとする。ただし，重力加速度をgとして$f-mg>0$である。また，棒の太さは無視でき，鉄心は棒の先端にあるものとする。

なお，一般に長さl，質量Mの棒の重心回りで棒の長さ方向と垂直な回転軸についての慣性モーメントは$\dfrac{1}{12}Ml^2$である。

(1)　棒の右端を回転軸としたときのジャンプ力発生装置を含む棒全体の慣性モーメントIを求めよ。

(2)　左側のジャンプ力発生装置に通電したところ，棒の左端が跳び上がった。このときの左端の初速度の大きさV_lを求めよ。なお，これ以降の解答には前問で定めた記号Iをそのまま用いてもよい。

(3)　棒の左端が達する最高点の高さをhとし，これを求めよ。なお，これ以降の解答には前問で定めた記号V_lをそのまま用いてもよい。

(4)　棒の左端が最高点に達したときに棒の右側にあるジャンプ力発生装置に通電したところ，右端はすべることなく跳び上がった。このときの棒の重心の初速度の大きさをV，重心回りの角速度をωとし，これらを求めよ。ただし，通電してから右端がジャンプを開始するまでの時間内においては，左端は最高点に留まっているものとする（図２の状態）。また，このときの棒と水平面とのなす角度θ_0は小さく，$\cos\theta_0 \cong 1$としてよい。

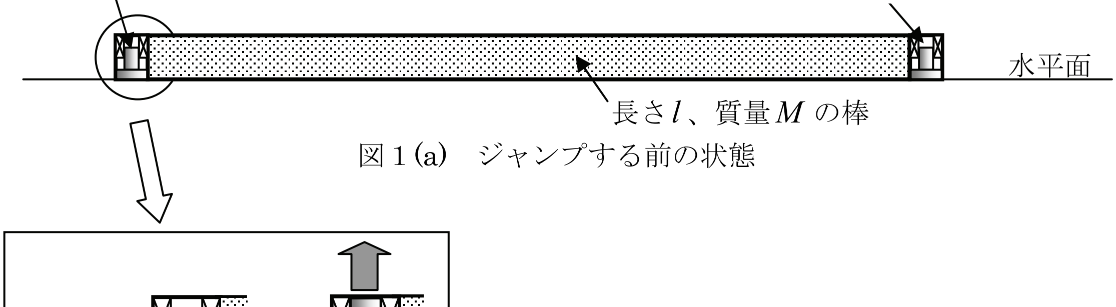


図１(a)　ジャンプする前の状態

図１(b)　ジャンプ力発生装置の内部

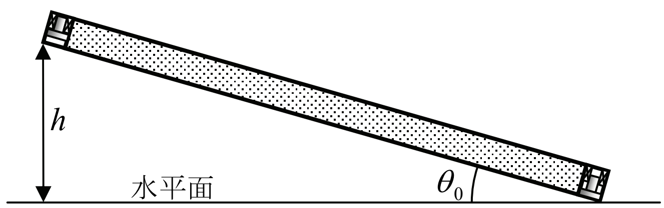


図２　左端が最高点に達したとき

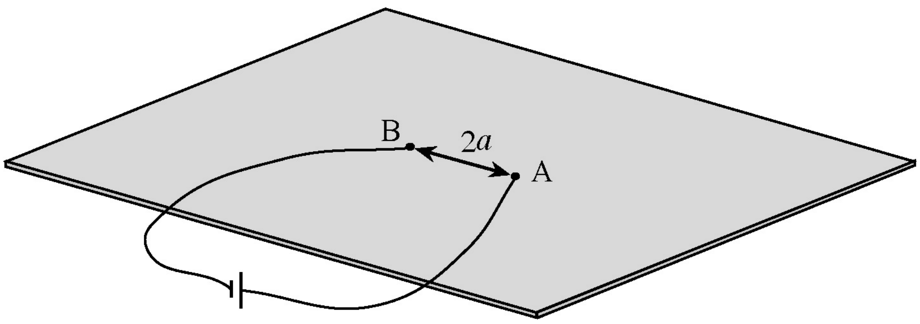
［3］ 以下の問に答えよ。ただし，真空の誘電率をε_0とせよ。

（1） 無限に長い直線上に電荷が一様に線密度λで分布している。直線から距離 r だけ離れた点での電場の強さを求めよ。

（2） 無限に長い２本の平行直線 A と B が，距離 $2a$ を隔てて置いてあり，それぞれ正と負の電荷が線密度 λ と $-\lambda$ で一様に分布している。直線 A と B からそれぞれ距離 r_A と r_B だけ離れた点 P での電位を求めよ。

（3） 上の問（2）で，２直線 A と B に垂直な面内では等電位線は円になることを示せ。ただし $r_A \neq r_B$ とする。

（4） 図のように，厚さ δ，電気伝導率 σ（一定）の十分広い平面状の金属箔の中心付近に，距離 $2a$ を隔てて２つの電極 A と B を取り付け，A から B に向かって電流を流すと，金属箔上に電場が生じた。この電場が，問（2）における２直線に垂直な面内の電場と全く等しいとき，A から B に向かって流れている電流量 I をλ，ε_0，δ，σ で表せ。



[４]以下の問いに答えよ

（１）次の測定値の四則演算の結果得られる数値の有効数字は何桁か。

(a)1.38＋5.047　(b)3.84－3.57　(c)7.41+4.37　(d)4.12×0.43　(e) 78÷156＋1.25

（２）次の物理測定について具体的な測定器具を挙げ，その測定原理を含め 100 字以内で説明せよ。

(a)物質の体積変化以外を利用した温度の精密測定　(b)電気抵抗の精密測定

（３）図１のように半円柱状の透明なプリズムの中心軸に向かって波長λの光線を入射するとプリズムの屈折率nで決まる角度θ方向に屈折する。ただし、光線の入射方向と屈折方向とは中心軸に垂直な面内にあるとする。入射角を固定すると，θとnの関係はスネルの法則から，入射角iを用いて

$$\sin\theta = \frac{\sin i}{n}$$

と表される。このプリズムの屈折率の波長依存性を知るために，いろいろな波長の光を入射させて角度θを測定した。$\sin i = 0.80$のときの結果を表１に示す。いま，屈折率が

$$n^2 = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

により近似できるとして，次の問いに答えよ。

(a)表１の測定結果から適切なグラフを描き，そのグラフから定数 a と b を求めよ。グラフには目盛りを明記せよ。

(b)波長λ_0の光線は角度θ_0の方向に屈折する。もし光線の波長がλ_0を中心として$\Delta\lambda$の幅をもつとき屈折角も$\Delta\theta$の角度に広がる。λ_0，θ_0，$\Delta\lambda$，a，bを用いて$\Delta\theta$を表せ。

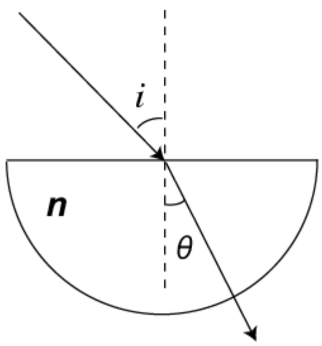


図１

λ［μm］	$\sin\theta$
0.20	0.51
0.25	0.53
0.40	0.54
1.00	0.55

表１