物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部の受験生は，$\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ を解答すること。

医学部の受験生は，$\boxed{1}$ と $\boxed{4}$ を解答すること。

1 質量 M の金属に質量 m の弾丸が，金属の左から初速度 v_0 で衝突する。重力加速度を g とし，金属と弾丸の空気抵抗は無視する。はじめに弾丸が進む向きを速度および加速度の正の向きとして以下の問いに答えよ。

問 1　図 1 のように金属が地面の上に置かれている。このとき，金属と地面の動摩擦係数を μ とする。弾丸は非弾性衝突し，衝突直後，弾丸は負の方向に飛んだ。衝突している時間は十分に短く，さらに弾丸の落下は無視する。

(1)　衝突前に弾丸が持つ運動量と運動エネルギーを求めよ。

(2)　弾丸と金属の反発係数を e とするとき，衝突直後の弾丸と金属の速度をそれぞれ求めよ。

(3)　衝突後，金属は等加速度運動をして停止した。この金属の加速度と移動した距離を求めよ。

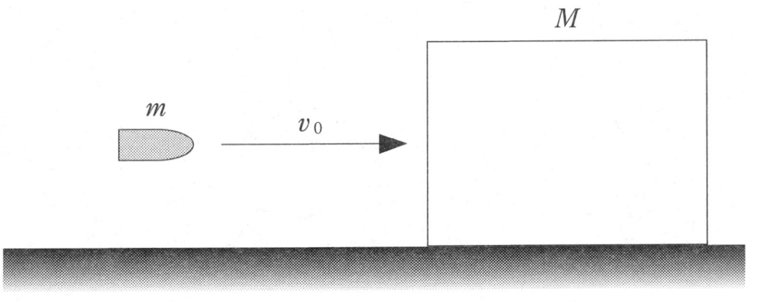

図 1

問 2　図 2 に示すように，問 1 と質量は同じで材質の異なる金属を長さ r の糸の先端に静かにぶら下げた。弾丸を撃ち込むと，金属と弾丸は一体となって動き，円運動を始めた。衝突している時間は十分に短いとする。以下の問いに答えよ。

(1)　衝突直後，弾丸と一体となった金属の速さを求めよ。

(2)　糸が最初に水平になるときの金属の速さを求めよ。ただし，糸の質量は無視できるものとし，弾丸と一体後の金属は質点として考えて良い。

(3)　糸がたるむことなく 1 回転するための，糸の長さ r の条件を求めよ。

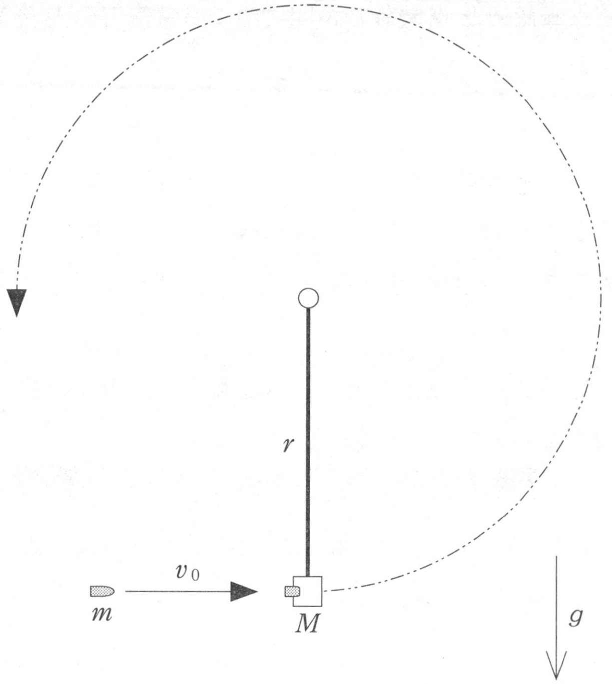

図 2

2 次の設問に答えよ。

I　真空中に電気量-2.0×10^{-8} Cの点電荷Aと電気量6.0×10^{-8} Cの点電荷Bが2.0 m離れて置かれている。ここでは，図1のように，点電荷Aの置かれている座標を$(-1.0,\ 0)$，点電荷Bの置かれている座標を$(1.0,\ 0)$とする。真空中におけるクーロンの法則の比例定数k_0を$k_0=9.0\times10^{9}\ \mathrm{N\cdot m^2/C^2}$として，以下の問いに答えよ。

問 1　点電荷Aと点電荷Bの間に働く静電気力の大きさを求めよ。また，その力は引力となるか，斥力となるかを示せ。

問 2　点電荷Aと点電荷Bの中点の位置にある原点Oでの電場の強さと向きを求めよ。向きについては，x軸の正の向き，x軸の負の向き，y軸の正の向き，y軸の負の向き，のうちから選んで記入せよ。

問 3　点電荷Aと点電荷Bを結ぶx軸上で，電場の強さが0となる点のx座標を有効数字2桁で求めよ。

問 4　座標$(-1.0,\ 1.5)$の位置における電位を求めよ。ただし，電位の基準は無限遠点とする。

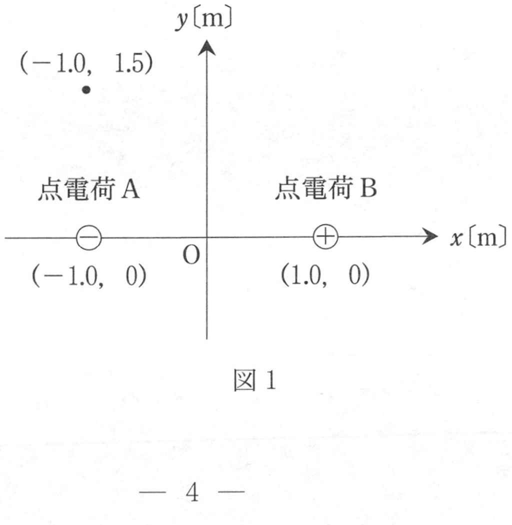

図1

Ⅱ　図2に示すように真空中に十分長い平行直線導線A，Bが距離r〔m〕を隔てて置かれている。ここで，互いに直交するx軸，y軸，z軸を図2のようにとると，導線A，Bはxz面内にありz軸と平行である。ただし，y軸の正の向きは図2の紙面表から裏に向かう向きにとる。また，導線Aにはz軸の正の向きにI_1〔A〕，導線Bにはz軸の負の向きにI_2〔A〕の電流が流れている。なお，真空の透磁率はμ_0〔N/A^2〕とする。

問1　導線Aの電流が導線Bの位置につくる磁束密度の大きさを答えよ。

問2　導線Bが導線Aの電流から受ける力の向きを次の6つのうちから選んで記入せよ。

x軸の正の向き，x軸の負の向き，y軸の正の向き，y軸の負の向き，
z軸の正の向き，z軸の負の向き

問3　導線Aからの距離と導線Bからの距離がともに$\frac{r}{2}$〔m〕の位置での磁束密度の大きさを答えよ。

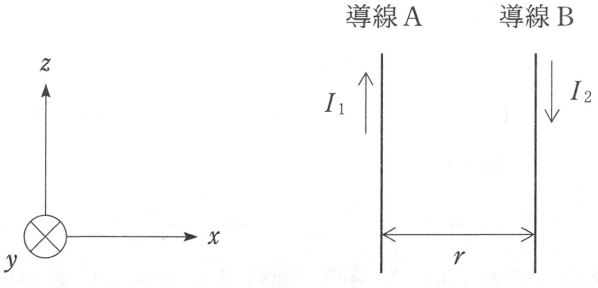

図2

3 次の設問に答えよ。

I　19 世紀の初め，ヤングらにより光の回折・干渉の現象が発見され，光が波であることが明らかとなった。

問 1　波の代表的な現象として「回折」がある。これはどのような現象か。簡単に説明せよ。

問 2　人の目に可視光線が入るとき，波長の違いは色として認識される。赤，青，黄の 3 種類の光について，波長の長い順に左から並べて記せ。

II　図 1 のように，空気中に置かれた厚さ d の薄膜に波長 λ の単色光をななめに入射し，反射した光を E で観測する。薄膜上面で反射する経路 $A_1 \to G \to B \to E$ を P_1，薄膜下面で反射する経路 $A_2 \to F \to D \to C \to B \to E$ を P_2，B に対して薄膜下面に対称な点を B′ とし，空気の屈折率を 1.0 とする。

問 1　経路 P_2 における線分 DC と線分 CB の長さの和はいくらか。屈折角 β と d を用いて表せ。

問 2　2 つの経路を通る反射光が強め合う条件はどのようになるか。β，λ，d，自然数 i および薄膜の屈折率 n（$n > 1.0$）を用いて答えよ。ただし，光がある媒質（媒質 I）中を進行し，異なる媒質（媒質 II）との境界面に達して反射するとき，媒質 II の屈折率が媒質 I の屈折率より大きければ，反射面において位相は半波長分だけ変化し，媒質 II の屈折率が媒質 I の屈折率より小さければ，反射面において位相の変化はない。

問 3　2 つの経路を通る反射光が強め合う条件を λ，d，i，n および入射角 α を用いて表せ。

問 4　薄膜の屈折率 n を1.5，入射光の波長を 6.0×10^{-7} m としたとき，薄膜内での光の波長，振動数および周期はいくらか。真空での光速を 3.0×10^{8} m/s として，有効数字 2 桁で答えよ。

問 5　入射角 α を30°，薄膜の屈折率 n を1.5とする。入射光の波長を 5.0×10^{-7} m としたとき，反射光が強め合った。波長を連続的に変化させると次に 7.0×10^{-7} m としたとき，反射光が強め合った。薄膜の厚さはいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし，薄膜の屈折率は光の波長に依存しない。

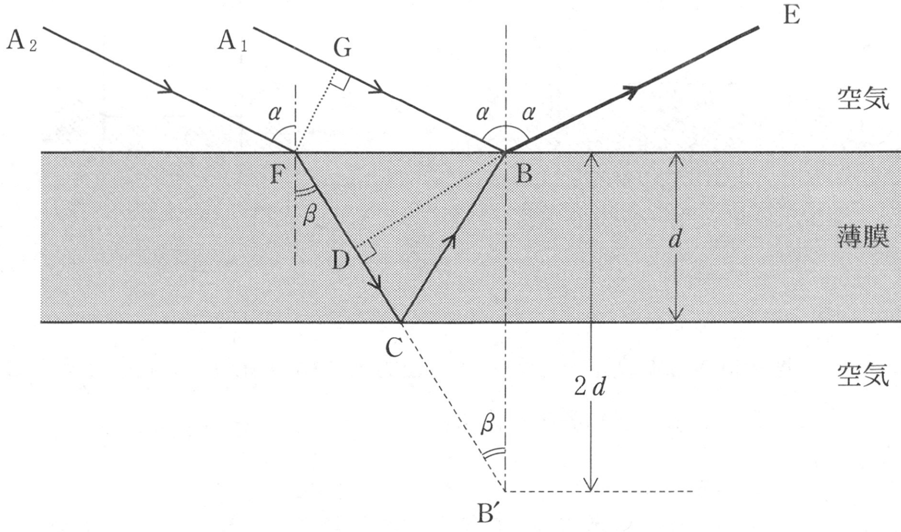

図 1

4 図1のように下方に開放部がある容器が液体の上に配置されており，容器内の上方には理想気体が封入されている。この容器は熱を通し，理想気体，液体および外気の温度は同じであり，当初はセルシウス温度θ_1に保たれている。また外気の圧力は常に大気圧Pであるものとする。ここで，容器の断面積をS，重力加速度をg，液体の密度をρとする。容器の変形，厚み，質量，気体の液体への溶解，および液体の蒸発はいずれも無視できるとし，液体の容積は十分大きいとする。また容器の頂部の面は常に水平に保たれている。

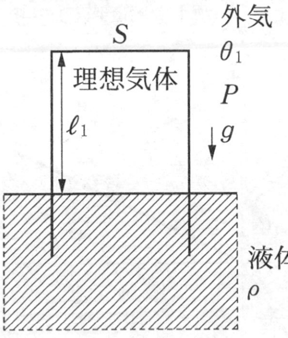

図1

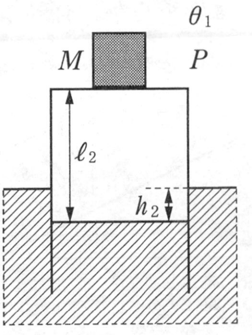

図2

問 1　理想気体は温度が一定のとき，圧力と体積の積が一定値をとることが知られている。この法則名を答えよ。

問 2　図1のように，容器内外の液面の水位が同じ状態では，容器内の気圧は大気圧Pに等しい。このとき，容器内の液面と頂部間の距離はℓ_1であった。次に図2のように質量Mのおもりを容器の上に静かに置いて十分に時間が経過したとき，容器内の液面と頂部間の距離がℓ_2であったとする。このとき問1の法則を用いることによって，大気圧Pをℓ_1，ℓ_2，M，gおよびSで答えよ。

問 3　図2のとき，容器内の液面の高さは外よりh_2だけ低かった。このときh_2をM，Sおよびρで答えよ。

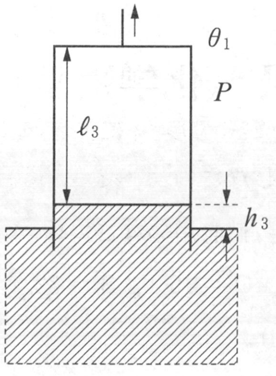

図 3

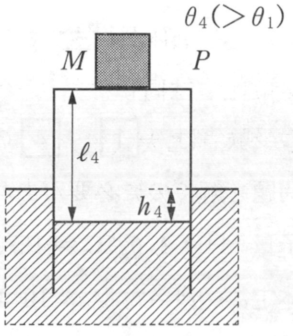

図 4

問 4　次に容器を図 1 の状態からゆっくり上方に引き上げる。図 3 のように容器の頂部と液面間の距離が ℓ_3 になったとき液面の高さは外より h_3 だけ高くなった。再び問 1 の法則を用いることによって，h_3 を ℓ_1, ℓ_3, ρ, P および g で答えよ。

問 5　理想気体は圧力が一定のとき，体積と絶対温度が比例することが知られている。この法則名を答えよ。

問 6　これまでは外気の温度がセルシウス温度 θ_1 であった。図 2 の状態でおもりを置いたまま，外気の温度を図 4 のようにセルシウス温度 θ_4 に上げて十分に時間を経過させたところ，容器の頂部と液面間の距離は ℓ_4 となった。問 5 の法則を考慮し，ℓ_4 は ℓ_2 に比べて大きいか，小さいか，等しいかを答えよ。また，容器内外の液面の高低差 h_4 は h_2 に比べて大きくなるか，小さくなるか，等しいかを答えよ。

問 7　絶対零度をセルシウス温度で表した値を θ_0 とする。問 5 の法則を用いることによって，θ_0 を ℓ_2, ℓ_4, θ_1 および θ_4 で答えよ。