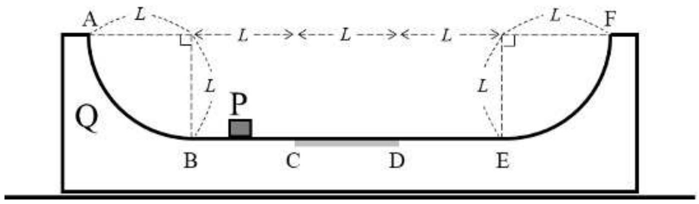
物　理（後期）

I　質量 m[kg] の小物体Pと、水平な床に置かれた質量 $3m$ の台 Q がある。Qの上面は曲面AB、水平面BE、曲面EFの順につながっており、ABとEFの断面は半径 L [m] の円の$\frac{1}{4}$となっている。



BC、CD、DEの長さはいずれも L である。CD間のみPとの動摩擦係数が μ の粗い面であり、他の面はすべてなめらかである。 重力加速度の大きさを g [m/s^2] として、以下の空欄に適当な式または数値を入れよ。

Qを床面に固定したまま、PをAからそっと滑らせると、やがてPはBを通過した。Bを通過したときのPの速さは（ ① ）[m/s] である。その後、PはDを通過した。このことから、$\mu <$（ ② ）である。やがてEを通過したPはEからの高さ（ ③ ）[m] まで曲面EFを上る。

次に、Qが床面を自由に動けるようにした。Qと床面との間に摩擦はないとする。Qを静止させた状態でPをAからそっと滑らせると、PとQはどちらも動き始めて、やがてPはBを通過した。Bを通過したときのPの床に対する速さは（ ④ ）[m/s] である。その後、PはDを通過した。このことから、$\mu <$（ ⑤ ）である。Eを通過したPはEからの高さ（ ⑥ ）[m] まで曲面EFを上る。やがて曲面を下りたPがED間を移動するために必要な時間は（ ⑦ ）[s] である。Dを通過したPは、最終的にCDの中点でQに対して静止した。このことから μ の値は（ ⑧ ）である。そのとき、Q は最初の位置から右方向を正として（ ⑨ ）[m] 移動していた。

物　理（後期）

Ⅱ　物体Sが、波長 λ [m] の光を発しながら、惑星Pの周りを等速円運動している。遠く離れた地球Eからその光を観測したところ、その波長は $\lambda \pm \Delta\lambda$（$\lambda \gg \Delta\lambda > 0$）の範囲で周期的に増減した。波長の最小値 $\lambda - \Delta\lambda$ が観測されてから最大値 $\lambda + \Delta\lambda$ が観測されるまでの時間は T_1 [s]、最大値が観測されてから最小値が観測されるまでの時間は T_2 [s] であった。光の速さは c [m/s]、万有引力定数は G [N・m^2/kg^2] として、（　）には適当な式を入れ、④には｛　｝内のア～ウから適当な記号を選べ。ただし、地球と惑星は静止しているものとし、地球、惑星、物体の大きさは無視できるものとする。また、E、P、Sは常に同一平面内にあり、物体の質量は惑星の質量より十分に小さく、物体の等速円運動の回転半径を光が進む時間は T_1、T_2 に比べ十分に小さいものとする。

波長 $\lambda - \Delta\lambda$ の光が観測されてから、1回目に波長 λ の光が観測されるまでの時間は（　①　）[s]、2回目に波長 λ の光が観測されるまでの時間は（　②　）[s] である。物体が惑星を1周するのにかかる時間 T [s] は、T_1 と T_2 を用いて（　③　）と表せる。また、T_1 は T_2 ｛④：ア．より大きい、イ．より小さい、ウ．と等しい｝。

光のドップラー効果は、音の場合と同様に考えるものとすると、物体の速さ v [m/s] は λ、$\Delta\lambda$、c を用いて（　⑤　）と求められる。また、物体の等速円運動の回転半径は v、T を用いて（　⑥　）[m]、惑星の質量は v、T、G を用いて（　⑦　）[kg] と表すことができる。EとPを結ぶ直線と、Eを通るSの円軌道への接線とがなす角を θ [rad] とする。θ は十分小さいので、近似式 $\sin\theta \fallingdotseq \theta$ が成り立つ。$T_1 - T_2$ の絶対値を ΔT とおくと、EとPとの距離は v、T、ΔT を用いて（　⑧　）[m] と表せる。

物　理（後期）

Ⅲ　真空中に設置されたソレノイドコイルに電流が流れており、その中心軸上の一点から電子が射出された。電子の速さは v で、中心軸に対する角度は θ であった。コイルを流れる電流の大きさを I、コイルの単位長さあたりの巻数を N、半径を r、電子の質量を m、電荷を $-e$（$e>0$）、真空の透磁率を μ_0 として以下の問に答えよ。なお、コイル内の磁場は一様であり、重力の影響や、射出された電子による電場や磁場の影響は無視できるものとする。

(1)　射出された電子には磁場による力が働く。その力をコイルの中心軸方向とそれに垂直な方向に分けたとき、それぞれの大きさを求めよ。

(2)　射出された電子は(1)の力によってらせん運動をした。らせん運動の半径を求めよ。

(3)　射出された電子はコイルに衝突しなかった。電流 I はいくらより大きくなければならないかを求めよ。

(4)　射出された電子が初めて中心軸上に戻るまでの時間と、それまでに中心軸方向に進んだ距離を求めよ。

(5)　コイルの中心軸と平行に大きさ E の一様な電場をかけてから電子を射出すると、ある時間後に射出されたコイルの中心軸方向の電子の速さがゼロになった。電場の方向を次のア、イから選べ。

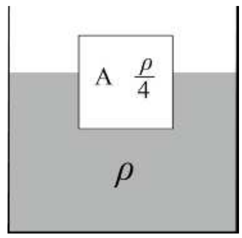
{ア：電子のらせん運動の進む方向、イ：電子のらせん運動の進む方向とは逆方向}

また、射出されてから電子の速さがゼロになるまでの時間を求めよ。

物　理（後期）

Ⅳ　以下の問に答えよ。

(1) 図のように密度 ρ の液体が入った大きな容器に、一辺の長さが L 、密度 $\frac{\rho}{4}$ の立方体Aが浮かんでいる。

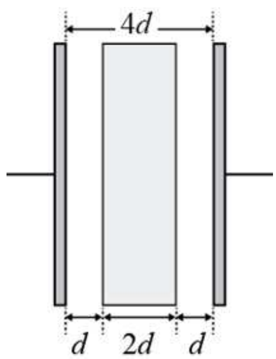


① Aが浮かんで静止しているとき、液面より下の部分の体積を求めよ。

② Aが静止した状態から下に少しだけ押し込んだ後、手を放すと、Aは傾くことなく垂直方向に振動した。この振動の周期を求めよ。なお、運動に伴う水の抵抗と水面の変化は無視するものとし、重力加速度の大きさは g とする。

(2) １モルの単原子理想気体が圧力 p_a、体積 V_a、絶対温度が T_a の状態にある。この気体を体積が２倍になるまでゆっくり断熱膨張させたときに圧力 p_b、体積 $2V_a$、絶対温度が T_b になったとする。$\frac{T_a}{T_b}$ を比熱比 γ を用いて表せ。

(3) 極板の面積 $S\,[\mathrm{m}^2]$、極板の間隔 $4d\,[\mathrm{m}]$、極板間が真空の平行板コンデンサーがある。真空の誘電率を $\varepsilon_0\,[\mathrm{F/m}]$ として、以下の空欄に適当な式を入れよ。



図のように、極板と同じ面積で厚さ $2d$ の金属板を、極板間の中央に、極板と平行に入れた。このコンデンサーの電気容量 $C\,[\mathrm{F}]$ は、(　①　) である。次に、金属板の代わりに誘電率 $\varepsilon\,[\mathrm{F/m}]$ の誘電体を入れた。このコンデンサーの電気容量は、(　②　) $\times C$ である。