名問の森　確認テスト①

39　単振動

粗い水平床面で左端を固定したばね(ばね定数 k)の右端に物体M(質量 m)を取りつける。ばねが自然長のときのMの位置を原点 $x=0$ として，右向きに x 軸をとる。まず，Mを位置 $x\ (>0)$ で静かに放すことを，x の値を変えてくり返すと，x がある値 d 以下のときにはMは動かず，d より大きいときには滑りだした。

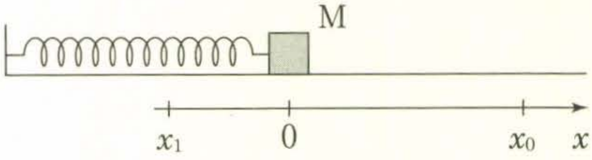


図1

次に，Mを位置 $x_0(>d)$ で静かに放し，その瞬間からの時間を t とする。Mははじめ次第に速さを増し，最大の速さに達したのち減速して，速さが0となった。そのときの位置は $x_1(<0)$ であった。その後，Mは再び逆向きに動きだし，何回か折り返した後，ついに n 回目の折り返し点 x_n で静止した。重力加速度を g とする。

(1)　Mと床面との間の静止摩擦係数 μ_0 と動摩擦係数 μ を求めよ。

(2)　位置 x_1 で速さが0となった時間 t_1 を求めよ。

(3)　はじめて速さが最大に達したときの位置と最大の速さを求めよ。

(4)　最後に位置 x_n で静止するまでにMが運動した全行程の長さ L と x_n との関係を求めよ。

(5)　Mの位置 x と時間 t との関係を図2に図示せよ。ただし，この問いにおいては，$x_0=3.5d$，$x_1=-2.5d$ とする。

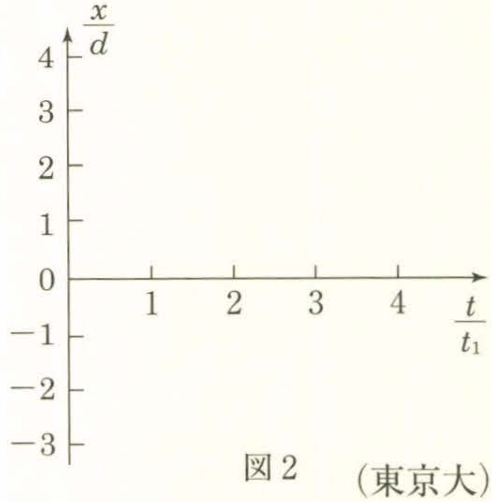
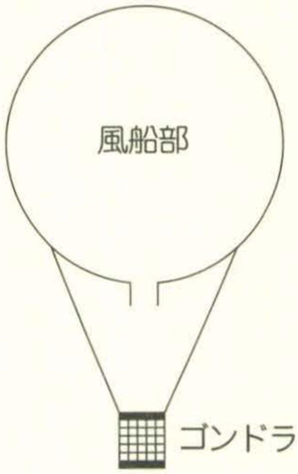


図2

(東京大)

45 気体の法則



熱気球がある。下端に小さな開口部があって，内部の空気を外気と等しい圧力にしている。ヒーターにより内部の空気の温度を調節することができる。風船部の体積を $V=500$〔$\mathrm{m^3}$〕（ゴンドラの体積は無視），気球全体の質量を $W=180$〔kg〕とする（内部の空気は含めない）。地表での大気圧を $P_0=1.00\times10^5$〔Pa〕，密度を $\rho_0=1.20$〔$\mathrm{kg/m^3}$〕とする。大気は理想気体とし，温度は $T_0=280$〔K〕で高度によらず一定とする。

(1) 気球を地面から浮上させるには，内部の空気の密度をどこまで下げることが必要か。また，そのためには何Kまで熱することが必要か。その密度 ρ〔$\mathrm{kg/m^3}$〕と温度 T_1〔K〕を求めよ。

(2) 内部の空気の温度を上記の T_1 に保って，ゴンドラ内の積荷を $w=18$〔kg〕だけ軽くした。気球は上昇し，ある高度で静止するはずである。その高度における大気の密度 ρ_1〔$\mathrm{kg/m^3}$〕を求めよ。

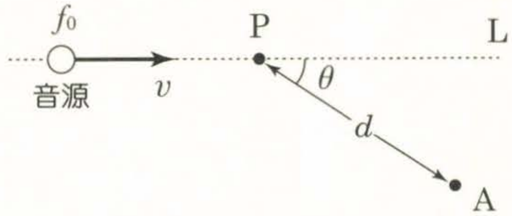
(3) その高度における大気圧 P_1〔Pa〕を求めよ。

(4) その高度 h は次のいずれの値に最も近いか。

100 m，300 m，500 m，700 m，900 m，1100 m　　（東京大）

70 ドップラー効果

振動数f_0の音源が音速Vより遅い一定の速さvで，直線L上を運動している。Lからはずれた位置Aで音の振動数を測定する。直線L上に点Pをとる。



PA間の距離はdであり，Pから見てAは直線Lから角度θの方向にある。

音源がPで出した音波と，それから音源の振動の1周期後に出す音波とは，測定点Aに時間差 $T=$ ［(ア)］ で到達する。dが$\dfrac{v}{f_0}$に比べ十分大きいときは，音源がPを通過しながら出す音が，Aでは振動数fの音として聞こえる。この場合，時間差Tを与える式から，fはf_0，v，V，θを用いて $f=$ ［(イ)］ と表すことができる。

(1) 空欄に入る適当な式を記せ。(イ)では，$d \gg \dfrac{v}{f_0}$ により近似式を用いよ。

(2) 飛行機が東の方から測定地点の真上を通過して西の方へ飛んでいった。聞こえる音の振動数を測定したところ，振動数は単調に減少し，飛行機が西の方へ遠く飛び去っていく際の音の振動数は，最初に遠く東の方から聞こえ始めた音の振動数の$\dfrac{1}{3}$であった。また，振動数が最初の振動数の$\dfrac{2}{3}$から$\dfrac{1}{2}$まで変化する時間は3.0秒であった。

飛行機の速度v〔m/s〕と高度h〔m〕は一定としてvとhを求めよ。音速は $V=3.4\times10^2$m/s とする。 （東京大）

47 交流・電磁場中の粒子

図1のように，交流電源に抵抗Rとコイル L をつなぎ，端子 a，b，c をつける。図2はオシロスコープの略図で，陰極から出た電子は陽極の小穴を通過するまでに加速され，端子をつけた同形の極板 X，X′と Y，Y′の間を通り，蛍光面に当たって輝点を生じる。蛍光面上に座標軸 x，y を各組の極板に対して垂直にとる。

Y と Y′を接地し，X を a に，X′を b につなぐと，x 軸上の直線部分 $-a \leqq x \leqq a$ が光る。また，X を a に，X′を c につなぐと，$-2a \leqq x \leqq 2a$ が光る。電子は速いので，蛍光面で電子が光る点の座標は極板間電圧に比例するとしてよい（比例定数は x，y 共に共通）。次の(1)～(3)の場合について，蛍光面上のどの部分が光るかを答えよ。

(1) Y と Y′を接地し，X を b に，X′を c につなぐ。

以下では，X を a に，X′と Y を b に，Y′を c につなぐ。

(2) コイル L を，R の2倍の抵抗値をもつ抵抗 R′ に取り替える。

(3) 再び，コイル L を戻し，図1の状態にする。

(4) 図1において，交流電源の周波数だけを変えていくと，蛍光面上に円が現れた。周波数を何倍にしたか。また，円の半径を a で表せ。

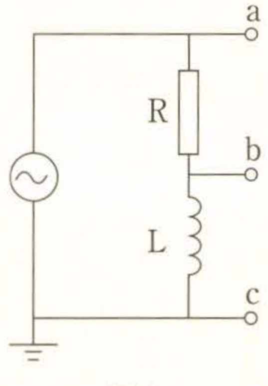


図1

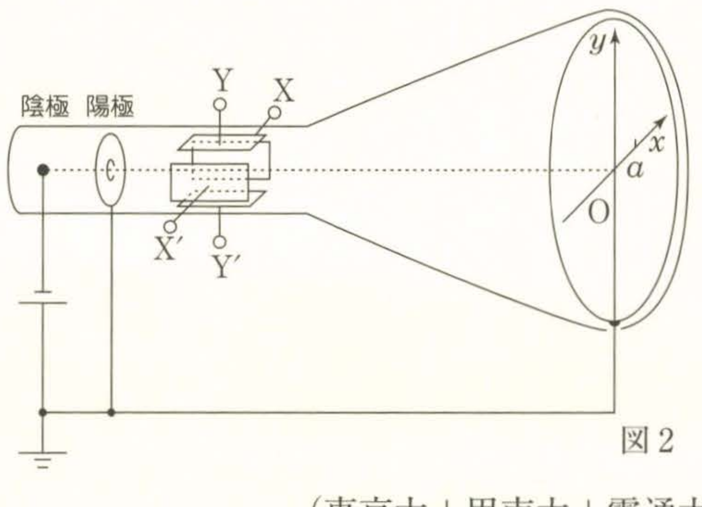


図2

（東京大＋甲南大＋電通大）

58 原子構造

μ中間子は電子と同じ電荷$(-e)$をもち，質量がその 207 倍の粒子である。このμ中間子は物質中で止められると原子核に引き寄せられ，原子内の電子の１つと入れ替わって〝中間子〞原子をつくることがある。質量が大きいためμ中間子は電子よりも原子核に近づき，原子番号の大きな原子核の場合，基底状態では原子核の内部にさえ入ることがある。

いま原子番号Zの原子核のまわりをただ１個の μ 中間子が円軌道を描いて回っているとする。原子核はμ中間子に比べて十分重く動かないものとしてよい。

(1) 量子数をnとする。μ 中間子の軌道半径r_nを，水素原子の基底状態における電子の軌道半径 a_1で表す式を導け。

(2) 中間子原子のエネルギー準位 E_n を水素原子のエネルギー準位 $E_{n\mathrm{H}}$で表せ。

(3) 中間子原子が第３励起状態から第２励起状態へ移るときに放出する光の波長λを，水素原子が同じ状態間で放出する光の波長 λ_{H}で表せ。　（京都府医大）