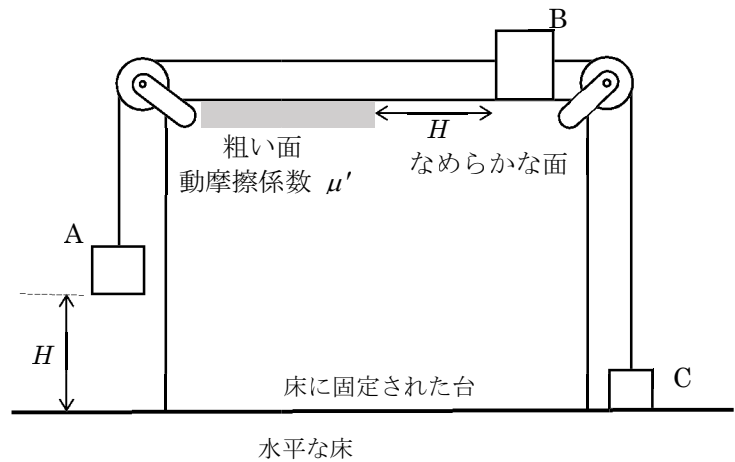


物 理 (その1)

第1問

軽い滑車が 2 個ついた台が水平な床の上に固定されている。大きさの無視できる物体 A、B、C を軽く丈夫なひもで右図のようにつないで、物体 B を台の上面に置き、ひもを滑車にかけて物体 A、C を鉛直につり下げる。



台の上面は水平で、右側（最初に物体 B を置いた位置から長さ H の部分）はなめらかであり、左側は粗い面になっている。この粗い面と物体 B との間の動摩擦係数を μ' とする。台の高さと上面の広さは十分

にあり、物体 B、C が運動の途中で滑車にぶつかることはないとする。物体 A、B、C の質量を各々 m_A 、 m_B 、 m_C ($m_A > m_B > m_C$) とし、重力加速度の大きさを g とする。また、ひもと滑車の間には摩擦はなく、空気抵抗は無視できるとする。

最初、物体 C を床につけて全体を静止させる。このとき、物体 A は床から H の高さにあるとする。そして、静かに手をはなす。

静かに手をはなしてから、物体 A が床に着くまでの間について、

問1 物体 A の加速度の大きさを求めよ。

問2 物体 A と B をつなぐひもの張力 T_{AB} 、および、物体 B と C をつなぐひもの張力 T_{BC} を求めよ。

しばらくすると、物体 A は床と完全非弾性衝突した。その後、物体 B は台の上面の粗い面をすべり続けた。この間、物体 B と C をつなぐひもは弛むことはなかった。ただし、物体 A と B をつなぐひもは物体の運動を妨げないものとする。

問3 物体 A が床と衝突した後の物体 B の加速度の大きさを求めよ。

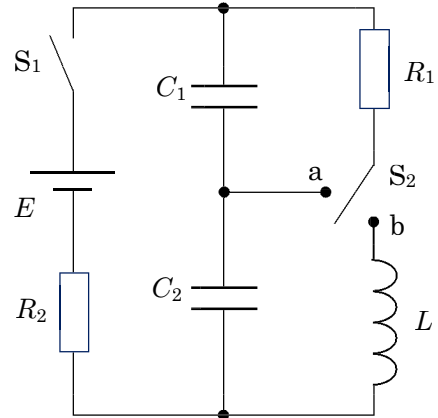
問4 物体 C が達する最高点の床からの高さを求めよ。

問5 物体 C が最高点に達すると、その後、その位置で止まったままになった。このことから、物体 B と台の上面の間の静止摩擦係数についてどんなことが分かるか簡潔に説明せよ。

物 理 (その2)

第2問

図のように、起電力 E の電池とスイッチ S_1 、 S_2 、抵抗 1、抵抗 2、コンデンサー 1、コンデンサー 2、コイルからなる回路がある。抵抗 1 と抵抗 2 の抵抗値をそれぞれ R_1 、 R_2 、コンデンサー 1、コンデンサー 2 の電気容量をそれぞれ C_1 、 C_2 、コイルの自己インダクタンスを L とする。最初、スイッチ S_1 、 S_2 は開いていて、2つのコンデンサーには電荷が蓄えられていないとする。



まず、スイッチ 2 を端子 a に接続する。

その後、スイッチ 1 を閉じる。

問1 スイッチ 1 を閉じた直後に、抵抗 2 に流れる電流の大きさを求めよ。

問2 スイッチ 1 を閉じて十分に時間が経過した後、コンデンサー 2 に蓄えられた電気量を求めよ。

つぎに、スイッチ 1 を閉じたまま、スイッチ 2 を開く。

問3 十分に時間が経過した後、コンデンサー 1 に蓄えられた電気量を求めよ。

つぎに、スイッチ 1 を閉じたまま、スイッチ 2 を端子 b に接続する。

問4 スイッチ 2 を端子 b に接続した直後、微小時間 Δt の間にコイルに流れる電流の変化を ΔI と表すとき、 $\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|$ を E 、 R_1 、 R_2 、 C_1 、 C_2 、 L の中から必要な記号を用いて表せ。

スイッチ 2 を端子 b に接続したまま、十分に時間が経過した。

問5 コイルに蓄えられたエネルギーを求めよ。

問6 コンデンサー 1 の図中で上側の極板に蓄えられる電気量を求めよ。

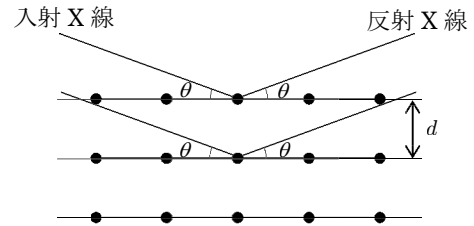
つぎに、スイッチ 2 を端子 b に接続したまま、スイッチ 1 を開く。

問7 十分に時間が経過した後、コンデンサー 1 の図中で上側の極板に蓄えられる電気量を求めよ。

物 理 (その3)

第3問

[A] 波長 λ の X 線を、右図のように、結晶面が表面と平行で結晶面の間隔が d の結晶に入射させる。結晶面と X 線のなす角度 θ とする。



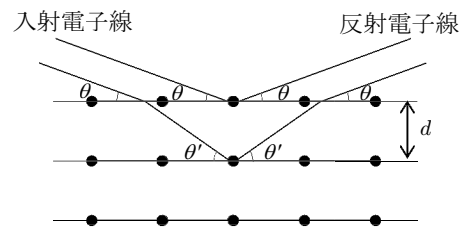
問1 反射 X 線が強め合うとき、 λ 、 d 、 θ 、 n ($n=1,2,3,\dots$) の間に成り立つ式を求めよ。

問2 $\theta=30^\circ$ のとき、反射 X 線が強め合った。

さらに角度 θ を 30° から大きくしていくと次に強め合う角度 θ が 45° であったとする。

$\lambda=1.93 \times 10^{-10} \text{ m}$ として、結晶面の間隔 d の値を有効数字 3 桁で求めよ。

[B] 静止した電子を加速電圧 V で加速して電子線を生成し、右図のように、電子線を結晶面の間隔が d の結晶に入射させる。以下において、電子の質量を m 、電荷を $-e$ ($e>0$)、プランク定数を h とする。



問3 以下の (ア) ~ (ケ) にあてはまる式を答えよ。

電子は粒子性ととも波動性を持つ。静止している電子を加速電圧 V で加速すると電子の運動量は (ア) となる。このときの電子の物質波の波長 λ は $\lambda =$ (イ) である。

電子線を結晶に入射させると、条件を満たすとき反射電子線が強め合う。いま、電子線が結晶の表面から結晶内に入るときに屈折する場合について考える。

図のように、結晶の表面と入射電子線との間の角度を θ 、屈折した後の電子線と結晶面との間の角度を θ' とする。いま、結晶の屈折率を μ として、 μ を θ と θ' を用いて表すと $\mu =$ (ウ) となる。また、入射電子の物質波の波長を λ 、結晶内部での電子の物質波の波長を λ' として、 λ と λ' を用いて屈折率を表すと $\mu =$ (エ) となる。

反射電子線が強め合う条件は、 d 、 θ' 、 λ' と n ($n=1,2,3,\dots$) を用いて表すと $n\lambda' =$ (オ) となる。この強め合う条件を θ' 、 λ' を用いずに d 、 μ 、 θ 、 λ 、 n を用いて表すと $n\lambda =$ (カ) となる。

いま、結晶内部の電位が外部に対して V_0 だけ高いとすると、結晶内部での電子の運動量は、 m 、 e 、 V 、 V_0 を用いて (キ) と表される。ここで、屈折率 μ を V 、 V_0 で表すと $\mu =$ (ク) となる。これらの関係式から、 V_0 を μ 、 λ 、 λ' 、 θ' を用いずに表すと $V_0 =$ (ケ) となる。

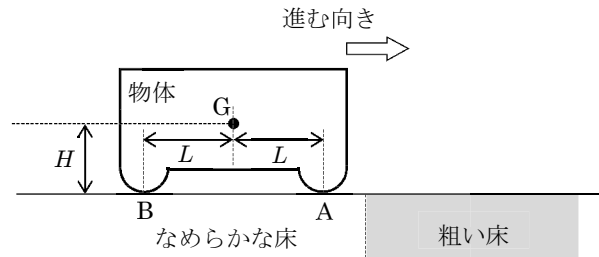
物 理 (その4)

第4問

右図中に示された形の物体がある。この物体を水平な床の上に置き、すべらせる場合を考えよう。

床は図中左側ではなめらかで、途中から表面が粗い床になっている。

図中の点 A と点 B は床と接している物体上の点である。物体の重心 G の水平位置は AB 間の真ん中で、床から高さ H ($H \geq 0$) の位置にある。AB 間の長さを $2L$ とし、物体の質量を M 、重力加速度の大きさを g とする。なお、慣性力の作用点は重心に一致するとしてよい。



はじめ、点 A と点 B が共になめらかな床の上にある状態で、物体が図中の右向きに等速直線運動しているとする。

問1 点 A で物体が床から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。

しばらくすると、点 A が粗い床に進入し、物体は床から摩擦力を受ける。その後も、物体は転倒することなくすべり続けた。点 A が粗い面の上をすべり、点 B はなめらかな床の上をすべるような位置にあるとき、点 A で物体が床から受ける垂直抗力の大きさを N_A 、点 B で物体が床から受ける垂直抗力の大きさを N_B とし、物体と床との間の動摩擦係数を μ' とする。

問2 物体の加速度の大きさを μ' 、 N_A 、 M を用いて表せ。

問3 物体と共に運動する観測者からみたとき、点 A のまわりの力のモーメントのつり合いの式を H 、 L 、 M 、 μ' 、 N_A 、 N_B 、 g を用いて表せ。

問4 N_B を H 、 L 、 M 、 μ' 、 g を用いて表せ。

問5 物体の点 B が床から浮かないために重心の高さ H が満たすべき条件をかけ。

問6 H が前問の条件を満たす場合に、床に対する物体の加速度の大きさを H 、 L 、 μ' 、 g を用いて表せ。また、横軸を H 、縦軸を加速度の大きさにとってグラフを描け。