

物 理（後期）

I ある岩石惑星の半径を R 、万有引力定数を G 、北極点の地表における重力加速度の大きさを g 、自転の角速度を ω として以下の間に答えよ。ただし、この惑星は完全な球であり、その質量は球の中心に集中しているものとする。

- (1) この惑星の質量を求めよ。
- (2) 北極点の地表から鉛直方向の高さ h における重力加速度の大きさは g の何倍かを求めよ。
- (3) 赤道の地表における重力加速度の大きさと g との差（絶対値）を求めよ。
- (4) 質量 m の車が赤道上を速さ v で自転方向に走るときの地表から受ける垂直抗力と、自転とは逆方向に走るときの垂直抗力の大きさの差（絶対値）を求めよ。
- (5) この惑星の静止衛星の高度（地表からの距離）を求めよ。

II 図1のように、糸の一端に音さ、他端におもりをつけ、その糸を滑車にかけ、PQ間の長さを調節できるようにしてある。おもりの質量を M として音さを振動させたとき、糸が共振して PQ 間に 2 個の腹をもつ定常波ができた。このとき、PQ の長さは L であった。糸は均質で、その断面は円形である。重力加速度の大きさを g とし、以下の間に答えよ。なお、糸を伝わる波の速さ v は糸の張力 T と線密度 ρ を用いると $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ である。

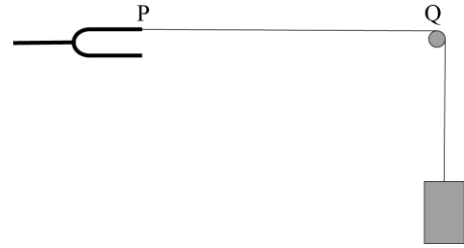


図 1

- (1) PQ の長さを $2L$ にしたとき、PQ 間にできる定常波の波長と腹の数を求めよ。
- (2) PQ の長さを L にして基本振動を生じさせるためには、おもりの質量をいくらにすればよいか。また、この基本振動の波長と腹の数を求めよ。
- (3) PQ の長さは L のまま、同じ材質で直径が $\sqrt{2}$ 倍の糸に取り換えて基本振動を生じさせるためには、おもりの質量をいくらにすればよいか。

次に、図2のように、細い糸と太い糸を点 B でつないだ糸に取り換えた。細い糸と太い糸の材質は同じであり、BC 部分の糸の直径は AB 部分の 2 倍である。音さを振動させると、点 B を節として AB 間に 3 つ、BC 間に 4 つの腹をもつ定常波ができた。

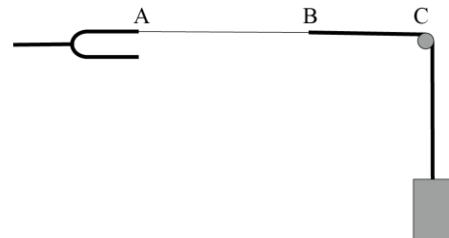
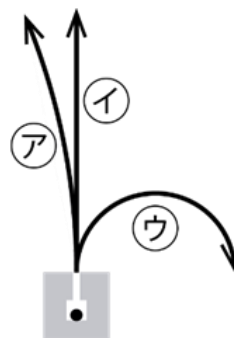


図 2

- (4) AB 間にできる定常波の振動数は、BC 間にできる定常波の振動数の何倍かを求めよ。
- (5) AB 間にできる定常波の波長は、BC 間にできる定常波の波長の何倍かを求めよ。
- (6) AB 間の糸の長さは BC 間の糸の長さの何倍かを求めよ。

Ⅲ 真空中の水平な台の上に鉛の容器を置き、その内部に放射性物質を入れた。容器には小さな穴が鉛直上向きに開いており、磁束密度 B [T] の一様な磁場が紙面に垂直に表から裏向きにかけられている。放射性物質からは、 α 線、 β 線、 γ 線の 3 種類の放射線が放出され、図中の㉖～㉘は、その軌跡を模式的に描いている。電気素量を e [C]、プランク定数を h [J·s]、光速を c [m/s] として、①には㉖～㉘のうち適当な記号を、②～⑧には適当な数値または式を入れよ。ただし、放射線の軌跡は紙面に限られ、重力の影響はないものとする。なお、単位の接頭語 M は 10^6 を表す。



α 線の軌跡は図中の矢印 (①) であり、その半径は r [m] であった。この α 粒子の運動量は (②) [kg·m/s] である。静止した原子核 A が質量 m [kg] の α 粒子を放出して、質量 M [kg] の原子核 B に変わった。この α 崩壊で解放されるエネルギー Q [J] は、すべて α 粒子と原子核 B の運動エネルギーに変わった。このとき、 α 粒子の運動量の大きさは $\sqrt{(③) \times Q}$ と表せる。 α 粒子の運動エネルギーを K [J] とおくと、 $Q = (④) \times K$ と表せ、大きな質量数を持つ原子核の α 崩壊では、 Q と K はほぼ等しくなることがわかる。

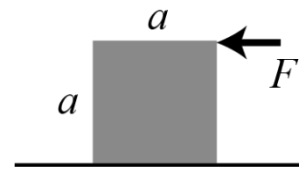
ヘリウム原子核の質量数は 4、電子の質量数は $\frac{1}{1800}$ とみなし、質量数 n の粒子の静止エネルギー (質量と等価のエネルギー) は $n \times 9.4 \times 10^2$ MeV で与えられるとする。 α 粒子の運動エネルギーを測定すると、4.7 MeV であった。この α 粒子の速さは、光速の (⑤) % である。また、磁束密度が $\frac{B}{60}$ のとき、ある β 線の軌道の半径は $\frac{r}{60}$ であった。この β 線の運動エネルギーは (⑥) eV である。

ある静止した原子核 B から、波長 λ [m] の γ 線が放出された。この γ 線の運動量の大きさは (⑦) [kg·m/s] である。放出後の原子核 B の運動エネルギーは (⑧) [J] と表せる。

物 理（後期）

IV 以下の間に答えよ。

- (1) 水平な床に質量 M の立方体（一辺の長さが a ）が置かれている。立方体と床面の間の静止摩擦係数は 0.2 である。図のように、水平な力 F を立方体上面の一辺の中央に加えたとき、立方体が傾くことなく滑るためには、 F の大きさの範囲は $(\text{①}) \times Mg < F < (\text{②}) \times Mg$ (g は重力加速度の大きさ) でなくてはならない。①と②に適当な数値を入れよ。



- (2) 万有引力定数を G 、プランク定数を h 、真空中の光速を c とする。 $G^x h^y c^z$ が長さの次元をもつための、 x 、 y 、 z の数値を求めよ。

- (3) $2\ \Omega$ の抵抗 8 個を用いて、図のような回路を作った。AB 間の抵抗値を求めよ。

