

物 理 学 A I
-----------

古典力学に関する以下の設問に答えなさい。

I.

下図に示した様に、一方の端点が壁に固定されたバネに質量  $m$  の質点を取り付け、一次元水平方向（これを  $x$  軸とする）に振動させる系を考える。但し、バネが伸び縮みしていない状態での質点の平衡位置を原点 ( $x=0$ )、バネが伸びる方向を正方向、バネ定数は  $k$  とする。



- (1) この質点が速度に比例する抵抗力（その比例定数を  $\alpha$  とする）を受けて運動する系に対して、その運動方程式を示しなさい。但し、角振動数  $\omega = \sqrt{k/m}$ 、及び抵抗力の比例定数を  $\lambda = \frac{\alpha}{2m}$  として書き直したものを使って運動方程式を簡単にすること。
- (2) 設問 (1) で求めた運動方程式の解は、定数  $\gamma$  を使って一般的に  $x = \beta e^{\gamma t}$  と表せる。 $\beta$  は運動の条件によって決まる定数である。 $\gamma$  が満たす方程式を求めなさい。更に  $\lambda$  と  $\omega$  の間に成り立つ大小関係 ( $\lambda < \omega$  又は  $\lambda > \omega$ ) に注意すると、その各々に対して物理的振る舞いが異なる解が存在することが分かる。この一般解を各々求めなさい。但し、 $\lambda = \omega$  の場合はここでは考えなくて良い。
- (3) 設問 (2) で求めた 2 つの異なる一般解の時間変化の様子を表す概略図を各々示し、その物理的振る舞いの違いを説明しなさい。但し、質点は時刻 0 において平衡位置 ( $x = 0$ ) よりも正方向に少し伸びた静止状態から運動を始めるとする。2 つの異なる解の時間変化の物理的相違点が定性的に説明できていれば、角速度  $\omega$  や定数  $\beta$  の定量的違いは無視して構わない。

- (4) ここまで議論してきたバネ振動モデルの質点に、振動数 $\Omega$ で振動する外的な強制力が働く場合を考える。この時の解を $\lambda < \omega$ の場合について求めるために、外力を $F = e^{i\Omega t}$ とおいて運動方程式を示しなさい。
- (5) 設問(4)の運動方程式の一般解を求め、十分時間が経過した時のその解の振る舞いについて説明しなさい。

## 物 理 学 A II

電磁気学に関する以下の設問に答えなさい。

II

- (1) 円電流の回りに形成される磁界と棒磁石の回りに形成される磁界のそれぞれの様子を磁力線により図示しなさい。ただし、電流や磁化の向きと磁力線の向きの関係がわかるように図示すること。
- (2) 半径  $r$  [m] の円電流を考える。円電流が囲む面積を  $S=\pi r^2$ 、真空中の透磁率  $\mu_0$  として、Ampere の等価磁石の法則により、円電流  $I$  による磁気モーメント  $M$  を求めなさい。
- (3) 電荷  $-e$  [C]、質量  $m$  [kg] の 1 個の電子が原子核のまわりを半径  $r$  [m] の円周に沿って、速度  $v$  [m/s] で軌道運動をしているものとして、図 1 における円電流の大きさ  $I$  を求め、これより設問 (2) で求めた磁気モーメント  $M$  を書き改めなさい。

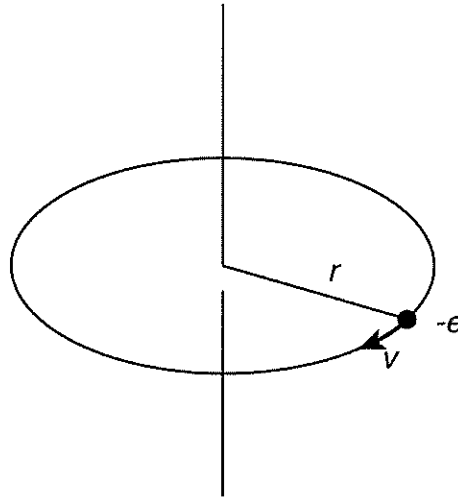


図 1

- (4) 原子核のまわりを円運動している定常状態にある電子の軌道角運動量は、 $h/2\pi$  の整数倍の値しか取ることができない (ただし、 $h=6.624\times 10^{-34}$  Js はプランク定数)。そこで、この整数を  $l$  (この  $l$  を方位量子数という) とすれば、角運動量は

$$P_l = mrv = l \frac{h}{2\pi}$$

となる。この  $l$  を使い設問 (3) で求めた磁気モーメントを書き改めなさい。

- (5) 設問 (4) で求めた原子核のまわりを円運動している定常状態にある電子の作る

磁気モーメントの表記において、方位量子数  $l$  以外をまとめ、これを  $\mu_B$  とし、その表式を求めると共に、電子の比電荷  $e/m=1.759 \times 10^{11}$  [C/kg]、真空中の透磁率  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  等を代入することで数値を与えなさい。また、 $l=1$  のとき  $M=\mu_B$  となるが、 $\mu_B$  は自然界に存在する磁気モーメントの最小単位である。 $\mu_B$  は何と呼ばれているか書きなさい。