

学籍番号 _____ 名前 _____

1. 次の数を指数を使わないで表しなさい。(6 点/各 2 点)

(a) $10^3 = 1000$

(b) $10^{-3} = \frac{1}{1000}$

(c) $10^{0.5} = \sqrt{10}, 3.16\dots$

2. 次の単位換算をしなさい。(10 点/各 2 点)

(a) $1 \text{ [hPa]} = 100(10^2) \text{ [Pa]}$ ([Pa] は圧力の単位「パスカル」)

(b) $1 \text{ [m]} = 10^9 \text{ [nm]}$ (n は 10^{-9} の接頭辞)

(c) $1 \text{ [ℓ]} = 10^3 \text{ [cm}^3\text{]}$

(d) $1 \text{ [ℓ]} = 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}$

(e) $1 \text{ [m}^3\text{]} = 10^6 \text{ [cm}^3\text{]}$

3. 次の表は接頭辞についてまとめたものである。空欄を埋めなさい。(10 点/各 1 点)

記号	読み	意味
<u>c</u>	センチ	<u>10^{-2}</u>
d	<u>デシ</u>	10^{-1}
<u>k</u>	<u>キロ</u>	10^3
m	<u>ミリ</u>	<u>10^{-3}</u>
da	デカ	<u>10^1</u>
<u>h</u>	<u>ヘクト</u>	10^2

4. _____ に数字を入れなさい。(10 点/各 2 点)

(a) $10^\square \times 10^\square = 10^6$ なので、 $\sqrt{10^6} = 10^\square$ である。ここで、 \square の値は 3 である。

(b) 水の密度は、おおよそ、 $1 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ である。そこで、水が $1 \text{ [m}^3\text{]}$ だけ集まると、その水の質量は、1000 [kg] となる。だから、水の密度は、1000 [kg/m³] とも書ける。

(c) 空気の密度は、おおよそ、 1 [g/ℓ] である。 1 [ℓ] が何 $\text{[m}^3\text{]}$ であるかを考えると、 $1 \text{ [g/ℓ]} = 1 \text{ [g/(10}^{-3}\text{m}^3\text{)]} = \frac{1}{10^{-3}} \text{ [g/(m}^3\text{)]} = \underline{1000} \text{ [g/m}^3\text{]}$ である。あるいは、1 [kg/m³] とも書ける。

5. ニュートンの運動の法則の第二法則に対応する運動方程式についてこれを書き表し、各項に表れている単語の意味も説明しなさい。(10 点)

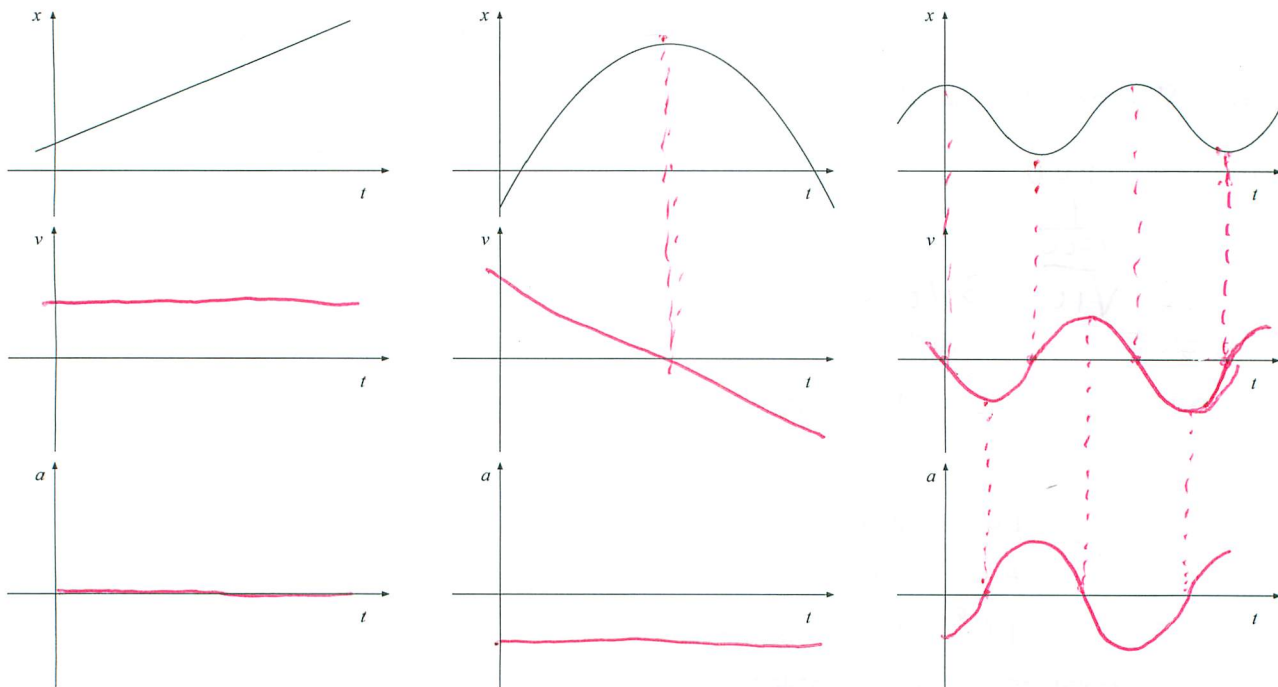
$\vec{F} = m\vec{a}$

\vec{F} : 物体に作用する力のベクトル量である

m : 物体の質量を表すスカラー量である

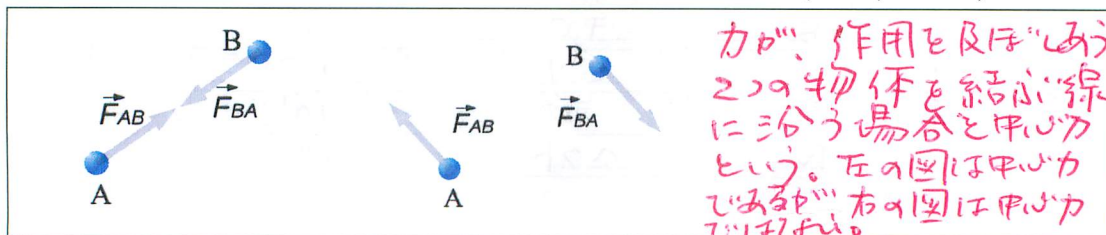
\vec{a} : 物体の加速度を表すベクトル量である

6. 次の図の上段のように、時刻によって位置が表されていたとする。速度(中段)はどのようにになっているか。また、加速度(下段)はどうなっているだろうか。図に描き込みなさい。(12点/各2点)



7. 角運動量の保存則について答えなさい。

(a) 角運動量の保存則は作用する力が「中心力」でなければ成立しない。ここで、「中心力」とはどのような力のことか。次の図を用いて説明しなさい。(15点/各5点)



(b) 角運動量保存の法則で説明できる現象として、どのような事例が挙げられるか? 説明しなさい。

フィギュアスケートの選手が、回転しよから腕や脚を回転軸
に近づけると速く回転する。

(c) 講義で扱った力の中には、角運動量の保存が成り立たないような力があった。それはどのような力か、説明しなさい。

ローレンツ力である。磁荷と運動する電荷を考えると、互い
に及ぼし合う力は、両者を結ぶ線に直交しているため、この二つだけと考えると、角運動量は保存しない。

8. 次の物理量の単位について、SIの基本単位で書きなさい。その際に、引き続き物理法則や物理量の定義を考慮に入れ、どうしてそのようになるのか説明しなさい。(15点/各5点)

(a) 力の単位 [N], 運動方程式 (力) = (質量) × (加速度)

各項の単位を計算する

左辺: $[N]$

右辺: $[kg] \times [m/s^2] = [kg \cdot m/s^2]$ よって $[N] = [kg \cdot m/s^2]$

- (b) エネルギー $[J]$, (運動エネルギー) $= \frac{1}{2} (\text{質量}) \times (\text{速さ})^2$

同様に単位を計算する

左辺: $[J]$

右辺: $[kg] \times [m/s] \times [m/s] = [kg \cdot m^2/s^2]$ よって $[J] = [kg \cdot m^2/s^2]$

- (c) 電気抵抗 $[\Omega]$, オームの法則 (電圧 $[V]$) $= (\text{抵抗 } [\Omega]) \times (\text{電流 } [A])$ ただし、電圧の単位 $[V]$ は、 $\frac{kgm^2}{As^3}$ である。

左辺: $[kg \cdot m^2 / (A \cdot s^3)]$

右辺: $[\Omega] \times [A]$ よって $[kg \cdot m^2 / (A \cdot s^3)] = [\Omega \cdot A]$, $[\Omega] = [kg \cdot m^2 / (A^2 \cdot s^3)]$

9. この問題では、みなさんが数式に慣れるために、順を追って計算方法などを説明している。最後まであきらめずに挑戦すること。

等速円運動 (円周上を速さが一定で進む運動) をしている物体を考える。この時の速さを v で表す。また、半径を r で表す。以下では、速さが $6[m/s]$ 、半径が $10[m]$ の場合を考える。(30点/各5点)

- (a) 「この運動では、速さが一定なので、加速度はゼロである」という学生がいたとする。この学生の誤りを指摘しなさい。(ヒント: 「速度」と「速さ」の違い、速度がベクトル量であること)

速さは一定であり、ベクトル量で向きを持つ速度について考えれば、向きは常に変化している。これに対応して加速度が生まれることになる。

- (b) 円周1周の長さは $2\pi r$ で表すことができる。 π をおおよそ3であるとして周期を求めなさい。なお、周期は物体が円周上を1回転する時間のことである。

$2\pi r \approx 2 \times 3 \times 10[m] = 60[m]$

$60[m] \div 6[m/s] = 10[s]$

よって周期は $10[s]$ である。

- (c) この運動の加速度の大きさは $\frac{v^2}{r}$ である。速度の単位を SI の基本単位で表すと $[m/s]$ であるので、速度の時間変化の割合を表す加速度は $[m/s^2]$ である。そこで、 $\frac{v^2}{r}$ の単位を調べて、 $[m/s^2]$ と一致するかどうか調べなさい。

v の単位は $[m/s]$ であり、 r の単位は $[m]$ である。よって、 $\frac{v^2}{r}$ の単位は、 $[m/s] \times [m/s] \div [m] = [m/s^2]$ となり、一致する。

- (d) 物体の加速度の大きさを求めなさい。単位も忘れずに示すこと。

上の式をあてはめれば、 $\frac{6[m/s] \times 6[m/s]}{10[m]} = 3.6[m/s^2]$ となる。

- (e) この物体の中に質量 $m = 50[\text{kg}]$ の人が入ったとする。この人が感じる慣性力(遠心力)は、 m に、この物体(人)の加速度 $\frac{v^2}{r}$ をかけたものである。その大きさを求めなさい。単位も忘れずに示すこと。

$$m \frac{v^2}{r} = 50[\text{kg}] \times 3.6[\text{m/s}^2] = 180[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}] = 180[\text{N}]$$

遠心力の大きさは $180[\text{N}]$ である。

- (f) 地球の表面付近では、質量 m の物体に作用する重力は、 m に重力加速度 $g = 9.8 [\text{m/s}^2]$ をかけた値になる。これを求めなさい。単位も忘れずに示すこと。また、先の問題で示した値とどちらが大きいのか。

$$mg = 50[\text{kg}] \times 9.8[\text{m/s}^2] = 490[\text{N}]$$

重力の大きさは $490[\text{N}]$ であり、遠心力よりも大きい。

10. 電気と磁気に関連して、様々な力が存在する。それらの力の向きについて説明しなさい。向きが変わる場合には、その条件を書くこと。図を用いて説明するのが望ましい。(20点/各5点)

- (a) 電荷と電荷にの間に作用する力の向き

同符号のとき、互いに反発する向きに力が作用する。
異符号のとき、互いに引きあう向きに力が作用する。

- (b) 磁荷と磁荷にの間に作用する力の向き

同符号のとき、互いに反発し合う向きに力が作用する。
異符号のとき、互いに引き合う向きに力が作用する。
ただし、N極を正、S極を負と見做すように符号を与える。

- (c) 平行に置かれた電線に電流を流した時に電線間で働く力の向き

電流が同じ向きに流れるときには、互いに引き合い、
逆向きに流れるときには、互いに反発しあう。

- (d) 磁場中で電線に電流を流したとき、電線が受ける力の向き

電流と磁場の向きとの両方に垂直に作用する。
ただし、電流の向きから磁場の向きに回るときの右ネジの進む向きである。

11. 日常生活で講義で扱った事項に対応するものを挙げなさい。また、どのように対応するか、説明しなさい。(12点)