君が提出するすべての　レポート書式と提出　について

※　レポート作成のword fileの書式のテンプレートをこの文書の書式をそのまま利用すること.

1　wordで作成したファイルをpdfに変換したものを提出すること．（剽窃チェツクをおこなうため）
　手書きした文章，式，図，グラフを撮影またはスキャンしてwordに貼り付け，pdfに変換したものは原則として，認めない．（どんなに立派なレポートでも０点とする）

2　レポートはwordで作成すること．手書きレポートは評価しない（0点とする）
　wordの行間はホーム→段落で1行とすること.
　wordのレイアウト→余白→狭いとすること.
　wordの挿入→ヘッダ→　学籍番号　氏名　を記入すること
　ファイル名は　学籍番号　氏名　科目名　XX回目レポート　とすること

3　図を描くときには，原則としてwordで挿入→図形を使って描くこと.

4　計算では，単なる算数をやっているのではないので，先ず必要な変数の定義を記述し，それら変数の記号を用いて式を立てること．（算数をやった場合は，答えの数字が正解でも，例外なく減点する）
　式を変形して，求める物理量を示し，これに単位付きで数値を代入して答えを求めること．（答えに単位も
　忘れずに！）
　例　長方形の面積：S，縦の長さ: $a=2[m]$，横の長さ：$b=3[m]$ とすると
　$S=ab=2[m]\times 3[m]=6[m^2]$ //

5　式は3文字程度のインデントを取った左寄せで書き始め，式変形する場合は改行した後，＝（イコール）の位置が同じくなるようにすること．（中央揃えはみにくい！！）

6　式変形は論理展開であり，極めて重要である．よって，必要に応じて"="の理由を付記すること！
　断片的な式だけ，単語だけを並べたのでは文脈は伝わらない.
　式変形は理系の"文章"である．理科大生として，ちゃんとした文章が書ける人になること！！

7　当然のことであるが，レポートは自分で解答すること．剽窃チェックで一致率を過去に遡って確認できるので，単にコピペで作成したレポートはわかってしまう．これはカンニングと同じである．クラスに提供した者，写した者がいる場合，両者は0点となる.

8　過去レポートを含め，他者のレポートを写してはいけない．部分的にも写してはいけない！！
　自分で考え，自分の言葉，自分で確認・理解した式を用いて書くこと.
　※　問題にもよるが，剽窃チェックで一致度が(50〜60)％以上の場合は，0点もしくは％分得点を減じる.
　※　シラバスの評価方法を確認してください.

君が提出するすべての　レポート書式と提出　について

※　レポート作成のword fileの書式のテンプレートをこの文書の書式をそのまま利用すること．

1　wordで作成したファイルをpdfに変換したものを提出すること．（剽窃チェックをおこなうため）
手書きした文章，式，図，グラフを撮影またはスキャンしてwordに貼り付け，pdfに変換したものは原則として，認めない．（どんなに立派なレポートでも０点とする）

2　レポートはwordで作成すること．手書きレポートは評価しない（0点とする）
wordの行間はホーム→段落で1行とすること．
wordのレイアウト→余白→狭いとすること．
wordの挿入→ヘッダ→　学籍番号　氏名　を記入すること
ファイル名は　学籍番号　氏名　科目名　XX回目レポート　とすること

3　図を描くときには，原則としてwordで挿入→図形を使って描くこと．

4　計算では，単なる算数をやっているのではないので，先ず必要な変数の定義を記述し，それら変数の記号を用いて式を立てること．（算数をやった場合は，答えの数字が正解でも，例外なく減点する）
式を変形して，求める物理量を示し，これに単位付きで数値を代入して答えを求めること．（答えに単位も
忘れずに！）

例　長方形の面積：S，縦の長さ: $a=2[m]$，横の長さ：$b=3[m]$ とすると

$S=ab=2[m]\times 3[m]=6[m^2]$ //

5　式は3文字程度のインデントを取った左寄せで書き始め，式変形する場合は改行した後，＝（イコール）の位置が同じくなるようにすること．（中央揃えはみにくい！！）

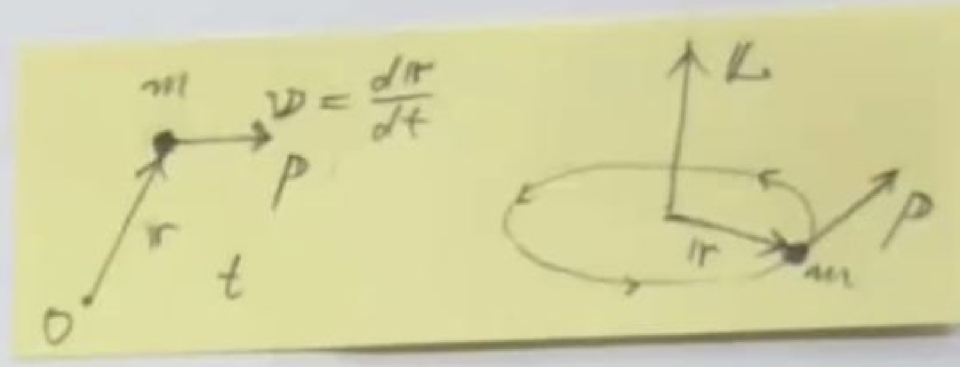
6　式変形は論理展開であり，極めて重要である．よって，必要に応じて"="の理由を付記すること！
断片的な式だけ，単語だけを並べたのでは文脈は伝わらない．
式変形は理系の"文章"である．理科大生として，ちゃんとした文章が書ける人になること！！

7　当然のことであるが，レポートは自分で解答すること．剽窃チェックで一致率を過去に遡って確認できるので，単にコピペで作成したレポートはわかってしまう．これはカンニングと同じである．クラスに提供した者，写した者がいる場合，両者は0点となる．

8　過去レポートを含め，他者のレポートを写してはいけない．部分的にも写してはいけない！！
自分で考え，自分の言葉，自分で確認・理解した式を用いて書くこと．
※　問題にもよるが，剽窃チェックで一致度が(50～60)%以上の場合は，0点もしくは%分得点を減じる．
※　シラバスの評価方法を確認してください．

Newton 力学　m,　$\overbrace{x, y, z}^{\mathbf{r}}$,　$t \rightarrow$　四次元空間における質量の運動　　　　古典力学

質量，空間座標，時間



$$\begin{cases} \text{運動量}\quad : \quad \boldsymbol{p} = m\boldsymbol{v} = m\dfrac{d\boldsymbol{r}}{dt}, \quad \boldsymbol{v}\text{は速度} & (1) \\ \text{角運動量} : \quad \boldsymbol{L} = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{p} & (2) \end{cases}$$

● 運動量を変化させるには力 $\boldsymbol{F}$ が必要

運動方程式　$$\boxed{\boldsymbol{F} = \frac{d\boldsymbol{p}}{dt} = \frac{d(m\boldsymbol{v})}{dt} = m\frac{d}{dt}\frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = m\frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2} = m\ddot{\boldsymbol{r}}} \tag{3}$$

微分方程式を積分して解くと m の位置の時間変化（軌跡）：$\boldsymbol{r}(t)$ が分かる！　→　惑星の運動を説明した

● 角運動量を変化させるにはトルク $\boldsymbol{N} = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}$ が必要

$$\boldsymbol{N} = \frac{d\boldsymbol{L}}{dt}$$

$$\boxed{\text{運動エネルギー}：K = \frac{1}{2}mv^2} \tag{4}$$

位置エネルギー：V　　位置の変化による仕事を計算する

その1　重力：　$F=-mg$ (5)

重力加速度をgとし，鉛直上方に向かってx軸を取ると，重力は鉛直下方に働くので，$F=-mg$

質量mの質点が高さhから0まで落下するとき，重力が行う仕事は，

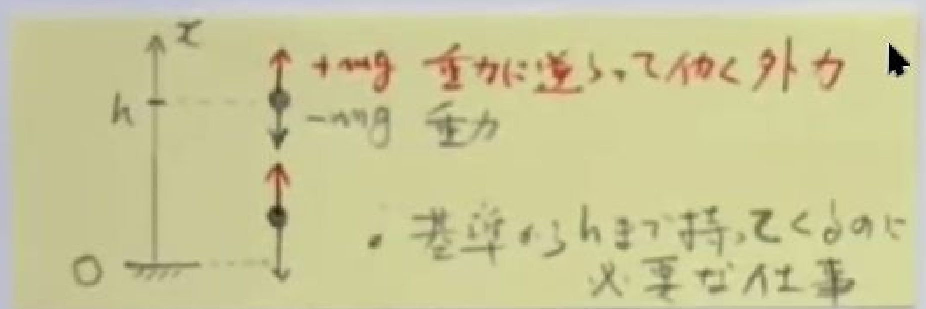
0←終

$$W=\int_{x=h}^{0}(-mg)dx=\left[-mg\,x\right]_{x=h}^{0}=0-(-mgh)=mgh \qquad (5)'$$

x=h 始

（重力がhから基準まで持って行くのに成す仕事）

これは，質点が高さhの位置にあるときのエネルギー（位置エネルギー）である．



重力に逆らって外力の成す仕事は

$$V=\int_{x=0}^{h}+mg\,dx=\left[mgx\right]_{x=0}^{h}=mgh=W$$

x=0 基準

その2　質量万有引力：　$F=-G\dfrac{Mm}{r^2}$ (6)

質量Mの質点から距離rの距離にある質量mの質点に働く力は，$F=-G\dfrac{Mm}{r^2}$　ここで，Gは万有引力定数

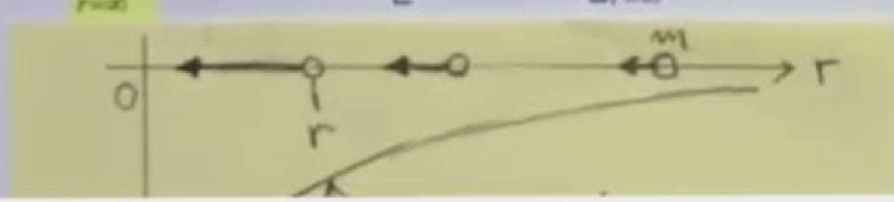
無限遠方$r=\infty$を位置エネルギーの基準とすると，万有引力が働いている質点に対して外力の行う仕事は

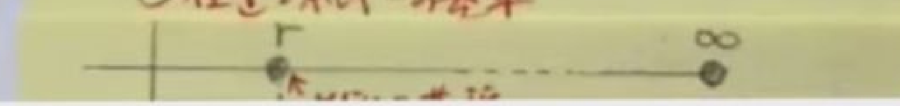
$$W=\int_{r=\infty}^{r}\left(G\frac{Mm}{r^2}\right)dr=\left[-GMm\frac{1}{r}\right]_{r=\infty}^{r}=-G\frac{Mm}{r} \qquad (6)'$$

万有引力に逆らって外力の成す仕事W'

$$W'=\int_{r}^{\infty}+G\frac{Mm}{r^2}dr=\left[-\frac{GMm}{r}\right]_{r}^{\infty}=G\frac{Mm}{r}$$

r 位置エネルギーの基準





必要な仕事　(x=0)基準

その2　質量万有引力：　$F=-G\dfrac{Mm}{r^2}$　(6)

質量 M の質点から距離 r の距離にある質量 m の質点に働く力は，$F=-G\dfrac{Mm}{r^2}$　ここで，G は万有引力定数

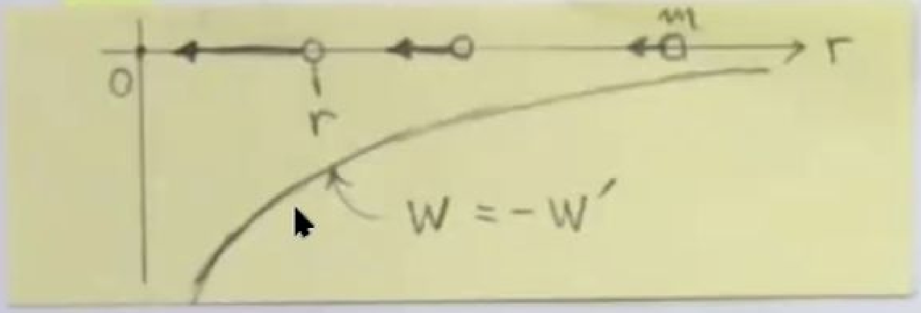
無限遠方 $r=\infty$ を位置エネルギーの基準とすると，万有引力が働いている質点に対して外力の行う仕事は

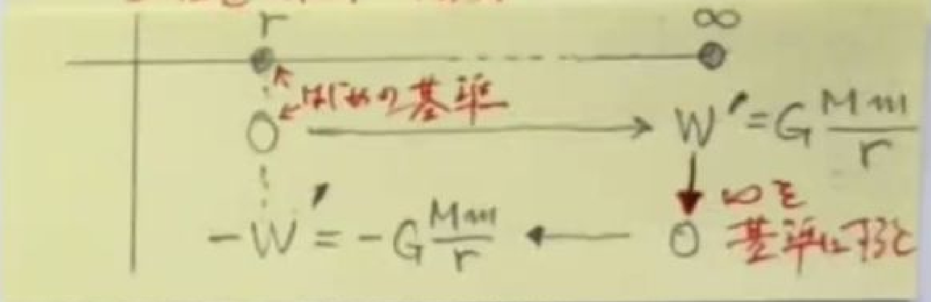
$$W=\int_{r=\infty}^{r}\left(G\frac{Mm}{r^2}\right)dr=\left[-GMm\frac{1}{r}\right]_{r=\infty}^{r}=-G\frac{Mm}{r}\qquad(6)'$$

万有引力に逆らって外力の成す仕事 W'

$$W'=\int_{r}^{\infty}+G\frac{Mm}{r^2}dr=\left[-\frac{GMm}{r}\right]_{r}^{\infty}=G\frac{Mm}{r}$$

ⓡ位置エネルギーの基準





その3　単振動　$F=-kx$　(7)

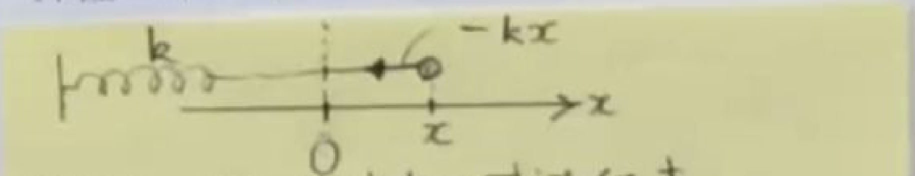
質量 m の質点にバネが及ぼす力は $F=-kx$　ここで，k はバネ定数，x は質点の変位

$x=0$ から $x=x$ まで質点を変位させるのに外力が行う仕事は，

バネの復元力に逆らって

$$W=\int_{x=0}^{x}(kx)dx=\left[\frac{1}{2}kx^2\right]_{x=0}^{x}=\frac{1}{2}kx^2\qquad(7)'$$

この仕事分のエネルギーがバネに蓄えられることになる．弾性エネルギー



復元力に逆らって外力の成す仕事

$$-W = -G\frac{Mm}{r} \longleftarrow 0 \quad \infty を基準にすると \tag{7}$$

その３　単振動　$F=-kx$

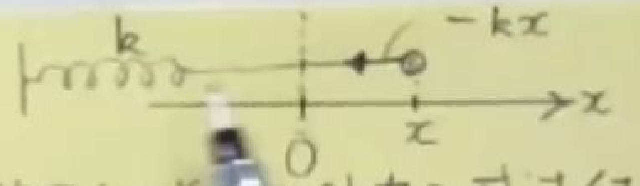
質量 m の質点にバネが及ぼす力は $F=-kx$　ここで，k はバネ定数，x は質点の変位

$x=0$ から $x=x$ まで質点を変位させるのに外力が行う仕事は，

バネの復元力に逆らって

$$W=\int_{x=0}^{x}(kx)dx=\left[\frac{1}{2}kx^2\right]_{x=0}^{x}=\frac{1}{2}kx^2 \tag{7'}$$

この仕事分のエネルギーがバネに蓄えられることになる．弾性エネルギー



復元力に逆[illegible]外力の成す仕事

$W=\int_0^x [illegible] x\,dx=\left[\frac{1}{2}kx^2\right]_0^x=\frac{1}{2}kx^2$

その４　電位

電荷 Q の質点から距離 r の距離にある電荷 q の質点に働く力は，$F=k$ [illegible] ここで，$k=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ は定数

無限遠方 $r=\infty$ を位置エネルギーの基準とすると，クーロン力が働いてい[illegible]に対して外力の行う仕事は

$$W=\int_{r=\infty}^{r}\left(-k\frac{Qq}{r^2}\right)dr=\left[k\frac{Qq}{r}\right]_{r=\infty}^{r}=k\frac{Qq}{r}$$

Q と q の符[illegible]正にも負にもなる　(8)

$q=+1[C]$ の当りの位置エネルギーが電位となる．

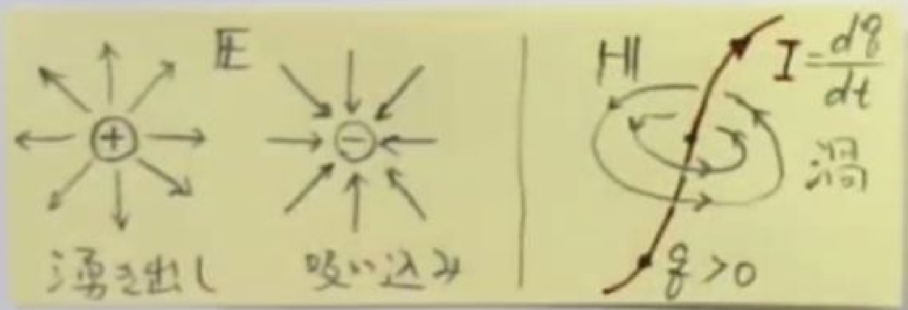
クーロン力: $F_C = -\nabla_r = -\frac{d}{dr}\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r}\right) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r^2}$　　Qが作るポテンシャル場：$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}$

バネ復元力： $F = -\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}kx^2\right) = -kx$　　バネによるポテンシャル：$\frac{1}{2}kx^2$

電磁気学

電荷　電界　　電流　磁界　透磁率　磁束密度　　誘電率

$q \rightarrow \boldsymbol{E}$　　$\frac{dq}{dt} = I \rightarrow \boldsymbol{H} \rightarrow \mu\boldsymbol{H} = \boldsymbol{B} \rightarrow$　真空中 μ_0 ε_0 $\rightarrow \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}} = c$：光速



場 → 波　エネルギーのやりとり　EとH

光速度一定として時空を考えると、

$x, y, z, t \rightarrow x, y, z, ict$　として実験事実の[illegible]一定　を等速度運動間の座標間に適応すると特殊相対性理論

$E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}c^2 = m_0c^2\left\{1+\frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2 + \text{[illegible]} + \frac{5}{16}\left(\frac{v}{c}\right)^6 + \cdots\right\} \xrightarrow{v^2 \ll c^2} m_0c^2 + \frac{1}{2}m_0v^2$

解析力学　N 個の質点系を考える．i 番目の質点の質量 m_i の Newton の運動方程式は

$\boxed{\boldsymbol{F}_i = m_i\ddot{\boldsymbol{r}}_i}$　ここで $\boldsymbol{F}_i$ は外力，$\ddot{\boldsymbol{r}}_i$ は質点 i の座標 $\boldsymbol{r}_i$ の時間 t による二階微分（いわゆる加速度）　(1)

この運動方程式を書き換えると，

$m_i\ddot{\boldsymbol{r}}_i - \boldsymbol{F}_i = 0$（外力 $\boldsymbol{F}_i$ は仮想的な力 $m_i\ddot{\boldsymbol{r}}_i$ と釣り合い平衡している）と考えられる．

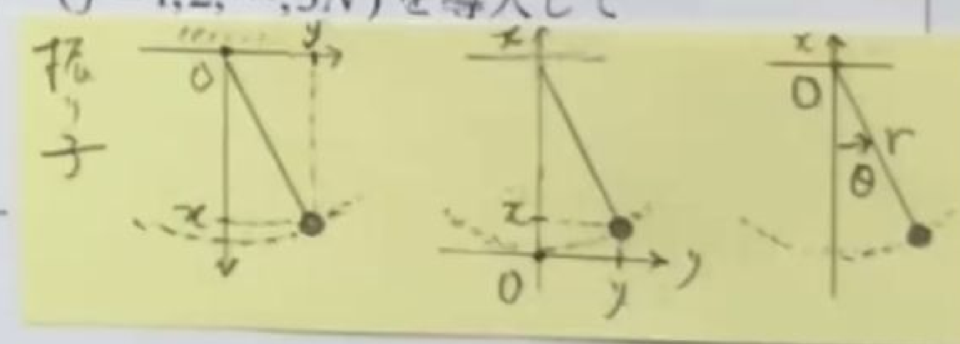
質点の実際の軌跡に沿った各質点ではこの仮想的平衡が成立している．

実際の軌跡のある点の所を少し変形 $\delta\boldsymbol{r}$ させたとすると，それの要する仮想仕事は 0 となる．

$\boxed{\sum_i (m_i\ddot{\boldsymbol{r}}_i - \boldsymbol{F}_i)\cdot\delta\boldsymbol{r}_i = 0}$: ダランベールの原理

$$\downarrow\leftarrow\quad \boxed{\begin{aligned} \boldsymbol{r}_1 &= \boldsymbol{r}_1(q_1, q_2, q_3, \cdots q_{3N}, t) \\ \boldsymbol{r}_2 &= \boldsymbol{r}_3(q_1, q_2, q_3, \cdots q_{3N}, t) \\ &\cdots \\ \boldsymbol{r}_N &= \boldsymbol{r}_N(q_1, q_2, q_3, \cdots q_{3N}, t) \end{aligned}}$$

一般化座標 q_j　$(j = 1, 2, \cdots, 3N)$ を導入して



$$\downarrow\leftarrow\quad \boxed{K \equiv \sum_i \frac{1}{2} m_i \dot{\boldsymbol{r}}_i^2}$$

運動エネルギー

$$\downarrow\leftarrow\quad \boxed{Q_j \equiv \sum_i \boldsymbol{F}_i \cdot \frac{\partial \boldsymbol{r}_i}{\partial q_j}}$$

一般化力 Q_j

変分

$$\sum_j \left\{ \left[\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial K}{\partial \dot{q}_j}\right) - \frac{\partial K}{\partial q_j} \right] - Q_j \right\} \delta q_j = 0$$

ここで，δq_j は任意なので，$\{\cdots\} = 0$

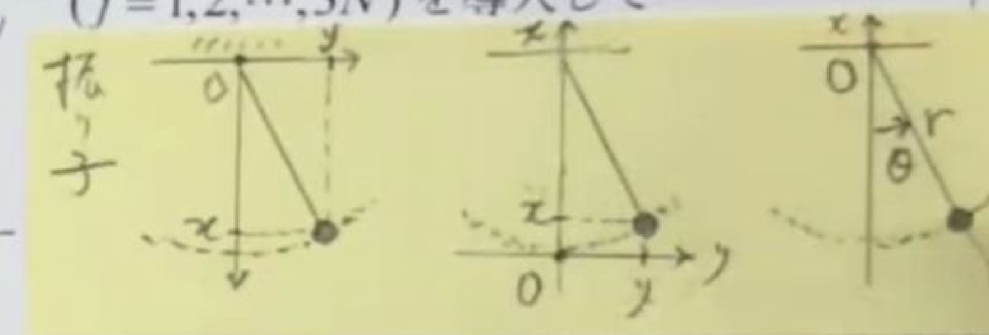
$m_i\ddot{\boldsymbol{r}}_i - \boldsymbol{F}_i = 0$ (外力 $\boldsymbol{F}_i$ は仮想的な力 $m_i\ddot{\boldsymbol{r}}_i$ と釣り合い平衡している) と考えられる.

質点の実際の軌跡に沿った各質点ではこの仮想的平衡が成立している.

実際の軌跡のある点の所を少し変形 $\delta\boldsymbol{r}$ させたとすると, それの要する仮想仕事は 0 となる.

$$\boxed{\sum_i (m_i\ddot{\boldsymbol{r}}_i - \boldsymbol{F}_i)\cdot\delta\boldsymbol{r}_i = 0}$$: ダランベールの原理

$$\downarrow\leftarrow \quad \boxed{\begin{array}{l} \boldsymbol{r}_1 = \boldsymbol{r}_1(q_1, q_2, q_3, \cdots q_{3N}, t) \\ \boldsymbol{r}_2 = \boldsymbol{r}_3(q_1, q_2, q_3, \cdots q_{3N}, t) \\ \cdots \\ \boldsymbol{r}_N = \boldsymbol{r}_N(q_1, q_2, q_3, \cdots q_{3N}, t) \end{array}}$$ 一般化座標 $q_j \quad (j = 1, 2, \cdots, 3N)$ を導入して



$$\downarrow\leftarrow \quad \boxed{K \equiv \sum_i \frac{1}{2} m_i \dot{\boldsymbol{r}}_i^2}$$ 運動エネルギー

$$\downarrow\leftarrow \quad \boxed{Q_j \equiv \sum_i \boldsymbol{F}_i \cdot \frac{\partial \boldsymbol{r}_i}{\partial q_j}}$$ 一般化力 Q_j

変分

$$\sum_j \left\{ \left[\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial K}{\partial \dot{q}_j}\right) - \frac{\partial K}{\partial q_j} \right] - Q_j \right\} \delta q_j = 0$$ ここで, δq_j は任意なので, $\{\cdots\} = 0$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial K}{\partial \dot{q}_j}\right) - \frac{\partial K}{\partial q_j} = Q_j$$

$\dot{q}_j = \frac{dq_j}{dt}$

保存力

$$\downarrow\leftarrow \quad Q_j = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial U}{\partial \dot{q}_j}\right) - \frac{\partial U}{\partial q_j}$$ ここで, Q_j がポテンシャル U から導かれるとする

$$\boxed{\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\cdots}\right) - \frac{\partial L}{\cdots}}$$

$F(q_j, p_j, t)$ の時間変化は,

$$\frac{dF}{dt} = \frac{\partial F}{\partial t} + \sum_j \left(\frac{\partial F}{\partial q_j}\dot{q}_j + \frac{\partial F}{\partial p_j}\dot{p}_j \right)$$

$\downarrow \leftarrow$ 正準方程式(16)より $\quad \dot{q}_j = \dfrac{\partial H}{\partial p_j}, \quad -\dot{p}_j = \dfrac{\partial H}{\partial q_j}$

$$\boxed{\frac{dF}{dt} = \frac{\partial F}{\partial t} + \sum_j \left(\frac{\partial F}{\partial q_j}\frac{\partial H}{\partial p_j} - \frac{\partial F}{\partial p_j}\frac{\partial H}{\partial q_j} \right) = \frac{\partial F}{\partial t} + \{F, H\}} \tag{20}$$

ハミルトニアン

F が t を陽に含まなければ, $\dfrac{dF}{dt} = \{F, H\}$ 　更に $\{F, H\} = 0$ ならば F は運動の恒量となる

問 $\{q_k, q_\ell\}$, $\{p_k, p_\ell\}$, $\{q_k, p_\ell\}$ を求めよ.

$$\{q_k, q_\ell\} = \sum_j \left(\frac{\partial q_k}{\partial q_j}\frac{\partial q_\ell}{\partial p_j} - \frac{\partial q_k}{\partial p_j}\frac{\partial q_\ell}{\partial q_j} \right) = \frac{\partial q_k}{\partial q_k}\frac{\partial q_\ell}{\partial p_k} - \frac{\partial q_k}{\partial p_\ell}\frac{\partial q_\ell}{\partial q_\ell} = 1 \cdot \frac{\partial q_\ell}{\partial p_k} - \frac{\partial q_k}{\partial p_\ell} \cdot 1 = 1 \cdot 0 - 0 \cdot 1 = 0$$

$$\{p_k, p_\ell\} = \sum_j \left(\frac{\partial p_k}{\partial q_j}\frac{\partial p_\ell}{\partial p_j} - \frac{\partial p_k}{\partial p_j}\frac{\partial p_\ell}{\partial q_j} \right) =$$

$$\ldots \frac{\partial p_\ell}{\ldots} - \frac{\partial q_k}{\partial p_j}\frac{\partial p_\ell}{\partial q_j} \Big) =$$

一般化座標 $q_j \rightarrow q_j$

一般化運動量 $p_j \rightarrow \dfrac{\hbar}{i}\dfrac{\partial}{\partial q_j}$

例

$$\boxed{\begin{array}{lll} x & \rightarrow & x \\ p_x & \rightarrow & \dfrac{\hbar}{i}\dfrac{\partial}{\partial x} \\ \boldsymbol{p} & \rightarrow & \dfrac{\hbar}{i}\nabla \end{array}}
\qquad
\boxed{\begin{array}{lll} F(x) & \rightarrow & F(x) \\ F(p_x) & \rightarrow & F\left(\dfrac{\hbar}{i}\dfrac{\partial}{\partial x}\right) \\ \boldsymbol{p}^2 & \rightarrow & -\hbar^2\nabla^2 = -\hbar^2\Delta \end{array}}$$

ハミルトニアンは $H = K + V$ なので，

$$H = \frac{\boldsymbol{p}^2}{2m} + V(\boldsymbol{r}) = \frac{1}{2m}\left(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2\right) + V(\boldsymbol{r})$$

演算子に置[illegible]

$$\widehat{H} [illegible] \left([illegible] \right)^2 + \left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}\right)^2 \Bigg) + V(\boldsymbol{r}) = -\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right) + V(\boldsymbol{r}) \tag{21}$$

$$\therefore \quad \widehat{H} = [illegible] V(\boldsymbol{r})$$

固有値方程式

$$\cdots\frac{1}{2m}\left(\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}\right)^2\right)\cdots -\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)$$

$$\therefore \quad \hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(\boldsymbol{r}) \tag{21}$$

固有値方程式

$\hat{A}\Psi = a\Psi$ （Ψ関数）

演算子　固有値

シュレーディンガー方程式は，$\hat{H}$ の固有値方程式として定義される．

i.e. $\boxed{\hat{H}\Psi(\boldsymbol{r}) = E\Psi(\boldsymbol{r}) = -\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial t}\Psi(\boldsymbol{r})}$　ここで $\Psi(\boldsymbol{r})$ は状態関数，E は系のエネルギー固有値　(22)

※　波動方程式にプランク定数 h を用いて $p = \frac{h}{\lambda}$，$E = h\nu$ を導入して導かれる

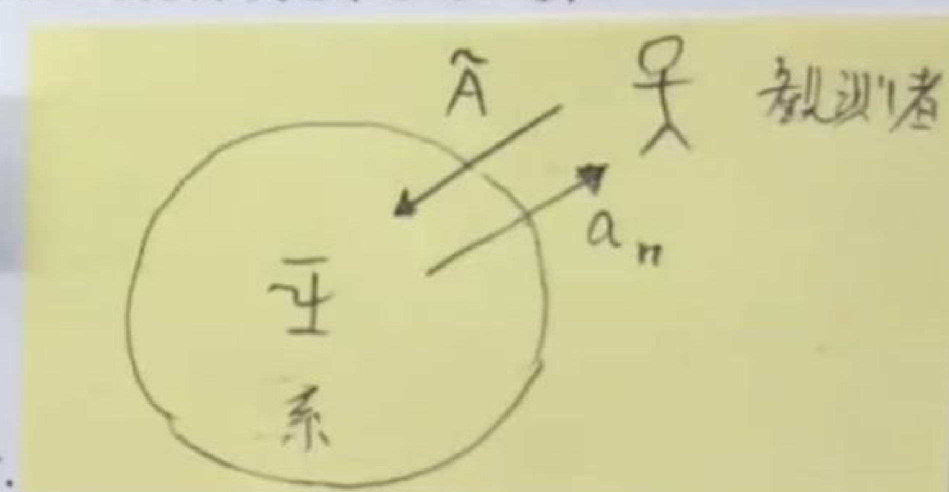
ここで前者は物質波の，後者は光量子(光電効果)の実験事実を示している．

$\varphi_n(r)$

いろいろな固有状態が混合している

状態関数は固有関数の線型結合（重み付き総和）

$$\Psi(\boldsymbol{r}) = \sum_n c_n\varphi_n(\boldsymbol{r})$$



ここで，$\varphi_n(\boldsymbol{r})$ は $\boxed{\hat{A}\varphi_n(\boldsymbol{r}) = a_n\varphi_n(\boldsymbol{r})}$ の固有値方程式を満たす．

$\hat{A}$ は物理量 a（オブザーバブル）の演算子，$\varphi_n(\boldsymbol{r})$ は $\hat{A}$ に対応する固有関数

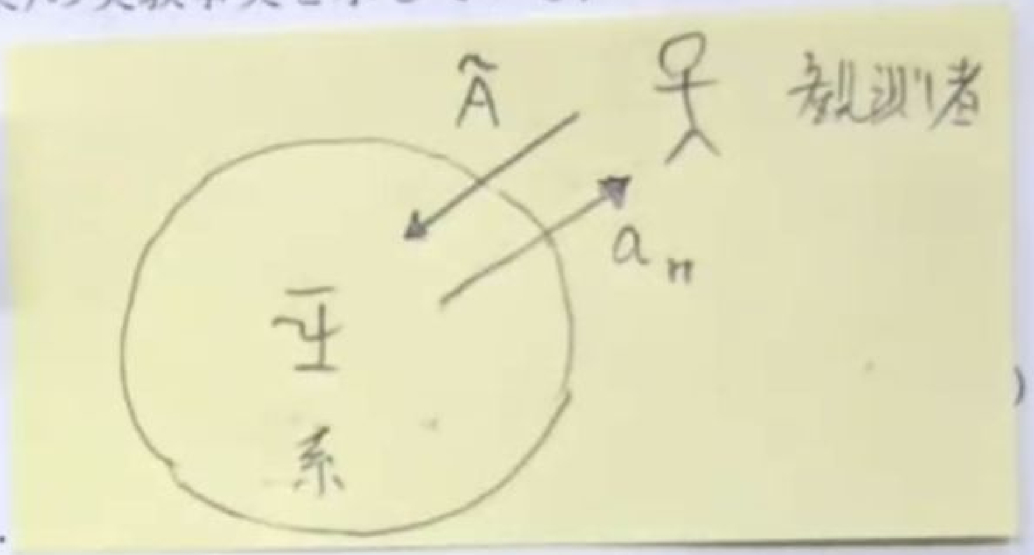
c_n は固有関数 $\varphi_n(\boldsymbol{r})$ の重ね合わせの重み

※　波動方程式にプランク定数hを用いて $p=\dfrac{h}{\lambda}$、$E=h\nu$ を導入して導かれる

ここで前者は物質波の、後者は光量子(光電効果)の実験事実を示している．

$\varphi_n(r)$

いろいろな固有状態が混合している



状態関数は固有関数の線型結合（重み付き総和）

$$\Psi(\boldsymbol{r})=\sum_n c_n\varphi_n(\boldsymbol{r})$$

ここで，$\varphi_n(\boldsymbol{r})$ は $\boxed{\hat{A}\varphi_n(\boldsymbol{r})=a_n\varphi_n(\boldsymbol{r})}$ の固有値方程式を満たす．

$\hat{A}$ は物理量 a（オブザーバブル）の演算子，$\varphi_n(\boldsymbol{r})$ は $\hat{A}$ に対応する固有関数

c_n は固有関数 $\varphi_n(\boldsymbol{r})$ の重ね合わせの重み

※　系の状態が変化してゆくことは，c_n が変化してゆくことである！！