中間試験のコメント

平均点は 83.2 点で良くできていました。60点以下は一人もいませんでした。
点数が知りたい人は、授業前後等に尋ねて下さい。
学校のアドレスからのメールでしたら、メールでも点数を答えます。syoshida@las.u-toyama.ac.jp
杉谷の居室まで来てくれたら、答案も見せます。居ないこともあるので、メールで予約した方がよいです。

Q: 中間と期末の点数の配分は何点ぐらいなんですか？
A: 第１回で言いましたが、中間30%、期末50%、レポート・出席20%です。レポートは「ブランコやってみました」とか、「摩擦係数測ってみました」とか、「〇〇が面白そうなので調べてみました」等、何でもよいです。後日、締め切り等も含めてちゃんと発表します。

Q:中間の再試はありますか？
A: ありません。期末試験も終わり、最終的な成績が不可（60点未満）の場合、特別試験があります。

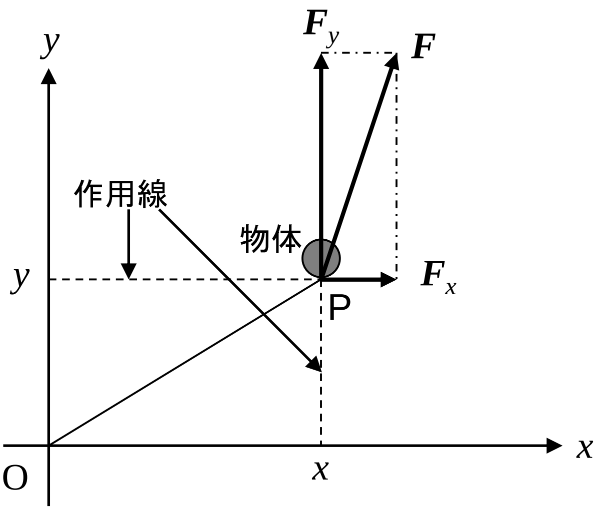
Q: r と $\boldsymbol{r}$ の意味の違いがよくわかりせん。
A: 前回は万有引力による位置エネルギーを $U(r)$ と書いたり、$U(\boldsymbol{r})$ と書いたりしました。万有引力による位置エネルギーは、2つの質点間の距離（スカラー） r のみで決まります。$U(r) = -G\dfrac{m_1 m_2}{r}$

一方、万有引力は距離 r が同じでも、向きは場所によって変わります。例えば、万有引力の x 軸成分は $F_x(\boldsymbol{r}) = F_x(x,y,z) = -\dfrac{\partial U(\boldsymbol{r})}{\partial x} = -\dfrac{\partial U(x,y,z)}{\partial x}$ となります。質問の答えとしては、この場合の r は質点間の距離で、$\boldsymbol{r}$ は、位置ベクトル $\boldsymbol{r} = (x,y,z)$ のことであり、別物といえます。力 $\boldsymbol{F}$ とその大きさ F のように同じものではありません。ただ、万有引力源の質点が原点にある場合は、$\boldsymbol{r}$ の大きさは r になります。

Q: 白い雲と黒い雲があるのはなぜですか？
A: 薄い（太陽光が散乱されつつもかなり透過できる）雲は、どこから見ても白いです。積乱雲（雷雲、入道雲）のような分厚い雲は、太陽光が当たっている側から見れば白いですが、太陽の当たっていない側（下から等）から見ると黒っぽい（暗い）です。

Q: セミの声の波と完全に逆の波を与えればセミの声は消えますか？
A: できます。ノイズキャンセリングイヤホンが売られています。例えば、レポートの題材として、どの程度の効果があるか調べても面白いかも。持ってる人は？

xy 平面に平行な力 $\boldsymbol{F}$ が xy 平面上の点P (x, y) に作用している場合 （成分で表現すると）



力 $\boldsymbol{F}$ は、$\boldsymbol{F}_x$ と $\boldsymbol{F}_y$ に分解できる。
分力 $\boldsymbol{F}_x$ の原点Oのまわりの力のモーメントは、

$$N = -yF_x$$

（時計まわり：－、作用線までの距離：y、力の大きさ：F_x）

分力 $\boldsymbol{F}_y$ の原点Oのまわりの力のモーメントは、

$$N = xF_y$$

（反時計まわり：＋、作用線までの距離：x、力の大きさ：F_y）

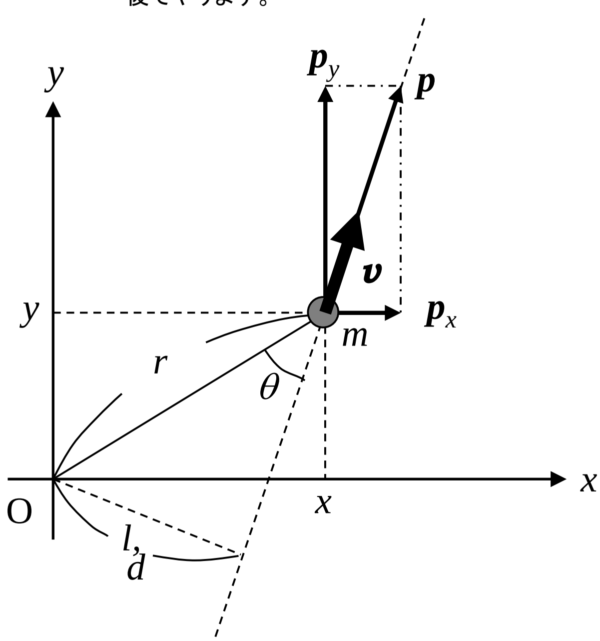
合計すると、力 $\boldsymbol{F}$ の原点Oのまわりの

力のモーメントは　$N = xF_y - yF_x$

点Pの位置ベクトル $\boldsymbol{r}$ と
点P におけるベクトル量 $\boldsymbol{A}$
との外積（ベクトル積）$\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{A}$ を、
点Oまわりの $\boldsymbol{A}$ のモーメントという
$\boldsymbol{A}$が力$\boldsymbol{F}$の場合：力のモーメント
$\boldsymbol{A}$が運動量$\boldsymbol{p}$の場合が運動量のモーメント
後でやります。

力のモーメントは力が作用する物体の形状に依存しない
支点を中心に回転する機構の有無も関係ない。
後で勉強する角運動量，回転運動の法則を勉強すると
スッキリします。

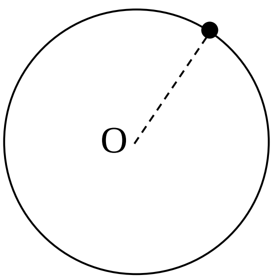
角運動量
（運動量のモーメント）



角運動量は、力のモーメントの力 $\boldsymbol{F}$ を
質点の運動量 $\boldsymbol{p}$ (= $m\boldsymbol{v}$) で置き換えたもの

点Oのまわりの力のモーメント	点Oのまわりの角運動量
$N = Fl$	$\boxed{L = pd = mvd}$
$N = Fr \sin\theta$	$L = pr \sin\theta = mvr \sin\theta$
$N = xF_y - yF_x$	$L = xp_y - yp_x$
	$L = m(xv_y - yv_x)$

問題：質量 m の物体が、点Oを中心とする半径 r の円周上を、角速度 ω で
等速円運動している場合、この物体の点Oのまわりの角運動量 L はいくらか？



回転運動の法則 (p78)

$L = m(x\upsilon_y - y\upsilon_x)$ の両辺を t で微分すると、

$$\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t} = m\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(x\upsilon_y - y\upsilon_x) = m(\upsilon_x\upsilon_y + xa_y - \upsilon_y\upsilon_x - ya_x)$$

$$= m(xa_y - ya_x) = x(ma_y) - y(ma_x) = xF_y - yF_x = N$$

（2頁の式参照）

$$\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t} = N$$ （ $\boxed{}$ ）

質点の角運動量の時間変化率は、その物体に働く力のモーメントに等しい

対応させて理解する

運動の法則: $\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{p}}{\mathrm{d}t} = \boldsymbol{F}$ に対応　（p39, 3.14式参照）

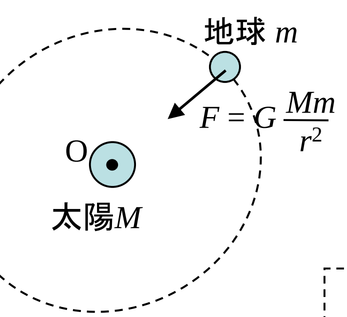
質点の運動量の時間変化率は、その物体に働く力に等しい

対応関係

回転運動	直線運動
$\boldsymbol{L}$	$\boldsymbol{p}$
$\boldsymbol{N}$	$\boldsymbol{F}$

中心力

ある物体に作用する力の作用線がつねに一定の点Oを通り、
その強さが点Oと物体の距離 r だけで決まる場合、この力を $\boxed{}$ といい、点Oを力の中心という



例: 惑星に作用する万有引力（太陽が惑星より十分に重い場合）

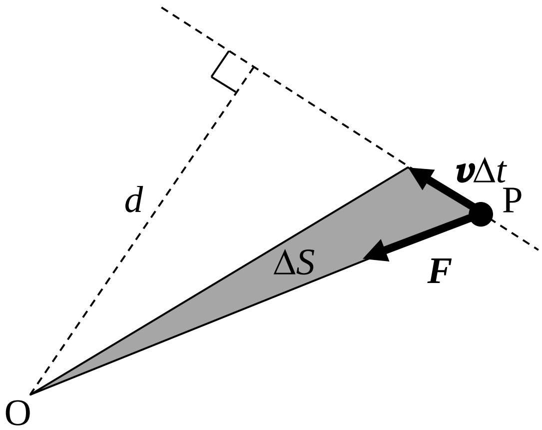
角運動量保存則 (p79)

物体が中心力だけの作用を受けて運動する場合には、
力の中心のまわりの角運動量は一定である。

[証明] ある物体が点Oを中心とする中心力だけの作用を受けて運動する場合は、
点Oのまわりの力のモーメントN は 0、なぜなら、$N = Fl$ で $l = 0$ （作用線が点Oを通る）

$$\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t} = N = 0$$ なので $L =$ 一定

面積速度



点Oと物体を結ぶ線分が単位時間に通過する面積を
この物体の点Oに対する $\boxed{}$ という。

問題：左上の図のように、点Pにある質量 m の質点が，速度 $\boldsymbol{v}$ で運動している。
この質点の点Oに対する角運動量 L と面積速度はいくらか？
また、角運動量 L と面積速度の関係式を書け。図にある記号を用いてもよい。

面積速度 =

角運動量 L =

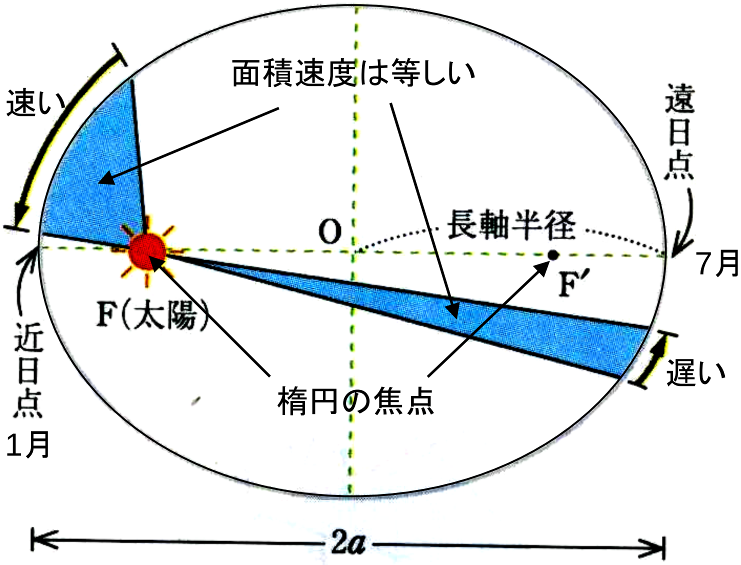
面積速度一定の法則

上の解答より、面積速度は角運動量に比例
↓
角運動量が保存するなら、面積速度も保存する

中心力の作用だけを受けて運動する物体の
力の中心に対する面積速度は一定である。

角運動量が保存するので
面積速度も保存する（一定）

惑星，衛星の運動とケプラーの法則 p81



ケプラーの法則

第1法則 惑星の軌道は太陽を1つの焦点とする楕円である。楕円とは2つの焦点からの距離の和が一定な点の集まりである。

第2法則 太陽と惑星を結ぶ線分が一定時間に通過する面積は等しい。（面積速度一定の法則）

第3法則 惑星が太陽を1周する時間（周期）T の2乗と軌道の長軸半径 a の3乗の比は、すべての惑星について同じ値をもつ。

$$\frac{a^3}{T^2} = 一定$$

太陽の輻射：近日点と遠日点で約6.9%（距離で3.4%）の違い：南半球の夏・冬厳しい？

豆知識　楕円の書き方：実演参照

楕円：2つの点（焦点）からの距離の和が一定な点の集合

円は二つ焦点が一致している場合
円は楕円の一種（仲間）

ケプラーの第1法則：証明省略（難しいので）ニュートンが最初に証明した。

ケプラーの第2法則：惑星に作用する万有引力は、太陽を力の中心とする中心力なので
角運動量保存則，面積速度一定の法則が成り立つ

ケプラーの第3法則（円軌道の場合、楕円軌道の長軸半径 a = 円軌道の半径 r）： $\frac{r^3}{T^2} = 一定$

問題：円軌道の場合の第3法則を証明せよ。

ヒント：r と $T(f,\omega)$ を含む式（関係式）を利用。

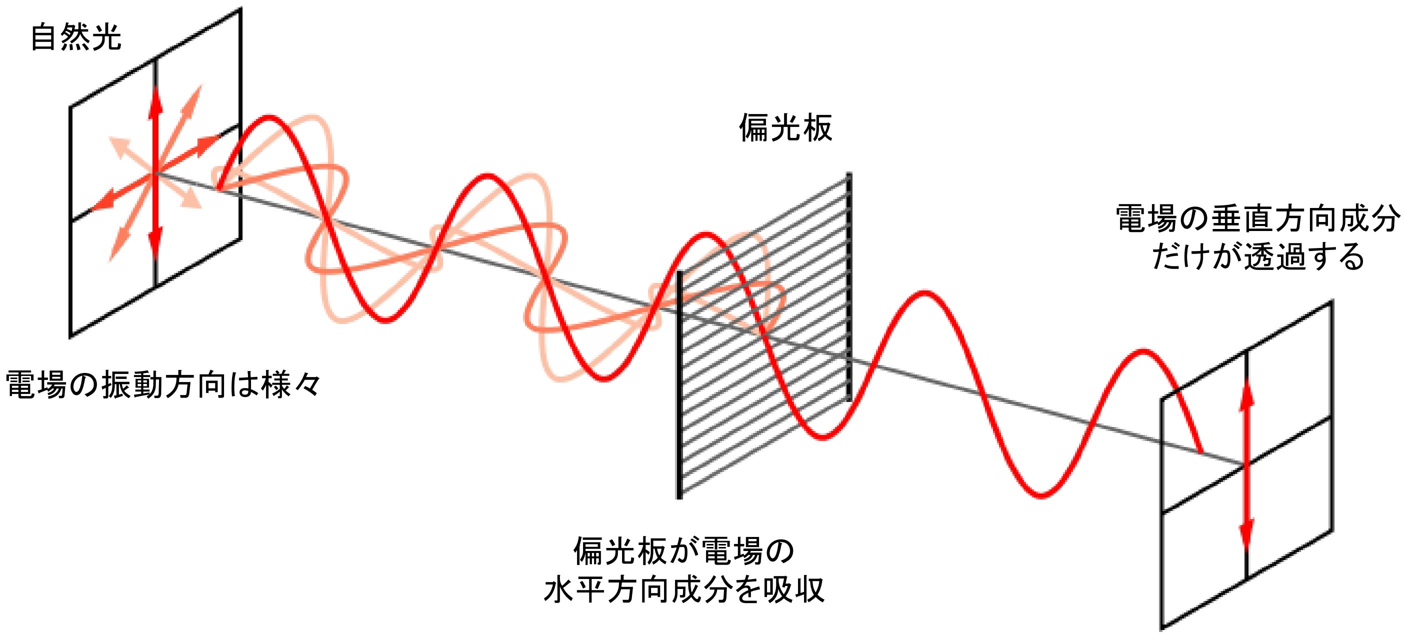
$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T}$$

惑星が太陽を1周する時間（周期）T の2乗と軌道の半径 r の3乗の比は一定
（すべての惑星について同じ値である）

ケプラーの第3法則（楕円軌道の場合）：証明省略（難しいので）

偏光板で遊ぼう①

光（電磁波）は、電場と磁場の波です。（電場や磁場は後期の物理学IIで勉強します。）



① 偏光板を液晶（ノートパソコンやスマホのディスプレー）通して見てみよう。
そして偏光板を回転させてみよう。

② 二枚の偏光板を重ねて一方を回転させてみよう。

③ プロジェクターの光に偏光板をかざし、スクリーンにできた影を見てみよう。
そして偏光板を回転させてみよう。

④ 床・机・ガラス・水面等での反射光を偏光板を通してみてみよう。そして偏光板を回転させてみよう。

⑤ 2枚の偏光板を重ね光が透過しない状態にした後
その間に別の偏光板を差し込んでみよう。そして差し込んだ偏光板を回転させてみよう。

⑥ パソコンの画面の上に透明のプラスチック等の板を載せ、偏光板を通して見てみよう。
そして偏光板を回転させてみよう。

今回は遊ぶだけ。解説や応用は次回以降に。