

[第 8 回目] 剛体の運動方程式

今日の授業の目標 **変形しない物体 (理想化) 剛体**

重心のまわりの回転運動

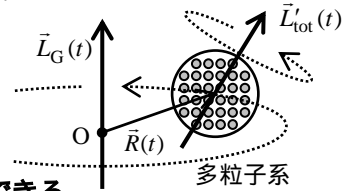
$$\text{物体の全角運動量 } \vec{L}_{\text{tot}} = \text{公転の角運動量 } \vec{L}_G + \text{自転の角運動量 } \vec{L}'_{\text{tot}}$$

剛体の運動方程式 剛体の運動 = 重心の運動 + 重心のまわりの回転運動

$$M \frac{d^2 \vec{R}(t)}{dt^2} = \vec{F}_{\text{tot}}(t) \quad \text{: 重心の運動方程式} \quad \text{公転} \quad \frac{d\vec{L}_G(t)}{dt} = \vec{N}_G(t)$$

$$\frac{d\vec{L}'_{\text{tot}}(t)}{dt} = \vec{N}'_{\text{tot}}(t) \quad \text{: 重心のまわりの回転の運動方程式}$$

(自転)
 $\left[\vec{L}'_{\text{tot}}, \vec{N}'_{\text{tot}} \text{ は重心から見たもの} \right]$



学習到達目標 (5) 回転の運動方程式と慣性モーメントの意味を理解できる。

次回予定 [第 9 回目] 剛体のつりあい (教科書 149 ~ 151 ページまで)

レポート問題 第 8 回目 (右側の半分の解答用紙を切り取って提出下さい)

数値で計算する問題は、答えにも必ず単位をつける！指示がない限り MKS 単位系で答えること！

問 1 鉄原子では、1 個の原子核のまわりを 26 個の電子が回転運動している。各電子に原子核から働く引力は外力と考える。電子どうしには電気的な反発力が働いている。鉄原子が、まわりに何も無い場所で静止しているとする。

原子核 (原点 O) のまわりを運動する 26 個の電子の全角運動量 $\vec{L}_{\text{tot}}(t)$ は保存するかしらないか。その理由も答えよ。

1 個の電子について、原子核 (原点 O) のまわりの角運動量 $\vec{l}_i(t)$ は保存するかしらないか。その理由も答えよ。

問 2 教科書 131 ページの演習問題を答えよ。(f) ~ (g) は、2 つの回転円盤の角運動量 \vec{l}_{d1} と \vec{l}_{d2} の大きさは等しいが向きは異なるので注意せよ。

A... 問 3 図 1 に示す 1 個の粒子の円運動について、O 点のまわりでの角運動量 \vec{l} の大きさと向きを求めよ。

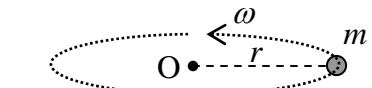


図 1

B... 図 2 に示す、長さ 2r の軽い棒でつないだ 2 個の粒子 (バトン) の回転運動について、重心 G のまわりでの角運動量 \vec{L}'_{tot} の大きさと向きを求めよ。

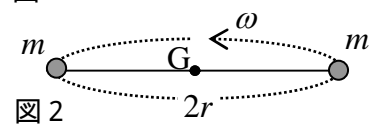
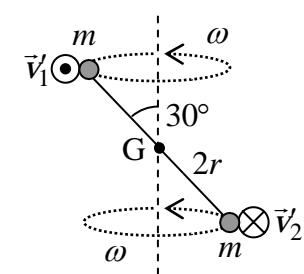


図 2

C... 図 3 に示す、長さ 2r の軽い棒でつないだ 2 個の粒子 (バトン) の回転運動について、重心 G のまわりでの角運動量 \vec{L}'_{tot} の大きさと向き (図 3 の瞬間) を求めよ。



(ヒント : $\vec{l}' = m\vec{r}' \times \vec{v}$ の基本にもどって考える。)

問 4 質量 4m の粒子 A と質量 m の粒子 B を、長さ 5a の軽い棒でつないだバトンがある。

A... 重心 G の位置を、粒子 A からの距離で表せ。

A... 自転軸 (z 軸) のまわりの角運動量 $L'_z(t)$ は、慣性モーメント I' と角速度 $\omega(t)$ を用いてどう表されるか。

B... 重心 G を通ってバトンに垂直な軸のまわりで回転させるときの慣性モーメント I' を求めよ。

解答用紙 (曜 限) 学籍番号 _____ 氏名 _____

数値で計算する問題は, 答えにも必ず単位をつける! 指示がない限り MKS 単位系で答えること!

問1 電子どうしに働く反発力は _____ なので, 全角運動量を時間変化させない。

原子核から各電子に働く引力のモーメントは $\vec{r}_i(t) \times \vec{f}_i^{(ex)}(t) = \boxed{\quad}$ 。したがって,

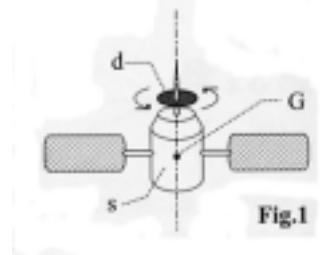
$\vec{N}_{tot} = \boxed{\quad}$ であるので, 全角運動量 $\vec{L}_{tot}(t)$ は _____。

1 個の電子の回転の運動方程式を考えたとき, 他の電子から働く反発力のモーメントの和は, ゼロである・ゼロにならない ので, 1 個の電子についての角運動量 $\vec{l}_i(t)$ は _____。

問2 (a) $\vec{N}_{tot} = \boxed{\quad}$ [_____] (c)(d-2)

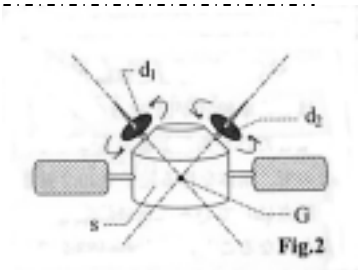
(b) _____ (e-1)(e-2)

(d-1) $\vec{l}_S + \vec{l}_d = \boxed{\quad}$ [_____]

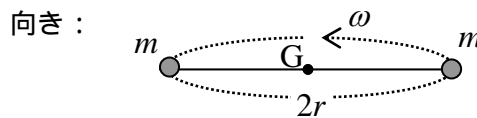


(f) _____ (g)(h-2)

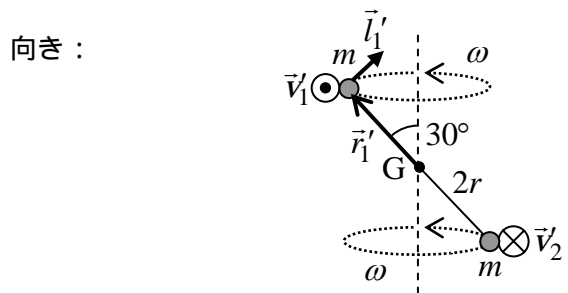
(h-1) $\vec{l}_S + \vec{l}_{d1} + \vec{l}_{d2} = \boxed{\quad}$ [_____] (e-1)(e-2)



問3 $l =$ _____



$L'_{tot} =$ _____



$L'_{tot} =$ _____

問4 粒子 A の位置を原点とし, 粒子 B に向かって x 軸をとれば,

$X =$ _____

$I' =$ _____ [_____]

このレポートをやるのに _____ 時間 _____ 分,

それ以外に力学 の予習復習を _____ 時間 _____ 分した。