В школе вы познакомились с делением физических величин на скалярные и векторные. А что же такое тензор? (Первым тензором, с которым вы познакомились, является тензор инерции).
В некотором роде тензор можно считать следующим этапом эволюции после вектора. Вообще, понятие «тензор» максимально общее (поэтому гуглить «тензор» и смотреть определение бесполезно), строго говоря, тензором является и любая скалярная величина, и любой вектор. Поэтому сразу условимся: среди множества тензоров (напоминаю, что это очень ОБЩЕЕ понятие) мы выделим тензоры второго ранга и будем им называть двензорами (исключительно мой термин, который не знает никто более). В частности, тензор энергии является именно двензором – т.е. тензором второго ранга.

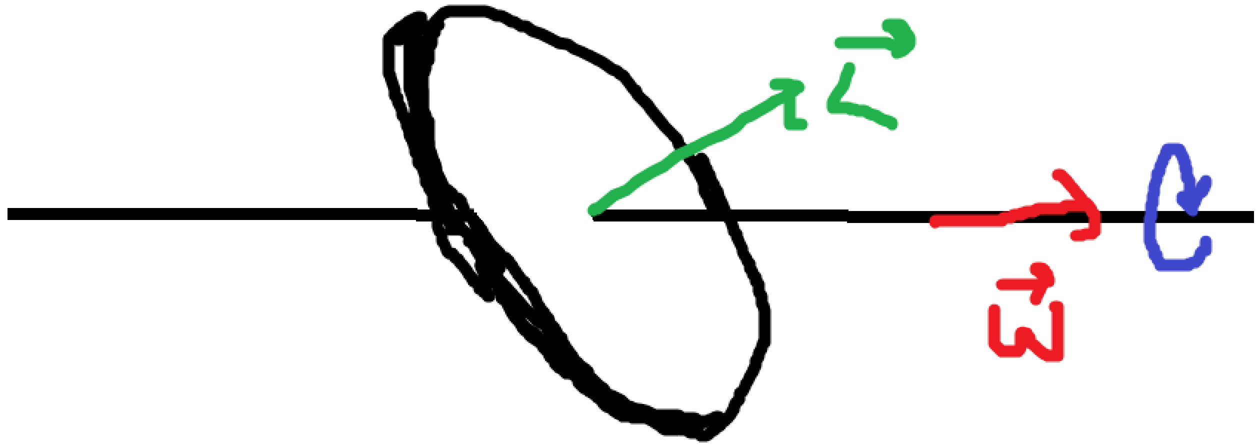
Итак – скаляр – это число.
Вектор – это «стрелочка», или, в проекциях, три числа: A_x, A_y, A_z.
Двензор – это «матрица», т.е. 9 чисел. Например,

$$\begin{matrix} J_{xx} & J_{xy} & J_{xz} \\ J_{yx} & J_{yy} & J_{yz} \\ J_{zx} & J_{zy} & J_{zz} \end{matrix}$$

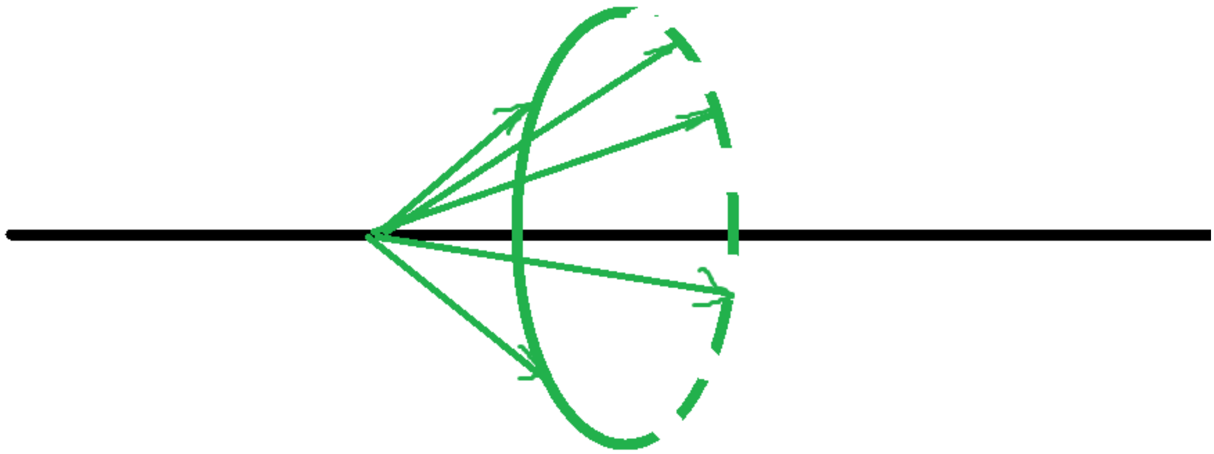
Помните, что я сказал, что двензор – это тензор второго ранга? Скаляр – тензор нулевого ранга, а вектор – тензор первого ранга. Думаю, вы поняли, что ранг – «размерность» многомерного массива.

А есть ли какой-то физический смысл у этой матрицы?

Мы привыкли, что момент импульса **L** направлен туда же, куда и угловая скорость **ω**. В большинстве это так, и их можно связать коэфом пропорциональности – скалярным моментом инерции J:
L= J * **ω**
Однако это не всегда так. Приведу хороший пример из фейнмановского курса: массивное колесо с равномерно распределённой массой, насаженное криво на ось, которая и вращается:



Угловая скорость всегда будет направлена вдоль оси, момент импульса же будет всегда под углом к ней, вращаясь:



вектор момента импульса L в разные моменты времени

Упс - **L** и **ω** не коллинеарны, следовательно, **L**= J * **ω** уже не работает. Что же делать? Как связать **L** и **ω**?

Давайте вернёмся к **L**= J * **ω** и запишем всё в проекциях:

$L_x = J * \omega_x$

$L_y = J * \omega_y$

$L_z = J * \omega_z$

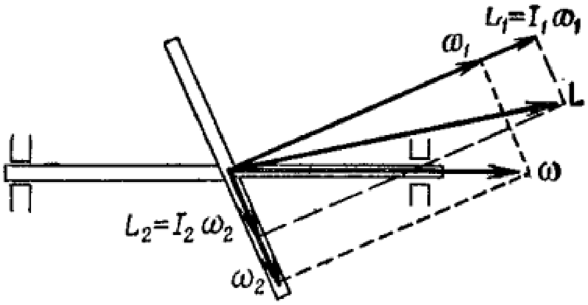
Во всех трёх одинаковая J? Нет, момент инерции вдоль каждой из трёх осей разный:

$L_x = J_{xx} * \omega_x$

$L_y = J_{yy} * \omega_y$

$L_z = J_{zz} * \omega_z$

Это нас и спасает: теперь **L** и **ω** неколлинеарны:



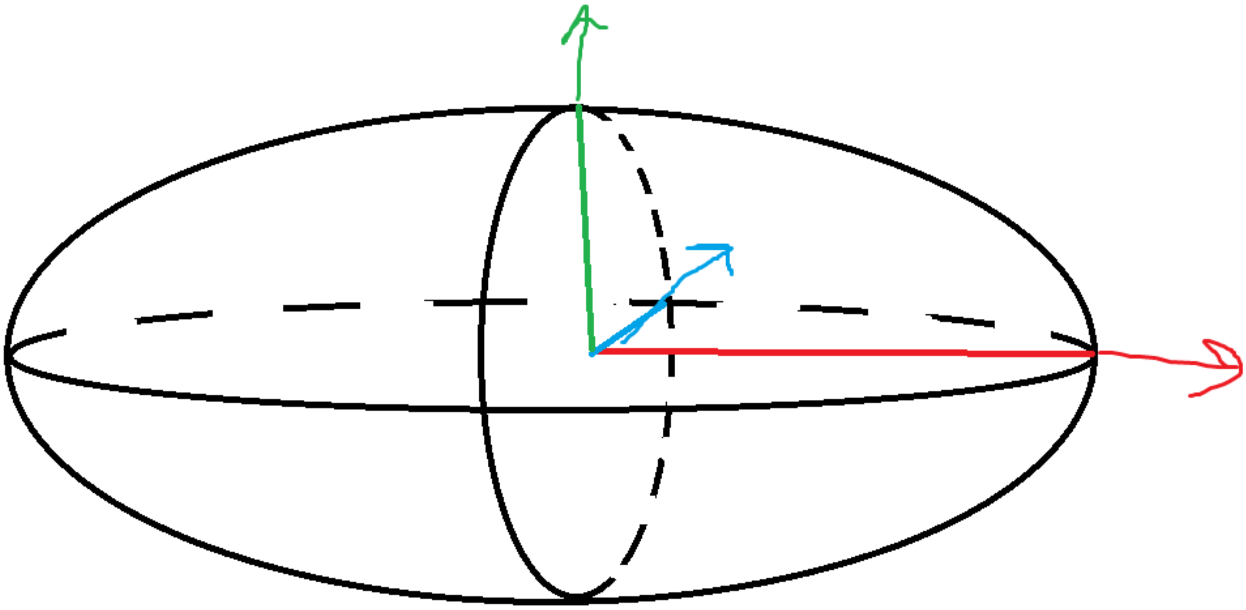
Фиг. 20.6. Момент количества движения вращающегося тела не обязательно параллелен угловой скорости.

А откуда тогда в этой поганой матрице

$$\begin{matrix} J_{xx} & J_{xy} & J_{xz} \\ J_{yx} & J_{yy} & J_{yz} \\ J_{zx} & J_{zy} & J_{zz} \end{matrix}$$

берутся J_{xy}, J_{xz}, J_{yz}?

Дело в том, какие оси вы возьмёте. Если вы возьмёте оси, являющиеся центром симметрии и проходящие через центр масс



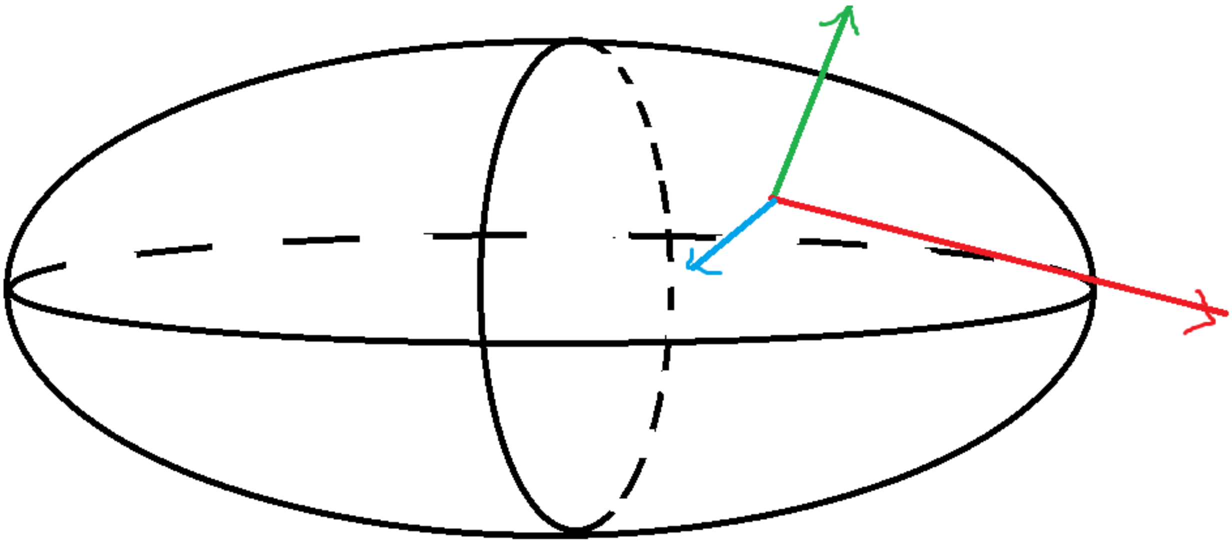
То да, всё, как у нас было:

$L_x = J_{xx} * \omega_x$

$L_y = J_{yy} * \omega_y$

$L_z = J_{zz} * \omega_z$

А вот если вы возьмёте оси абы какие:



Как вы видите, на этот раз и начало СК где-то там, и оси кривые. Тут и вылезает франкенштейн – двензор инерции:

$$L_x = J_{xx}\omega_x + J_{xy}\omega_y + J_{xz}\omega_z$$

$$L_y = J_{yx}\omega_x + J_{yy}\omega_y + J_{yz}\omega_z$$

$$L_z = J_{zx}\omega_x + J_{zy}\omega_y + J_{zz}\omega_z$$

Вот эти вот 6 чисел и образуют двензор инерции:

$$\begin{pmatrix} J_{xx} & J_{xy} & J_{xz} \\ J_{yx} & J_{yy} & J_{yz} \\ J_{zx} & J_{zy} & J_{zz} \end{pmatrix}$$

Т.е. двензор инерции в своём полном виде вылезает только в том случае, если вы выберете плохую СК!!! Именно поэтому он у вас на семинарах и не вылезает – потому что там, вы конечно, берёте «хорошие» оси. А на лекциях его вам пихают.

Причём даже если объект «кривой» (то же криво насаженное колесо), то правильным выбором СК (кстати, эти «хорошие оси» называются главными), то, пусть даже **L** и **ω** неколлинеарны, то нам достаточно будет трёх моментов инерции вдоль главных осей: $L_x = J_{xx} * \omega_x$, $L_y = J_{yy} * \omega_y$, $L_z = J_{zz} * \omega_z$