

مبانی مکانیک نیوتنی

مکانیک علمی دقیق است

$$F = ma$$

دقیق بودن

$$x = x(t)$$

$$v = v(t)$$

سازگاری با نتایج تجربی

مقصود از دقیق بودن بیان قوانین مکانیک به صورت معادلات کمی ریاضی ای است که قادر به پیشگویی و بازتولید نتایج تجربی باشند.

در معادلات

$$F = ma$$

دقت

در کمیت‌های مورد استفاده در معادلات

$$F, m, a$$

غیر مستقیم با معادلات

روش تعیین دقیق کمیتها

روش مستقیم مناسبتر است

مستقیم به طور تجربی

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

m

محک
دقت و
صدق

تجربه

زیرا مستقل است و به کمیت‌های دیگر وابسته نیست و لذا نیاز به رجوع مداوم و خسته کننده به کمیت‌های پایه را از بین می برد.

اما در عمل بین نتایج تجربی و نظری اختلاف و جود دارد

تلاش پژوهشگران برای رفع اختلاف

تولد نظریات جدیدتر و کاملتر فیزیکی

نسبیت و کوانتوم

چرا با وجود نظریات پیشرفته مکانیک کوانتومی و نسبیت که قوانین مکانیک کلاسیک را در بر دارند، هنوز باید مکانیک کلاسیک بخوانیم؟!

(3) صورتهای دیگری از مکانیک کلاسیک (لاگرانژی و هامیلتونی) پایه ی اصلی و مدخل ورود به مکانیک کوانتومی را تشکیل می دهند

(2) مکانیک کلاسیک مانند محکی برای اثبات درستی نظریات مدرن مکانیک کوانتومی و نسبیت است

(1) مکانیک کلاسیک هنوز هم در بسیاری از مسایل روزمره و علوم مهندسی و کلیدی به نتایج دقیق منجر می شود.

lim نسبیت خاص

c $\rightarrow$ ∞

lim مکانیک کوانتومی

$\hbar$ $\rightarrow$ 0

مکانیک کلاسیک

مکانیک کلاسیک

$$F = ma$$

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

$$\begin{cases} -\frac{\partial H}{\partial q_j} = \frac{dp_j}{dt} \\ +\frac{\partial H}{\partial p_j} = \frac{dq_j}{dt} \end{cases}$$

نیوتنی

لاگرانژی

هامیلتونی

زبانهای بیان
مکانیک کلاسیک

چرا با وجود زبان نیوتنی به
زبانهای لاگرانژی و هامیلتونی
نیاز داریم؟

(2) روشهای
هامیلتونی و
لاگرانژی مدخل
ورود به مکانیک
کوانتومی هستند

(1) حل برخی مسائل
به روش نیوتن بسیار
سخت اما با دو
روش دیگر بسیار
ساده تر است

جزئیات معادلات لاگرانژ و هامیلتون موضوع بحث مکانیک کلاسیک 2
می باشد و در اینجا فقط به مکانیک نیوتونی می پردازیم

مکانیک نیوتنی (1) سینماتیک (2) دینامیک (3) استاتیک

(1) سینماتیک یعنی بررسی و تشریح حرکات ممکن اجسام مادی بدون توجه به عامل پدید آورنده آنها

$$x = x(t)$$

$$v = v(t)$$

(2) دینامیک یعنی بررسی و تشریح حرکات ممکن اجسام مادی با توجه به عامل پدید آورنده آنها (نیروهای وارده)

$$F = ma$$



$$x = x(t)$$

$$v = v(t)$$

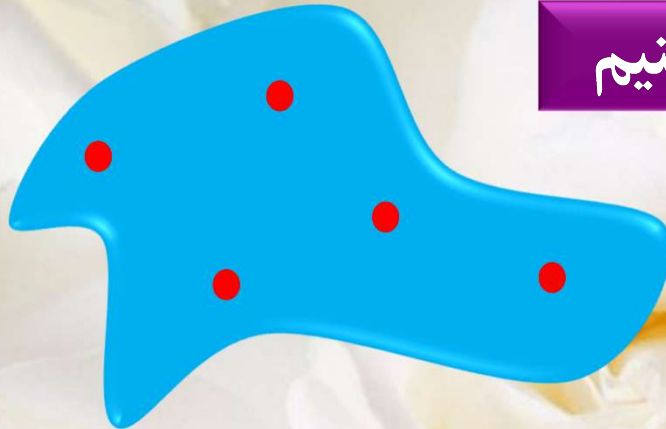
$$\sum_i f_i = 0$$

(3) استاتیک یعنی بررسی نیروهای وارد بر اجسام در حال سکون

سینماتیک

هدف علم مکانیک: تشریح حرکت اجسام (مجموعه ای از ذرات)

پس از تشریح حرکت یک ذره شروع می کنیم



تعریف ذره:

ذره چیزی است که ابعاد ساختمانی آن در مساله ما قابل اغماض باشد



≡

تشریح حرکت ذره در مکانیک

$$x = x(t)$$

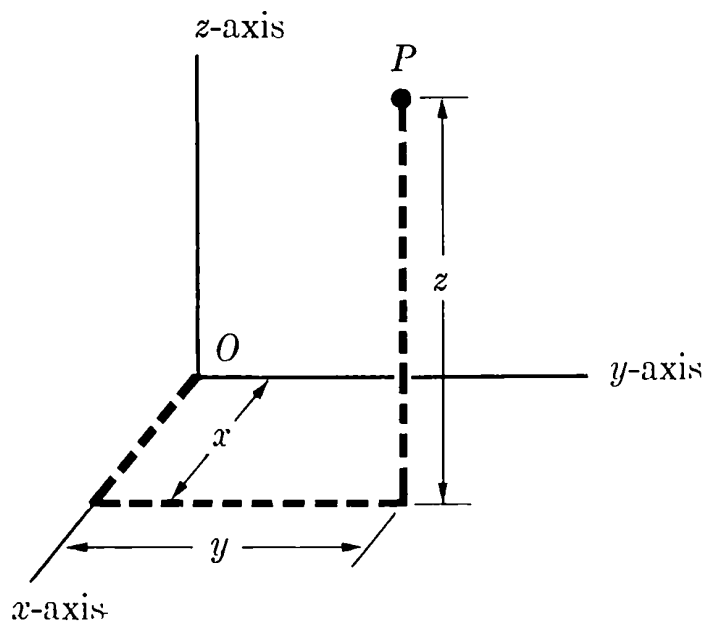
$$\dot{x} = \dot{x}(t)$$

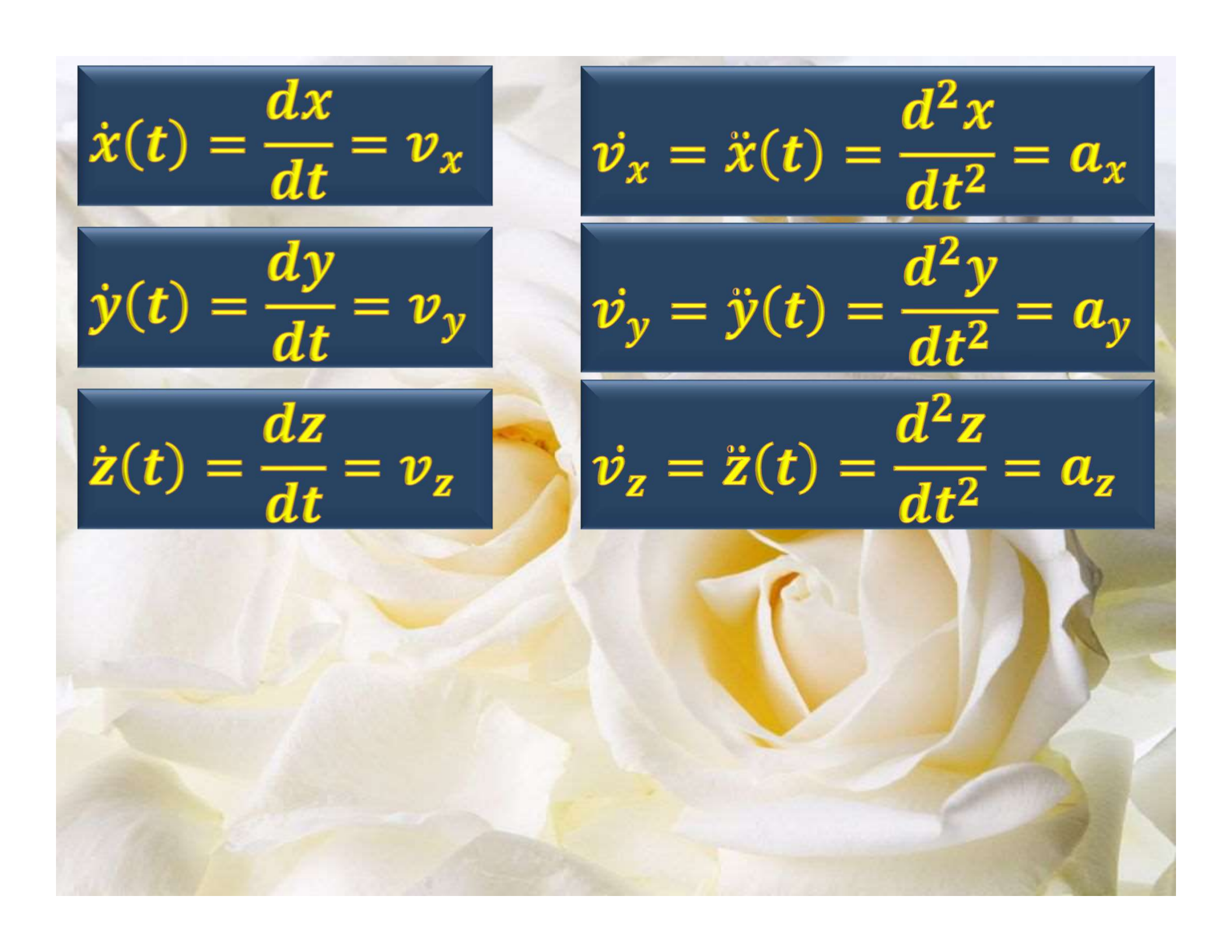
$$y = y(t)$$

$$\dot{y} = \dot{y}(t)$$

$$z = z(t)$$

$$\dot{z} = \dot{z}(t)$$




$$\dot{x}(t) = \frac{dx}{dt} = v_x$$

$$v_x = \dot{\dot{x}}(t) = \frac{d^2x}{dt^2} = a_x$$

$$\dot{y}(t) = \frac{dy}{dt} = v_y$$

$$v_y = \dot{\dot{y}}(t) = \frac{d^2y}{dt^2} = a_y$$

$$\dot{z}(t) = \frac{dz}{dt} = v_z$$

$$v_z = \dot{\dot{z}}(t) = \frac{d^2z}{dt^2} = a_z$$

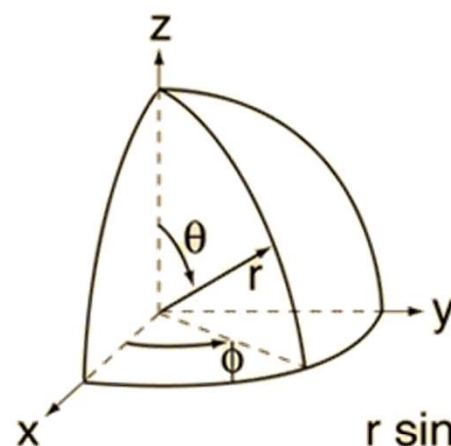
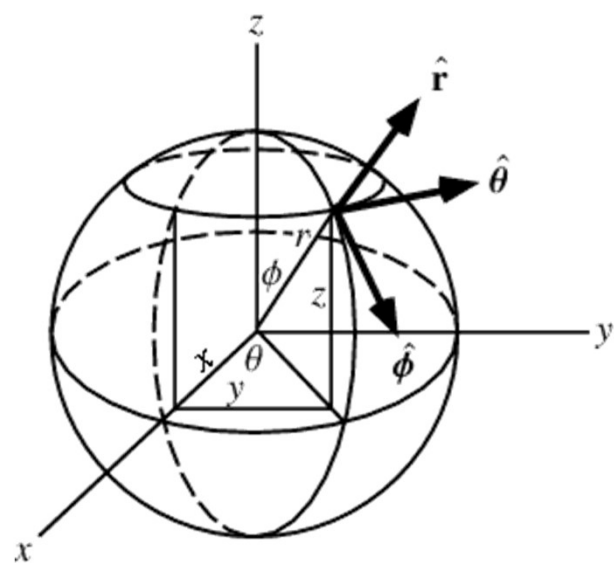
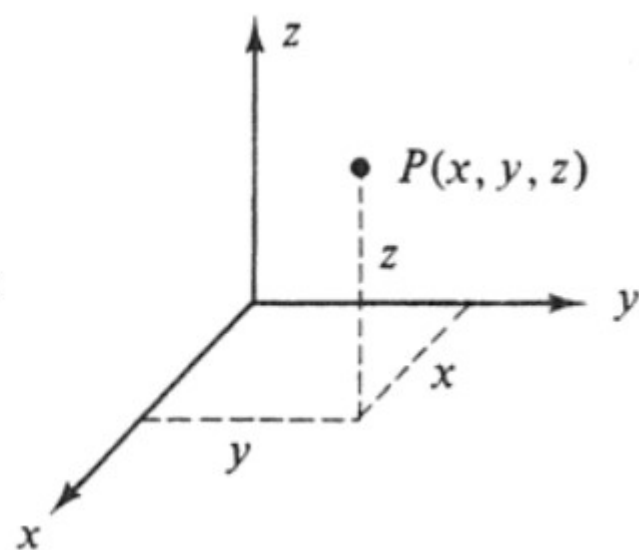
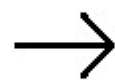
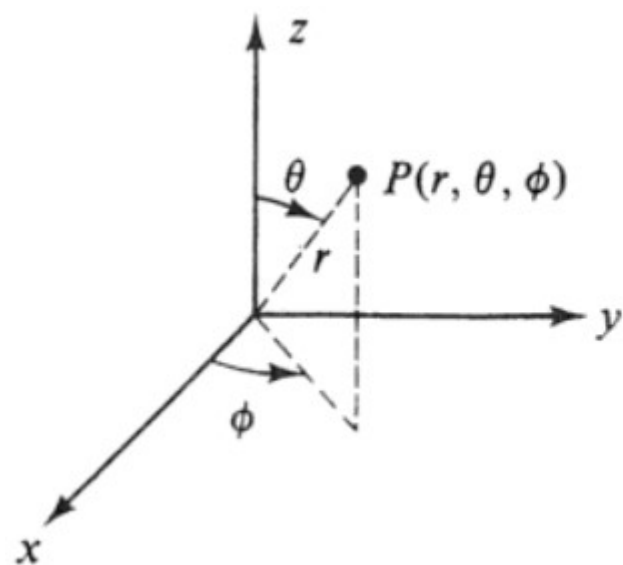
برای مشخص کردن مکان یک ذره گاهی دستگاه های غیر کارتزی مناسب تر است

انتخاب دستگاه مناسب به تقارن دستگاه بستگی دارد:

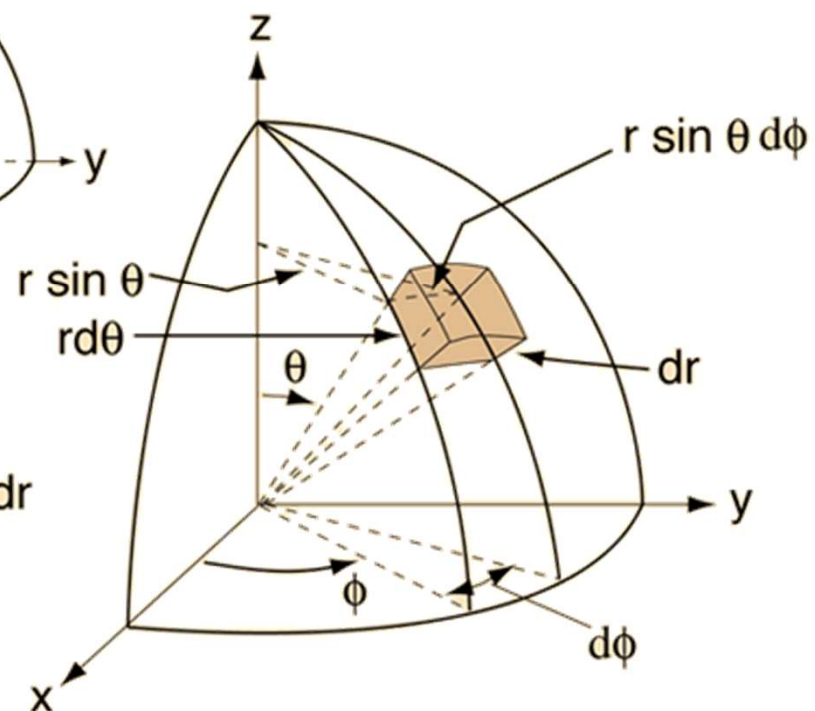


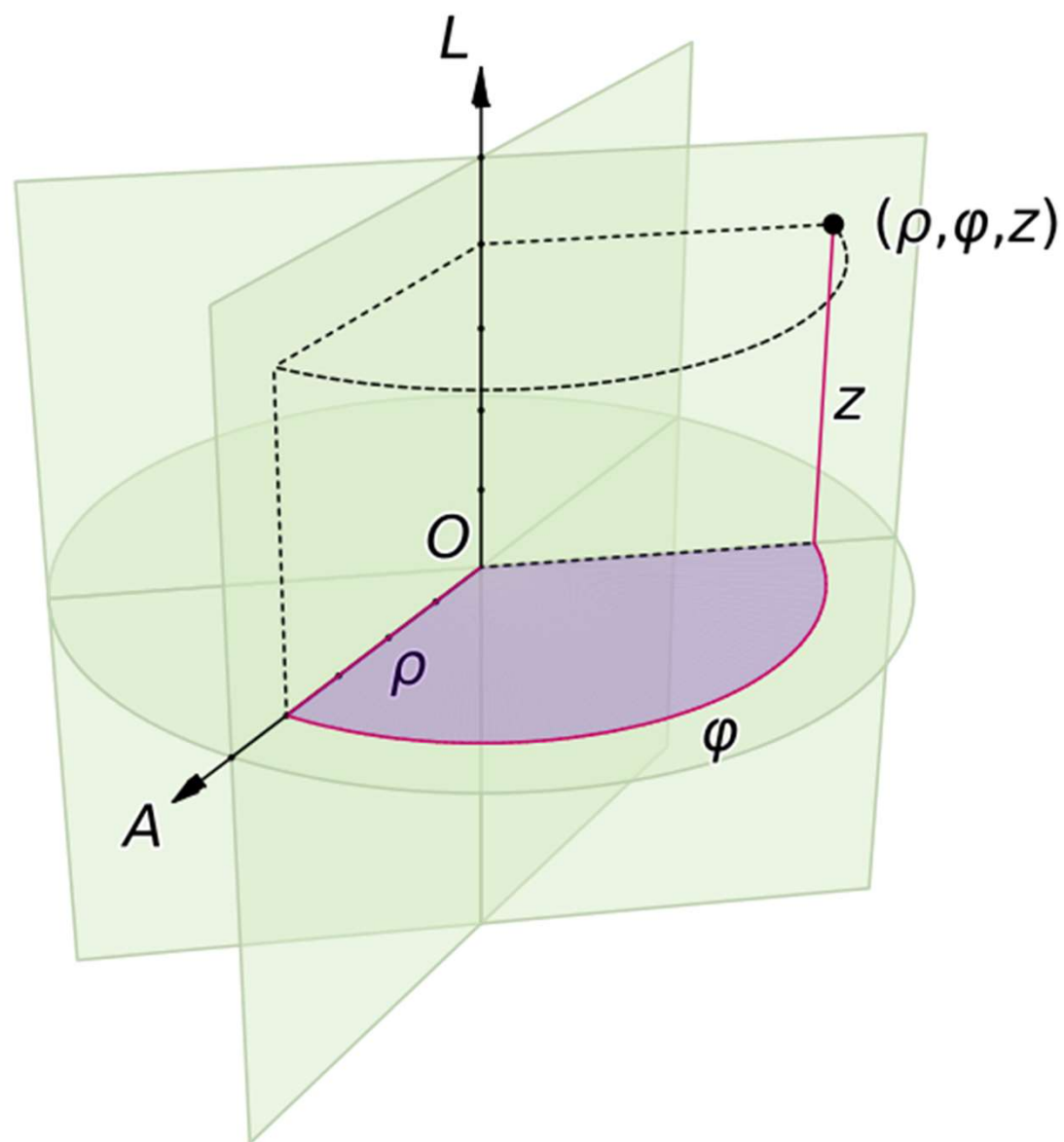
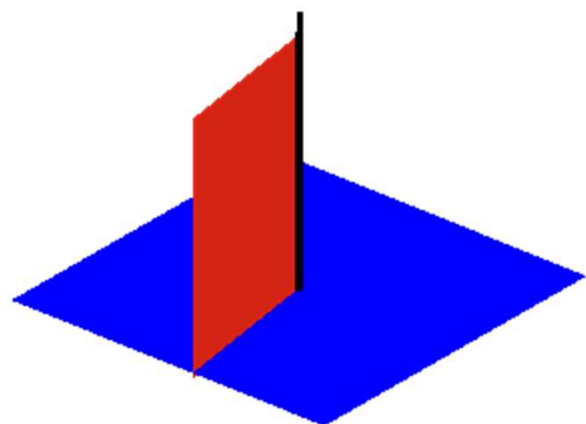
مولفه های سرعت و شتاب ذره به نوع دستگاه مختصات بستگی دارند

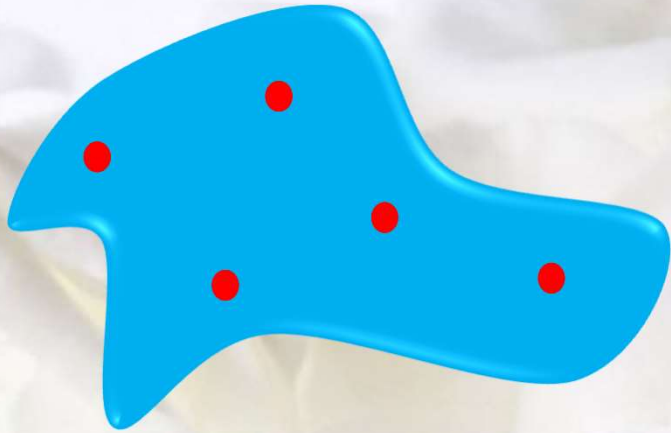
مثلا در فصل 3 ضمن معرفی دستگاه های استوانه ای و کروی نشان خواهیم داد که نیروهای جانب مرکز و کوریولیس ناشی از تبدیل دستگاه کارتزی به کروی است.



Volume element
 $dV = r^2 \sin \theta \, d\theta \, d\phi \, dr$

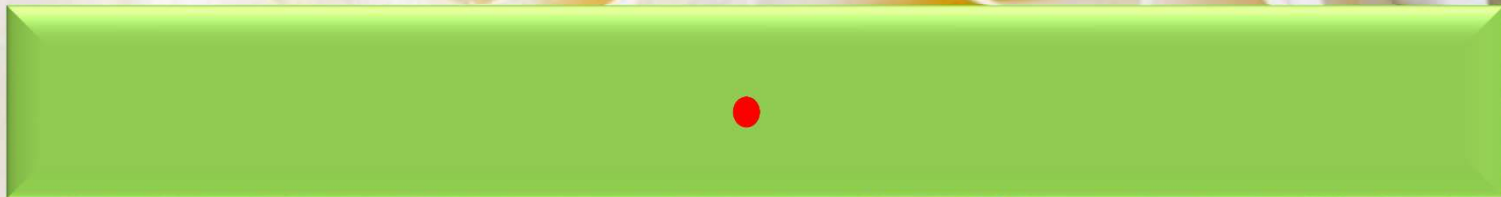




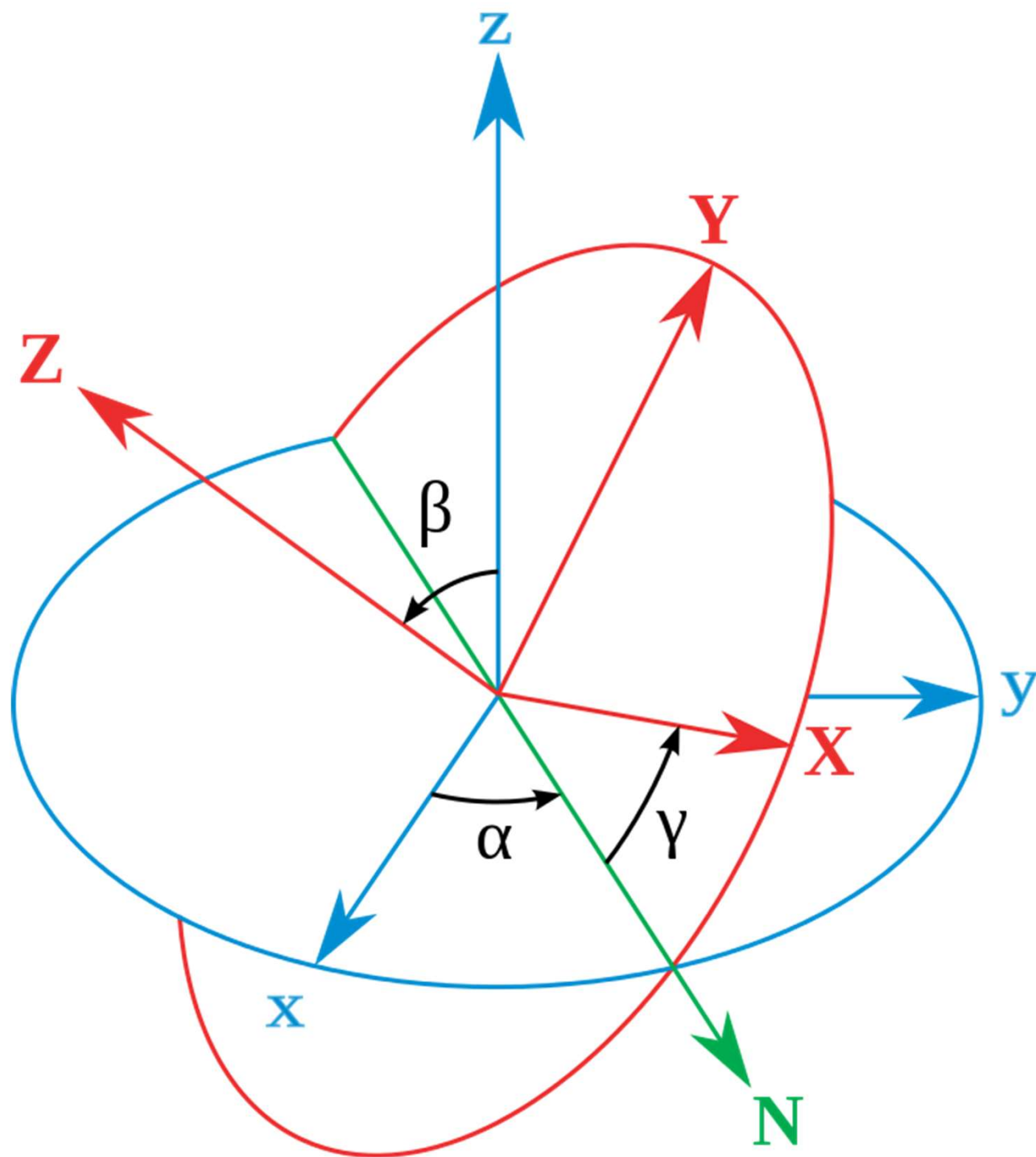


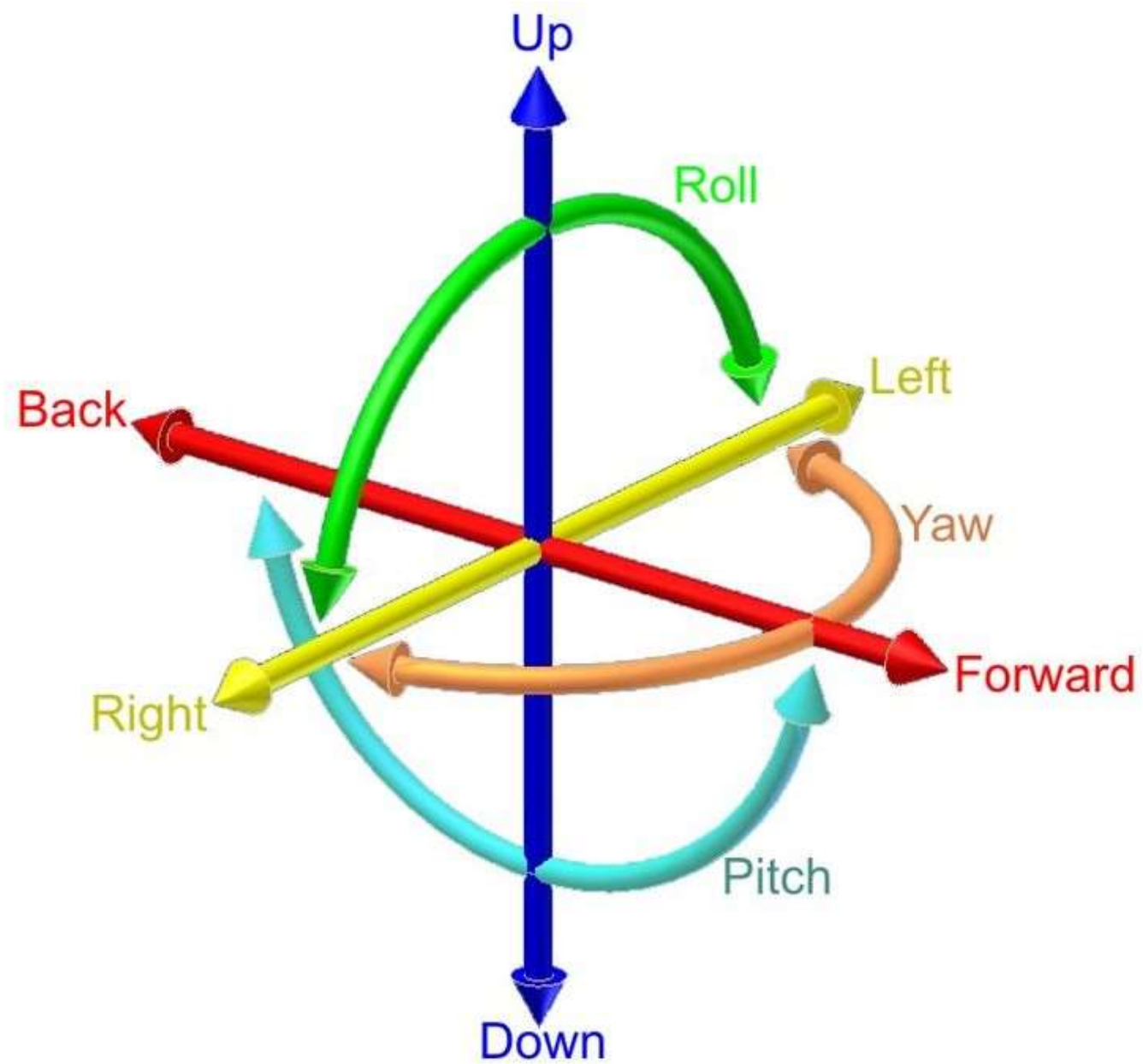
در حالت کلی برای یک جسم دلخواه (نه لزوماً صلب) برای تشریح حرکت اجسام مختلف مکانهای ذرات تشکیل دهنده جسم را در یک دستگاه مختصات مناسب تعیین می‌کنیم

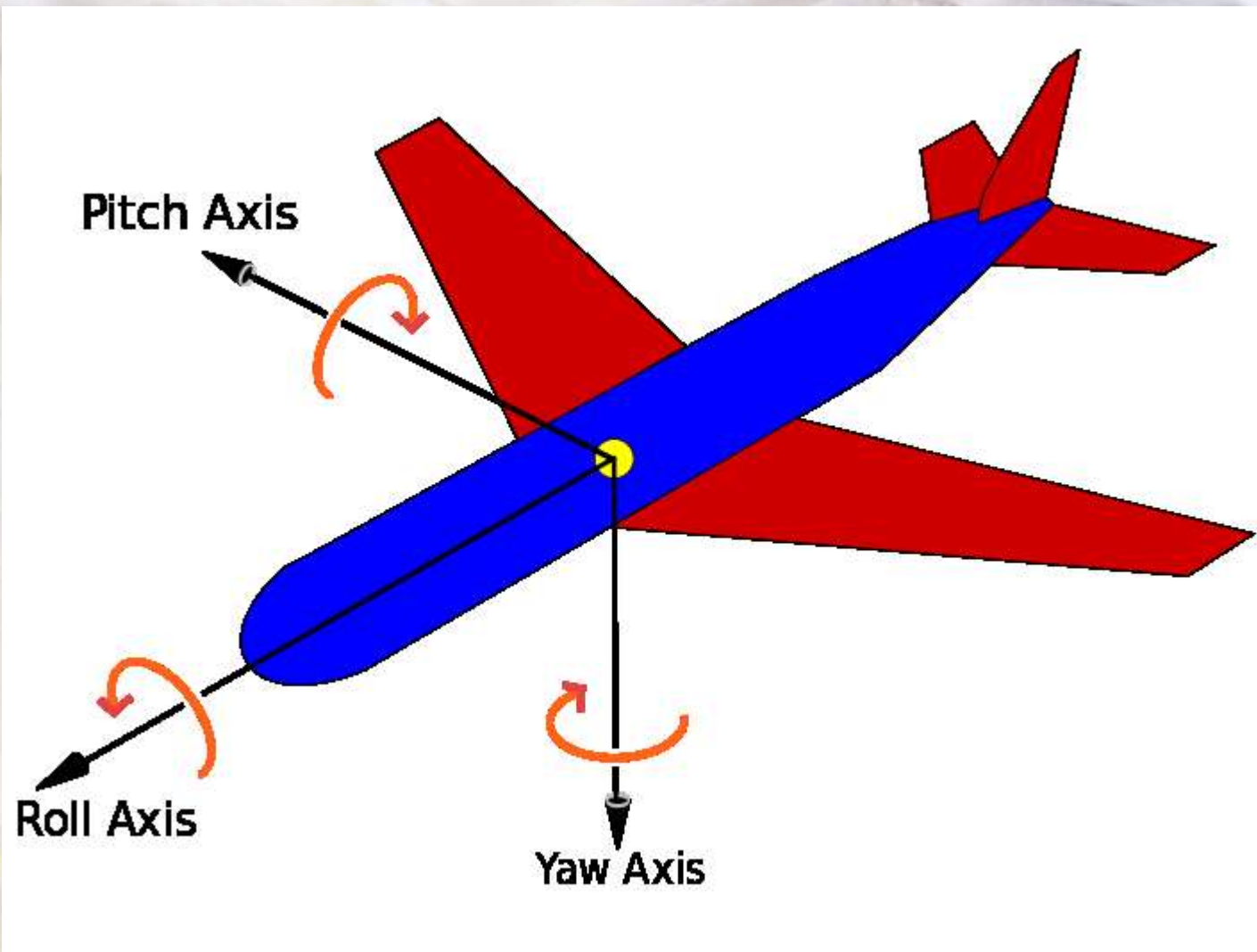
اما برای یک جسم صلب سه مختصه مرکز جرم و سه مختصه زاویه ای کافی است



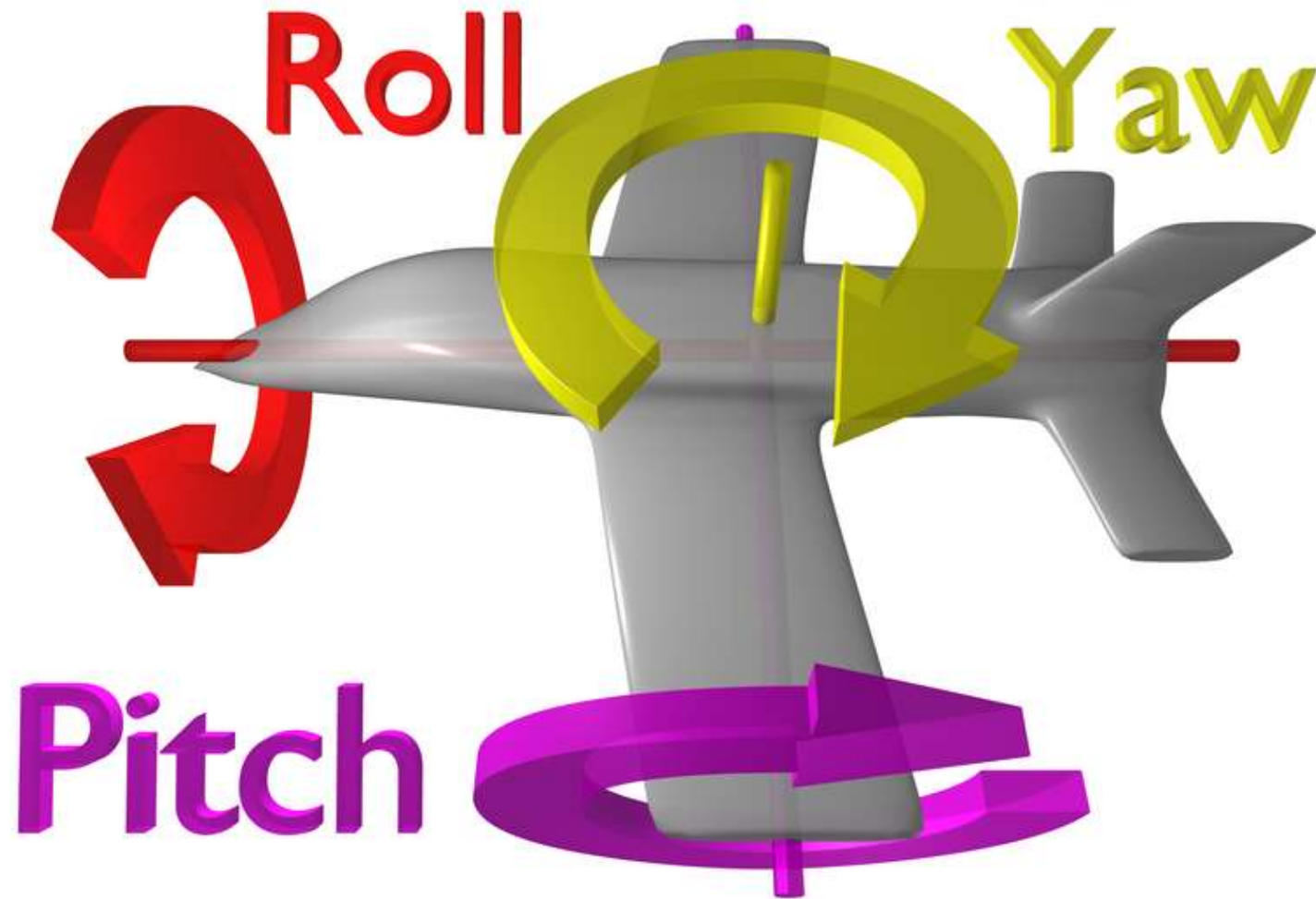
مرکز جرم



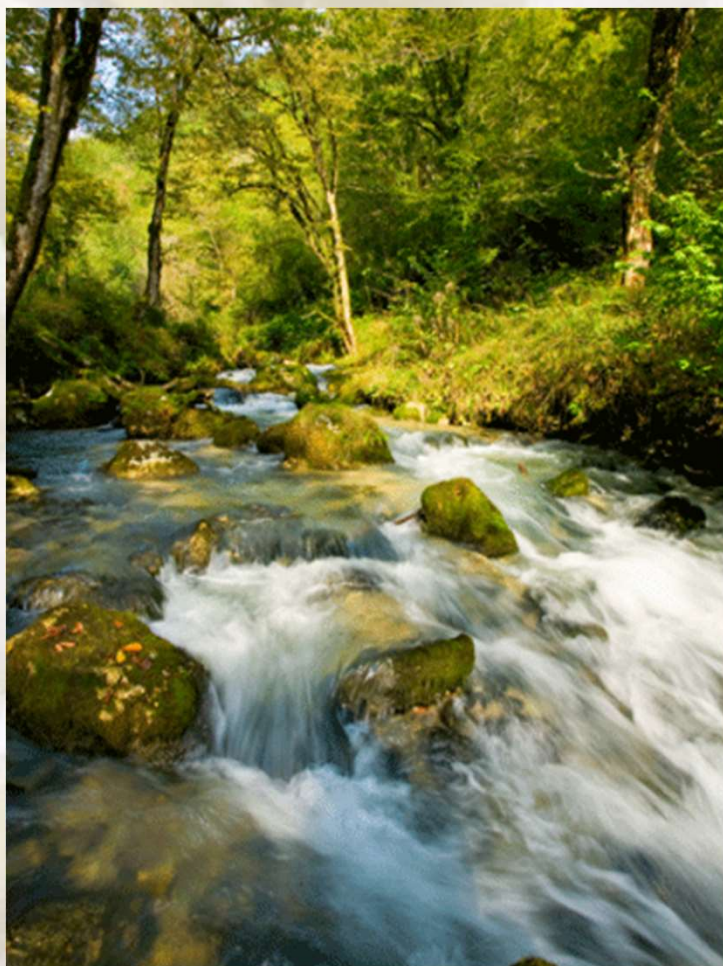




Tilts forward and backward ([pitching](#));
Swivels left and right ([yawing](#));
Pivots side to side ([rolling](#)).



اما برای یک سیال (به عنوان یک حالت خاص از یک جسم غیر صلب) تعیین مختصات مرکز جرم و سه زاویه دیگر کافی نمی تواند باشد.



برای یک سیال تعیین کمیات زیر نیاز داریم:

$$\rho = \rho(x, y, z; t)$$

چگالی سیال در هر نقطه از فضا و هر لحظه از زمان

$$\vec{v} = \vec{v}(x, y, z; t)$$

سرعت حرکت ماده در هر نقطه از فضا و هر لحظه از زمان