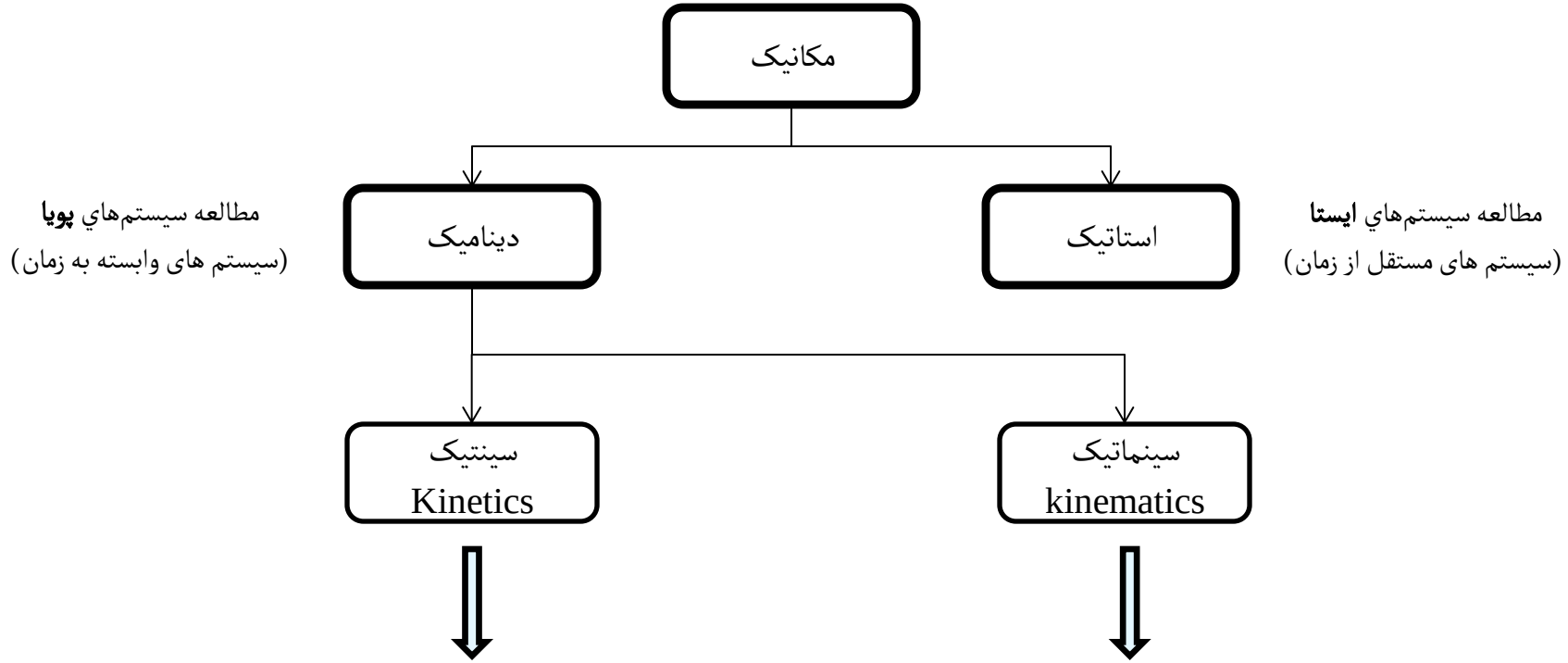
فصل اول

# آشنایی با دینامیک

## فهرست مطالب فصل اول

- ✓ تاریخچه و کاربردهای دینامیک
- ✓ مفاهیم پایه
- ✓ قوانین نیوتون
- ✓ یکاها
- ✓ گرانش
- ✓ ابعاد

**مکانیک** شاخه ای از فیزیک میباشد که درباره اجرام ، نیروها و اثرات نیروها بر اجسام بحث میکند



## تاریخچه دینامیک

- دینامیک در مقایسه با استاتیک موضوعی نسبتا تازه است.

- گالیله که مشاهدات دقیقی در مورد سقوط آزاد ، حرکت روی سطح شیب دار و حرکت آونگ انجام داد ، آغازگر برداشت منطقی از دینامیک بود.

- گالیله به سبب نبود اسباب های اندازه گیری دقیق برای سنجش زمان ، نمی توانست نظریه های خود را اثبات کند و پیشرفت دینامیک تا اختراع ساعت پاندولی به تعویق افتاد.

- نیوتون که تحقیقات گالیله راهنمایش بود ، توانست فرمول بندی دقیقی برای قوانین حرکت بدست آورد و به این ترتیب دینامیک را بر شالوده ای محکم بنا نهاد.

## کاربردهای دینامیک

- از زمانی که ماشین ها و مکانیزم ها با سرعت ها و شتاب های بالا کار می کنند ، استفاده از قوانین دینامیک بجای اصول استاتیک در محاسبات مربوطه ضرورت یافته است.

- پیشرفت های سریع فناوری در عصر حاضر افزایش کاربرد اصول مکانیک و بویژه دینامیک را ایجاب می کند.

- این اصول مبنای طراحی مکانیزم ها ، روبات ها ، موشک ها ، فضاپیماها ، وسایل حمل و نقل زمینی ، دریایی و هوایی ، انواع سیستم های دوار همانند توربین ها ، پمپ ها و موتورهای پیستونی و غیره را تشکیل می دهند.

## مفاهیم پایه

فضا : ناحیه هندسی اشغال شده توسط اجسام را گویند.

هر مکان در فضا با اندازه گیری های خطی و زاویه ای نسبت به یک دستگاه مختصات مرجع هندسی تعیین می شود.

دستگاه لختي اوليه: چارچوب مرجع پایه برای قوانین مکانیک نیوتونی است.

دستگاهي فرضي از محورهاي عمود بر هم است که این محورها در فضا انتقال یا چرخش ندارند.

قوانين مكانيك نيوتني براي اين دستگاه مرجع صادق‌اند.

اندازه‌گيري‌هائي كه نسبت به اين مرجع صورت مي‌گيرد را با صفت مطلق می شناسند.

دستگاه مختصات متصل به زمین: نسبت به دستگاه مختصات اولیه حرکت پیچیده ای دارد و برای استفاده از معادلات مکانیک در این دستگاه ، تصحیحات لازم باید اعمال شود.

مثلاً در محاسبات مربوط به موشك و مسير پروازهاي فضائي ، حرکت مطلق زمین عامل مهمي محسوب مي‌شود.

در اغلب مسائل مهندسي مربوط به ماشينها و سازه‌هايي كه بر سطح زمين قرار دارند ، اين تصحيحات بي‌نهايت كوچك است و مي‌توان از آن چشم پوشيد. در این صورت ، قوانین مکانیک را می توان مستقیما نسبت به زمین اندازه گیری نمود و به مفهوم عملی ، این اندازه گیری ها را مطلق دانست.

## مفاهیم پایه

**زمان** : معيار توالي رويدادهاست و در مكانيك نيوتوني كميتي مطلق محسوب مي‌شود.

**جرم** : معيار كمي لختي يا مقاومت در مقابل تغيير حركت جسم است.

**نیرو** : اثر برداري يك جسم بر جسم ديگر است.

با خواص نیروها در درس استاتیک بطور کامل آشنا شده اید.

**ذره** : جسمي با ابعاد قابل چشم پوشي است.

همچنين وقتي ابعاد جسم به توصيف حركت آن يا اثر نيروهاي وارد بر آن بستگي نداشته باشند ، آنرا مي‌توان ذره در نظر گرفت.

بطور مثال در هنگام توصیف مسیر پرواز هواپیما ، می توان آن را ذره فرض کرد.

**جسم صلب** : جسمي است كه تغييرشكل آن در مقايسه با ابعاد كل جسم يا در مقايسه با تغيير مكان كلي جسم ناچيز باشد.

## قوانین نیوتون

**قانون اول** :

هر ذره ساکن می ماند یا به حرکت خود با سرعت یکنواخت ادامه می دهد ، هرگاه برایند نیروهای وارد بر آن صفر باشد

**قانون دوم** :

شتاب هر ذره با برآيند نيروهاي وارد بر آن متناسب و هم جهت است.

**قانون سوم** :

نيروهاي كنش و واكنش (عمل و عكس العمل) بين اجسامي كه بر هم‌كنش دارند ، از لحاظ اندازه برابر ، از لحاظ جهت مخالف و از نظر راستا يكي‌اند.

قانون دوم نیوتون اساس اغلب تحلیل ها در دینامیک است :

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a}$$

قانون اول نیوتون نتیجه قانون دوم است ، زیرا وقتی نیرو صفر باشد ، شتاب وجود نخواهد داشت و بنابراین ذره یا در حال سکون است یا با سرعت ثابت حرکت می کند.

## یکاها

چهار کمیت بنیادی مکانیک و یکاها و نمادهای آن ها در دو سیستم یکای بین المللی متریک (SI) و سیستم یکاهای متداول در امریکا (سیستم اینچی) در جدول زیر خلاصه شده اند.

| کمیت | نماد | دستگاه SI | | نماد | دستگاه U.S. | | نماد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جرم | m | آحاد اصلی | کیلوگرم | kg | آحاد اصلی | اسلاگ | – |
| طول | L | | متر | m | | فوت | ft |
| زمان | T | | ثانیه | s | | ثانیه | sec |
| نیرو | F | | نیوتن | N | | پاند | lb |

در سیستم SI ، یکاهای جرم ، طول و زمان یکاهای اصلی اند و یکای نیرو از قانون دوم نیوتون بدست می آید.

طبق تعریف ، یک نیوتون نیرویی است که به جرم یک کیلوگرم شتابی برابر با یک متر بر مجذور ثانیه بدهد.

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a}$$

$$\downarrow$$

$$1N = (1kg)\left(1\,{}^{m}\!/_{s^2}\right)$$

در سیستم اینچی ، یکاهای نیرو ، طول و زمان یکاهای اصلی اند و یکای جرم از قانون دوم نیوتون بدست می آید.

طبق تعریف ، جرمی به اندازه 32/1740 پوند (1 اسلاگ) شتابی معادل با یک فوت بر مجذور ثانیه خواهد داشت ، هرگاه نیرویی برابر با یک پوند بر آن وارد شود.

$$1lb = (1slug)\left(1\,{}^{ft}\!/_{\sec^2}\right) \Rightarrow 1slug = \frac{lb.\sec^2}{ft}$$

| | |
|---|---|
| جرم | *lbm* |
| نیرو | *lbf* |

## گرانش

قانون گرانش نیوتون که حاکم بر جاذبه متقابل اجسام است ، چنین است :

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

F نیروی اعمالی بین دو جرم m1 و m2 به فاصله r از یکدیگر می باشد.

$$G = 6.673\left(10^{-11}\right) \; m^3 \Big/ \left(kg.s^2\right)$$

G ثابت جهانی گرانش حاصل از داده های تجربی

اگر m1 جرم یک جسم مفروض ، me جرم زمین ، R شعاع زمین و g شتاب گرانش زمین باشد ، آنگاه خواهیم داشت :

$$m_1 g = G\frac{m_1 m_e}{R^2} \longrightarrow \begin{cases} g = \dfrac{G\,m_e}{R^2} \xrightarrow{\text{مقدار میانگین}} g = 9.825\ m/s^2 \\ m_e = 5/976\times10^{24}\ kg \\ R = 6/371\times10^{6}\ m \end{cases}$$

شتاب ناشی از قانون گرانش ، شتابی است که در دستگاه مختصاتی اندازه گیری می شود که مبدا آن بر مرکز کره زمین منطبق است ولی با آن نمی چرخد. بنابراین مقدار بدست آمده نسبت به این دستگاه مختصات ثابت ، مقدار مطلق g است.

اما زمین کره ای است که حول محورش می چرخد. برای تعیین مقدار دقیق شتاب گرانش که نسبت به سطح زمین اندازه گیری شده باشد ، از فرمول گرانش بین المللی 1980 استفاده می شود :

$$g = 9/780327(1+0/005279\ \sin^2\gamma + 0/000023\sin^4\gamma + \ldots)$$

که $\gamma$ عرض جغرافیایی است.

مقدار استاندارد g که در مقیاس جهانی برای شتاب گرانش نسبت به زمین چرخان ، در سطح دریا و در عرض جغرافیایی 45 درجه پذیرفته شده ، برابر 9/80665 $m/s^2$ یا 32/1740 $ft/sec^2$ است.

در مسائل مهندسي و در سطح دريا $g = 9.81\ m/s^2 = 32.2\ ft/\sec^2$ در نظر گرفته مي‌شود.

---

**تغییرات g بر حسب ارتفاع :**

نیروی جاذبه گرانشی زمین که بر هر جسم وارد می شود تابع ارتفاع آن جسم نسبت به زمین است.

بنابراین تغییر جاذبه گرانشی در موشک ها و فضاپیماهایی که در ارتفاع بالا پرواز می کنند ، نکته مهمی است.

$$g = g_o \frac{R^2}{(R+h)^2} \longrightarrow \begin{cases} \mathbf{R} & \text{شعاع زمین} \\ \mathbf{h} & \text{ارتفاع از سطح زمین} \end{cases}$$

**نیروي گرانش وارد بر جرم m:** $W = mg$

## ابعاد

از نمادهای $L$ ، $M$ ، $T$ و $F$ بترتیب برای نمایش ابعاد پارامترهای طول ، جرم ، زمان و نیرو استفاده می شود.

هر بعد مفروض مانند طول را می توان بر حسب چند یکای مختلف از قبیل متر ، میلیمتر و یا کیلومتر بیان نمود.

بنابراین بعد با یکا متفاوت است.

بنا به اصل تجانس ابعاد ، همه روابط فیزیکی باید ابعاد هم جنس داشته باشند..

در سیستم SI نیرو کمیتی فرعی است و با توجه به قانون دوم نیوتون ، ابعاد آن جرم در شتاب است :

$$F = [M][\frac{L}{T^2}] = \frac{ML}{T^2}$$

یکی از کاربردهای مهم اصل تجانس ابعاد ، وارسی درستی ابعادی رابطه فیزیکی بدست آمده از روابط دیگر است. برای مثال :

$$Fx = \frac{1}{2}mv^2 \longrightarrow [MLT^{-2}][L] = [M][LT^{-1}]^2$$

تجانس ابعادی شرط لازم برای درستی یک رابطه فیزیکی است ، اما شرط کافی نیست . . .