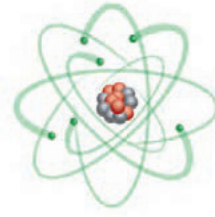
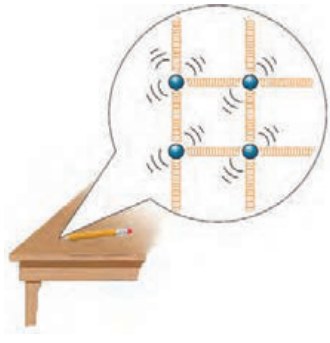
فصل ۴: حرکت چیست؟

همه‌چیز در جهان پیرامون ما در حرکت است.

الکترون‌ها به دور هستهٔ اتم‌ها می‌چرخند.



اتم‌های نوک مداد در محل خود نوسان می‌کنند.



زمین در هر شبانه‌روز یک بار دور خود و در هر ثانیه ۳۰ کیلومتر دور خورشید می‌گردد.

یادآوری

انواع کمیت

- **کمیت‌های عددی**: کمیت‌هایی که فقط دارای **مقدار** و **اندازه** هستند.
  - **مثل**: جرم ـ زمان ـ طول
- **کمیت‌های برداری**: کمیت‌هایی که علاوه بر **مقدار** دارای **جهت** نیز هستند.
  - **مثل**: نیرو ـ جابه‌جایی

مسافت و جابه‌جایی

مسافت پیموده‌شده

- **تعریف**: به مجموع طول‌هایی که یک متحرک برای رفتن از مبدأ به مقصد می‌پیماید، **مسافت پیموده‌شده** یا به اختصار **مسافت** می‌گوییم.
- **نماد مسافت**: L
- مسافت از جنس **طول** است.
- **یکاهای اندازه‌گیری مسافت**
  - **یکای اصلی**: متر (m)
  - **یکاهای دیگر**: کیلومتر (km)، سانتی‌متر (cm) و ...
- **نوع کمیت**: مسافت یک **کمیت عددی** است.

یادآوری

- کوتاه‌ترین فاصله یا مسیر بین دو نقطه، پاره‌خط راستی است که آن دو نقطه را به یکدیگر وصل می‌کند.
- اگر پاره‌خطی دارای جهت باشد، به آن **بردار** گفته می‌شود.

جابه‌جایی

- **بردار جابه‌جایی**: برداری است که نقطهٔ شروع حرکت را به نقطهٔ پایان حرکت وصل می‌کند.
- **اندازهٔ بردار جابه‌جایی**: کوتاه‌ترین فاصلهٔ بین مبدأ و مقصد است که به اختصار **جابه‌جایی** گفته می‌شود.
- **نماد**: بردار جابه‌جایی را با $\vec{d}$ و اندازهٔ بردار جابه‌جایی را با d نشان می‌دهیم.
- جابه‌جایی از جنس **طول** است.
- **یکاهای اندازه‌گیری جابه‌جایی**
  - **یکای اصلی**: متر (m)
  - **یکاهای دیگر**: کیلومتر (km)، سانتی‌متر (cm) و ...
- **نوع کمیت**: جابه‌جایی یک **کمیت برداری** است.

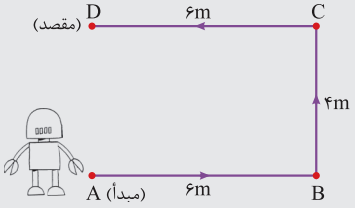
نکته

وقتی متحرک روی خط راست حرکت کند و هنگام حرکت تغییر جهت ندهد، مسافت و جابه‌جایی با هم برابرند. در غیر این صورت اندازهٔ جابه‌جایی کم‌تر از مسافت طی‌شده است. به عبارت دیگر مسافت طی‌شده، همواره بزرگ‌تر یا مساوی جابه‌جایی است.

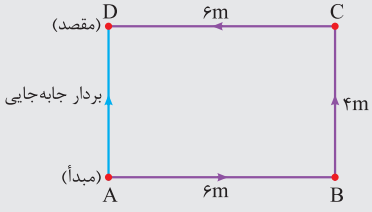
مثال **یک ربات برای رسیدن به مقصد تعیین‌شده مسیر مشخص‌شده در شکل را طی می‌کند.**

الف) بردار جابه‌جایی را روی شکل رسم کنید.

ب) مسافت پیموده‌شده و اندازهٔ جابه‌جایی ربات چند متر است؟



پاسخ الف)



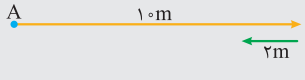
ب) $\text{مسافت پیموده‌شده} = AB + BC + CD = ۶ + ۴ + ۶ = ۱۶\,m$

$\text{اندازهٔ جابه‌جایی} = AD = ۴\,m$

مثال **متحرکی از مبدأ A ابتدا ۱۰ متر به سمت راست می‌رود و سپس ۲ متر برمی‌گردد.**

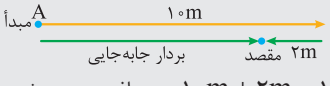
الف) بردار جابه‌جایی را روی شکل رسم کنید.

ب) مسافت پیموده‌شده و اندازهٔ جابه‌جایی متحرک چند متر است؟



پاسخ

الف)

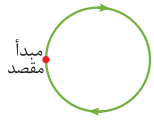


ب) $\text{مسافت پیموده‌شده} = ۱۰\,m + ۲\,m = ۱۲\,m$ $\quad \text{اندازهٔ جابه‌جایی} = ۱۰\,m - ۲\,m = ۸\,m$

مسافت و جابه‌جایی روی مسیرهای دایره‌ای

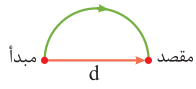
اگر متحرک یک دور کامل را بپیماید.

- مسافت طی‌شده = محیط دایره
- جابه‌جایی = صفر



اگر متحرک نیم‌دور را بپیماید.

- مسافت طی‌شده = نصف محیط دایره
- جابه‌جایی = قطر دایره

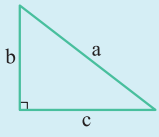


یادآوری

محیط دایره $= 2\pi r$ و $\pi \simeq 3/14$

نکته

اگر مسیر حرکت متحرک، اضلاع یک مثلث قائم‌الزاویه باشد، اندازهٔ جابه‌جایی از رابطهٔ فیثاغورس محاسبه می‌گردد.

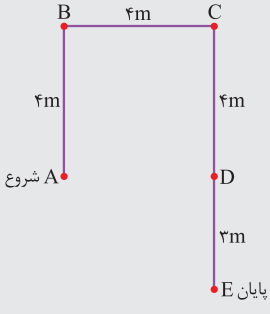


$$a^2 = b^2 + c^2$$

در مثلث قائم‌الزاویه، مربع وتر (بزرگ‌ترین ضلع) مساوی است با مجموع مربع‌های دو ضلع دیگر.

مثال مقدار جابه‌جایی و مسافت طی‌شده در شکل زیر به ترتیب از راست به چپ چند متر است؟

(نمونه دولتی ـ استان‌های فارس و چهارمحال و بختیاری)



۱) ۵ و ۱۵

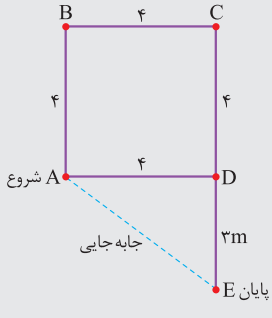
۲) ۵ و ۱۲

۳) ۳ و ۱۵

۴) ۴ و ۱۵

پاسخ گزینهٔ «۱»

جابه‌جایی یعنی AE از رابطهٔ فیثاغورس به دست می‌آید:



طبق رابطهٔ فیثاغورس:

$$(AE)^2 = (AD)^2 + (DE)^2$$

$$(AE)^2 = 4^2 + 3^2 = 16 + 9 = 25 \Rightarrow AE = \sqrt{25} = 5m$$ جابه‌جایی

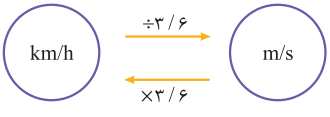
$$\text{مسافت طی‌شده} = AB + BC + CD + DE = 4 + 4 + 4 + 3 = 15m$$

جمع‌بندی

مقایسهٔ مسافت و جابه‌جایی	شباهت‌ها	هر دو از جنس طول هستند.
		یکاهای اندازه‌گیری هر دو یکسان است.
	تفاوت‌ها	مسافت یک کمیت عددی است ولی جابه‌جایی یک کمیت برداری است.
		مسافت به مسیر حرکت بستگی دارد، ولی جابه‌جایی فقط به نقاط ابتدا و انتهای حرکت بستگی دارد.
		جابه‌جایی می‌تواند صفر بشود، ولی مسافت هرگز صفر نخواهد شد.

تندی متوسط

- **تعریف:** نسبت مسافت پیموده‌شده به مدت‌زمانی که صرف آن می‌شود را **تندی متوسط** می‌گویند.
- **نماد:** S_{av}
- **فرمول:** $\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده‌شده}}{\text{مدت‌زمان صرف‌شده}}$
- **یکاهای اندازه‌گیری تندی متوسط**
  - **یکای اصلی:** یکای مسافت، متر (m) و یکای زمان، ثانیه (s) است، بنابراین یکای اصلی تندی متوسط **متر بر ثانیه (m/s)** است.
  - **یکاهای دیگر**
    - کیلومتر بر ساعت (km/h) برای وسایل نقلیه موتوری
    - سانتی‌متر بر ثانیه (cm/s) و ...
- برای تبدیل km/h و m/s به یکدیگر از الگوی روبه‌رو استفاده کنید:



- **نوع کمیت:** تندی متوسط یک **کمیت عددی** است.

مفهوم فیزیکی تندی متوسط: تندی متوسط به ما می‌گوید که متحرک به طور متوسط در هر ثانیه چند متر از مسیر را طی کرده است.

مثال وقتی می‌گوییم تندی متوسط یک دونده ۹/۲ متر بر ثانیه است، یعنی این دونده در هر ثانیه به طور متوسط ۹/۲ متر از مسیر را پیموده است.

تندی لحظه‌ای (تندی)

- **تعریف:** به تندی متحرک در هر لحظه از زمان، **تندی لحظه‌ای** گفته می‌شود.
- **نوع کمیت:** تندی لحظه‌ای یک **کمیت عددی** است.
- **یکاهای اندازه‌گیری تندی:** m/s (یکای اصلی)، km/h و ...
- **مثال:** عددی که عقربهٔ تندی‌سنج خودرو نشان می‌دهد، تندی خودرو را در همان لحظه نشان می‌دهد.

نکته

اگر در طول مسیر تندی متحرک تغییر نکند. ⇐ تندی متوسط = تندی لحظه‌ای

مثال یک خودرو مسافت ۶۲۴ کیلومتری تهران ـ یزد را با تندی متوسط $۷۸\,km/h$ طی می‌کند.

الف) تندی متوسط این خودرو تقریباً چند متر بر ثانیه است؟

ب) این خودرو مسافت تهران ـ یزد را در مدت چند ساعت طی می‌کند؟

پاسخ الف)

$$۷۸ \div ۳/۶ \simeq ۲۱/۶\ m/s$$

ب)

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}}$$

$$۷۸ = \frac{۶۲۴}{\text{زمان}}$$

$$\text{زمان} = \frac{۶۲۴}{۷۸} = ۸ \text{ ساعت}$$

حرکت یکنواخت

تعریف: اگر متحرکی با تندی ثابت حرکت کند، می‌گوییم حرکت جسم **یکنواخت** است.

انواع حرکت یکنواخت

- **حرکت یکنواخت روی خط راست:** متحرک روی یک خط راست با تندی ثابت حرکت می‌کند.
- **حرکت دایره‌ای یکنواخت:** متحرک روی یک مسیر دایره‌ای با تندی ثابت حرکت می‌کند.

نکته

در حرکت یکنواخت $\Leftarrow$ تندی متوسط = تندی لحظه‌ای

سرعت متوسط

تعریف: به نسبت بردار جابه‌جایی یک متحرک به مدت‌زمان صرف‌شده برای جابه‌جایی **سرعت متوسط** می‌گویند.

نماد: v_{av}

فرمول:

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{بردار جابه‌جایی}}{\text{مدت‌زمان صرف‌شده}}$$

یکاهای اندازه‌گیری سرعت متوسط

- **یکای اصلی:** متر بر ثانیه (m/s)
- **یکاهای دیگر:** کیلومتر بر ساعت (km/h)، سانتی‌متر بر ثانیه (cm/s) و ...

نوع کمیت: سرعت متوسط یک **کمیت برداری** است و جهت سرعت متوسط، همان جهت بردار جابه‌جایی متحرک است.

مفهوم فیزیکی سرعت متوسط: مقدار سرعت متوسط به ما می‌گوید که متحرک به طور متوسط در هر ثانیه چند متر در راستای بردار جابه‌جایی به مقصد خود نزدیک‌تر شده است.

نکته

وقتی متحرک روی یک خط راست حرکت کند و تغییر جهت ندهد (یعنی مسافت طی‌شده توسط متحرک با جابه‌جایی آن یکسان باشد)

$\Leftarrow$ تندی متوسط = اندازهٔ سرعت متوسط

سرعت دو نوع اطلاع به ما می‌دهد

- تندی
- جهت حرکت

تفاوت تندی و سرعت: در بیان تندی یک متحرک نیازی به جهت نیست (کمیت عددی) ولی در بیان سرعت باید جهت آن نیز مشخص شود (کمیت برداری).

سرعت لحظه‌ای (سرعت)

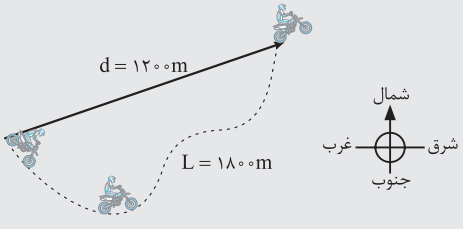
- **تعریف:** به سرعت متحرک در هر لحظه از زمان، **سرعت لحظه‌ای** می‌گویند.
- **یکاهای اندازه‌گیری:** m/s (یکای اصلی)، km/h و ...
- **نوع کمیت:** سرعت لحظه‌ای یک **کمیت برداری** است و جهت سرعت لحظه‌ای، همان جهت بردار جابه‌جایی متحرک است.
- اگر هم تندی و هم جهت حرکت جسمی را بدانیم، در واقع **سرعت لحظه‌ای** آن را می‌دانیم.

نکته

در حرکت یکنواخت روی خط راست (بدون تغییر جهت) ⟸ سرعت متوسط = سرعت لحظه‌ای

در حرکت دایره‌ای یکنواخت، تندی ثابت است ولی جهت بردار سرعت در حال تغییر است.

مثال **دوچرخه‌سواری مسیری مطابق شکل زیر را در مدت‌زمان یک دقیقه طی می‌کند. تندی متوسط و سرعت متوسط دوچرخه‌سوار چند متر بر ثانیه است؟**



پاسخ

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}} = \frac{۱۸۰۰}{۶۰} = ۳۰\,m/s$$

$$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه‌جایی}}{\text{زمان}} = \frac{۱۲۰۰}{۶۰} = ۲۰\,m$$ به طرف شمال شرق

شتاب متوسط

- **تعریف:** نسبت تغییرات سرعت یک متحرک به مدت‌زمان این تغییرات را **شتاب متوسط** متحرک می‌نامیم.
- **نماد:** a_{av}
- **فرمول:** $\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییر سرعت}}{\text{مدت‌زمان تغییر سرعت}} = \frac{\text{سرعت اولیه} - \text{سرعت ثانویه}}{\text{مدت‌زمان}}$
- **یکای اصلی اندازه‌گیری:** یکای شتاب متوسط از تقسیم یکای سرعت (m/s) بر یکای زمان (s) به دست می‌آید که **متر بر مربع ثانیه** (m/s^2) است.
- **نوع کمیت:** شتاب متوسط یک **کمیت برداری** است و جهت شتاب متوسط، همان جهت بردار تغییر سرعت است.

انواع شتاب

۱) **شتاب افزاینده (شتاب مثبت)** سرعت متحرک در حال افزایش است.

۲) **شتاب کاهنده (شتاب منفی)** سرعت متحرک در حال کاهش است.

مثال سرعت یوزپلنگی در مدت ۲ ثانیه از صفر به $72\,km/h$ می‌رسد. شتاب متوسط یوزپلنگ چند متر بر مربع ثانیه است؟

(نمونه دولتی ـ استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان)

۱) $20\,m/s^2$ ۲) $36\,m/s^2$ ۳) $10\,m/s^2$ ۴) $40\,m/s^2$

پاسخ گزینهٔ «۳»

سرعت ثانویه $= 72\,km/h$ سرعت اولیه $= 0$

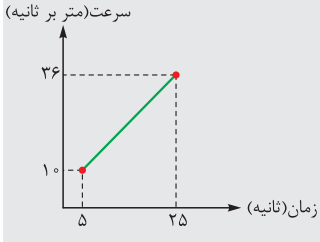
تغییرات سرعت $= 72 - 0 = 72\,km/h \div 3/6 = 20\,m/s$

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرسرعت}}{\text{زمان تغییر سرعت}} = \frac{20}{2} = 10\ m/s^2$$

مثال شکل زیر نمودار سرعت ـ زمان متحرکی را نشان می‌دهد که روی خط راست در حرکت است. شتاب حرکت این متحرک در بین دو لحظهٔ ۵ ثانیه و ۲۵ ثانیه چه‌قدر است؟

(نمونه دولتی ـ استان تهران)

۱) $1/3\,m/s^2$ ۲) $2\,m/s^2$ ۳) $1/44\,m/s^2$ ۴) $3/44\,m/s^2$



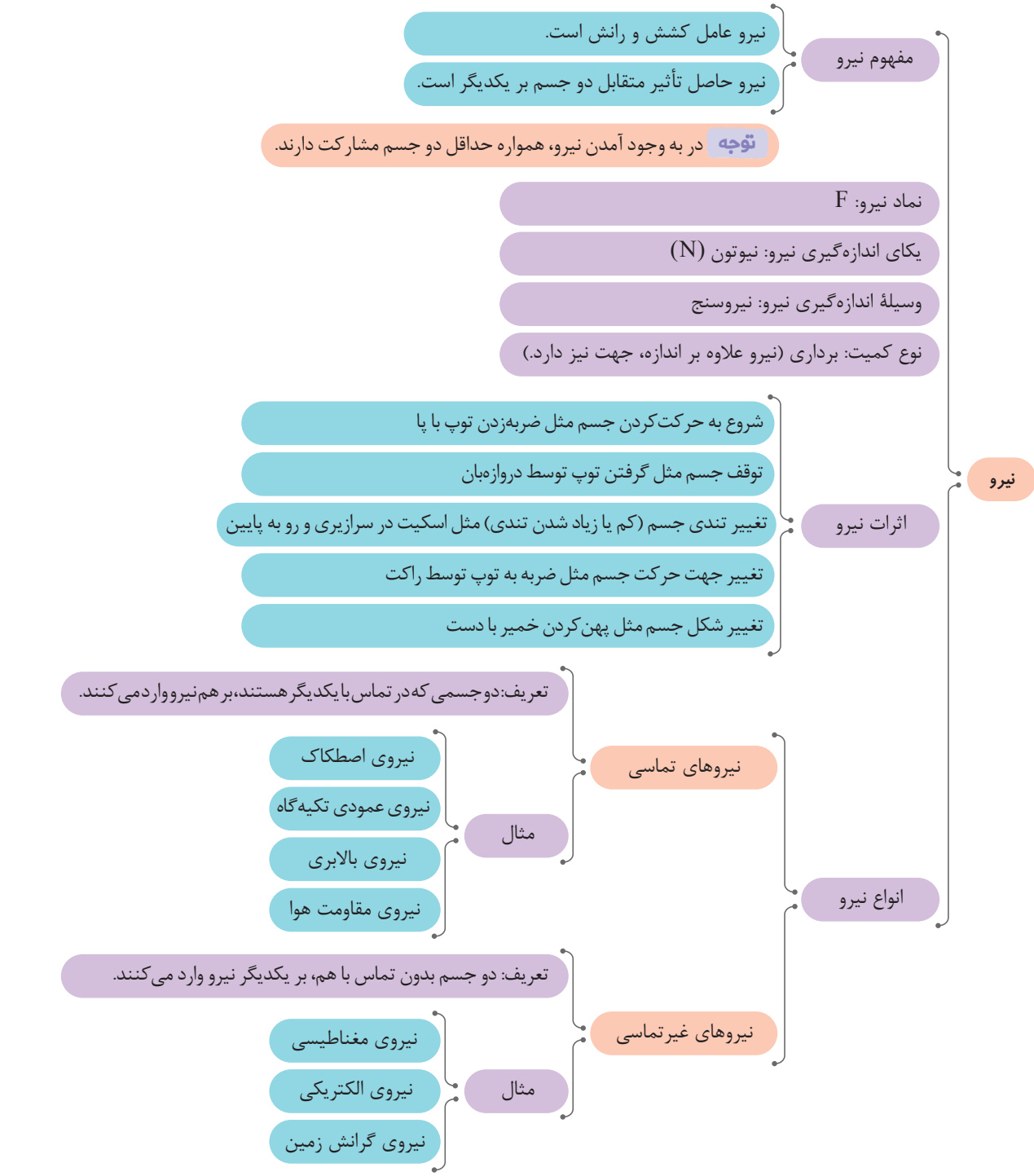
پاسخ گزینهٔ «۱»

$$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرسرعت}}{\text{زمان تغییرسرعت}} = \frac{36-10}{25-5} = \frac{26}{20} = 1/3\ m/s^2$$

جمع‌بندی

کمیت	فرمول	یکای اصلی	نوع کمیت
تندی متوسط	$\text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت پیموده‌شده}}{\text{مدت‌زمان صرف‌شده}}$	متر بر ثانیه (m/s)	عددی
سرعت متوسط	$\text{سرعت متوسط} = \frac{\text{بردار جابه‌جایی}}{\text{مدت‌زمان صرف‌شده}}$	متر بر ثانیه (m/s)	برداری
شتاب متوسط	$\text{شتاب متوسط} = \frac{\text{تغییرسرعت}}{\text{مدت‌زمان تغییرسرعت}}$	متر بر مربع ثانیه (m/s^2)	برداری

فصل ۵: نیرو


نیرو
مفهوم نیرو
نیرو عامل کشش و رانش است.
نیرو حاصل تأثیر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.
توجه در به وجود آمدن نیرو، همواره حداقل دو جسم مشارکت دارند.
نماد نیرو: F
یکای اندازه‌گیری نیرو: نیوتون (N)
وسیلهٔ اندازه‌گیری نیرو: نیروسنج
نوع کمیت: برداری (نیرو علاوه بر اندازه، جهت نیز دارد.)
اثرات نیرو
شروع به حرکت‌کردن جسم مثل ضربه‌زدن توپ با پا
توقف جسم مثل گرفتن توپ توسط دروازه‌بان
تغییر تندی جسم (کم یا زیاد شدن تندی) مثل اسکیت در سرازیری و رو به پایین
تغییر جهت حرکت جسم مثل ضربه به توپ توسط راکت
تغییر شکل جسم مثل پهن‌کردن خمیر با دست
انواع نیرو
نیروهای تماسی
تعریف: دوجسمی که در تماس با یکدیگر هستند، بر هم نیرو وارد می‌کنند.
مثال
نیروی اصطکاک
نیروی عمودی تکیه‌گاه
نیروی بالابری
نیروی مقاومت هوا
نیروهای غیرتماسی
تعریف: دو جسم بدون تماس با هم، بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.
مثال
نیروی مغناطیسی
نیروی الکتریکی
نیروی گرانش زمین

برایند نیروها

گاهی بر یک جسم به طور هم‌زمان چند نیرو اثر می‌کند. در این‌صورت باید برایند نیروها را به دست آوریم.

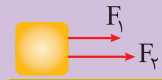
نیروی خالص

برایند چند نیرو، نیرویی است که به تنهایی اثر آن چند نیرو را دارد و به آن نیروی خالص گفته می‌شود.

روش محاسبهٔ برایند نیروها (به دست آوردن نیروی خالص)

نیروها هم‌جهت هستند:

نیروی خالص برابر با حاصل‌جمع اندازهٔ نیروها است.

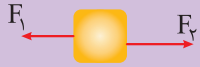


$F_{\text{خالص}} = F_1 + F_2$

جهت نیروی خالص هم‌جهت با نیروها است.

نیروها خلاف جهت هم هستند:

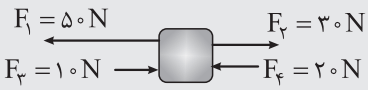
نیروی خالص برابر با تفاضل نیروها است.



$F_{\text{خالص}} = F_2 - F_1$

جهت نیروی خالص هم‌جهت با نیروی بزرگ‌تر است.

مثال در شکل زیر، نیروی خالص وارد بر جسم را محاسبه کنید.



پاسخ ابتدا نیروهای هم‌جهت را با هم جمع می‌کنیم:

به طرف چپ $F_1 + F_4 = ۵۰ + ۲۰ = ۷۰\ \text{N}$

به طرف راست $F_2 + F_3 = ۳۰ + ۱۰ = ۴۰\ \text{N}$

نیروهای خلاف جهت را از هم کم می‌کنیم:

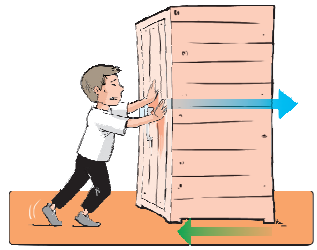
به طرف چپ $F_{\text{خالص}} = ۷۰ - ۴۰ = ۳۰\ \text{N}$

نیروی خالص هم‌جهت با نیروی بزرگ‌تر، یعنی هم‌جهت با نیروی ۷۰ نیوتونی است.

نیروهای متوازن

اگر به یک جسم به طور هم‌زمان چند نیرو وارد شود و این نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند، یعنی نیروی خالص صفر شود؛ می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند.

نمونه‌هایی از نیروهای متوازن

۱) 

نیروی اصطکاک = نیروی رو به جلوی شخص ← جعبه حرکت نمی‌کند.

۲)

نیروی وزن قایق = نیرویی رو به بالا که از طرف آب به قایق وارد می‌شود ← قایق روی آب ساکن می‌ماند.

۳)

نیروی پیشران = نیروی اصطکاک + نیروی مقاومت هوا ← خودرو با سرعت ثابت حرکت می‌کند.

۴)

نیروی وزن چترباز = نیروی مقاومت هوا ← چترباز با سرعت ثابت به طرف زمین حرکت می‌کند.

۵)

نیروی وزن = نیروی بالابری
نیروی مقاومت هوا = نیروی پیشران
← هواپیما با سرعت ثابت و در یک ارتفاع حرکت می‌کند.

نتیجه تا زمانی که نیروهای وارد بر یک جسم متوازن باشند ($F_{\text{خالص}} = 0$)، جسمِ ساکن هم‌چنان ساکن باقی می‌ماند و جسم در حال حرکت هم‌چنان به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه خواهد داد.

مثال چه عاملی سبب اوج‌گرفتن هواپیما و یا کاهش ارتفاع آن می‌شود؟

پاسخ اگر در پرواز هواپیما در ارتفاع ثابت
- نیروی وزن هواپیما < نیروی بالابری ← اوج گرفتن
- نیروی بالابری < نیروی وزن هواپیما ← کاهش ارتفاع

قوانین حرکت نیوتون

قانون اول نیوتون

مفهوم: این قانون بیانگر این موضوع است که وقتی به جسمی نیروی خالصی وارد نشود، آن جسم وضعیت خود را حفظ می‌کند.

یعنی
- اگر ساکن است، ساکن می‌ماند.
- اگر در حال حرکت است، با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

توجه وقتی می‌گوییم به جسم نیروی خالص وارد نمی‌شود، یعنی نیروها متوازن هستند و برایند آن‌ها صفر است.

مثال‌هایی از قانون اول نیوتون
- اگر یک خوردو ناگهان ترمز کند، به جلو پرتاب می‌شویم. (دلیل بستن کمربند ایمنی جلوگیری از این وضعیت است.)
- وقتی خودرو سر پیچ جاده می‌پیچد، بدن ما به سمت مخالف پیچ جاده منحرف می‌شود.
- اگر یک خودرو ناگهان به سمت جلو شروع به حرکت کند، بدن ما نسبت به خودرو به سمت عقب می‌رود.

قانون دوم نیوتون

مفهوم: این قانون بیانگر این موضوع است که وقتی به جسمی نیروی خالصی وارد شود، سرعت آن جسم تغییر کرده و جسم، شتاب می‌گیرد.

نکته:

۱) نیروی خالص عامل شتاب است و این شتاب نسبت مستقیم با نیروی خالص وارد بر جسم و نسبت وارون با جرم جسم دارد.

۲) جهت شتاب در جهت نیروی خالص وارد بر جسم است.

فرمول:

$$\text{شتاب جسم} = \frac{\text{نیروی خالص}}{\text{جرم جسم}} \Rightarrow a = \frac{F}{m}$$

در این فرمول
- یکای نیرو (F)، نیوتون (N) است.
- یکای جرم (m)، کیلوگرم (kg) است.
- یکای شتاب (a)، نیوتون بر کیلوگرم (N/kg) است. $1\frac{N}{kg} = 1\frac{m}{s^2}$

مثال: در طراحی خودروهای مسابقه برای آن‌که شتاب خودرو زیاد باشد، باید جرم آن کم و نیروی موتورش زیاد باشد.

جمع‌بندی قانون اول و دوم نیوتون

نیروها

متوازن هستند.	نامتوازن هستند.
$(F_{\text{خالص}} = 0)$	$(F_{\text{خالص}} \neq 0)$
↓	↓
قانون اول نیوتون	قانون دوم نیوتون
↓	↓
جسم وضعیت خود را حفظ می‌کند.	جسم شتاب می‌گیرد.

قانون سوم نیوتون

مفهوم: این قانون بیانگر این موضوع است که هرگاه جسم (۱) به جسم (۲) نیرو وارد کند (نیروی کنش)، جسم (۲) نیز نیرویی به همان اندازه و در همان راستا، اما خلاف جهت به جسم (۱) وارد می‌کند. (نیروی واکنش)

ویژگی‌های نیروهای کنش و واکنش

- این دو نیرو همواره هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگرند.
- این دو نیرو به دو جسم مختلف وارد می‌شوند. (نیروی کنش به یک جسم و نیروی واکنش به جسم دیگر وارد می‌شوند؛ بنابراین برایند آن‌ها صفر نمی‌شود.)
- این دو نیرو هم‌نوع هستند. مثلاً هر دو مغناطیسی‌اند و یا هر دو الکتریکی‌اند و امکان ندارد یکی مغناطیسی و دیگری الکتریکی باشد.
- در ایجاد این دو نیرو دو جسم شرکت دارند، نه یک جسم.

مثال‌هایی از نیروهای کنش و واکنش:

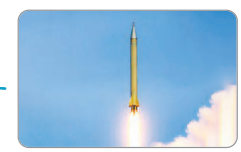
۱)

- نیروی کنش: نیرویی که شناگر به آب وارد می‌کند. ← آب به عقب رانده می‌شود.
- نیروی واکنش: نیرویی که آب به شناگر وارد می‌کند. ← شناگر به جلو رانده می‌شود.

۲)

- نیروی کنش: نیرویی که پارو به آب وارد می‌کند. ← آب به عقب رانده می‌شود.
- نیروی واکنش: نیرویی که آب به پارو (قایق) وارد می‌کند. ← قایق به جلو رانده می‌شود

۳)



- نیروی کنش: نیرویی که موشک بر گازهای خروجی وارد می‌کند. ← گازها به عقب رانده می‌شوند.
- نیروی واکنش: نیرویی که گازهای خروجی بر موشک وارد می‌کنند. ← موشک به جلو رانده می‌شود.

مثال در شکل زیر، کدام‌یک شتاب بیشتری می‌گیرد؟ توضیح دهید.

پاسخ

پسر شتاب بیشتری می‌گیرد، زیرا جرم کم‌تری دارد و شتاب با جرم رابطهٔ وارون دارد.

نیروی اسب به پسر = نیروی پسر به اسب
جرم پسر < جرم اسب
$\Rightarrow$ شتاب اسب < شتاب پسر

نیروی وزن

- **تعریف:** نیروی گرانشی (جاذبه‌ای) که از طرف زمین بر جسم وارد می‌شود.
- **نماد:** W
- **یکای اندازه‌گیری:** همانند سایر نیروها نیوتون (N) است.
- **وسیلهٔ اندازه‌گیری:** نیروسنج

- **نوع کمیت:** برداری (علاوه بر اندازه، جهت نیز دارد و جهت آن همیشه به سمت زمین است.)
- **فرمول:** شتاب جاذبه × جرم جسم = وزن جسم

$$W = mg$$

در این فرمول

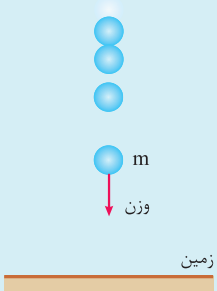
- یکای وزن (W)، نیوتون (N) است.
- یکای جرم (m)، کیلوگرم (kg) است.
- یکای شتاب جاذبه (g)، متر بر مربع ثانیه (m/s^2) یا (N/kg) است.

توجه شتاب جاذبه بر روی زمین تقریباً $9/8\ m/s^2$، روی ماه تقریباً $1/6\ m/s^2$ و روی مریخ تقریباً $3/7\ m/s^2$ است.

مریخ < ماه < زمین : شتاب جاذبه

نکته

وقتی جسمی از ارتفاع رها می‌شود، وزن آن سبب می‌شود تا به طرف زمین شتاب پیدا کند.



مثال جرم یک چکش ۵۰۰ گرم است. وزن این چکش در سطح زمین و سطح ماه چند نیوتون است؟

$(g_{\text{ماه}} = ۱/۶ \ N/kg, \quad g_{\text{زمین}} = ۱۰ \ N/kg)$

پاسخ

$m = ۵۰۰ \div ۱۰۰۰ = ۰/۵ \ kg$

$W = mg$

(زمین) $W = ۰/۵ \times ۱۰ = ۵ \ N$

(ماه) $W = ۰/۵ \times ۱/۶ = ۰/۸ \ N$

نیروی عمودی سطح (نیروی عمودی تکیه‌گاه)

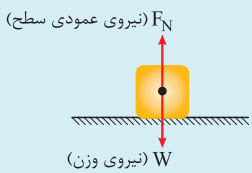
تعریف: نیرویی که از طرف تکیه‌گاه یعنی سطحی که جسم روی آن قرار دارد، به طور عمود به جسم وارد می‌شود.

توجه این نیرو همیشه بر سطح عمود است.

نماد: F_N

نکته

وقتی جسمی روی یک سطح افقی ساکن است، مقدار نیروی عمودی سطح برابر با وزن جسم است.



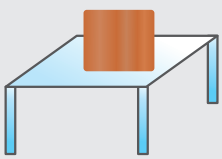
$F_N = W$

توجه هر چه وزن جسم بیشتر باشد، نیروی عمودی سطح نیز بیشتر می‌شود.

نکته

برایند دو نیروی عمودی سطح و وزن صفر است.

مثال جعبه‌ای به جرم ۲۰ کیلوگرم روی میز مطابق شکل قرار دارد. اندازهٔ نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰ \ N/kg)$



پاسخ جسم روی سطح میز ساکن است، پس نیروی عمودی سطح برابر با وزن جعبه است.

$m = ۲۰ \ kg$

$W = mg = ۲۰ \times ۱۰ = ۲۰۰ \ N$

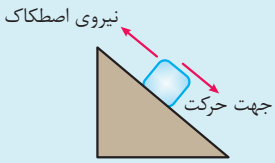
$F_N = W = ۲۰۰ \ N$

نیروی اصطکاک

تعریف: نیرویی که در برابر حرکت اجسام مقاومت می‌کند.

نکته

نیروی اصطکاک معمولاً در خلاف جهت حرکت بر اجسام اثر می‌کند.

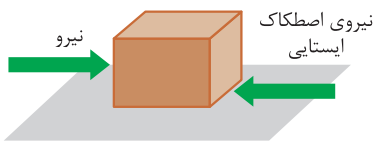


انواع نیروی اصطکاک:

اصطکاک ایستایی

تعریف: نیرویی که در شروع حرکت با نیروی ما مقابله می‌کند و مانع حرکت جسم ساکن می‌شود.

مثال وقتی یک جسم را هل می‌دهید، ولی نمی‌توانید آن را به حرکت درآورید.



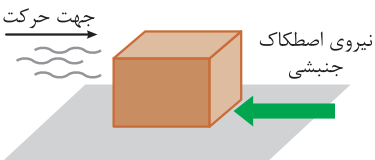
نکته

مقدار نیروی اصطکاک ایستایی برابر نیرویی است که به جسم وارد شده است و هر چه مقدار این نیرو بیشتر باشد، نیروی اصطکاک ایستایی هم بیشتر است.

اصطکاک جنبشی

تعریف: نیرویی که هنگام حرکت یک جسم در برابر حرکت آن مخالفت می‌کند.

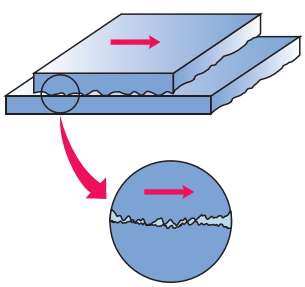
مثال وقتی یک جسم در حال حرکت است، نیرویی در خلاف جهت حرکت بر جسم وارد می‌شود که می‌تواند سبب کندشدن حرکت و یا توقف جسم شود.



نکته

هر چه جسم سنگین‌تر شود، نیروی اصطکاک جنبشی نیز افزایش می‌یابد.

علت به وجود آمدن نیروی اصطکاک ← فرورفتن ناهمواری‌های میکروسکوپی سطح اجسام در یکدیگر



نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح‌های در تماس با هم بستگی دارد.

مثال

صخره‌نوردان از کفش‌هایی استفاده می‌کنند که اصطکاک بین کفش و سطح صخره زیاد شود.

اسکی‌بازان از چوب‌هایی استفاده می‌کنند که اصطکاک بین چوب‌ها و برف کم شود.

نکته

نیروی اصطکاک همیشه غیرمفید نیست.

نمونه‌هایی از نیروی اصطکاک مفید

- نگه‌داشتن یک جسم مثل مداد در دست
- نوشتن
- قدم‌زدن و دویدن
- ترمزکردن
- گره‌زدن

راه‌های کم‌کردن اصطکاک

۱) صاف و صیقلی کردن سطوح ← مثال ← سوهان‌زدن فلزات، سنباده‌زدن چوب

۲) استفاده از مواد لغزنده (روغن، گریس و ...) ← مثال: روغن‌کاری لولای در

۳) استفاده از مواد غلتان (چرخ، غلتک، ساچمه و ...) ← مثال: استفاده از چرخ در وسایل نقلیه

۴) استفاده از هوا با فشار زیاد ← مثال: استفاده از بالشتک هوا در حرکت بعضی شناورها