۲

دینامیک

اسحاق نیوتون

(۱۷۲۷ـ۱۶۴۲م)

دینامیک

نگاهی به فصل: قانون‌های نیوتون از جمله‌ی قانون‌های اساسی و بنیادی در دانش فیزیک به شمار می‌روند. این قانون‌ها، کاربردهای گسترده‌ای در فناوری و غالب رشته‌های مهندسی دارند. در صنعت، امور ساختمانی، دریانوردی، فضانوردی و... اصول حاکم بر پدیده‌ها از قانون‌های نیوتون پیروی می‌کنند.

شما در فیزیک ۲ و آزمایشگاه، با قانون‌های نیوتون آشنا شدید و دیدید که چگونه می‌توان آن‌ها را برای حل مسئله‌های دینامیک در یک بُعد به‌کار برد.

در این فصل، پس از یادآوری این قانون‌ها، کاربرد آن‌ها را در حل مسئله‌ها، در دینامیک دوبعدی، بررسی می‌کنیم.

۲ــ۱ــ قانون‌های نیوتون

قانون اول نیوتون: «هر جسمی، حالت سکون و یا حرکت یکنواخت خود را روی خط راست حفظ می‌کند، مگر آن‌که تحت تأثیر نیرو یا نیروهایی، مجبور به تغییر آن حالت شود.»

قانون دوم نیوتون: «اگر به یک جسم نیروهایی وارد شود، شتابی می‌گیرد که با برایند نیروهای وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و با آن هم‌جهت است و با جرم جسم نسبت وارون دارد» ؛ یعنی :

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

و یا :

$$\vec{F} = m\,\vec{a} \qquad (۱ــ۲)$$

توجه کنید در رابطه‌ی بالا $\vec{F}$ برایند نیروهای وارد بر جسم است.

قانون سوم نیوتون: «هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم هم به جسم اوّل نیرویی **هم‌اندازه، هم راستا و در خلاف سوی آن** وارد می‌کند.»

همچنین در فیزیک ۲ و آزمایشگاه دیدیم، نیرویی که جسم اوّل وارد می‌کند، «کنش» و نیرویی که جسم دوم وارد می‌کند «واکنش» نام دارد. این دو نیرو همواره هم‌اندازه، هم‌راستا و در سوی مخالف یک‌دیگرند و هر یک بر دیگری وارد می‌شود.

تمرین ۲ــ۱

با مراجعه به آن‌چه در فیزیک ۲ و آزمایشگاه خوانده‌اید، جمله‌های زیر را کامل کنید :

۱ــ تغییر بردار سرعت در اثر ..... است.

۲ــ اگر در اثر اعمال نیرو، جسم ساکنی به حرکت درآید، در شروع حرکت بردارهای سرعت و ..... هم‌جهت‌اند.

۳ــ در مسیر خمیده بردارهای سرعت و نیرو.....

۴ــ اگر جسمی بر روی خط راستی در حرکت باشد و بر آن نیرویی هم‌راستا و هم‌سو با سرعت حرکتِ آن وارد شود، حرکت جسم..... خواهد شد.

۵ــ درصورتی که جسمی بر روی خط راستی در حرکت باشد و بر آن نیرویی در خلاف جهت سرعت اعمال شود حرکت جسم ..... خواهد شد.

تمرین ۲ــ۲

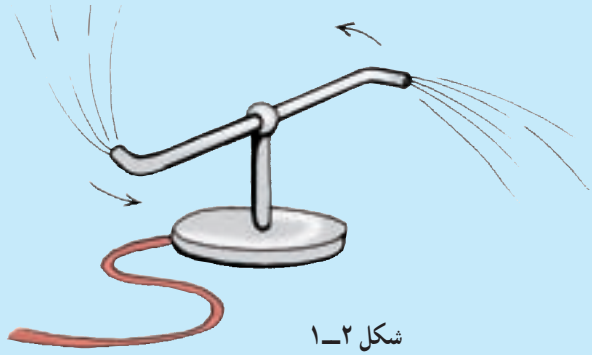
توضیح دهید چرا هنگامی که :

۱ــ با پا به دیواری ضربه می‌زنید پای شما درد می‌گیرد؟

۲ــ قایق‌ران پارو می‌زند، قایق در آب حرکت می‌کند؟

۳ــ چمدان را از زمین بلند می‌کنید، دست شما به‌طرف پایین کشیده می‌شود؟

۴ــ در شکل ۲ــ۱ آب از فواره خارج می‌شود، فواره می‌چرخد؟



شکل ۲ــ۱

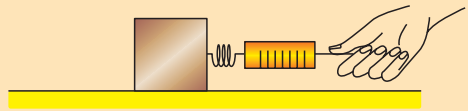
فعالیت ۲ــ۱

در شکل ۲ــ۲ تصویر یک شاتل را که با استفاده از دو موشک به فضا پرتاب می‌شود، مشاهده می‌کنید. براساس قانون سوم نیوتون چگونگی حرکت آن را شرح دهید.

شکل ۲ــ۲

مثال ۲ــ۱

صندوقی به جرم $10\ kg$ روی یک سطح افقی با ضریب اصطکاک ایستایی $0/4$ و ضریب اصطکاک جنبشی $0/2$ قرار دارد. مطابق شکل ۲ــ۳ــ الف نیروسنج را به صندوق وصل می‌کنیم و آن را می‌کشیم :



شکل ۲ــ۳ــ الف

الف : نخست با نیرویی برابر با ۲۰N صندوق را می‌کشیم. آیا صندوق شروع به حرکت می‌کند؟ در این حالت نیروی اصطکاک بین صندوق و سطح چه‌مقدار است؟

ب : نیروی وارد بر صندوق را به ۶۰N می‌رسانیم، در این حالت نیروی اصطکاک چه‌مقدار است؟ شتاب حرکت صندوق را در این حالت حساب کنید.

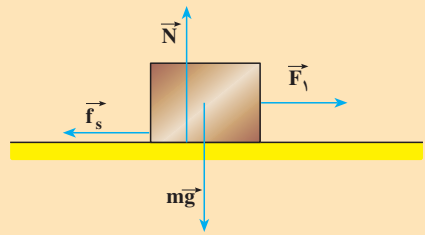
پاسخ

الف : در فیزیک ۲ و آزمایشگاه دیدیم، برای آن‌که جسمی به حرکت درآید باید نیروی وارد بر آن از نیروی اصطکاک در آستانه‌ی حرکت بیش‌تر باشد. بنابراین ابتدا نیروی اصطکاک در آستانه‌ی حرکت (بیشینه‌ی نیروی اصطکاک) را محاسبه می‌کنیم :

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N = mg = 10 \times 10 = 100N$$

$$f_{s,max} = \mu_s N$$

$$f_{s,max} = 0/4 \times 100 = 40N$$



شکل ۲ــ۳ــ ب

در این حالت، چون نیروی وارد شده، از نیروی اصطکاک در آستانه‌ی حرکت کم‌تر است، صندوق ساکن می‌ماند و درنتیجه شتاب حرکت آن صفر است. بنابر قانون دوم نیوتون داریم :

$$\sum F_x = ma \Rightarrow F_1 - f_s = ma = 0$$

$$f_s = 20N$$

ب : در این حالت، چون نیروی وارد شده، از نیروی اصطکاک در آستانه‌ی حرکت بیش‌تر است، جسم حرکت می‌کند و نیروی اصطکاک، جنبشی است و با استفاده از رابطه‌ی $f_k = \mu_k N$ محاسبه می‌شود.

$$f_k = ۰/۲ \times ۱۰۰ = ۲۰ N$$

برای محاسبه‌ی شتاب حرکت، قانون دوم نیوتون را می‌نویسیم :

$$F - f_k = ma$$

$$۶۰ - ۲۰ = ۱۰a$$

$$a = ۴ m/s^۲$$

۲ــ۲ــ چگونگی استفاده از قانون‌های نیوتون در حرکت یک جسم

در فیزیک ۲ و آزمایشگاه دیدیم که برای حل مسئله‌های دینامیک یک‌بعدی چه نکاتی را باید درنظر بگیریم. اکنون برای حلّ مسئله‌های دینامیک دوبعدی این نکات را یادآوری و تکمیل می‌کنیم :

۱ــ شکل ساده‌ای از جسم و تکیه‌گاه آن را رسم می‌کنیم.

۲ــ نیروهایی را که اجسام دیگر بر جسم وارد می‌کنند، روی شکل مشخص می‌کنیم.

۳ــ دستگاه محورهای مختصات مناسب انتخاب می‌کنیم. (ضمن حل مسئله، با نحوه‌ی انتخاب دستگاه مختصات مناسب آشنا خواهیم شد.)

۴ــ نیروها را روی محورهای مختصات تجزیه می‌کنیم ؛ یعنی، مؤلفه‌های هر نیرو را روی محورها تعیین می‌کنیم.

۵ــ با نوشتن قانون دوم نیوتون روی هر یک از محورها، شتاب حرکت جسم را روی هر محور محاسبه می‌کنیم. به عبارت دیگر، مؤلفه‌های نیرو را روی هر محور به‌طور جداگانه، به‌صورت $F_x = ma_x$ و $F_y = ma_y$ می‌نویسیم.

۶ــ هرگاه چند جسم به هم متصل باشند، درصورتی که بردار شتاب حرکت همگی یکسان باشد، مجموعه را می‌توانیم به‌عنوان یک دستگاه (با جرمی برابر مجموع جرم‌ها) درنظر بگیریم و قانون دوم را برای آن بنویسیم.

نحوه‌ی استفاده از قانون‌های نیوتون در مثال‌های صفحه‌های ۳۳ تا ۳۵ نشان داده شده است.