نیرو و حرکت

کایل کرکلند

ترجمه‌ی

بهرام معلمی

انتشارات مازیار

فهرست مطالب

پیشگفتار ۹
مقدمه ۱۱

۱. گرانش ۱۳
فرو افتادن ۱۴
بالا رفتن ۱۹
مدارها و ماهواره‌ها ۲۳
ماجرای آپولو: سفر به ماه ۳۱
ناوبری در منظومه‌ی شمسی ۳۶

۲. حرکت خطی ۴۱
لختی ۴۱
قوانین اول و دوم نیوتون ۴۴
رانندگی ۴۵
کاهش سرعت ۴۷
حرکت (جنبش) پیش‌بینی‌ناپذیر: آشوب ۵۲
موشک‌ها و قانون سوم نیوتون ۵۶
سفینه‌های فضایی آینده ۵۹

۳. چرخش ۶۳
گلوله، توپ فوتبال، ژیروسکوپ ۶۵
اثر کوریولیس ۶۸
بلبرینگ (کاسه ساچمه) ۷۱
دیسک‌های سخت (هارددیسک‌های) کامپیوتر ۷۳
گرانش مصنوعی و دستگاه‌های مرکزگرا ۷۴
دُم تیرانوساروس رکس —
دایناسور چگونه توازن خود را حفظ می‌کرد؟ ۷۸

تیرانوساروس رکس ۷۸
سامانه‌ی ترمز ضد قفل ۸۰

۴. کار و انرژی ۸۳
اهرم‌ها و ماشین‌های ساده ۸۳
امتناع حرکت دائم ۸۸
پایستگی انرژی ۸۹
کار و انرژی بدن آدمی ۹۱
دوچرخه‌ها و چرخ‌دنده‌ها ۹۴
پتانسیل (توان بالقوه) در انرژی پتانسیل ۹۸

۵. کشسانی (الاستیسیته) ۱۰۳
ترامپولین و کِش ۱۰۴
توپ‌ها و راکت‌های تنیس ۱۰۸
فنرها ۱۱۰

۶. نوسانات ۱۱۵
بسامد و طول موج ۱۱۶
تشکیل حرکت موزون (ضرباهنگ):
بسامدهای طبیعی و تشدید زمین‌لرزه‌ها ۱۱۷
۱۱۹
صوت و شنوایی ۱۲۴
هماهنگ‌ها: صدای موسیقی ۱۳۱
سینتی‌سایزرها: ماشین‌های سخنگو ۱۳۴
تصویربرداری فراصوتی: دیدن به کمک صدا ۱۳۶

۷. شاره‌ها و اشیایی که درون آن‌ها حرکت می‌کنند ۱۳۹
فشار هوا و آب ۱۴۰
امواج اقیانوس، سونامی‌ها، و کِشندها ۱۴۶
توفندها (چرخندهای حاره‌ای) چگونه حرکت می‌کنند ۱۴۹
کشتی‌ها ۱۵۱
نیروی شناوری ۱۵۲

توپ‌های بیسبال و گلف ۱۵۴
هواپیماها ۱۵۸
هواپیما و آب‌پیمای آینده ۱۶۰

نتیجه‌گیری ۱۶۵
واحدهای SI و تبدیل‌ها ۱۶۷
فرهنگ اصطلاحات ۱۶۹
برای مطالعه‌ی بیشتر ۱۷۵
نمایه ۱۷۹

در کتاب نیرو و حرکت به نیروها و حرکت‌ها و چگونگی تأثیر علم فیزیک، از طریق مفاهیم ساده و کلی، بر شیوه‌ی زندگی آدمی[1] و بر چگونگی کارکرد دنیای پیرامون او، نگاهی می‌اندازیم. مستقل از این که حرکت و جنبش به چه شکلی انجام می‌شود، نیرو بر حرکت حاکم است. مشاهده‌ی برخی از این نیروها، مانند برخوردی که توپ بیسبال را با ضربه‌ی چوب بیسبال به پرواز درمی‌آورد، آسان است؛ نیروهای دیگری هم، مانند نیرویی که موشکی را پرتاب می‌کند، هستند که دیدن‌شان دشوار است. اما تمام اشیای متحرک از قوانین خاصی پیروی می‌کنند، چه این شیء یک چرخ یا یک توپ بیسبال، یا سونامی در اقیانوس باشد، چه آدمی که دارد در خیابان راه می‌رود. سر و کله‌ی همین نوع نیرو در مکان‌های بسیار بسیار دوردست هم پیدا می‌شود ــ نیرویی که شاتل فضایی را در مدارش نگه می‌دارد مشابه همان نیرویی است که به یک تکه گرانیت وزن می‌دهد.

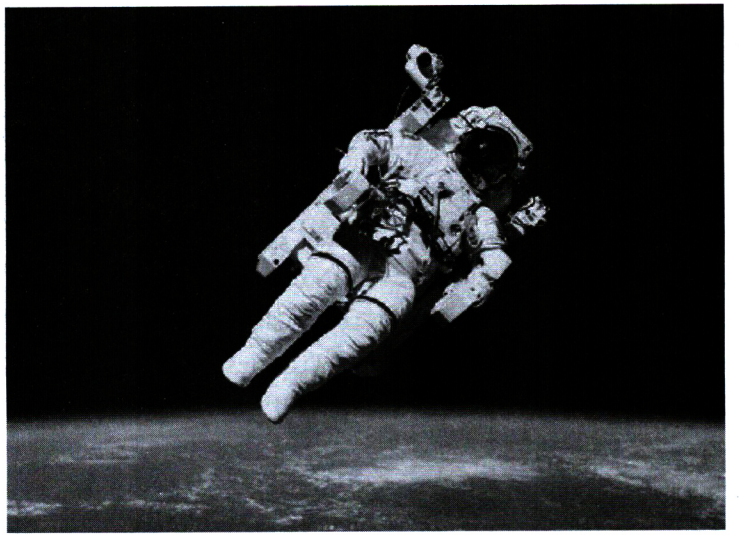
اشیای متحرک یا در حال حرکت دارای انرژی‌اند. یک کش نواری کشیده یا آب داخل مخزن در ارتفاع هم انرژی دارند، هرچند که این انرژی فرق دارد ــ می‌شود آن را ذخیره کرد، که همان انرژی پتانسیل است. ذخیره کردن انرژی و تبدیل کردن آن به حرکت یکی از راه‌های متداول جابجا شدن است، و جابجا شدن بدون مصرف کردن تمامی انرژی موجود در جهان و بدون آلوده کردن محیط زیست فرایند دیگری است که در آن علم فیزیک نقش اساسی بازی می‌کند.

هر فصل از کتاب نیرو و حرکت فقط بر یک جنبه‌ی نیرو و حرکت متمرکز است. با این وجود این جنبه هم شاخه شاخه می‌شود، و گستره‌ی پهناوری از پدیده‌ها را دربر می‌گیرد و به راه‌هایی که بدون علم فیزیک تصورناپذیر است، بین آن‌ها رابطه برقرار می‌کند.

۱. برای نقش فیزیک در زندگی روزمره کتاب ساده، باورنکردنی/ باورنکردنی، ساده از همین مجموعه را ببینید. ناشر

۱
گرانش

فضانوردی که در فضا شناور است هیچ حسی از بالا یا پایین ندارد. بر روی سطح زمین، این کششِ ثابت و پایدارِ رو به پایین، گرانش (یا نیروی گرانی) است که این حس را در ما به وجود می‌آورد. جانوران و آدمی چنان با گرانش سازگاری یافته‌اند که به نظر می‌رسد این نیرو لازمه‌ی سلامتی و بهزیستی است: استخوان‌ها و عضلات فضانوردان غالباً پس از مدت درازی که در مدار می‌مانند، به نحو چشمگیری ضعیف می‌شود.



شکل ۱.۱ بروس مک‌اندلس فضانورد این فعالیت خارج از سفینه را در سال ۱۹۸۴ انجام داد. یک کوله پشتی با پیشرانه‌های جت نیتروژن قابلیت مانور او را تأمین می‌کند.

بُرد گرانش فقط تا فراسوی سطح این سیاره گسترده است. گاهی می‌گویند فضانوردی که در یک مدار سیاره را دور می‌زند بدون وزن یا در «گرانش صفر» است هرچند که این امر دقیق و صحیح نیست. نیروی گرانش در آنجا نیز وجود

و حضور دارد، هرچند که حس رو به پایین و جهت دیگر وجود ندارد. نیروی گرانش ممکن است نامحسوس باشد، و فیزیکدانان این نیرو را تا مدت‌های طولانی نمی‌شناختند. روی‌هم‌رفته، نیرویی که سیبی را بر زمین فرو می‌اندازد ضرورتاً به نظر نمی‌رسد همان نیرویی باشد که اجزای منظومه‌ی شمسی را به عنوان یک منظومه کنار هم نگه داشته. انسان‌ها هزاران سال بر همین باور بودند تا این که سر آیزاک نیوتون (۱۷۲۷ـ۱۶۴۲) قانون عمومی گرانش را کشف کرد.

از آنجا که نیروی گرانش بر همه‌ی اتفاقات، نه تنها بر روی سیاره‌ی زمین بلکه در همه جای جهان هستی، اثر می‌گذارد، بر زندگی آدمی بر کره‌ی زمین و بر زندگی آنان که جرئت می‌ورزند و به فراسوی کره‌ی زمین و به فضا می‌روند، تأثیر می‌گذارد. پویش منظومه‌ی شمسی، که در دهه‌ی ۱۹۵۰ آغاز شد، مستلزم شناخت فیزیک گرانشی است، و این پویش و اکتشاف بدون مجهز بودن به این علم ناممکن است. در این فصل راه‌های بسیاری را تشریح می‌کنیم که نیروی گرانش از طریق آن‌ها بر مردم ساکن بر کره‌ی زمین، و نیز کسانی که در فضا هستند و یا در آینده به فضا خواهند رفت، تأثیر می‌گذارد.

فرو افتادن

حتی پیش از دوران نیوتون، آدمی می‌دانست که هنگام کاربرد تیر و کمان، باید کمی بالاتر از هدف نشانه گیری کند، وگرنه هدف را نمی‌زند. تیر تا به هدف برسد خط مستقیمی را نمی‌پیماید بلکه مسیرش اندکی به سوی پایین خمیده می‌شود. گرانش یا نیروی گرانی بر همه چیز تأثیر می‌گذارد، حتی بر تیرهایی که با سرعت حرکت می‌کنند. بعداً، وقتی آدمی شروع به استفاده از پرتابه‌های حتی سریع‌تر، چون گلوله‌های توپ کرد، باز هم لازم شد به خاطر جبران کشش گرانشی رو به پایین، در هدف گیری‌اش تصمیماتی بگیرد. در قرن بیستم، همچنان که جنگ افزارها چندان قدرتمند شدند که گلوله‌ی توپ‌ها را می‌شد به فاصله‌ی کیلومترها پرتاب کرد، مهندسان فنون نظامی جدول‌هایی ریاضی را تدوین کردند که افسران توپخانه می‌توانستند توپ‌های‌شان را با دقت هدف گیری کنند. در این جدول‌های پرتابه‌ای نه تنها نیروی گرانی بلکه مقاومت باد، چرخش زمین حول محورش، و سایر عوامل منظور شده بود. برای تنظیم کردن این جدول‌ها پیش از ابداع و اختراع رایانه، تلاش و مجاهدت تعداد بیشمار کسانی با گرایش و استعداد ریاضیاتی ضروری بود، و فرایندی بسیار کند هم بود؛ نیاز به محاسبه‌ی

سریع جدول پرتاب‌شناختی یکی از انگیزه‌های اساسی ابداع و گسترش رایانه‌های امروزی به شمار می‌آید.

نیوتون می‌گفت که نیروی گرانش بین هر دو جسم دارای جرم وارد می‌آید ــ که جرم به مقدار ماده‌ای بستگی دارد که در جسمی گنجیده شده است. علت این که یک تیر، گلوله‌ی توپ، یا کلیدی که از دستمان رها شده، سرانجام بر زمین فرود می‌آید، آن است که نیروی ربایش قدرتمندی بین آن جسم و سیاره‌ی زمین برقرار است. از آنجا که کره‌ی زمین بسیار بزرگ‌تر از این اشیاء است، این اشیاء نیستند که همگی حرکت می‌کنند (حرکت‌شان به چشم می‌آید). هرچند که کره‌ی زمین هم به سوی آن اشیاء ربوده می‌شود، حرکت و جابجایی آن تحت این شرایط ناچیز و چشم‌پوشیدنی است.

نیوتون کشف کرد که نیروی ناشی از گرانش بین دو جرم m_1 و m_2 که فاصله‌ی مراکز آن‌ها از یکدیگر r است، از این معادله به دست می‌آید:

$$F = \frac{(Gm_1m_2)}{r^2}$$

در این رابطه G عددی است به نام ثابت گرانش. نیرو را معمولاً برحسب یکایی به نام نیوتون توصیف می‌کنند، همان گونه که در مطالب بعدی در داخل کادر تشریح خواهد شد. ربایش گرانشی با حاصل ضرب دو جرم متناسب است: هرگاه یکی از جرم‌ها یا هر دو افزایش یابند، نیرو نیز زیاد می‌شود. اما ربایش با مجذور دو جرم نسبت عکس دارد: اگر این فاصله دو برابر شود، نیرو چهار برابر (دو به توان دو) کمتر خواهد شد.

مهم‌ترین نکته درباره‌ی قانون گرانش نیوتون عام بودن آن است ــ این قانون در مورد همه چیز در جهان هستی صدق می‌کند. این قانون انسان را هم دربر می‌گیرد، که یکدیگر را هم در چارچوب گرانشی و هم در معنای عاطفی به سوی یکدیگر جذب می‌کنند. اما گرانش در قیاس با همه‌ی نیروهای دیگر ضعیف است. برای دو آدم بالغ که به فاصله‌ی یک متر از هم ایستاده‌اند، کشش گرانشی ۰/۰۰۰۰۰۰۴ نیوتون است ــ تقریباً معادل وزنه‌ای ۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۰۵ کیلوگرمی بر روی سطح زمین، که نمی‌تواند آنقدر قوی باشدکه دو نفری را که دوست ندارند کنار یکدیگر باشند، به سوی یکدیگر بکشاند. در مورد اشیایی دارای بار الکتریکی، نیروهای الکتریکی نسبت به نیروی گرانش بسیار قوی‌ترند. نیروهای مغناطیسی