

فزیک سطح دو بین المللی

بخش اول

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
10	فصل اول
10	۱. فهمیدن و به کار بردن روش علمی در کارهای عملی
10	1.1 - توسعه روش علمی که در علوم کاربردی استفاده می شود
13	1.2 - کسب مهارت های تجربی و راهبردهای تحقیقاتی
13	• مهارت های مهم تجربی در فزیک
15	• ارزیابی تحقیق
15	1.3 - طراحی یک تحقیق علمی ساده برای بررسی یک مشکل واقعی در زندگی
15	• مراحل طراحی تحقیق علمی
15	1.4 - تحلیل داده های تجربی، ارزیابی نتایج، و نتیجه گیری بر اساس شواهد
16	• تحلیل داده چیست؟
16	• ارزیابی نتایج چیست؟
17	• تحلیل آزمایش قانون هوک
17	• پیشنهاد برای بهتر شدن آزمایش
17	۲ درک واحدهای علمی، مقیاس های اندازه گیری و تبدیل ها
18	- ۱.۲. کمیت، واحدها، سمبول ها و نام گذاری علمی
19	- ۲.۲. تشخیص اهمیت کمیت های علمی و نحوه تعیین آنها
19	- ۳.۲. استفاده از پیشوندها و توان های علمی استاندارد برای بیان کمیت ها در مقیاس های مختلف و تبدیل بین آنها
20	• پیشوندهای مهم علمی
20	- ۴.۲. استفاده از تعداد مناسب ارقام معنی دار در اندازه گیری ها و محاسبات
21	- ۵.۲. توضیح مقیاس ها و واحدهای مختلف مورد استفاده در زمینه های علمی و روزمره
22	• تفاوت مقیاس علمی و روزمره
22	خلاصه
23	۳ بررسی دقت و عدم قطعیت اندازه گیری
23	- ۱.۳. تعریف انواع مختلف خطاها
23	- ۱. خطای تصادفی
24	- ۲. خطای سیستماتیک

24	۳- خطای انسانی
25	۴- خطای وسیله
27	-مثال فیزیکی: منابع خطا در آزمایش سرعت موتورک
27	۳.۳- شرح تفاوت بین دقت و صحت
28	۴.۳- توضیح نحوه محاسبه عدم قطعیت و تأثیر آن بر نتایج
30	خلاصه
30	-تمرین و فعالیت: محاسبه عدم قطعیت در اندازه‌گیری
30	•هدف فعالیت
30	•منابع
35	Unit 2: Understanding Motion, Force, and Energy in Mechanical Systems
35	فصل دوم: درک علمی حرکت، قوه و انرژی در سیستم‌های میخانیک
36	مقدمه
36	1.1- مفاهیم سرعت، سرعت جهت‌دار و شتاب در زندگی روزمره
36	•سرعت با Speed
36	•سرعت جهت‌دار با Velocity
37	•شتاب با Acceleration
37	1.2- تفسیر گراف‌های فاصله-زمان و سرعت-زمان
38	۱- گراف فاصله-زمان
38	•حالت‌های مهم در گراف فاصله-زمان
38	۲- گراف سرعت-زمان
39	•حالت‌های مهم در گراف سرعت-زمان
39	۳- تفاوت مهم میان دو گراف
41	۱- حرکت یکنواخت
41	-فرمول حرکت یکنواخت
41	•مثال محاسبه: اگر یک بایسکل‌سوار در ۱۰ ثانیه، ۵۰ متر راه برود، سرعت او چنین محاسبه می‌شود:
41	-ویژگی‌های حرکت یکنواخت
42	•چرا شتاب در حرکت یکنواخت صفر است؟
42	-مثال‌های روزمره از حرکت یکنواخت
42	۲- حرکت شتاب‌دار
42	-فرمول حرکت شتاب‌دار
43	-ویژگی‌های حرکت شتاب‌دار
44	۳- تفاوت اصلی میان حرکت یکنواخت و حرکت شتاب‌دار
44	-جدول مقایسه حرکت یکنواخت و حرکت شتاب‌دار
48	۸- نتیجه‌گیری
48	1.4- تحلیل حرکت در سیستم‌های یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی
48	•حرکت یک‌بعدی
48	•تحلیل حرکت یک‌بعدی

49	• حرکت دوبعدی
49	• تحلیل حرکت دوبعدی
49	• حرکت سه بعدی
49	• اهمیت تحلیل سه بعدی
53	1.5- شتاب، کم شدن سرعت و فاصله بیرک در ایمنی جاده
54	-اهداف آموزشی
54	۱۰- شتاب در رانندگی
54	۴۰ نقش قوه‌ها در توقف موتر
56	۶۰ فاصله واکنش
57	۷۰ عوامل مؤثر بر فاصله واکنش
58	۹۰ مثال کامل: فاصله توقف
59	۱۰۰ عوامل مؤثر بر فاصله بیرک
59	۱۱۰ رابطه اصطکاک و فاصله بیرک
60	۱۲۰ چرا سرعت زیاد خطرناک است؟
60	۱۳۰ نقش طراحی موتر در کاهش آسیب
61	۵- جمع بندی علمی
61	۲ فهمیدن قوه‌های وارد بر اجسام و اثرات آنها
61	۱.۲ مفهوم اینرسی(عطالت)و نقش آن در حرکت
61	-اینرسی یا عطالت چیست؟
62	-رابطه عطالت با کتله
62	-عطالت و قانون اول نیوتن
63	۲.۲ قوه به عنوان یک کمیت وکتوری
63	-قوه چیست؟
63	-چرا قوه یک کمیت وکتوری است؟
63	-نمایش قوه با فلش
64	• قوه مجموعی/محصله در حالت‌های مختلف
64	• نمادهای مهم
66	1 • قوه‌ها در یک جهت
66	2 • قوه‌ها در جهت مخالف
66	3 • قوه‌های مساوی و مخالف
67	4 • وقتی قوه مجموعی صفر باشد
67	5 • وقتی قوه مجموعی صفر نباشد
67	6 • قوه‌ها با زاویه 90 درجه
67	7 • دو قوه با زاویه دلخواه
67	8 • تجزیه قوه به مؤلفه‌های افقی و عمودی
68	9 • سطح افقی همراه با اصطکاک
68	10 • قوه‌ها روی سطح شیب‌دار
69	11 • حرکت عمودی و سقوط در هوا
69	12. • قوه مجموعی در آسانسور

70	13. • قوهٔ مجموعی در حرکت دایره‌ای
70	14. • جدول خلاصه حالت‌های قوهٔ مجموعی
70	• خلاصه
71	۳.۲ قوهٔ مجموعی، شتاب و قوانین حرکت نیوتن
71	-قوهٔ مجموعی چیست؟
71	خلاصهٔ کوتاه
71	• قوانین نیوتن، سرعت نهایی، سرعت فرار و بقای مومنتوم با توضیحات، مثال‌های حل‌شده، تمرین‌ها و فعالیت‌ها
72	واژه‌های کلیدی
72	۳.۲ قوانین نیوتن و اثر قوهٔ مجموعی بر حرکت
72	-قانون اول نیوتن: قانون عطالت
73	-قانون دوم نیوتن: رابطهٔ قوه، کتله و شتاب
73	-قانون سوم نیوتن: عمل و عکس‌العمل
73	-اثر قوهٔ مجموعی بر حرکت
76	-فعالیت ۱: مشاهدهٔ عطالت
76	۴.۲ سرعت نهایی و سرعت فرار
77	-الف (سرعت نهایی چیست؟
77	• اهمیت سرعت نهایی
78	-ب (سرعت فرار چیست؟
78	• تفاوت سرعت نهایی و سرعت فرار
79	-مومنتوم چیست؟
79	-قانون بقای مومنتوم
79	-تصادم چیست؟
80	-فورمول بقای مومنتوم در دو جسم
81	-تصادم چسبنده یا کاملاً غیرالاستیکی
81	-اهمیت بقای مومنتوم در زندگی واقعی
81	-فعالیت ۳: مومنتوم در برخورد دو جسم
82	تمرین‌های درسی
82	-الف) سوالات کوتاه
82	-ب) تمرین‌های محاسباتی
82	-ج) سوالات تحلیلی
82	فعالیت پایانی: تحلیل یک حادثهٔ ساده
83	پاسخ‌نامهٔ کوتاه برای تمرین‌های محاسباتی
83	خلاصهٔ نهایی درس
83	۳. رابطهٔ کار، انرژی و توان
83	-هدف‌های یادگیری
84	-۱.۳ کار به عنوان حاصل‌ضرب قوه و فاصله
85	-۲.۳ تبدیل انرژی و قانون بقای انرژی
86	-۳.۳ رابطهٔ کار و انرژی

87	۴.۳- توان به عنوان سرعت انتقال انرژی یا انجام کار
88	۵.۳- ذخیره‌های انرژی و تبدیل انرژی در سیستم بسته
89	۶.۳- محاسبه مصرف انرژی و توان در سناریوهای عملی
89	۷.۳- انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر و نقش آن‌ها در آینده
91	نمونه‌های محاسباتی بیشتر
95	باسخ تمرین‌های محاسباتی اضافه
96	تمرین‌های پایانی
96	• پاسخ کوتاه تمرین‌ها
96	خلاصه نهایی درس
96	فصل سوم
96	۱. درک الکتروستاتیک و خواص الکتریکی مواد
97	۱.۱- تولید و برهم‌کنش چارجهای الکتریکی
97	• روش‌های تولید چارج الکتریکی
97	• قانون کولن
98	• فعالیت ساده
98	۲.۱- میدان‌های الکتریکی و نیروهای آن‌ها
99	• کاربردهای میدان الکتریکی
99	۳.۱- تشخیص هادی، عایق و نیمه‌هادی
100	۴.۱- اندازه‌گیری مقاومت با استفاده از ولتاژ و جریان
100	• روش عملی اندازه‌گیری مقاومت
100	۵.۱- رابطه جریان، مقاومت و ولتاژ در مدارها و نمایش گرافیکی آن
100	• نمودار جریان-ولتاژ (I-V)
102	• فعالیت گرافیکی
102	۶.۱- چارج الکتریکی حاصل‌ضرب جریان در زمان
102	۲. درک تولید و کاربرد جریان الکتریکی
103	۱.۲- رسم مدارها، مقاومت‌های سری و موازی، و مقاومت معادل
103	• مقاومت‌های مسلسل
103	• مقاومت‌های موازی
104	۲.۲- جریان مستقیم و جریان متناوب و کاربردهای آن‌ها
105	۳.۲- ایمنی برق و روش‌های عملی حفاظت
105	• وسایل حفاظتی مهم
106	۴.۲- تبدیل، ذخیره و استفاده از برق در صنایع
106	۵.۲- هدف و عملکرد بنیادی خازن‌ها در مدارهای الکتریکی
107	• اتصال خازن‌ها
107	۳. بررسی رابطه برق و مقناطیس
107	۱.۳- مقناطیس‌های دائمی و القایی، میدان‌های آن‌ها و میدان مقناطیسی زمین
108	• فعالیت ساده با قطب‌نما
108	۲.۳- اثر مقناطیسی جریان و نقش سولنوید در تقویت میدان

109	•عامل‌های مؤثر بر قدرت الکترومقناطیس
109	-۳.۳ کاربرد الکترومقناطیس در تکنالوژی‌ها
109	•نکته مقایسوی
109	-۴.۳ نقش ترانسفورمرها در شبکه ملی برق و دلیل استفاده از آن‌ها
110	•مثال محاسباتی ترانسفورمر
110	واژه‌های مهم فصل
111	تمرین‌ها و پرسش‌های پایانی
111	-فعالیت جمع‌بندی
111	خلاصه فصل
111	منابع

فصل اول

۱. فهمیدن و به کار بردن روش علمی در کارهای عملی

روش علمی یک راه منظم برای فهمیدن پدیده‌های طبیعی و حل مسئله‌های علمی است. در فیزیک، ما با موضوعاتی مانند حرکت، قوه، انرژی، گرمی، برق، نور، موج و فشار سروکار داریم. برای فهمیدن این موضوعات، تنها دیدن یا حدس زدن کافی نیست؛ بلکه باید مشاهده دقیق، اندازه‌گیری، آزمایش، ثبت معلومات و تحلیل نتایج انجام شود. در فیزیک، یک نظر یا قانون وقتی قابل قبول است که بتوان آن را با آزمایش بررسی کرد. برای مثال، اگر بگوییم «هر قدر قوه زیاد شود، فنر بیشتر کش می‌شود»، باید این موضوع را با آزمایش بررسی کنیم. یا اگر بگوییم «سطح زیر باعث کم شدن حرکت یک جسم می‌شود»، باید حرکت جسم را روی سطح صاف و سطح زیر اندازه بگیریم و نتیجه را مقایسه کنیم. روش علمی به شاگرد کمک می‌کند که منظم فکر کند. شاگرد یاد می‌گیرد که اول مشاهده کند، بعد سوال علمی بسازد، سپس فرضیه ارائه کند، آزمایش انجام دهد، معلومات را جمع‌آوری و تحلیل کند و در پایان بر اساس شواهد نتیجه‌گیری نماید.

1.1 توسعه روش علمی که در علوم کاربردی استفاده می‌شود

روش علمی در علوم کاربردی یعنی استفاده از مراحل علمی برای بررسی یک مسئله واقعی. در فیزیک، این روش برای بررسی حرکت اجسام، کش شدن فنر، سرکتهای برقی، انتقال گرمی، فشار مایعات و موضوعات دیگر استفاده می‌شود.

مراحل روش علمی در فیزیک

۱ مشاهده: مشاهده اولین مرحله روش علمی است. در این مرحله شاگرد یک پدیده را با دقت می‌بیند یا احساس می‌کند. مشاهده باید دقیق، واقعی و قابل ثبت باشد. مثال‌ها:

وقتی یک توپ از دست رها می‌شود، به طرف زمین می‌افتد.
وقتی یک کتله به فنر آویزان می‌شود، فنر کش می‌شود.
وقتی جریان برق از یک مقاومت عبور می‌کند، مقاومت گرم می‌شود.

۲ طرح سوال علمی: بعد از مشاهده، شاگرد باید یک سوال علمی بسازد. سوال علمی باید طوری باشد که بتوان آن را با آزمایش و اندازه‌گیری بررسی کرد. مثال‌ها:

آیا افزایش کتله باعث کش شدن بیشتر فنر می‌شود؟
آیا سطح زیر باعث کم شدن فاصله حرکت جسم می‌شود؟
آیا افزایش ولتاژ باعث افزایش جریان برق می‌شود؟
آیا گرم کردن بیشتر باعث افزایش حرارت آب می‌شود؟

۳ ساختن فرضیه: فرضیه یک پاسخ احتمالی برای سوال علمی است. فرضیه باید قابل آزمایش باشد؛ یعنی بتوان با آزمایش فهمید که درست است یا نادرست.

مثال: سوال: آیا افزایش کتله باعث کش شدن بیشتر فنر می‌شود؟
فرضیه: اگر کتله آویزان شده بیشتر شود، فنر بیشتر کش می‌شود.

سوال: آیا سطح زیر روی حرکت جسم تأثیر دارد؟
فرضیه: اگر سطح زیرتر باشد، جسم فاصله کمتر حرکت می کند؛ زیرا اصطکاک بیشتر است.

۴ انجام آزمایش: آزمایش برای بررسی فرضیه انجام می شود. در آزمایش باید وسایل درست انتخاب شوند، روش کار واضح باشد و متغیرها مشخص شوند.
در یک آزمایش فیزیکی خوب باید این موارد مشخص باشند:
متغیر مستقل: چیزی که شاگرد آن را تغییر می دهد.
متغیر وابسته: چیزی که شاگرد آن را اندازه می گیرد.
متغیرهای کنترل شده: چیزهایی که باید ثابت نگه داشته شوند.

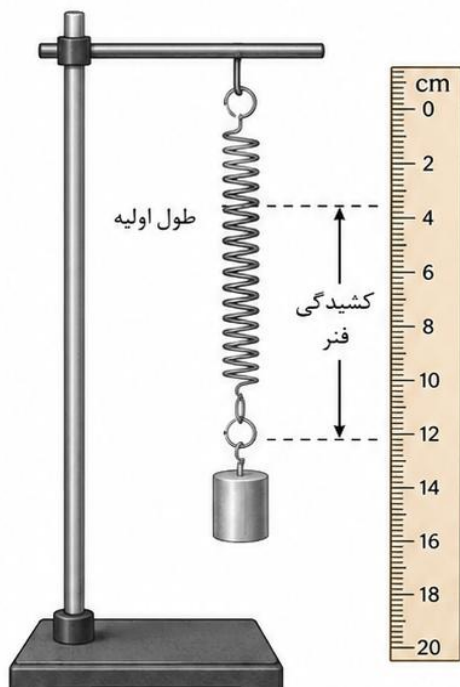
۵ تحلیل معلومات: بعد از آزمایش، معلومات به دست آمده باید در جدول نوشته شود. سپس شاگرد می تواند نمودار رسم کند، میانگین بگیرد و رابطه میان معلومات را بررسی کند.

مثال: در آزمایش فنر، اگر کتله بیشتر شود و کشیدگی فنر هم بیشتر شود، می توان گفت میان قوه و کشیدگی فنر رابطه وجود دارد.

۶ نتیجه گیری: نتیجه گیری باید بر اساس معلومات و شواهد باشد، نه بر اساس حدس. شاگرد باید بنویسد که آیا نتیجه آزمایش فرضیه را تأیید می کند یا رد می کند.

مثال: معلومات نشان داد که با افزایش کتله، فنر بیشتر کش شد. پس فرضیه تأیید می شود.

مثال کامل فیزیکی برای بررسی رابطه نیرو و کشیدگی فنر



1. مشاهده

وقتی یک جسم کوچک به فنر آویزان می‌شود، فنر کمی کمی می‌شود. وقتی جسم سنگین‌تر آویزان شود، فنر بیشتر کش می‌شود.

2. سوال علمی

آیا افزایش نیرو باعث افزایش کشیدگی فنر می‌شود؟

3. فرضیه

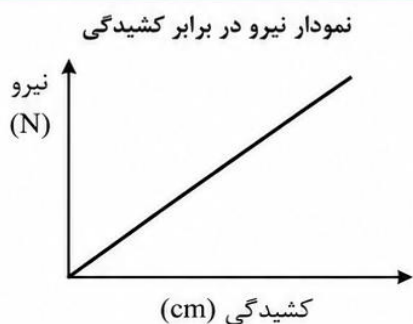
اگر نیروی واردشده بر فنر بیشتر شود، مقدار کشیدگی فنر نیز بیشتر می‌شود.

4. وسایل مورد نیاز

- فنر
- پایه یا جای آویزان کردن فنر
- کتله‌های مختلف
- خط‌کش
- کتابچه برای ثبت معلومات

5. روش انجام

1. فنر را به یک پایه وصل کنید.
2. طول اولیه فنر را اندازه بگیرید.
3. یک کتله کوچک به فنر آویزان کنید.
4. طول جدید فنر را اندازه بگیرید.
5. کشیدگی فنر را محاسبه کنید.
6. کتله‌های بیشتر اضافه کنید و هر بار کشیدگی را ثبت کنید.
7. معلومات را در جدول بنویسید.
8. نمودار نیرو در برابر کشیدگی را رسم کنید.



6. جدول نمونه

کشیدگی فنر	کتله
2 cm	50 g
4 cm	100 g
6 cm	150 g
8 cm	200 g

7. تحلیل

از جدول دیده می‌شود که با افزایش کتله، کشیدگی فنر نیز زیاد شده است. اگر این افزایش منظم باشد، نشان می‌دهد که میان نیرو و کشیدگی فنر رابطه مستقیم وجود دارد.

8. نتیجه‌گیری

نتیجه نشان می‌دهد که وقتی نیروی واردشده بر فنر افزایش می‌یابد، فنر بیشتر کش می‌شود. پس معلومات آزمایش از فرضیه حمایت می‌کند.

✱ نکته: همیشه اعداد را دقیق اندازه بگیرید و معلومات را به صورت منظم ثبت کنید تا نتیجه بتری به دست آید.

1.2 کسب مهارت‌های تجربی و راهبردهای تحقیقاتی

مهارت‌های تجربی یعنی توانایی انجام آزمایش به شکل درست، دقیق و ایمن. در فزیک، شاگرد باید بتواند وسایل اندازه‌گیری را درست استفاده کند، معلومات را با واحد مناسب ثبت کند، متغیرها را کنترل کند و نتیجه‌ها را تحلیل نماید.

مهارت‌های مهم تجربی در فزیک

شاگرد باید بتواند:

از خط‌کش برای اندازه‌گیری طول استفاده کند.
از ترازو برای اندازه‌گیری کتله استفاده کند.
از کرنومتر برای اندازه‌گیری زمان استفاده کند.
از ترمومتر برای اندازه‌گیری حرارت استفاده کند.
از ولت‌متر و آمپر متر در سرکتهای برق استفاده کند.
آزمایش را چند چارج تکرار کند.
معلومات را در جدول ثبت کند.
نمودار رسم کند و نتیجه را توضیح دهد.

جدول وسایل اندازه‌گیری

وسیله	واحد	برای چه استفاده می‌شود؟
خط‌کش	cm یا m	اندازه‌گیری طول
ترازو	kg یا g	اندازه‌گیری کتله
کرنومتر	s	اندازه‌گیری زمان
ترمومتر	°C	اندازه‌گیری حرارت
آمپر متر	A	اندازه‌گیری جریان برق
ولت‌متر	V	اندازه‌گیری ولتاژ

ثبت درست معلومات

در فزیک، هر عدد باید با واحد نوشته شود.

12cm = فنر طول: درست

12 = فنر طول: نادرست

اگر واحد نوشته نشود، معلوم نمی‌شود که عدد مربوط به سانتی‌متر است، متر است یا میلی‌متر.

تکرار آزمایش: یک چارج اندازه‌گیری همیشه کافی نیست. ممکن است خطا رخ دهد. اگر آزمایش چند چارج تکرار شود و میانگین گرفته شود، نتیجه قابل اعتمادتر می‌شود.

مثال: اگر زمان حرکت موترک را سه چارج اندازه بگیریم، ممکن است نتیجه‌ها کمی فرق داشته باشند. با گرفتن میانگین، نتیجه دقیق‌تر می‌شود.

مثال: اندازه‌گیری سرعت یک موتورک کوچک



۱. هدف

شاگرد یاد بگیرد که چگونه فاصله و زمان را اندازه بگیرد و سرعت را محاسبه کند.



۲. سوال علمی

سرعت یک موتورک کوچک روی سطح صاف چقدر است؟

۳. وسایل



موتورک کوچک



متر یا خطکش



کرونومتر

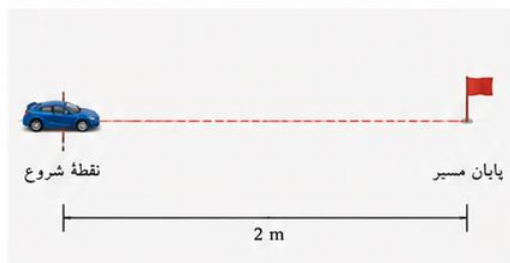


سطح صاف



کتابچه برای ثبت معلومات

۴. روش انجام



1. یک مسیر ۲ متری روی سطح صاف مشخص کنید.
2. موتورک را از نقطه شروع رها کنید.
3. زمان رسیدن موتورک به آخر مسیر را با کرونومتر اندازه بگیرید.
4. آزمایش را سه بار تکرار کنید.
5. میانگین زمان را محاسبه کنید.
6. سرعت را با فرمول زیر پیدا کنید:

$$\text{سرعت} = \text{فاصله} \div \text{زمان}$$

۵. جدول نمونه

فاصله	زمان	تلاش
2 m	4 s	اول
2 m	5 s	دوم
2 m	4 s	سوم

میانگین زمان:

$$4 + 5 + 4 = 13$$

$$13 \div 3 = 4.3 \text{ s}$$

سرعت:

$$2 \div 4.3 = 0.46 \text{ m/s}$$

۷. نتیجه‌گیری

سرعت تقریبی موتورک در این آزمایش 0.46 m/s متر بر ثانیه است.
اگر سطح صاف‌تر باشد یا اصطکاک کمتر شود، ممکن است سرعت بیشتر شود.



ارزیابی تحقیق

برای بهتر شدن تحقیق باید:

موترک هر چارج از یک نقطه شروع کند.
روش رها کردن در هر تلاش یکسان باشد.
مسیر حرکت صاف باشد.
آزمایش چند چارج تکرار شود.
اندازه‌گیری با دقت انجام شود.

1.3 طراحی یک تحقیق علمی ساده برای بررسی یک مشکل واقعی در زندگی

در این بخش، شاگرد باید یاد بگیرد که یک مشکل واقعی را به شکل علمی بررسی کند. مشکل واقعی یعنی موضوعی که در زندگی روزمره دیده می‌شود و بتوان آن را با وسایل ساده اندازه‌گیری کرد.

در فزیک، مشکل‌های واقعی زیادی وجود دارد، مانند:

چرا موتور روی سرک جغل آهسته‌تر حرکت می‌کند؟
چرا آب در ظرف فلزی زودتر گرم می‌شود؟
چرا سیم نازک زودتر گرم می‌شود؟
چرا جسم سنگین‌تر فنر را بیشتر می‌کشد؟
چرا توپ روی سطح صاف بیشتر حرکت می‌کند؟

مراحل طراحی تحقیق علمی

برای طراحی یک تحقیق علمی ساده باید این مراحل انجام شود:

1. انتخاب موضوع
2. ساختن سوال علمی
3. نوشتن فرضیه
4. تعیین متغیرها
5. انتخاب وسایل
6. نوشتن روش آزمایش
7. ثبت و تحلیل معلومات
8. نتیجه‌گیری

1.4 تحلیل داده‌های تجربی، ارزیابی نتایج، و نتیجه‌گیری بر اساس شواهد

تحلیل داده‌ها یکی از مهم‌ترین بخش‌های روش علمی است. بعد از انجام آزمایش، تنها داشتن معلومات کافی نیست؛ شاگرد باید آن معلومات را بررسی کند، رابطه‌ها را پیدا کند و نتیجه‌گیری علمی انجام دهد.

تحلیل داده چیست؟

تحلیل داده یعنی بررسی معلومات عددی که از آزمایش به دست آمده‌اند. در فزیک، این معلومات معمولاً شامل طول، زمان، کتله، قوه، حرارت، ولتاژ یا جریان است.

مثال:

کشیدگی فنر	کتله
2 cm	50 g
4 cm	100 g
6 cm	150 g
8 cm	200 g

از این جدول دیده می‌شود که وقتی کتله بیشتر می‌شود، کشیدگی فنر نیز بیشتر می‌شود. این یک رابطه مستقیم است.

ارزیابی نتایج چیست؟

ارزیابی نتایج یعنی بررسی کنیم که نتیجه آزمایش چقدر قابل اعتماد است. در فزیک، ممکن است خطاهای مختلف رخ دهد.

مثال‌های خطا:

خط کش درست خوانده نشده باشد.

چشم هم‌سطح با عدد نباشد.

فنر از حد کشسانی خود گذشته باشد.

زمان با کرنومتر دیر یا زود ثبت شده باشد.

سطح آزمایش کاملاً صاف نباشد.

وسیله درست تنظیم نشده باشد.

نتیجه‌گیری بر اساس شواهد

نتیجه‌گیری علمی باید با معلومات حمایت شود. شاگرد باید بگوید:

چه چیزی مشاهده شد؟

معلومات چه چیزی را نشان داد؟

آیا فرضیه تأیید شد یا رد شد؟

چه محدودیت‌هایی در آزمایش وجود داشت؟

چگونه می‌توان آزمایش را بهتر ساخت؟

مثال کامل فزیکی برای 1.4

تحلیل آزمایش قانون هوک

معلومات

کشیدگی فنر	کته آویزان شده
2 cm	50 g
4 cm	100 g
6 cm	150 g
8 cm	200 g

تحليل معلومات

وقتي کته از 50g به 100g افزایش یافت، کشیدگی فنر از 2cm به 4cm زیاد شد. وقتی کته به 200g رسید، کشیدگی فنر به 8cm رسید. این نشان می‌دهد که با افزایش کته، کشیدگی فنر به شکل منظم افزایش یافته است.

نتیجه گیری

معلومات نشان می‌دهد که افزایش کته باعث افزایش کشیدگی فنر می‌شود. بنابراین، فرضیه تأیید می‌شود. این نتیجه با قانون هوک سازگار است، البته تا زمانی که فنر از حد کشسانی خود بیشتر کشیده نشود.

ارزیابی نتیجه

نتیجه آزمایش نسبتاً قابل اعتماد است؛ زیرا معلومات یک الگوی منظم نشان می‌دهد. اما برای دقت بیشتر، باید آزمایش چند چارج تکرار شود، از خط کش دقیق استفاده شود و چشم هنگام خواندن اندازه هم سطح با خط کش باشد. همچنین باید مطمئن شد که فنر آسیب ندیده و از حد کشسانی خود نگذشته است.

پیشنهاد برای بهتر شدن آزمایش

هر اندازه گیری سه چارج تکرار شود.
میانگین نتایج محاسبه شود.
از فنر سالم استفاده شود.
کته‌ها با فاصله‌های منظم اضافه شوند.
نمودار قوه در برابر کشیدگی رسم شود.

۲ درک واحدهای علمی، مقیاس‌های اندازه گیری و تبدیل‌ها

در فزیک، اندازه گیری نقش بسیار مهم دارد. وقتی ما در چارجه طول، کته، زمان، سرعت، قوه، حرارت، فشار یا انرژی صحبت می‌کنیم، باید مقدار آن‌ها را با عدد و واحد مشخص بیان کنیم. بدون واحد، یک عدد معنی کامل ندارد. برای مثال، اگر بگوییم «طول میز ۲ است»، معلوم نیست که منظور ۲ متر است، ۲ سانتی‌متر است یا ۲ میلی‌متر. اما اگر بگوییم «طول میز ۲ متر است»، اندازه واضح و قابل فهم می‌شود.

در علوم، برای جلوگیری از اشتباه و برای این که دانشمندان در سراسر جهان بتوانند معلومات یکدیگر را درست بفهمند، از واحدهای معیاری استفاده می‌شود. مهم‌ترین سیستم واحدها در علوم، سیستم بین‌المللی واحدها یا SI است. در این سیستم، برای کمیت‌های مختلف واحدهای مشخص وجود دارد؛ مانند متر برای طول، کیلوگرام برای کته، ثانیه برای زمان، امپیر برای جریان برق و کلوین برای درجه حرارت.

۲/۱ کمیت، واحدها، سمبول ها و نام گذاری علمی

در فزیک، هر کمیت علمی یک نام، یک واحد و معمولاً یک سمبول (نماد) دارد. یادگیری این ها به شاگرد کمک می کند تا متن های علمی، فرمول ها، جدول ها و نمودارها را بهتر بفهمد.

کمیت علمی چیزی است که قابل اندازه گیری باشد. برای مثال، طول، زمان، کتله، حرارت، قوه و سرعت همه کمیت های علمی هستند.

واحد نشان می دهد که کمیت با چه معیار اندازه گیری شده است. برای مثال، طول با متر، زمان با ثانیه و کتله با کیلوگرام اندازه گیری می شود.

نماد علامت کوتاه شده یک کمیت یا واحد است. برای مثال، نماد متر m ، نماد ثانیه s ، نماد کیلوگرام kg و نماد نیوتن N است.

جدول نمونه واژگان علمی در فزیک

کمیت علمی	نماد کمیت	مثال	نماد واحد	واحد
طول	x یا x	طول میز = 2 m	m	متر
زمان	t	زمان حرکت = $5s$	s	ثانیه
کتله	m	کتله جسم = 3 kg	kg	کیلوگرام
سرعت	v	سرعت = 4 m/s	m/s	متر بر ثانیه
قوه	F	قوه = 12 N	N	نیوتن
حرارت	T	حرارت آب = 40°C	$^\circ\text{C}$	درجه سانتی گراد
جریان برق	I	جریان = 2 A	A	آمپر
ولتاژ	V	ولتاژ = 6 V	V	ولت

شاگرد باید بداند که در نوشتن علمی، عدد و واحد باید همیشه با هم نوشته شوند. برای مثال:

درست: سرعت موتورک = 0.5 m/s

نادرست: سرعت موتورک = 0.5

نام گذاری علمی باعث می شود که مفاهیم علمی دقیق، کوتاه و قابل فهم شوند. برای مثال، به جای این که همیشه بنویسیم «مقدار قوه پی که بر جسم وارد می شود»، از نماد F استفاده می کنیم.

۲/۲ تشخیص اهمیت کمیت های علمی و نحوه تعیین آنها

کمیت های علمی برای فهمیدن پدیده های طبیعی ضروری هستند. در فزیک، ما تلاش می کنیم پدیده ها را فقط با کلمات توضیح ندهیم، بلکه آن ها را اندازه گیری کنیم. وقتی یک پدیده اندازه گیری شود، می توان آن را با پدیده های دیگر مقایسه کرد و درجانه آن نتیجه دقیق تر گرفت. برای مثال، اگر بگوییم «این جسم سریع حرکت می کند»، این جمله دقیق نیست. اما اگر بگوییم «سرعت جسم 6 m/s است»، معلومات دقیق تر و علمی تر می شود.

کمیت چگونه تعیین می‌شود؟

یک کمیت علمی معمولاً به دو راه تعیین می‌شود:

۱ اندازه‌گیری مستقیم

در این روش، کمیت با یک وسیله اندازه‌گیری مستقیم خوانده می‌شود.

مثال‌ها:

طول با خط‌کش یا متر اندازه‌گیری می‌شود.

زمان با ساعت یا کرنومتر اندازه‌گیری می‌شود.

کنله با ترازو اندازه‌گیری می‌شود.

حرارت با ترمومتر اندازه‌گیری می‌شود.

۲ محاسبه از روی کمیت‌های دیگر

بعضی کمیت‌ها مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شوند، بلکه از ترکیب کمیت‌های دیگر محاسبه می‌شوند.

مثال:

سرعت از فاصله و زمان به دست می‌آید:

$$\text{سرعت} = \text{زمان} \div \text{فاصله}$$

اگر یک موتورک ۲ متر را در ۴ ثانیه طی کند:

$$\text{سرعت} = 2 \div 4 = 0.5 \text{ m/s}$$

پس سرعت یک کمیت مشتق‌شده است؛ یعنی از ترکیب دو کمیت دیگر، فاصله و زمان، به دست آمده است.

اهمیت کمیت‌های علمی

کمیت‌های علمی کمک می‌کنند که:

- نتیجه آزمایش دقیق‌تر باشد؛
- شاگرد بتواند پدیده‌ها را مقایسه کند؛
- معلومات در جدول و نمودار ثبت شود؛
- فرمول‌های فیزیکی درست استفاده شوند؛
- نتیجه‌گیری بر اساس شواهد انجام شود.

برای مثال، در آزمایش فنر، اگر فقط بگوییم «فنر بیشتر کش شد»، این بیان کامل نیست. اما اگر بنویسیم «کشیدگی فنر از ۲ سانتی‌متر به ۴ سانتی‌متر افزایش یافت»، نتیجه دقیق‌تر و علمی‌تر می‌شود.

۲/۳ استفاده از پیشوندها و توان‌های علمی استاندارد برای بیان کمیت‌ها در مقیاس‌های مختلف و تبدیل بین آن‌ها

در فزیک، بعضی اندازه‌ها بسیار کوچک و بعضی بسیار بزرگ هستند. برای بیان این اندازه‌ها، از پیشوندهای علمی و توان‌های عدد ۱۰ استفاده می‌شود. این کار باعث می‌شود نوشتن و خواندن عددها آسان‌تر شود. برای مثال، فاصله بین شهرها را با کیلومتر بیان می‌کنیم، نه با مترهای بسیار زیاد. ضخامت یک تار مو را با میلی‌متر یا میکرومتر بیان می‌کنیم، نه با متر.

پیشوندهای مهم علمی

پیشوند	مثال	نماد	مقدار
کیلو	1 km = 1000 m	k	10^3
سانتی	1 cm = 0.01 m	c	10^{-2}

10^{-3}	m	1 mm = 0.001 m	میلی
10^{-6}	μ	1 μ m = 0.000001 m	میکرو
10^{-9}	n	1 nm = 0.000000001 m	نانو

مثال‌های ساده تبدیل واحد

1 km = 1000 m
 1 m = 100 cm
 1 cm = 10 mm
 1 kg = 1000 g
 1 g = 1000 mg

مثال ۲ طول یک جسم ۵۰ سانتی‌متر است. آن را به متر تبدیل کنید. چون: $1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$ پس: $50 \text{ cm} = 50 \times 0.01 = 0.5 \text{ m}$	مثال ۱ طول یک مسیر ۳ کیلومتر است. آن را به متر تبدیل کنید. چون: $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ پس: $3 \text{ km} = 3 \times 1000 = 3000 \text{ m}$
---	--

اهمیت توان‌های علمی

گاهی عددها بسیار بزرگ یا بسیار کوچک هستند. در این حالت از توان‌های عدد ۱۰ استفاده می‌شود.

مثال:

$1000 = 10^3$
 $0.001 = 10^{-3}$
 $1,000,000 = 10^6$
 $0.000001 = 10^{-6}$

در فیزیک، توان‌ها برای بیان اندازه‌های بسیار بزرگ مانند فاصله سیاره‌ها و اندازه‌های بسیار کوچک مانند قطر اتم‌ها استفاده می‌شوند.

۲/۴ استفاده از تعداد مناسب ارقام معنی‌دار در اندازه‌گیری‌ها و محاسبات

ارقام معنی‌دار عددی‌هایی هستند که در یک اندازه‌گیری واقعاً معلومات مهم را نشان می‌دهند. در فیزیک، چون اندازه‌گیری‌ها همیشه با یک مقدار خطا همراه هستند، نباید نتیجه را با تعداد بسیار زیاد رقم بنویسیم؛ زیرا ممکن است دقت واقعی وسیله اندازه‌گیری را نشان ندهد. برای مثال، اگر با یک خط‌کش معمولی طول یک جسم را اندازه بگیریم و نتیجه ۱۲٫۳ cm باشد، نباید آن را به شکل ۱۲٫۳۴۵۶ cm بنویسیم، چون خط‌کش معمولی چنین دقتی ندارد.

مثال ساده

اگر زمان حرکت یک موتورک را با کرنومتر ۴.۳ s اندازه گرفته‌ایم و فاصله ۲.۰ m باشد، سرعت چنین محاسبه می‌شود:

سرعت = زمان ÷ فاصله
 $0.۴۶۵۱۱۶ = ۲ \div ۴.۳ = \text{سرعت}$

اما نوشتن همهٔ رقم‌ها لازم نیست. نتیجه را می‌توان چنین نوشت: 0.47 m/s ≈ سرعت

چرا ارقام معنی‌دار مهم است؟

ارقام معنی‌دار کمک می‌کند که:

• نتیجه بیش از حد دقیق نشان داده نشود؛
• اندازه‌گیری علمی‌تر و واقعی‌تر باشد؛
• محاسبات با دقت مناسب نوشته شوند؛
• شاگرد بداند هر وسیلهٔ اندازه‌گیری محدودیت دارد.

قاعدهٔ ساده برای شاگردان

در اندازه‌گیری‌ها، نتیجه را مطابق دقت وسیله بنویسید. اگر خط‌کش فقط میلی‌متر را نشان می‌دهد، نتیجه را با دقت میلی‌متر بنویسید. اگر ترازو فقط تا یک گرم نشان می‌دهد، نتیجه را با دقت گرم بنویسید. اگر کرنومتر تا یک دهم ثانیه نشان می‌دهد، نتیجه را تا یک دهم ثانیه بنویسید.

۲/۵ توضیح مقیاس‌ها و واحدهای مختلف مورد استفاده در زمینه‌های علمی و روزمره

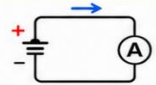
واحدها تنها در لابراتوار و صنف استفاده نمی‌شوند؛ بلکه در زندگی روزمره نیز همیشه با اندازه‌گیری سروکار داریم. وقتی فاصلهٔ خانه تا مکتب را می‌گوییم، از متر یا کیلومتر استفاده می‌کنیم. وقتی مواد غذایی می‌خریم، از گرم یا کیلوگرم استفاده می‌کنیم. وقتی آب یا تیل اندازه می‌کنیم، از لیتر یا میلی‌لیتر استفاده می‌کنیم. وقتی وقت را حساب می‌کنیم، از ثانیه، دقیقه و ساعت استفاده می‌کنیم.

مثال‌های روزمره

نمونه‌هایی از واحدهای اندازه‌گیری در زندگی روزمره

کمیت	موقعیت روزمره	واحد معمول
کته	خریدن آرد یا برنج	kg
طول	اندازه‌گیری قد انسان	cm یا m
زمان	اندازه‌گیری وقت امتحان	دقیقه یا ساعت
حجم	اندازه‌گیری آب در بوتل	mL یا L
حرارت	اندازه‌گیری حرارت بدن	C°
فاصله	فاصلهٔ بین دو شهر	km

مثال‌های علمی

کمیت	نماد کمیت	زمینه علمی	واحد
سرعت 	v	فیزیک حرکت	m/s
قوه 	F	فیزیک قوه	N
جریان 	I	برق	A
ولتاژ 	V	برق	V
حرارت 	T	گرما	°C یا K
فشار 	p	فشار	Pa

تفاوت مقیاس علمی و روزمره

در زندگی روزمره، گاهی از واحدهای ساده‌تر استفاده می‌کنیم؛ مانند کیلوگرام، لیتر، ساعت و کیلومتر. اما در فیزیک و علوم، باید واحدها دقیق‌تر و معیاری‌تر باشند. برای مثال، در محاسبات فیزیک معمولاً فاصله را به متر و زمان را به ثانیه تبدیل می‌کنیم تا فرمول‌ها درست کار کنند.

مثال: اگر فاصله ۲ کیلومتر باشد و زمان ۱۰ دقیقه، برای محاسبه سرعت در واحد m/s باید تبدیل کنیم:

۲ کیلومتر = ۲۰۰۰ متر

۱۰ دقیقه = ۶۰۰ ثانیه

$\text{سرعت} = 2000 \div 600 = 3,3 \text{ m/s}$

این نشان می‌دهد که تبدیل واحدها برای حل مسئله‌های فیزیکی بسیار مهم است.

خلاصه

واحدهای علمی، نمادها، مقیاس‌ها و تبدیل‌ها زبان مشترک علوم هستند. در فیزیک، هر کمیت باید با عدد و واحد مناسب بیان شود. شاگرد باید بتواند کمیت‌های علمی را بشناسد، واحدهای معیاری را استفاده کند، پیشوندهای علمی مانند کیلو، سانتی، میلی و میکرو را بفهمد، بین واحدها تبدیل انجام دهد و در اندازه‌گیری‌ها از ارقام معنی‌دار مناسب استفاده کند. این مهارت‌ها برای انجام آزمایش‌های علمی، تحلیل داده‌ها، رسم جدول و نمودار، و نتیجه‌گیری دقیق ضروری هستند. همچنان در زندگی روزمره نیز کاربرد دارند؛ مانند اندازه‌گیری فاصله، زمان، کتله، حجم و حرارت.

۳ بررسی دقت و عدم قطعیت اندازه‌گیری

در فزیک، اندازه‌گیری یکی از مهم‌ترین بخش‌های کار علمی است. وقتی شاگرد طول، زمان، کتله، حرارت، قوه یا سرعت را اندازه می‌گیرد، باید بداند که هیچ اندازه‌گیری کاملاً کامل و بدون خطا نیست. حتی اگر از وسیله خوب استفاده شود، باز هم ممکن است مقدار اندازه‌گیری شده کمی از مقدار واقعی فرق داشته باشد. به همین دلیل، در علوم مفاهیمی مانند خطا، دقت، صحت و عدم قطعیت بسیار مهم هستند. این مفاهیم به شاگرد کمک می‌کنند تا بفهمند نتیجه آزمایش چقدر قابل اعتماد است و چگونه می‌توان کیفیت اندازه‌گیری را بهتر ساخت.

۳/۱ تعریف انواع مختلف خطاها

خطا در اندازه‌گیری یعنی تفاوت میان مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار واقعی یا پذیرفته شده. در فزیک، خطا همیشه به معنای اشتباه بزرگ نیست؛ بلکه نشان می‌دهد که اندازه‌گیری محدودیت دارد.

خطاها معمولاً به چند نوع تقسیم می‌شوند:

۱ خطای تصادفی

خطای تصادفی خطایی است که به شکل غیرقابل پیش‌بینی در اندازه‌گیری‌ها رخ می‌دهد. این خطا باعث می‌شود که اگر یک اندازه‌گیری چند تکرار شود، نتیجه‌ها کمی با هم فرق داشته باشند.

مثال: اگر زمان حرکت یک موتورک کوچک را سه چارچ با کرنومتر اندازه بگیریم، ممکن است نتیجه‌ها چنین باشند:

تلاش	زمان
اول	4.0 s
دوم	4.2 s
سوم	3.9 s

این تفاوت‌ها ممکن است به دلیل دیر فشار دادن کرنومتر، واکنش انسان یا حرکت کمی متفاوت موتورک باشد. این نوع تفاوت‌ها خطای تصادفی نامیده می‌شود.

چگونه کم می‌شود؟

خطای تصادفی را می‌توان با تکرار آزمایش و گرفتن میانگین کاهش داد.

۲ خطای سیستماتیک

خطای سیستماتیک خطایی است که همیشه به یک شکل و در یک جهت در نتیجه اندازه‌گیری تأثیر می‌کند. یعنی هر چارچ که اندازه‌گیری می‌کنیم، نتیجه یا همیشه بیشتر از مقدار واقعی نشان داده می‌شود، یا همیشه کمتر از مقدار واقعی. به همین دلیل، این خطا تصادفی نیست؛ بلکه معمولاً از خرابی وسیله، تنظیم نبودن وسیله، روش نادرست اندازه‌گیری، یا اشتباه ثابت در کار آزمایش به وجود می‌آید.

مثال فزیکی

اگر یک ترازو قبل از اندازه‌گیری روی صفر تنظیم نشده باشد و همیشه 5 g بیشتر نشان دهد، تمام اندازه‌گیری‌ها اشتباه خواهند بود. این خطا سیستماتیک است.

مثال دیگر: اگر خط‌کش شکسته باشد و شاگرد اندازه‌گیری را از نقطه نادرست شروع کند، همه اندازه‌گیری‌ها نادرست می‌شوند.

چگونه کم می‌شود؟

برای کاهش خطای سیستماتیک باید:

- وسیله قبل از استفاده تنظیم شود؛
- ترازو روی صفر قرار داده شود؛
- خط‌کش سالم باشد؛
- وسیله اندازه‌گیری درست انتخاب شود؛
- روش آزمایش دقیق انجام شود.

۳ خطای انسانی

خطای انسانی زمانی رخ می‌دهد که شخص در هنگام خواندن، ثبت کردن یا انجام دادن آزمایش دچار اشتباه شود. این نوع خطا مربوط به وسیله نیست، بلکه به عملکرد و دقت فردی بستگی دارد که آزمایش را انجام می‌دهد. برای مثال، اگر شاگرد عدد روی خط‌کش را درست نخواند، زمان را با کرنومتر دیر یا زود ثبت کند، یا نتیجه اندازه‌گیری را اشتباه در جدول بنویسد، خطای انسانی به وجود می‌آید. همچنان اگر شخص هنگام اندازه‌گیری چشم خود را هم‌سطح با عدد قرار ندهد، ممکن است مقدار را بیشتر یا کمتر از مقدار واقعی بخواند. خطای انسانی معمولاً به دلیل عجله، بی‌دقتی، خستگی، نداشتن تمرکز، یا آشنا نبودن با روش درست آزمایش رخ می‌دهد. این خطا می‌تواند باعث شود نتیجه‌های آزمایش نادرست یا غیرقابل اعتماد شوند. برای کاهش خطای انسانی، باید اندازه‌گیری‌ها با دقت انجام شوند، نتایج درست و منظم ثبت گردند، دستورالعمل آزمایش به‌خوبی دنبال شود و در صورت امکان اندازه‌گیری چند چارج تکرار گردد.

مثال‌ها

- عدد روی خط‌کش اشتباه خوانده شود؛
- نتیجه در جدول نادرست نوشته شود؛
- کرنومتر دیر شروع یا دیر توقف داده شود؛
- چشم هنگام خواندن سطح مایع هم‌سطح نباشد؛
- واحد اندازه‌گیری نوشته نشود.

چگونه کم می‌شود؟

برای کاهش خطای انسانی باید شاگرد آرام، دقیق و منظم کار کند و نتیجه‌ها را دوچارجه بررسی نماید.

۴ خطای وسیله

خطای وسیله زمانی رخ می‌دهد که وسیله اندازه‌گیری به دلیل محدودیت دقت، خرابی، فرسودگی، یا درست تنظیم نشدن، نتواند مقدار واقعی را به‌طور دقیق نشان دهد. هر وسیله اندازه‌گیری یک اندازه مشخص از دقت دارد و

نمی‌تواند از حد دقت خود دقیق‌تر اندازه‌گیری کند. مثال اگر خط کش فقط میلی‌متر را نشان دهد، نمی‌توانیم طول جسم را با دقت 0.0001cm بنویسیم. نتیجه باید مطابق دقت وسیله نوشته شود.



۳.۲ شناسایی منابع خطای اندازه‌گیری



منابع خطا یعنی علت‌هایی که باعث می‌شوند اندازه‌گیری دقیق نباشد. در فزیک، شاگرد باید بتواند در هر آزمایش تشخیص دهد که خطا از کجا ممکن است به وجود آمده باشد.

منابع معمول خطا

۱. وسیله اندازه‌گیری

گاهی وسیله دقیق نیست یا درست تنظیم نشده است.

مثال:

- ترازو روی صفر نیست؛
- خط‌کش شکسته است؛
- کرنومتر درست کار نمی‌کند؛
- ترمومتر خراب است.

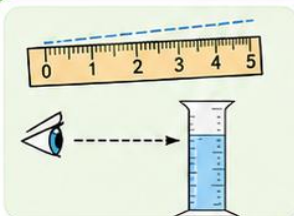


۲. روش اندازه‌گیری

گاهی روش انجام آزمایش باعث خطا می‌شود.

مثال:

در اندازه‌گیری طول، اگر خط‌کش کج گذاشته شود، طول واقعی درست خوانده نمی‌شود. در اندازه‌گیری حجم مایع، اگر چشم هم‌سطح با سطح مایع نباشد، مقدار حجم نادرست خوانده می‌شود.



۳. واکنش انسان

در آزمایش‌هایی که زمان اندازه‌گیری می‌شود، واکنش انسان می‌تواند باعث خطا شود.

مثال:

وقتی موتورک به پایان مسیر می‌رسد، شاگرد ممکن است کرنومتر را کمی دیر متوقف کند. این باعث می‌شود زمان ثبت‌شده کمی بیشتر از زمان واقعی باشد.

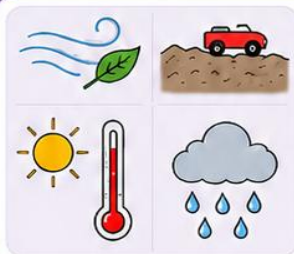


۴. شرایط محیطی

گاهی محیط روی نتیجه آزمایش اثر می‌گذارد.

مثال‌ها:

- باد می‌تواند حرکت جسم سبک را تغییر دهد.
- سطح ناصاف می‌تواند سرعت موتورک را کم کند؛
- گرمی محیط می‌تواند هول بعضی مواد را کمی تأخیر دهد؛
- رطوبت می‌تواند روی بعضی وسایل یا مواد اثر بگذارد.



۵. ثبت نادرست معلومات

اگر شاگرد عدد را درست اندازه بگیرد اما در جدول اشتباه بنویسد، نتیجه آزمایش نادرست می‌شود.

مثال:

زمان واقعی 4.3 s است، اما شاگرد آن را 3.4 s می‌نویسد.

شماره آزمایش	زمان (s)	یادداشت
1	3.4	اشتباه
2	5.1	-
3	6.2	-

★ علامت خوب یک دانشمند این است که همیشه منبع‌های ممکن خطا را در نظر بگیرد و برای کاهش آن‌ها تلاش کند.

مثال فیزیکی: منابع خطا در آزمایش سرعت موتورک

در آزمایش اندازه‌گیری سرعت یک موتورک کوچک، منابع خطا می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

منبع خطا	توضیح
کرنومتر دیر شروع شود	زمان کمتر یا بیشتر ثبت می‌شود
کرنومتر دیر توقف شود	زمان بیشتر از مقدار واقعی می‌شود
مسیر دقیقاً 2 متر نباشد	سرعت اشتباه محاسبه می‌شود
سطح ناصاف باشد	حرکت موتورک تغییر می‌کند
موتورک هر چارج با قوهی متفاوت رها شود	نتیجه‌ها با هم فرق می‌کنند
فاصله با خط‌کش یا متر درست خوانده نشود	سرعت نهایی نادرست می‌شود

۳/۳ شرح تفاوت بین دقت و صحت

در اندازه‌گیری، دقت و صحت دو مفهوم متفاوت هستند. بسیاری شاگردان این دو را یکی فکر می‌کنند، اما در فیزیک معنای جدا دارند.

مفهوم	تعریف	مثال	نتیجه
صحت	صحت یعنی اندازه‌گیری چقدر به مقدار واقعی نزدیک است.	اگر مقدار واقعی طول یک جسم 10 cm باشد و شاگرد آن را 10.1 cm اندازه بگیرد، این اندازه‌گیری صحت خوبی دارد.	چون عدد اندازه‌گیری شده به مقدار واقعی نزدیک است.
دقت	دقت یعنی اندازه‌گیری‌های تکراری چقدر به یکدیگر نزدیک هستند.	اگر شاگرد یک جسم را چند چارج اندازه بگیرد و عددهای 12.1 cm، 12.2 cm، 12.1 cm به دست آورد، اندازه‌گیری‌ها دقیق هستند.	چون نتیجه‌ها به هم نزدیک اند، حتی اگر از مقدار واقعی دور باشند.
تفاوت اصلی	صحت به نزدیک بودن نتیجه به مقدار واقعی مربوط است؛ اما دقت به نزدیک بودن اندازه‌گیری‌های تکراری به یکدیگر مربوط می‌شود.	ممکن است اندازه‌گیری‌ها دقیق باشند، اما صحیح نباشند.	یعنی نتایج به هم نزدیک باشند، ولی از مقدار واقعی فاصله داشته باشند.

مثال ساده با ترازو

فرض کنید کتله واقعی یک جسم 100 g است.

حالت	اندازه‌گیری‌ها	توضیح	نتیجه
حالت اول: دقیق و صحیح	100 g 101 g	این نتیجه‌ها هم به مقدار واقعی 100 g نزدیک هستند و هم به همدیگر نزدیک هستند.	هم صحت خوب است و هم دقت خوب است.

		100 g	
حالت دوم: دقیق اما غیر صحیح	این نتیجه‌ها به همدیگر نزدیک هستند، پس دقیق هستند؛ اما از مقدار واقعی 100 g دور هستند، پس صحت ندارند. شاید ترازو درست صفر نشده باشد.	110 g 110 g 111 g	دقت خوب است، اما صحت ندارد.
حالت سوم: صحیح اما غیر دقیق	میانگین ممکن است نزدیک به مقدار واقعی باشد، اما نتیجه‌ها از هم دور هستند.	95 g 100 g 105 g	صحت نسبتاً قابل قبول است، اما دقت کم است.
حالت چهارم: نه دقیق و نه صحیح	این نتیجه‌ها نه به مقدار واقعی نزدیک هستند و نه به همدیگر نزدیک‌اند.	80 g 115 g 130 g	نه دقیق است و نه صحیح.

۳/۴ توضیح نحوه محاسبه عدم قطعیت و تأثیر آن بر نتایج

عدم قطعیت یعنی مقدار تردید یا محدوده احتمالی در یک اندازه‌گیری. در علوم، هیچ اندازه‌گیری کاملاً دقیق و بدون خطا نیست؛ زیرا ابزار اندازه‌گیری، روش خواندن، مهارت شخص اندازه‌گیرنده و شرایط محیطی می‌توانند بر نتیجه اثر بگذارند. به همین دلیل، هنگام ثبت یک اندازه‌گیری باید نشان دهیم که نتیجه تا چه اندازه قابل اعتماد است و مقدار واقعی احتمالاً در چه محدوده‌ای قرار دارد.

برای مثال، اگر طول یک جسم با خط‌کش 12.0 cm خوانده شود، ممکن است طول واقعی دقیقاً 12.0cm نباشد، بلکه کمی بیشتر یا کمی کمتر باشد. اگر کوچک‌ترین درجه خط‌کش 1 mm باشد، عدم قطعیت اندازه‌گیری معمولاً نصف کوچک‌ترین درجه در نظر گرفته می‌شود. چون 1 mm برابر با 0.1 cm است، نصف آن می‌شود:

عدم قطعیت در اندازه‌گیری

عدم قطعیت وسیله

در وسایل ساده، عدم قطعیت معمولاً به کوچک‌ترین درجه‌بندی وسیله مربوط است. یعنی هر وسیله فقط تا حد مشخصی می‌تواند مقدار را نشان دهد و نتیجه نباید دقیق‌تر از توانایی همان وسیله نوشته شود.

وسيله	کوچک‌ترین درجه بندی/نمایش	عدم قطعیت ساده	شیوه نوشتن نتیجه
خط‌کش	1 mm	حدود ± 0.5 mm یا در سطح ساده ± 1 mm	طول باید مطابق دقت خط‌کش نوشته شود.
ترازو	1 g	± 1 g	50 ± 1 g = کتله

مثال با خط‌کش

اگر کوچک‌ترین درجه خط‌کش 1 mm باشد، عدم قطعیت می‌تواند حدود ± 0.5 mm یا در سطح ساده‌تر ± 1 mm در نظر گرفته شود. پس نمی‌توان با چنین خط‌کشی عددی را با دقت بسیار زیاد نوشت.

مثال با ترازو

اگر ترازو فقط تا 1 g نشان دهد، نتیجه ممکن است چنین نوشته شود: کتله = 50 ± 1 g. یعنی کتله واقعی ممکن است نزدیک 49 g تا 51 g باشد.

نتیجه اندازه‌گیری	مفهوم
50 ± 1 g = کتله	کتله واقعی می‌تواند از 49 g تا 51 g باشد.

عدم قطعیت در اندازه‌گیری تکراری

اگر یک آزمایش چند چارج تکرار شود، می‌توان از نتیجه‌های تکراری برای پیدا کردن عدم قطعیت استفاده کرد. روش ساده این است که نصف فاصله بین بیشترین و کمترین مقدار را به عنوان عدم قطعیت تقریبی بگیریم.

روش ساده	فرمول
عدم قطعیت تقریبی	نصف فاصله بین بیشترین و کمترین مقدار

مثال: زمان حرکت موتورک سه چارج اندازه‌گیری شده است:

تلاش		زمان
اول		4.0 s
دوم		4.4 s
سوم		4.2 s
مرحله	محاسبه	نتیجه
بیشترین مقدار	—	4.4 s
کمترین مقدار	—	4.0 s
تفاوت	4.4 - 4.0	0.4 s
عدم قطعیت تقریبی	$0.4 \div 2$	± 0.2 s
نوشتن نتیجه	میانگین زمان همراه با عدم قطعیت 4.2 ± 0.2 s زمان	

تأثیر عدم قطعیت بر نتایج

عدم قطعیت نشان می‌دهد که نتیجه آزمایش چقدر قابل اعتماد است. اگر عدم قطعیت کم باشد، نتیجه قابل اعتمادتر است. اگر عدم قطعیت زیاد باشد، نتیجه کمتر قابل اعتماد است.

حالت	معنی
عدم قطعیت کم	نتیجه دقیق‌تر و قابل اعتمادتر است.
عدم قطعیت زیاد	نتیجه کمتر قابل اعتماد است و باید با احتیاط تفسیر شود.

مثال

اگر سرعت یک موتورک 0.46 m/s محاسبه شود، اما زمان اندازه‌گیری شده عدم قطعیت زیاد داشته باشد، سرعت نهایی نیز ممکن است دقیق نباشد.

پس در نتیجه‌گیری می‌توان نوشت: سرعت تقریبی موتورک 0.46 m/s است، اما چون زمان با کرنومتر دستی اندازه‌گیری شده، ممکن است کمی خطا وجود داشته باشد.

چگونه عدم قطعیت را کم کنیم؟

- آزمایش چند چارج تکرار شود؛
 - میانگین گرفته شود؛
 - از وسیله دقیق‌تر استفاده شود؛
 - روش اندازه‌گیری درست انجام شود؛
 - چشم هنگام خواندن اندازه در موقعیت درست قرار گیرد؛
 - وسایل قبل از آزمایش تنظیم شوند؛
 - شرایط آزمایش ثابت نگه داشته شود.
- مثال کامل فیزیکی: عدم قطعیت در اندازه‌گیری سرعت موتورک

داده‌ها

تلاش	فاصله	زمان
اول	2 m	4.0 s
دوم	2 m	4.4 s
سوم	2 m	4.2 s

میانگین زمان و عدم قطعیت زمان

بخش	محاسبه	نتیجه
میانگین زمان	$4.0 + 4.4 + 4.2 = 12.6$ $12.6 \div 3$	4.2 s
تفاوت زمان‌ها	$4.4 - 4.0$	0.4 s
عدم قطعیت زمان	$0.4 \div 2$	0.2 s
نتیجه زمان	میانگین $\pm$ عدم قطعیت	4.2 ± 0.2 s = زمان

محاسبه سرعت

فرمول/محاسبه	نتیجه
سرعت = فاصله $\div$ زمان	—
سرعت $2 \div 4.2 =$	0.48 m/s

نتیجه گیری

سرعت تقریبی موتورک 0.48 m/s است. چون زمان با کرنومتر دستی اندازه‌گیری شده و عدم قطعیت زمان ± 0.2 s است، سرعت به‌دست آمده

خلاصه

در فزیک، هر اندازه‌گیری ممکن است خطا داشته باشد. خطاها می‌توانند تصادفی، سیستماتیک، انسانی یا مربوط به وسیله باشند. شاگرد باید بتواند منابع خطا را شناسایی کند و بداند چگونه می‌توان خطاها را کاهش داد. صحت یعنی نزدیک بودن نتیجه به مقدار واقعی، اما دقت یعنی نزدیک بودن اندازه‌گیری‌های تکراری به یکدیگر. عدم قطعیت نشان می‌دهد که یک نتیجه تا چه اندازه ممکن است بالا یا پایین‌تر از مقدار واقعی باشد. در آزمایش‌های فزیک، برای داشتن نتیجه بهتر باید اندازه‌گیری‌ها دقیق انجام شوند، آزمایش تکرار شود، میانگین گرفته شود، وسیله درست تنظیم گردد و نتیجه همراه با واحد و عدم قطعیت نوشته شود.

تمرین و فعالیت: محاسبه عدم قطعیت در اندازه‌گیری

هدف فعالیت

شاگرد بتواند:

1. عدم قطعیت وسیله را تشخیص دهد.
2. عدم قطعیت را از اندازه‌گیری‌های تکراری محاسبه کند.
3. نتیجه اندازه‌گیری را به شکل درست بنویسد.
4. تأثیر عدم قطعیت را بر نتیجه آزمایش توضیح دهد.

فعالیت ۱: عدم قطعیت وسیله

رهنمایی:

اگر کوچک‌ترین درجهٔ یک وسیله معلوم باشد، عدم قطعیت معمولاً می‌تواند نصف کوچک‌ترین درجه با در سطح ساده‌تر برابر با همان کوچک‌ترین درجه در نظر گرفته شود.

سوال‌ها

۱. یک خط‌کش کوچک‌ترین درجه‌بندی 1 mm دارد.
عدم قطعیت تقریبی آن چقدر است؟



جواب:

عدم قطعیت = $\pm$ _____ mm

۲. طول یک قلم با همین خط‌کش
14.5 cm اندازه‌گیری شده است.
نتیجه را با عدم قطعیت بنویسید.



جواب:

طول قلم = $\pm$ _____ cm

۳. یک ترازو فقط تا 1 g نشان می‌دهد.
اگر کتلهٔ یک جسم 50 g خوانده شود،
نتیجه چگونه نوشته می‌شود؟



جواب:

کتلهٔ جسم = $\pm$ _____ g

یادداشت:

در نوشتن نتیجه با عدم قطعیت، مقدار اندازه‌گیری‌شده را همراه با علامت $\pm$ و مقدار عدم قطعیت و واحد درست بنویسید.



فعالیت ۲: عدم قطعیت در اندازه‌گیری تکراری

رهنمایی:

برای محاسبه عدم قطعیت تقریبی از اندازه‌گیری‌های تکراری، از این روش استفاده کنید:
عدم قطعیت تقریبی = نصف فاصله بین بیشترین و کمترین مقدار

مثال تمرینی

زمان حرکت یک موتورک سه بار اندازه‌گیری شده است:



تلاش	زمان
اول	4.0 s
دوم	4.4 s
سوم	4.2 s



۱. بیشترین زمان چند است؟

جواب:

_____ s



۲. کمترین زمان چند است؟

جواب:

_____ s



۳. تفاوت بین بیشترین و کمترین مقدار را حساب کنید.

جواب:

_____ - _____ = _____ s



۴. عدم قطعیت تقریبی را حساب کنید.

جواب:

_____ $\div$ 2 = $\pm$ _____ s



۵. اگر میانگین زمان 4.2 s باشد، نتیجه را با عدم قطعیت بنویسید.

جواب:

زمان حرکت موتورک = _____ $\pm$ _____ s



یادداشت:

در نوشتن نتیجه، مقدار میانگین را همراه با علامت $\pm$ و مقدار عدم قطعیت بنویسید.

فعالیت ۳: فکر کردن درباره نتیجه

به سوال‌های زیر جواب کوتاه بدهید:



۱. اگر عدم قطعیت زیاد باشد، آیا نتیجه آزمایش قابل اعتمادتر می‌شود یا کمتر قابل اعتماد؟ چرا؟
جواب:



۲. چرا بهتر است یک اندازه‌گیری چند بار تکرار شود؟
جواب:



۳. اگر دو نتیجه خیلی به هم نزدیک باشند، اما عدم قطعیت زیاد باشد، آیا می‌توانیم با اطمینان بگوییم که یکی بهتر یا بیشتر است؟
جواب:



پاسخ‌های نمونه برای معلم

۱. خط‌کش با درجه‌بندی 1 mm می‌تواند حدود $\pm 0.5 \text{ mm}$ یا ساده‌تر $\pm 1 \text{ mm}$ عدم قطعیت داشته باشد.

۲. اگر طول قلم 14.5 cm باشد، نتیجه می‌تواند چنین نوشته شود:

$$14.5 \pm 0.05 \text{ cm}$$

یا در سطح ساده‌تر:

$$14.5 \pm 0.1 \text{ cm}$$

۳. برای ترازو:

$$50 \pm 1 \text{ g} \quad \text{كتلة جسم} =$$

۴. در مثال موتورک:

$$4.4 \text{ s} \quad \text{بیشترین زمان} =$$

$$4.0 \text{ s} \quad \text{کمترین زمان} =$$

$$0.4 \text{ s} \quad \text{تفاوت} =$$

$$0.4 \div 2 = \pm 0.2 \text{ s} \quad \text{عدم قطعیت} =$$

نتیجه:

$$4.2 \pm 0.2 \text{ s} \quad \text{زمان حرکت موتورک} =$$



یادداشت: شاگردان باید در پاسخ‌های خود دلیل کوتاه نیز بنویسند.

منابع

- American Association for the Advancement of Science. (1993). Benchmarks for science literacy. Oxford University Press.
- Bureau International des Poids et Mesures. (2019). The International System of Units (SI) (9th ed.). Bureau International des Poids et Mesures.
- Giancoli, D. C. (2014). Physics: Principles with applications (7th ed.). Pearson.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). Fundamentals of physics (11th ed.). Wiley.
- Joint Committee for Guides in Metrology. (2008). Evaluation of measurement data—Guide to the expression of uncertainty in measurement (JCGM 100:2008). Joint Committee for Guides in Metrology.
- Ling, S. J., Sanny, J., & Moebs, W. (2016). University physics volume 1. OpenStax, Rice University.
- OpenStax. (2022). College physics 2e. Rice University.
- Taylor, B. N., & Kuyatt, C. E. (1994). Guidelines for evaluating and expressing the uncertainty of NIST measurement results (NIST Technical Note 1297). National Institute of Standards and Technology. doi:10.6028/NIST.TN.1297
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2020). University physics with modern physics (15th ed.). Pearson.

Unit 2: Understanding Motion, Force, and Energy in Mechanical Systems

فصل دوم: درک علمی حرکت، قوه و انرژی در سیستم‌های میخانیکی

مقدمه

حرکت، قوه و انرژی از بنیادی‌ترین مفاهیم فزیک هستند که در تمام پدیده‌های طبیعی و فعالیت‌های روزمره انسان نقش اساسی دارند. از حرکت وسایط نقلیه در شاهراه‌های گرفته تا جریان آب در بندهای برق‌آبی، پرواز طیاره‌ها، فعالیت ماشین‌آلات زراعتی و تولید انرژی، همه شان بر اساس قوانین حرکت، قوه و انرژی عمل می‌کنند. در این واحد، این مفاهیم به صورت علمی، تحلیلی و کاربردی بررسی می‌شوند.

1.1 مفاهیم سرعت، سرعت جهت‌دار و شتاب در زندگی روزمره

برای فهمیدن حرکت اجسام، سه مفهوم بسیار مهم در فزیک استفاده می‌شود: سرعت، سرعت جهت‌دار و شتاب این سه مفهوم در زندگی روزمره بسیار کاربرد دارند؛ مثلاً هنگام حرکت موتور، دویدن یک ورزشکار، پرواز طیاره، حرکت بایسکل یا حتی افتادن یک جسم از ارتفاع.

سرعت یا Speed

سرعت نشان می‌دهد که یک جسم در یک مدت زمان مشخص چه مقدار فاصله را طی می‌کند. به بیان ساده، سرعت می‌گوید یک جسم چقدر سریع حرکت می‌کند. اگر جسمی فاصله زیادی را در زمان کم طی کند، سرعت آن زیاد است. اما اگر همان فاصله را در زمان طولانی طی کند، سرعت آن کم است.

فرمول سرعت متوسط چنین است:

$$\text{سرعت متوسط} = \text{زمان} \div \text{فاصله طی شده}$$

مثال: اگر یک موتور فاصله 120 کیلومتر را در 3 ساعت طی کند، سرعت متوسط آن چنین محاسبه می‌شود:

$$120 \div 3 = 40 \text{ km/h}$$

یعنی موتور به طور متوسط در هر ساعت 40 کیلومتر حرکت کرده است. در زندگی واقعی، سرعت معمولاً همیشه ثابت نمی‌ماند. برای مثال، یک موتور در سرک هموار ممکن است سریع‌تر حرکت کند، اما در سرک مزدحم، سرک خامه یا هنگام نزدیک شدن به چهارراهی، سرعت آن کم می‌شود. به همین دلیل در بسیاری از حالت‌ها از اصطلاح سرعت متوسط استفاده می‌کنیم. سرعت یک کمیت مقیاسی است؛ یعنی فقط مقدار دارد و جهت حرکت را نشان نمی‌دهد. برای مثال، وقتی می‌گوییم «موتور با سرعت 60 km/h حرکت می‌کند»، فقط مقدار حرکت را گفته‌ایم، اما نگفته‌ایم موتور به کدام طرف حرکت می‌کند.

سرعت جهت‌دار یا Velocity

سرعت جهت‌دار شبیه سرعت است، اما یک فرق مهم دارد: سرعت جهت‌دار هم مقدار دارد و هم جهت. یعنی برای بیان سرعت جهت‌دار، باید هم مقدار حرکت و هم جهت حرکت جسم مشخص شود.

مثال:

- موتور با سرعت 60 km/h حرکت می‌کند.
این جمله فقط مقدار حرکت را نشان می‌دهد.
- موتور با سرعت 60 km/h به طرف شمال حرکت می‌کند.
این جمله سرعت جهت‌دار را نشان می‌دهد؛ زیرا هم مقدار و هم جهت مشخص است.

سرعت جهت‌دار یک کمیت وکتوری است. در حرکت اجسام، جهت بسیار مهم است. برای مثال، دو موتور ممکن است هر دو با 50km/h حرکت کنند، اما یکی به طرف شرق و دیگری به طرف غرب برود. سرعت آن‌ها یکسان است، اما سرعت جهت‌دار آن‌ها یکسان نیست؛ چون جهت حرکت فرق دارد. در فزیک، وقتی حرکت یک جسم را دقیق تحلیل می‌کنیم، سرعت جهت‌دار اهمیت زیادی پیدا می‌کند؛ مخصوصاً در حرکت طیاره‌ها، موشک‌ها، کشتی‌ها، بایسکل‌سواران و اجسام پرتاب‌شده.

شتاب یا Acceleration

شتاب یعنی تغییر سرعت در واحد زمان. اگر سرعت یک جسم زیاد شود، جسم شتاب می‌گیرد. اگر سرعت آن کم شود، جسم کاهش شتاب یا شتاب منفی دارد. اگر سرعت و جهت حرکت جسم تغییر کند، باز هم شتاب وجود دارد. فرمول شتاب چنین است:

$$\text{شتاب} = \text{زمان} \div \text{تغییر سرعت}$$

یا:

$$a = (v - u) \div t$$

در این فرمول:

- شتاب a
- سرعت نهایی v
- سرعت اولیه u
- زمان t

مثال: اگر یک موتور از حالت سکون شروع کند و در 5 ثانیه به سرعت 20m/s برسد:

$$a = (20 - 0) \div 5 = 4 \text{ m/s}^2$$

یعنی سرعت موتور در هر ثانیه 4 متر بر ثانیه افزایش یافته است.

مثال‌های روزمره از شتاب

وقتی موتور از حالت ایستاده حرکت را شروع می‌کند، شتاب می‌گیرد. وقتی بایسکل‌سوار پدال را تندتر می‌زند، سرعت او زیاد می‌شود و شتاب ایجاد می‌شود. وقتی راننده بیکر می‌کند، سرعت موتور کم می‌شود و کاهش شتاب رخ می‌دهد. حتی وقتی یک موتور با سرعت ثابت حرکت می‌کند اما جهت خود را تغییر می‌دهد، مانند پیچیدن در یک سرک، باز هم نوعی شتاب وجود دارد؛ زیرا جهت سرعت تغییر کرده است. بنابراین، شتاب تنها به معنی زیاد شدن سرعت نیست؛ بلکه هر نوع تغییر در سرعت، چه در مقدار و چه در جهت، شتاب محسوب می‌شود.

1.2 تفسیر گراف‌های فاصله-زمان و سرعت-زمان

برای فهمیدن حرکت یک جسم، گراف‌ها بسیار کمک می‌کنند. گراف به ما نشان می‌دهد که یک جسم در طول زمان چگونه حرکت کرده است؛ آیا ایستاده بوده، با سرعت ثابت حرکت کرده، سرعتش زیاد شده یا کم شده است. دو گراف مهم در مبحث حرکت عبارتند از: گراف فاصله-زمان و گراف سرعت-زمان.

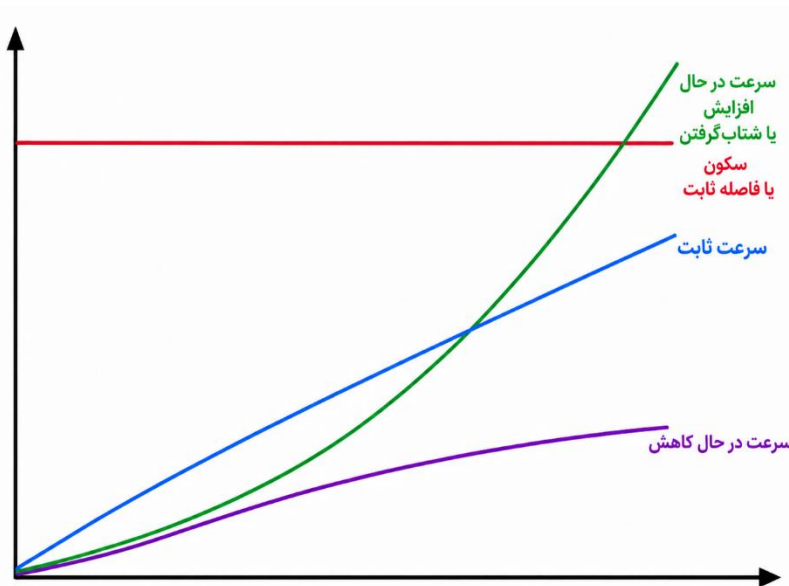
۱. گراف فاصله-زمان

در گراف فاصله-زمان، محور افقی معمولاً زمان را نشان می‌دهد و محور عمودی فاصله را نشان می‌دهد. این گراف به ما می‌گوید که یک جسم در هر لحظه از زمان چقدر از نقطه آغاز فاصله گرفته است. در این گراف، مهم‌ترین چیز شیب خط

است. شیب خط نشان می‌دهد که جسم با چه سرعتی حرکت می‌کند. هر قدر خط تیزتر و پرشیب‌تر باشد، جسم سریع‌تر حرکت می‌کند. اگر خط کم‌شیب باشد، یعنی جسم آهسته‌تر حرکت می‌کند.

حالت‌های مهم در گراف فاصله-زمان

خط سرخ گراف افقی است، یعنی فاصله با گذشت زمان تغییر نمی‌کند. در این حالت جسم حرکت نمی‌کند و در یک جای ثابت ایستاده است. برای مثال، اگر یک موتور کنار سرک ایستاده باشد، زمان می‌گذرد اما فاصله آن از نقطه آغاز تغییر نمی‌کند.



خط آبی گراف مستقیم و رو به بالا می‌باشد، یعنی جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند. در این حالت، جسم در زمان‌های مساوی، فاصله‌های مساوی را طی می‌کند. برای مثال، اگر یک بایسکل‌سوار در هر ثانیه ۲ متر حرکت کند، حرکت او یکنواخت است و گراف آن یک خط مستقیم رو به بالا خواهد بود.

در خط سبز گراف منحنی رو به بالا می‌باشد و به تدریج تیزتر شود، یعنی سرعت جسم زیاد می‌شود. این حالت نشان‌دهنده شتاب گرفتن است. برای مثال، وقتی یک موتور از حالت سکون شروع به حرکت می‌کند و کم‌کم تیزتر می‌رود، گراف فاصله-زمان آن حالت منحنی پیدا می‌کند.

خط نارنجی گراف منحنی باشد اما به تدریج کم‌شیب‌تر می‌شود، یعنی سرعت جسم کم می‌شود. در این حالت جسم هنوز حرکت

می‌کند، اما آهسته‌تر از قبل می‌شود. برای مثال، موتوری که نزدیک چراغ سرخ می‌شود و سرعت خود را کاهش می‌دهد، چنین حالتی دارد.

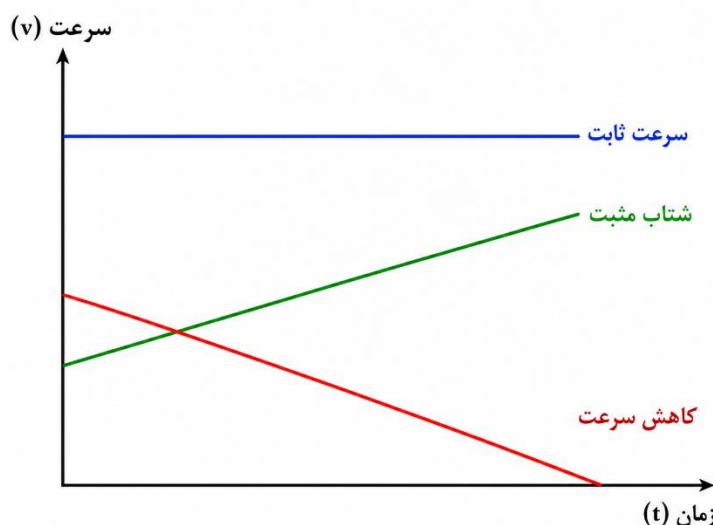
۲ گراف سرعت-زمان

در گراف سرعت-زمان، محور افقی زمان و محور عمودی سرعت را نشان می‌دهد. این گراف به ما می‌گوید که سرعت جسم در هر لحظه چقدر است و آیا سرعت آن تغییر می‌کند یا ثابت می‌ماند.

در این گراف، شیب خط نشان‌دهنده شتاب است. یعنی اگر خط رو به بالا باشد، سرعت زیاد می‌شود؛ اگر خط رو به پایین باشد، سرعت کم می‌شود؛ و اگر خط افقی باشد، سرعت ثابت است.

حالت‌های مهم در گراف سرعت-زمان

در خط آبی گراف افقی و بالاتر از محور زمان می‌باشد، یعنی جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند. در این حالت، سرعت تغییر نمی‌کند، اما جسم همچنان در حال حرکت است. این نکته بسیار مهم است؛ چون در گراف فاصله-زمان خط افقی یعنی جسم ایستاده است، اما در گراف سرعت-زمان خط افقی یعنی سرعت ثابت است.



در خط سبز گراف رو به بالا باشد، یعنی سرعت جسم با گذشت زمان زیاد می‌شود. این حالت را شتاب مثبت می‌گوییم. برای مثال، وقتی یک موتور حرکت خود را آغاز می‌کند و سرعتش از ۰ به ۲۰ متر بر ثانیه می‌رسد، گراف سرعت-زمان آن رو به بالا می‌رود.

در خط سرخ گراف رو به پایین می‌باشد، یعنی سرعت جسم کم می‌شود. این حالت را کاهش سرعت یا شتاب منفی می‌گوییم. برای مثال، وقتی راننده پیرک می‌گیرد، سرعت موتور کم می‌شود و خط گراف رو به پایین می‌آید.

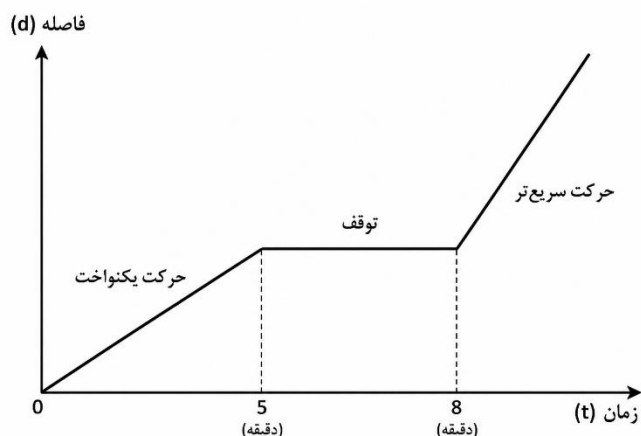
اگر خط گراف روی محور زمان باشد، یعنی سرعت صفر است. در این حالت جسم حرکت نمی‌کند و ایستاده است.

۳ تفاوت مهم میان دو گراف

در گراف فاصله-زمان، شیب خط سرعت را نشان می‌دهد. اما در گراف سرعت-زمان، شیب خط شتاب را نشان می‌دهد. همچنین خط افقی در این دو گراف معنای متفاوت دارد. در گراف فاصله-زمان، خط افقی یعنی جسم ایستاده است؛ چون فاصله تغییر نمی‌کند. اما در گراف سرعت-زمان، خط افقی یعنی جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند؛ چون سرعت تغییر نمی‌کند.

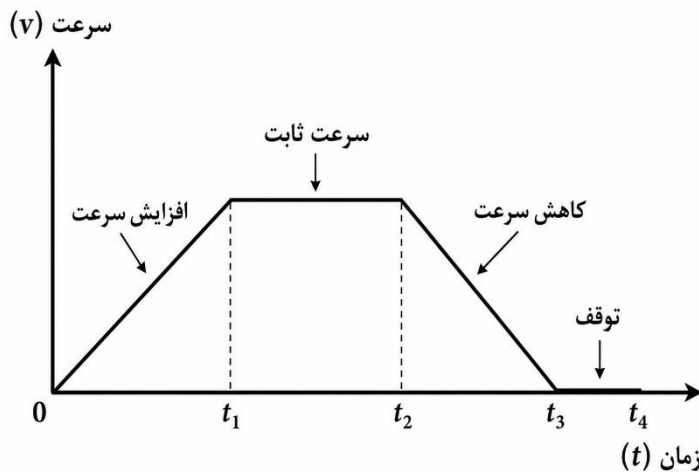
نوع گراف	محور عمودی	شیب خط نشان‌دهنده چیست؟	خط افقی چه معنی دارد؟
فاصله-زمان	فاصله	سرعت	جسم ایستاده است
سرعت-زمان	سرعت	شتاب	سرعت ثابت است

۴ مثال برای گراف فاصله-زمان



فرض کنید یک شاگرد از خانه به طرف مکتب حرکت می‌کند. در ۵ دقیقه اول به طور یکنواخت راه می‌رود. سپس برای ۳ دقیقه توقف می‌کند. بعد دوچرخه سریع‌تر حرکت می‌کند. در گراف فاصله-زمان، بخش اول یک خط مستقیم رو به بالا خواهد بود. بخش دوم خط افقی می‌شود، چون شاگرد ایستاده و فاصله‌اش تغییر نمی‌کند. بخش سوم دوچرخه رو به بالا می‌رود، اما اگر سریع‌تر حرکت کند، خط آن تیزتر خواهد بود. این گراف نشان می‌دهد که شاگرد چه زمانی حرکت کرده، چه زمانی توقف کرده و چه زمانی سرعتش بیشتر شده است.

۵ مثال برای گراف سرعت-زمان



فرض کنید یک موتور از حالت سکون شروع به حرکت می‌کند. در چند ثانیه اول سرعتش زیاد می‌شود. سپس برای مدتی با سرعت ثابت حرکت می‌کند. بعد راننده پیرک می‌گیرد و سرعت کم می‌شود تا موتور توقف کند.

در گراف سرعت-زمان، بخش اول خط رو به بالا است، چون سرعت زیاد می‌شود. بخش دوم خط افقی است، چون سرعت ثابت مانده است. بخش سوم خط رو به پایین است، چون موتور در حال کم کردن سرعت است. در پایان، وقتی سرعت به صفر برسد، موتور ایستاده است.

۶ نکات کلیدی برای تحلیل گراف‌ها

برای تحلیل گراف فاصله-زمان، ابتدا ببینید فاصله با گذشت زمان زیاد می‌شود یا نه. اگر فاصله زیاد شود، جسم در حال حرکت است. اگر فاصله ثابت بماند، جسم ایستاده است. سپس به شیب خط توجه کنید؛ شیب زیاد یعنی سرعت زیاد، و شیب کم یعنی سرعت کم. برای تحلیل گراف سرعت-زمان، ابتدا ببینید سرعت صفر است یا بیشتر از صفر. اگر سرعت صفر باشد، جسم ایستاده است. اگر سرعت بیشتر از صفر باشد، جسم حرکت می‌کند. بعد به شکل خط نگاه کنید؛ خط رو به بالا یعنی سرعت زیاد می‌شود، خط رو به پایین یعنی سرعت کم می‌شود، و خط افقی یعنی سرعت ثابت است.

۱ حرکت یکنواخت

حرکت یکنواخت حرکتی است که در آن جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند. یعنی جسم در زمان‌های مساوی، فاصله‌های مساوی را طی می‌کند. به بیان ساده، اگر یک جسم در هر ثانیه مقدار یکسانی راه برود، حرکت آن یکنواخت است.

مثال ساده: اگر یک موتور در هر ثانیه ۲۰ متر حرکت کند و این مقدار در تمام مسیر ثابت بماند، حرکت موتور یکنواخت است.

یعنی:

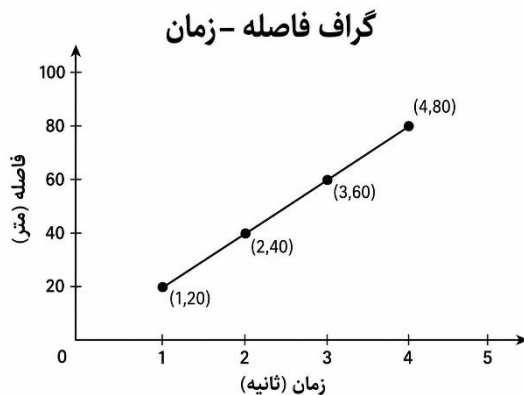
در ۱ ثانیه: ۲۰ متر

در ۲ ثانیه: ۴۰ متر

در ۳ ثانیه: ۶۰ متر

در ۴ ثانیه: ۸۰ متر

در این مثال، موتور در هر ثانیه ۲۰ متر حرکت می‌کند. پس سرعت آن ثابت است و حرکت آن یکنواخت می‌باشد.



فرمول حرکت یکنواخت

در حرکت یکنواخت، سرعت از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{سرعت} = \text{فاصله} \div \text{زمان}$$

$$v = d \div t$$

در این فرمول:

v یعنی سرعت

d یعنی فاصله

t یعنی زمان

مثال محاسبه: اگر یک بایسکل سوار در ۱۰ ثانیه، ۵۰ متر راه برود، سرعت او چنین محاسبه می شود:

$$v = d \div t$$

$$v = 50 \div 10$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

پس سرعت بایسکل سوار ۵ متر بر ثانیه است. این یعنی بایسکل سوار در هر ثانیه ۵ متر حرکت می کند.

ویژگی های حرکت یکنواخت
سرعت ثابت است. شتاب صفر است. جسم در زمان های مساوی، فاصله های مساوی را طی می کند. در گراف فاصله-زمان، خط مستقیم دیده می شود. در گراف سرعت-زمان، خط افقی دیده می شود.

چرا شتاب در حرکت یکنواخت صفر است؟

شتاب زمانی به وجود می آید که سرعت تغییر کند. اما در حرکت یکنواخت سرعت تغییر نمی کند. چون سرعت ثابت است، شتاب برابر صفر می باشد. فرمول شتاب چنین است:

زمان ÷ تغییر سرعت = شتاب

$$a = \Delta v \div t$$

در حرکت یکنواخت، تغییر سرعت صفر است. بنابراین:

$$a = 0 \div t$$

$$a = 0$$

پس در حرکت یکنواخت، شتاب وجود ندارد.

مثال های روزمره از حرکت یکنواخت

وقتی یک موتور در یک سرک هموار و خلوت با سرعت ثابت ۶۰ کیلومتر در ساعت حرکت می کند، حرکت آن تقریباً یکنواخت است. گر یک شاگرد با قدم های منظم و سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم راه برود، حرکت او هم نمونه ای از حرکت یکنواخت است.

البته در زندگی واقعی، حرکت کاملاً یکنواخت کمتر اتفاق می افتد؛ زیرا عواملی مانند ترافیک، پیچ سرک، باد، اصطکاک و تغییر مسیر می توانند سرعت جسم را تغییر دهند. اما برای فهم بهتر مفاهیم فزیک، حرکت یکنواخت یک نمونه ساده و مهم است.

۲ حرکت شتاب دار

حرکت شتاب دار حرکتی است که در آن سرعت جسم تغییر می کند. این تغییر سرعت می تواند به دو شکل باشد: سرعت زیاد شود یا سرعت کم شود.

اگر سرعت جسم زیاد شود، جسم دارای شتاب مثبت است.
اگر سرعت جسم کم شود، جسم دارای شتاب منفی یا کاهش سرعت است.
به بیان ساده، هرگاه سرعت یک جسم ثابت نباشد، حرکت آن شتابدار است.

مثال ساده از حرکت شتابدار

وقتی یک موتور از چراغ سرخ شروع به حرکت می‌کند، در آغاز سرعت آن صفر است. بعد از چند ثانیه سرعتش زیاد می‌شود. چون سرعت موتور تغییر کرده و افزایش یافته است، حرکت آن شتابدار است. همچنان وقتی یک موتور نزدیک چهارراهی بیرک می‌گیرد، سرعت آن کم می‌شود. در این حالت نیز حرکت شتابدار است، اما شتاب آن منفی است؛ زیرا سرعت کاهش می‌یابد.

فرمول حرکت شتابدار

$$a = \Delta v \div t$$

زمان $\div$ تغییر سرعت = شتاب

تغییر سرعت یعنی سرعت نهایی منفی سرعت ابتدایی:

$$\Delta v = v_2 - v_1$$

$$a = (v_2 - v_1) \div t$$

در این فرمول:

a شتاب
 v_1 سرعت ابتدایی
 v_2 سرعت نهایی
t زمان

مثال: فرض کنید یک موتور از حالت سکون شروع به حرکت می‌کند. سرعت ابتدایی آن صفر است. بعد از ۵ ثانیه، سرعت آن به ۲۰ متر بر ثانیه می‌رسد.

$$v_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 20 \text{ m/s}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

$$a = (v_2 - v_1) \div t$$

جای گذاری:

$$a = (20 - 0) \div 5$$

$$a = 20 \div 5$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

پس شتاب موتور ۴ متر بر ثانیه مربع است. این یعنی سرعت موتور در هر ثانیه، ۴ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد.

مثال ۲: فرض کنید یک موتور با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه حرکت می‌کند. راننده بیرک می‌گیرد و پس از ۶ ثانیه، سرعت موتور به صفر می‌رسد. داده‌ها:

$$v_1 = 30 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 0 \text{ m/s}$$

$$t = 6 \text{ s}$$

$$a = (v_2 - v_1) \div t$$

جای گذاری:

$$a = (0 - 30) \div 6$$

$$a = -30 \div 6$$

$$a = -5 \text{ m/s}^2$$

شتاب منفی است؛ یعنی سرعت موتور کم شده است. پس موتور در حال کاهش سرعت بوده است.

ویژگی های حرکت شتابدار

سرعت ثابت نیست.

سرعت جسم با گذشت زمان تغییر می کند.

شتاب وجود دارد.

در زمان های مساوی، فاصله های طی شده ممکن است برابر نباشند.

در گراف سرعت-زمان، خط دارای شیب است.

در گراف فاصله-زمان، خط ممکن است منحنی باشد.

اگر جسم سرعت بگیرد، در هر ثانیه فاصله بیشتری را طی می کند.

اگر جسم سرعت کم کند، در هر ثانیه فاصله کمتری را طی می کند.

۳ تفاوت اصلی میان حرکت یکنواخت و حرکت شتابدار

تفاوت اصلی این دو حرکت در تغییر سرعت است. در حرکت یکنواخت، سرعت جسم تغییر نمی کند. جسم در تمام مسیر با سرعت ثابت حرکت می کند. اما در حرکت شتابدار، سرعت جسم تغییر می کند؛ یعنی یا زیاد می شود یا کم می شود.

اگر جسم در زمان های مساوی، فاصله های مساوی را طی کند، حرکت آن یکنواخت است. اگر جسم در زمان های مساوی، فاصله های متفاوت را طی کند، حرکت آن شتابدار است.

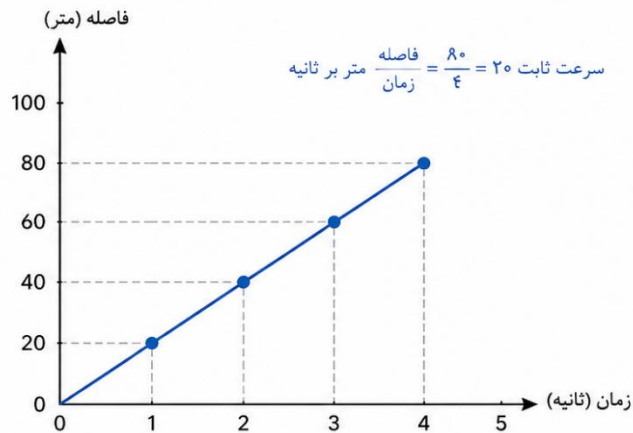
جدول مقایسه حرکت یکنواخت و حرکت شتابدار

ویژگی	حرکت شتابدار	حرکت یکنواخت
سرعت	تغییر می کند	ثابت است
شتاب	وجود دارد	صفر است
فاصله در زمان های مساوی	ممکن است برابر نباشد	برابر است
گراف فاصله-زمان	معمولاً خط منحنی	خط مستقیم
گراف سرعت-زمان	خط شیبدار	خط افقی
مثال	موتور هنگام شروع حرکت یا بیرک گرفتن	موتور با سرعت ثابت در شاهراه

گراف‌های حرکت یکنواخت

گراف فاصله - زمان

در این گراف خط مستقیم است، یعنی جسم در زمان‌های مساوی، فاصله‌های مساوی را طی می‌کند. هر قدر خط تیزتر باشد، سرعت بیشتر است.

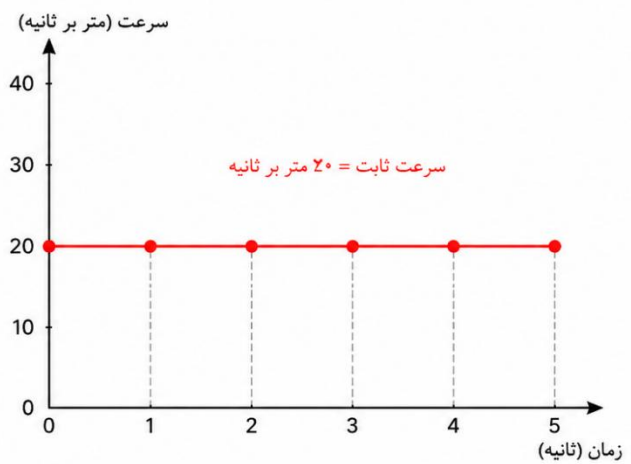


زمان (ثانیه)	1	2	3	4
فاصله (متر)	20	40	60	80

در هر ۱ ثانیه، ۲۰ متر حرکت شده است
یعنی سرعت ثابت = ۲۰ متر بر ثانیه

گراف سرعت - زمان

در این گراف خط افقی است، یعنی سرعت جسم در تمام زمان‌ها ثابت است و تغییر نمی‌کند.



این خط افقی در عدد ۲۰ نشان می‌دهد
که سرعت در تمام زمان‌ها برابر با ۲۰ متر بر ثانیه است.

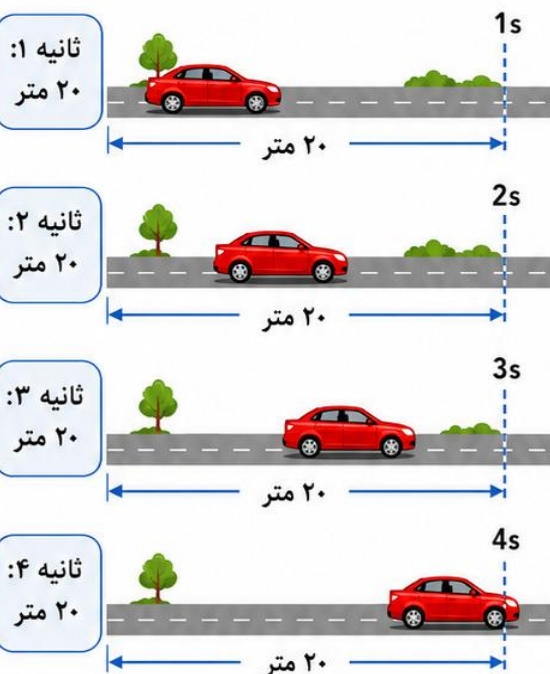
مثال مقایسه‌ای عملی

مقایسه حرکت یکنواخت و حرکت شتاب‌دار

موتر اول: حرکت یکنواخت



سرعت موتر: ۲۰ متر بر ثانیه



این موتر با سرعت ثابت ۲۰ متر بر ثانیه حرکت می‌کند. این موتر در هر ثانیه ۲۰ متر راه می‌رود. پس حرکت آن یکنواخت است.

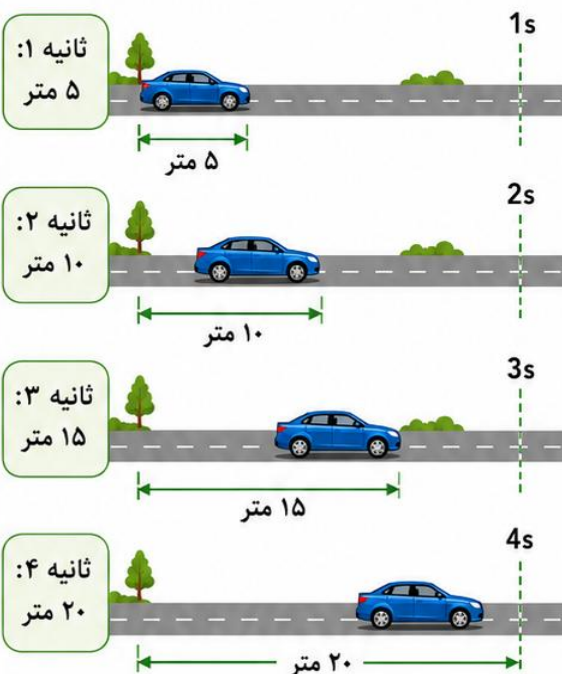


فاصله‌های مساوی در زمان‌های مساوی

موتر دوم: حرکت شتاب‌دار



شروع از حالت سکون



این موتر از حالت سکون شروع به حرکت می‌کند. در ثانیه اول ۵ متر، در ثانیه دوم ۱۰ متر، در ثانیه سوم ۱۵ متر و در ثانیه چهارم ۲۰ متر راه می‌رود. چون فاصله طی‌شده در هر ثانیه بیشتر می‌شود، سرعت موتر در حال افزایش است. پس حرکت آن شتاب‌دار است.



فاصله بیشتر در هر ثانیه

نتیجه



- حرکت یکنواخت: سرعت ثابت است.
- حرکت شتاب‌دار: سرعت در حال افزایش است.

فعالیت عملی: تشخیص حرکت یکنواخت و حرکت شتابدار

۱. هدف فعالیت

تشخیص تفاوت حرکت یکنواخت و حرکت شتابدار با استفاده از مشاهده، اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها.

۲. وسایل لازم

- یک توپ کوچک یا موتورک اسباب‌بازی
- یک خط کش یا متر
- ساعت یا کرنومتر
- یک سطح صاف
- یک سطح کمی شیب‌دار
- کاغذ و قلم

۳. روش انجام فعالیت

۱. ابتدا موتورک یا توپ را روی سطح صاف حرکت دهید. تلاش کنید آن را طوری حرکت دهید که تقریباً با سرعت ثابت پیش برود. فاصله طی‌شده را در هر ثانیه یادداشت کنید.
۲. سپس همان موتورک یا توپ را روی سطح شیب‌دار رها کنید. این بار مشاهده می‌کنید که جسم به تدریج سرعت می‌گیرد. دوباره فاصله طی‌شده را در هر ثانیه یادداشت کنید.



۴. جدول نمونه

زمان	فاصله روی سطح صاف	فاصله روی سطح شیب‌دار
۱ ثانیه	۱۰ سانتی‌متر	۵ سانتی‌متر
۲ ثانیه	۲۰ سانتی‌متر	۱۵ سانتی‌متر
۳ ثانیه	۳۰ سانتی‌متر	۳۰ سانتی‌متر
۴ ثانیه	۴۰ سانتی‌متر	۵۰ سانتی‌متر

۵. تحلیل فعالیت

۱. در سطح صاف، فاصله در هر ثانیه تقریباً به اندازه برابر زیاد شده است. این نشان می‌دهد که حرکت تقریباً یکنواخت بوده است.
۲. در سطح شیب‌دار، فاصله در هر ثانیه بیشتر شده است. این نشان می‌دهد که جسم سرعت گرفته و حرکت آن شتابدار بوده است.

۸ نتیجه گیری

حرکت یکنواخت و حرکت شتابدار دو نوع مهم حرکت در فیزیک هستند. در حرکت یکنواخت، سرعت ثابت است و شتاب صفر می باشد. اما در حرکت شتابدار، سرعت تغییر می کند و شتاب وجود دارد. برای تشخیص این دو حرکت، باید به تغییر فاصله و سرعت در طول زمان توجه کنیم. اگر جسم در زمان های مساوی فاصله های مساوی را طی کند، حرکت آن یکنواخت است. اگر در زمان های مساوی فاصله های متفاوت طی کند، حرکت آن شتابدار است. فرمول سرعت در حرکت یکنواخت چنین است:

$$v = d \div t$$

فرمول شتاب در حرکت شتابدار چنین است:

$$a = (v_2 - v_1) \div t$$

دانستن این مفاهیم به ما کمک می کند تا حرکت اجسام در زندگی روزمره، مانند حرکت موتور، قطار، بایسکل، توپ و انسان را بهتر و علمی تر توضیح دهیم.

1.4 تحلیل حرکت در سیستم های یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی

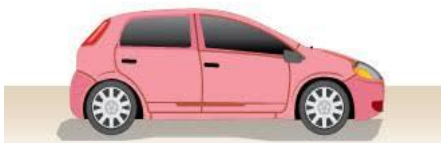
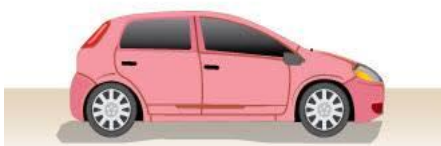
برای تحلیل دقیق حرکت، باید بدانیم جسم در چند جهت حرکت می کند. بعضی حرکت ها فقط در یک خط انجام می شوند، بعضی در یک صفحه و بعضی در فضای سه بعدی. به همین دلیل، حرکت را می توان در سیستم های یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی بررسی کرد.

حرکت یک بعدی

حرکت یک بعدی حرکتی است که در امتداد یک خط مستقیم انجام می شود. در این نوع حرکت، جسم فقط در یک مسیر مستقیم حرکت می کند؛ یا به جلو و عقب، یا بالا و پایین.

مثال ها:

- حرکت موتور در یک سرک مستقیم
- بالا و پایین رفتن آسانسور
- سقوط یک سنگ به طرف زمین
- حرکت قطار روی خط مستقیم



در حرکت یک بعدی، معمولاً فقط یک محور استفاده می شود؛ مثلاً محور x برای حرکت افقی یا محور y برای حرکت عمودی.

تحلیل حرکت یک بعدی

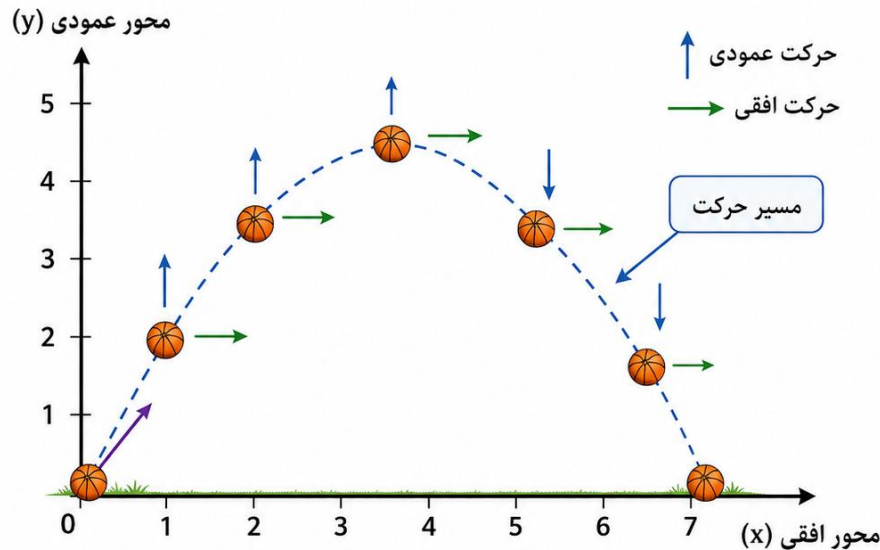
در حرکت یک بعدی، برای بررسی حرکت جسم، معمولاً فاصله، زمان، سرعت و شتاب اندازه گیری می شود. اگر جسم به طرف جلو حرکت کند، جهت حرکت را مثبت در نظر می گیریم. اگر جسم به طرف عقب حرکت کند، جهت را منفی در نظر می گیریم.

مثال: اگر یک موتور 100 متر به طرف شرق حرکت کند، جابه جایی آن می تواند +100 متر در نظر گرفته شود. اگر بعداً 40 متر به طرف غرب برگردد، این حرکت در جهت مخالف است و می تواند منفی در نظر گرفته شود.

حرکت دوبعدی

حرکت دوبعدی حرکتی است که در یک صفحه انجام می‌شود. در این حرکت، جسم هم در جهت افقی و هم در جهت عمودی می‌تواند حرکت کند. برای تحلیل حرکت دوبعدی، معمولاً دو محور x و y استفاده می‌شود.

مثال‌ها:



- پرتاب توپ در هوا
- حرکت توپ فوتبال پس از شوت
- پرتاب سنگ به زاویه
- حرکت یک قایق در سطح آب
- حرکت موتور در یک مسیر پیچ‌دار روی نقشه

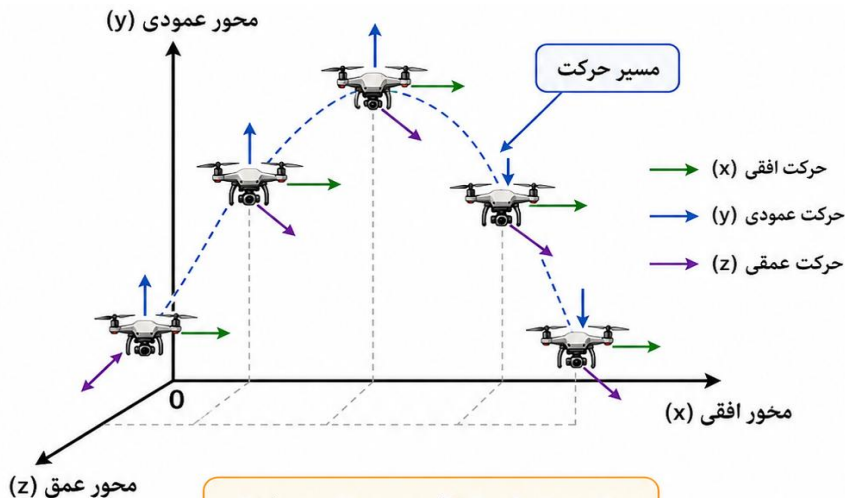
تحلیل حرکت دوبعدی

در حرکت دوبعدی، حرکت جسم به دو بخش جدا می‌شود:

- حرکت افقی
- حرکت عمودی

برای مثال، وقتی یک توپ به زاویه پرتاب می‌شود، توپ هم به طرف جلو حرکت می‌کند و هم به طرف بالا و سپس پایین می‌رود. حرکت افقی و عمودی توپ را می‌توان جداگانه بررسی کرد.

حرکت سه‌بعدی



حرکت سه‌بعدی حرکتی است که در فضای واقعی انجام می‌شود. در این حالت، جسم می‌تواند در سه جهت حرکت کند: طول، عرض و ارتفاع. برای تحلیل حرکت سه‌بعدی از سه محور x ، y و z استفاده می‌شود.

مثال‌ها:

- پرواز طیاره در آسمان
- حرکت پرنده‌ها
- حرکت ماهواره‌ها در فضا
- حرکت توپ در هوا همراه با چرخش
- حرکت یک درون یا هواپیمای بی‌سرنشین

اهمیت تحلیل سه‌بعدی

در دنیای واقعی، بیشتر حرکت‌ها سه‌بعدی هستند. برای مثال، طیاره فقط به جلو حرکت نمی‌کند؛ بلکه هم ارتفاع می‌گیرد، هم جهت خود را تغییر می‌دهد و هم سرعتش تغییر می‌کند. به همین دلیل، برای تحلیل حرکت طیاره، باید سه جهت مختلف در نظر گرفته شود.

راهنمای کوتاه

- در حرکت دوبعدی، جسم در دو محور مانند x و y حرکت می‌کند.
- در حرکت سه‌بعدی، علاوه بر x و y ، محور z یا عمق نیز وجود دارد.
- برای پیدا کردن مقدار کلی جابه‌جایی، سرعت یا شتاب، از جمع برداری مولفه‌ها استفاده می‌شود.

۱) جدول فرمول‌های حرکت دوبعدی و سه‌بعدی

مفهوم	حرکت دوبعدی	حرکت سه‌بعدی
موقعیت	(x, y)	(x, y, z)
جابه‌جایی در محوری افقی	$\Delta x = x_2 - x_1$	$\Delta x = x_2 - x_1$
جابه‌جایی در محوری عمودی	$\Delta y = y_2 - y_1$	$\Delta y = y_2 - y_1$
جابه‌جایی در محوری عمق	—	$\Delta z = z_2 - z_1$
جابه‌جایی کلی	$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$	$d = \sqrt{((\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2)}$
سرعت در محوری افقی	$v_x = \frac{\Delta x}{t}$	$v_x = \frac{\Delta x}{t}$
سرعت در محوری عمودی	$v_y = \frac{\Delta y}{t}$	$v_y = \frac{\Delta y}{t}$
سرعت در محوری عمق	—	$v_z = \frac{\Delta z}{t}$
سرعت کلی	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$
شتاب در محوری افقی	$a_x = \frac{\Delta v_x}{t}$	$a_x = \frac{\Delta v_x}{t}$
شتاب در محوری عمودی	$a_y = \frac{\Delta v_y}{t}$	$a_y = \frac{\Delta v_y}{t}$
شتاب در محوری عمق	—	$a_z = \frac{\Delta v_z}{t}$
شتاب کلی	$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$	$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

۲) جدول فرمول‌های حرکت پرتابی: نوع مهم حرکت دوبعدی

مفهوم	فرمول
مولفه افقی سرعت ابتدایی	$u_x = u \cos \theta$
مولفه عمودی سرعت ابتدایی	$u_y = u \sin \theta$
شتاب افقی	$a_x = 0$
شتاب عمودی	$a_y = -g$
فاصله افقی	$x = u_x t$
سرعت عمودی در زمان t	$v_y = u_y - gt$
جابه‌جایی عمودی	$y = u_y t - \frac{1}{2}gt^2$
فرمول دیگر عمودی	$v_y^2 = u_y^2 - 2gy$
زمان رسیدن به بلندترین نقطه	$t = u_y / g$
بیشترین ارتفاع	$H = u_y^2 / 2g$

نکته مهم در حرکت پرتابی

- در نبود مقاومت هوا، حرکت افقی سرعت ثابت دارد؛ پس $a_x = 0$ است.
- در محوری عمودی، شتاب همیشه به طرف پایین است؛ بنابراین $a_y = -g$ نوشته می شود.
- در نزدیکی سطح زمین معمولاً $g \approx 9.8 \text{ m/s}^2$ یا برای محاسبه ساده $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ گرفته می شود.

۳) معنی نمادها

معنی	نماد
افقی محوری در جایی جابه یا موقعیت	x
عمودی محوری در جایی جابه یا موقعیت	y
عمق محوری در جایی جابه یا موقعیت	z
زمان	t
کلی جایی جابه	d
کلی سرعت	v
سرعت های مولفه	v_x, v_y, v_z
کلی شتاب	a
شتاب های مولفه	a_x, a_y, a_z
ابتدایی سرعت	u
پرتاب زاویه	θ
زمین جاذبه شتاب	g

یادآوری برای شاگردان

- علامت Δ به معنی تغییر است؛ مثلاً Δx یعنی تغییر موقعیت در محوری x
- اگر جسم فقط در یک راستا حرکت کند، حرکت یک بعدی است؛ اگر در دو راستا حرکت کند، دوبعدی است؛ و اگر در سه راستا حرکت کند، سه بعدی است.
- فرمول های کلی با ریشه دوم نشان می دهند که مولفه ها باید باهم ترکیب شوند تا مقدار کل به دست آید.

الف) مثال موقعیت در حرکت دوبعدی

اگر توپ در نقطه $(3, 4)$ باشد، یعنی توپ ۳ متر در محور افقی و ۴ متر در محور عمودی از نقطه شروع فاصله دارد.

ب) مثال تغییر مکان در حرکت دوبعدی

یک توپ از نقطه $(1, 2)$ به نقطه $(5, 5)$ حرکت می کند. تغییر مکان مجموعی آن چند متر است؟

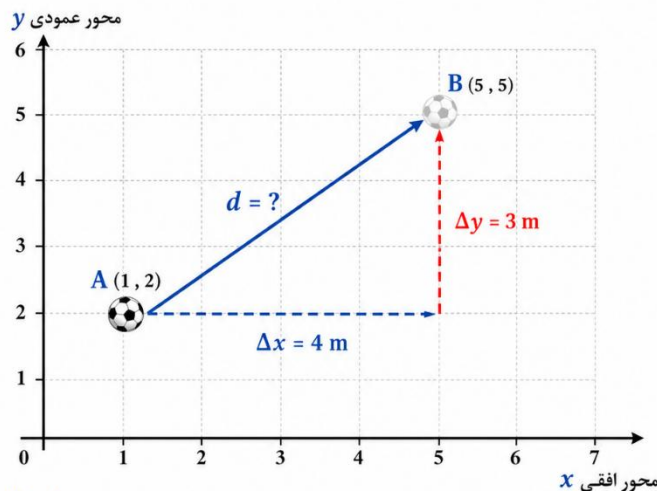
$$x_1 = 1, y_1 = 2, x_2 = 5, y_2 = 5$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 5 - 1 = 4 \text{ m}$$

$$\Delta y = y_2 - y_1 = 5 - 2 = 3 \text{ m}$$

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$$

$$d = \sqrt{(4^2 + 3^2)} = \sqrt{(16 + 9)} = \sqrt{25} = 5 \text{ m}$$



پس تغییر مکان مجموعی توپ ۵ متر است.

ج) مثال سرعت در حرکت دوبعدی

یک جسم در مدت ۲ ثانیه، ۶ متر در محور x و ۸ متر در محور y حرکت می کند. سرعت مجموعی آن چقدر است؟

$$\Delta x = 6 \text{ m}, \Delta y = 8 \text{ m}, t = 2 \text{ s}$$

$$v_x = \Delta x \div t = 6 \div 2 = 3 \text{ m/s}$$

$$v_y = \Delta y \div t = 8 \div 2 = 4 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)}$$

$$v = \sqrt{(3^2 + 4^2)} = \sqrt{(9 + 16)} = \sqrt{25} = 5 \text{ m/s}$$

پس سرعت مجموعی جسم ۵ متر بر ثانیه است.

د) مثال شتاب در حرکت دوبعدی

سرعت یک جسم در محور x از ۲ به ۶ متر بر ثانیه می رسد و سرعت آن در محور y از ۱ به ۵ متر بر ثانیه می رسد. اگر زمان ۲ ثانیه باشد، شتاب مجموعی چقدر است؟

$$v_{x1} = 2 \text{ m/s}, v_{x2} = 6 \text{ m/s}, v_{y1} = 1 \text{ m/s}, v_{y2} = 5 \text{ m/s}, t = 2 \text{ s}$$

$$a_x = (v_{x2} - v_{x1}) \div t = (6 - 2) \div 2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a_y = (v_{y2} - v_{y1}) \div t = (5 - 1) \div 2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a = \sqrt{(a_x^2 + a_y^2)} = \sqrt{(2^2 + 2^2)} = \sqrt{8} \approx 2.83 \text{ m/s}^2$$

پس شتاب مجموعی جسم تقریباً ۲.۸۳ متر بر ثانیه مربع است.

مثال حرکت پرتابی

یک توپ با سرعت ابتدایی 20 m/s و زاویه 30° پرتاب می شود. سرعت افقی، سرعت عمودی ابتدایی، زمان رسیدن به بلندترین نقطه و بیشترین ارتفاع را پیدا کنید.

$$u = 20 \text{ m/s}, \theta = 30^\circ, g \approx 10 \text{ m/s}^2$$

$$u_x = u \cos \theta = 20 \times \cos 30^\circ = 20 \times 0.866 = 17.32 \text{ m/s}$$

$$u_y = u \sin \theta = 20 \times \sin 30^\circ = 20 \times 0.5 = 10 \text{ m/s}$$

$$t = u_y \div g = 10 \div 10 = 1 \text{ s}$$

$$H = u_y^2 \div 2g = 10^2 \div (2 \times 10) = 100 \div 20 = 5 \text{ m}$$

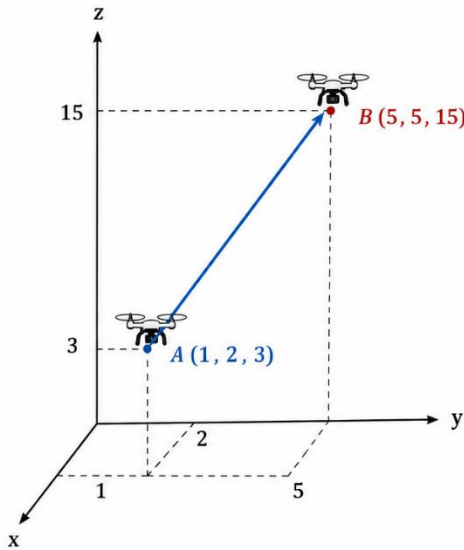
پس سرعت افقی توپ 17.32 m/s، سرعت عمودی ابتدایی 10 m/s، زمان رسیدن به بلندترین نقطه ۱ ثانیه و بیشترین ارتفاع ۵ متر است.

الف) مثال موقعیت در حرکت سه بعدی

اگر موقعیت یک پهپاد (2, 3, 4) باشد، یعنی پهپاد ۴ متر در محور x، ۳ متر در محور y و ۲ متر در محور z از نقطه شروع فاصله دارد.

ب) مثال تغییر مکان در حرکت سه‌بعدی

یک پهپاد از نقطه $(1, 2, 3)$ به نقطه $(5, 5, 15)$ حرکت می‌کند. تغییر مکان مجموعی آن چند متر است؟



$$x_1 = 1, y_1 = 2, z_1 = 3, x_2 = 5, y_2 = 5, z_2 = 15$$

$$\Delta x = 5 - 1 = 4 \text{ m}$$

$$\Delta y = 5 - 2 = 3 \text{ m}$$

$$\Delta z = 15 - 3 = 12 \text{ m}$$

$$d = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)}$$

$$d = \sqrt{(4^2 + 3^2 + 12^2)} = \sqrt{(16 + 9 + 144)} = \sqrt{169} = 13 \text{ m}$$

پس تغییر مکان مجموعی پهپاد ۱۳ متر است.

ج) مثال سرعت در حرکت سه‌بعدی

یک پرنده در ۴ ثانیه، ۱۲ متر در محور x، ۸ متر در محور y و ۱۶ متر در محور z حرکت می‌کند. سرعت مجموعی آن چقدر است؟

$$\Delta x = 12 \text{ m}, \Delta y = 8 \text{ m}, \Delta z = 16 \text{ m}, t = 4 \text{ s}$$

$$v_x = 12 \div 4 = 3 \text{ m/s}$$

$$v_y = 8 \div 4 = 2 \text{ m/s}$$

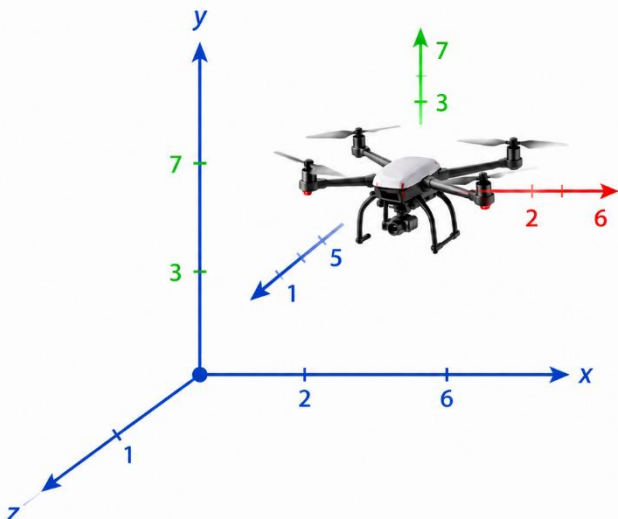
$$v_z = 16 \div 4 = 4 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)} = \sqrt{(3^2 + 2^2 + 4^2)} = \sqrt{29} \approx 5.39 \text{ m/s}$$

پس سرعت مجموعی پرنده تقریباً ۵.۳۹ متر بر ثانیه است.

د) مثال شتاب در حرکت سه‌بعدی

سرعت یک پهپاد در محور x از ۲ به ۶ متر بر ثانیه می‌رسد، در محور y از ۳ به ۷ متر بر ثانیه می‌رسد، و در محور z از ۱ به ۵ متر بر ثانیه می‌رسد. اگر زمان ۲ ثانیه باشد، شتاب مجموعی چقدر است؟



$$\begin{aligned} v_{x1} &= 2 \text{ m/s}, v_{x2} = 6 \text{ m/s}, v_{y1} = 3 \text{ m/s}, v_{y2} = 7 \text{ m/s}, \\ v_{z1} &= 1 \text{ m/s}, v_{z2} = 5 \text{ m/s}, t = 2 \text{ s} \end{aligned}$$

$$a_x = (6 - 2) \div 2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a_y = (7 - 3) \div 2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a_z = (5 - 1) \div 2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a = \sqrt{(2^2 + 2^2 + 2^2)} = \sqrt{12} \approx 3.46 \text{ m/s}^2$$

پس شتاب مجموعی پهپاد تقریباً 3.46 متر بر ثانیه مربع است.

1.5 شتاب، کم شدن سرعت و فاصله بیرک در ایمنی جاده

یکی از مهم ترین کاربردهای فزیک در زندگی روزمره، ایمنی جاده است. وقتی یک موتور حرکت می کند، سرعت، شتاب، کم شدن سرعت، زمان واکنش و فاصله بیرک نقش مهمی در جلوگیری از تصادم دارند. این مفاهیم به ما کمک می کنند بفهمیم چرا رانندگی با سرعت زیاد خطرناک است و چرا در سرک های تر، برفی، یخ زده یا مزدحم باید آهسته تر رانندگی کنیم.

اهداف آموزشی

شماره	پس از مطالعه این بخش، دانش آموز می تواند:
۱	شتاب و کم شدن سرعت را از دید فزیک توضیح دهد.
۲	فاصله واکنش، فاصله بیرک و فاصله توقف را از هم فرق کند.
۳	فورمول های ساده شتاب، فاصله واکنش و فاصله بیرک را در مثال های عددی استفاده کند.
۴	نقش اصطکاک، تایلر، سرک، بیرک، چارج موتور و سرعت را در ایمنی جاده تحلیل کند.
۵	توضیح دهد که چرا سرعت زیاد، فاصله توقف و شدت آسیب را افزایش می دهد.

۱ شتاب در رانندگی

شتاب زمانی رخ می دهد که سرعت موتور در طول زمان تغییر کند. اگر راننده ریز بدهد و سرعت موتور زیاد شود، شتاب مثبت به وجود می آید. اگر راننده بیرک بگیرد و سرعت موتور کم شود، شتاب منفی یا کم شدن سرعت رخ می دهد.

حالت حرکت	نمونه در رانندگی	توضیح
شتاب مثبت	موتور از حالت سکون حرکت را آغاز می کند و سرعت می گیرد.	سرعت موتور افزایش می یابد.
شتاب صفر	موتور در شاهراه با سرعت ثابت حرکت می کند.	سرعت موتور ثابت می ماند.
شتاب منفی	راننده بیرک می گیرد و موتور آهسته یا متوقف می شود.	سرعت موتور کاهش می یابد.

فورمول شتاب:

$$a = (v - u) \div t$$

سمبول	واحد	معنی
a	m/s ²	شتاب
u	m/s	سرعت ابتدایی
v	m/s	سرعت نهایی
t	s	زمان

۲ تأثیر کتله بر شتاب موتور

موتورهای سبک معمولاً سریع‌تر شتاب می‌گیرند، اما لاری‌ها و موتورهای چارجبری به دلیل کتله زیاد، شتاب کمتری دارند. بر اساس قانون دوم نیوتن، برای تغییر سرعت یک جسم سنگین‌تر، قوه بیشتری لازم است.



$$F = ma$$

مفهوم	توضیح علمی
كتله بيشتري	برای زیاد کردن یا کم کردن سرعت، قوه بیشتری ضرورت دارد.
قوة بيشتري	می‌تواند تغییر سرعت را سریع‌تر بسازد.
شتاب كمتر در موتور سنگين	اگر قوه بزرگ یا قوه موتور ثابت باشد، موتور سنگین‌تر آهسته‌تر شتاب می‌گیرد یا دیرتر توقف می‌کند.

۳ کم شدن سرعت یا شتاب منفی

کم شدن سرعت زمانی رخ می‌دهد که سرعت موتور کاهش یابد. در فیزیک، این حالت را شتاب منفی نیز می‌نامند، زیرا سرعت نهایی از سرعت ابتدایی کمتر است. برای نمونه، اگر سرعت موتور از 25 m/s به 5 m/s کم شود، تغییر سرعت منفی می‌شود.

$$\Delta v = v - u = 5 - 25 = -20 \text{ m/s}$$

علامت منفی نشان می‌دهد که سرعت موتور کم شده است.

مثال محاسباتی ۱: کم شدن سرعت

مقدار	داده‌ها
30 m/s	سرعت ابتدایی، u
0 m/s	سرعت نهایی، v
6 s	زمان، t

$$a = (v - u) \div t = (0 - 30) \div 6 = -5 \text{ m/s}^2$$

پس شتاب موتور -5 m/s^2 است. علامت منفی نشان می‌دهد که موتور هنگام بزرگ گرفتن سرعت خود را کم کرده است.

۴ نقش قوه‌ها در توقف موتور

هنگام بزرگ گرفتن، قوه‌هایی در خلاف جهت حرکت موتور عمل می‌کنند. این قوه‌ها باعث کم شدن سرعت و در نهایت توقف موتور می‌شوند. اگر اصطکاک بین تایر و سرک کم باشد، موتور ممکن است لیز بخورد و فاصله بزرگ زیاد شود. به همین دلیل، سرک تر، یخ‌زده، خاکی یا ریگی خطرناک‌تر است.

قوه	نقش در توقف موتور
قوة بزرگ	چرخ‌ها را کند می‌سازد و حرکت دورانی چرخ‌ها را کاهش می‌دهد.
قوة اصطکاک بین تایر و سرک	به توقف موتور کمک می‌کند و از لغزیدن زیاد جلوگیری می‌کند.

مقاومت هوا	در سرعت‌های بالا کمی در کم‌شدن سرعت نقش دارد.
------------	---

۵. فاصله توقف: سه مفهوم مهم

مفهوم	چه زمانی رخ می‌دهد؟	تعریف
فاصله واکنش	پیش از گرفتن ترمز	فاصله‌ای که موتور از لحظه دیدن خطر تا فشار دادن پدال ترمز طی می‌کند.
فاصله ترمز	پس از گرفتن ترمز	فاصله‌ای که موتور از لحظه فشار دادن پدال ترمز تا توقف کامل طی می‌کند.
فاصله توقف	مجموع فاصله واکنش و فاصله ترمز	کل فاصله از لحظه دیدن خطر تا توقف کامل موتور.

فرمول کلی:

توقف فاصله = واکنش فاصله + ترمز فاصله

$$D = d_r + d_\beta$$

۶ فاصله واکنش

وقتی راننده یک خطر را می‌بیند، موتور فوراً ترمز نمی‌گیرد. راننده باید خطر را تشخیص دهد، تصمیم بگیرد و سپس پای خود را روی پدال ترمز بگذارد. این مدت را زمان واکنش می‌گویند. در این مدت، موتور هنوز با سرعت قبلی خود حرکت می‌کند.

$$d = vt$$

معنی	سمبول
فاصله واکنش	d
سرعت موتور	v
زمان واکنش	t

مثال محاسباتی ۲: فاصله واکنش

اگر سرعت موتور 20 m/s باشد و زمان واکنش راننده 1.5 s باشد، فاصله واکنش چقدر محاسبه می‌شود:

$$d = vt = 20 \times 1.5 = 30 \text{ m}$$

یعنی موتور پیش از آغاز ترمز، ۳۰ متر حرکت می‌کند.



۷ عوامل مؤثر بر فاصله واکنش

عامل	اثر علمی بر راننده و حرکت موتور
------	---------------------------------

تصمیم‌گیری مغز کندتر می‌شود و زمان واکنش افزایش می‌یابد.	خستگی
راننده خطر را دیرتر تشخیص می‌دهد.	خواب‌آلودگی
توجه راننده از سرک دور می‌شود.	استفاده از موبایل
خطر دیرتر دیده می‌شود.	دید کم در شب، مه یا گرد و خاک
ممکن است هوشیاری و واکنش را کم بسازند.	بعضی دواها
موتور در هر ثانیه فاصله بیشتری طی می‌کند.	سرعت زیاد

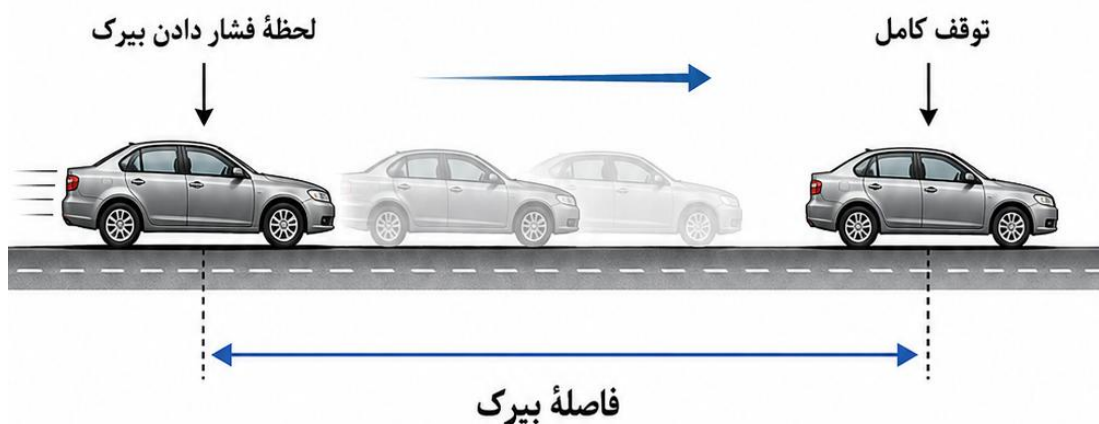
۸ فاصله بیرک: فاصله بیرک فاصله‌ای است که موتور از لحظه فشار دادن بیرک تا توقف کامل طی می‌کند. وقتی راننده بیرک می‌گیرد، سرعت موتور فوراً صفر نمی‌شود؛ زیرا موتور به دلیل حرکت قبلی خود هنوز پیش می‌رود. برای محاسبه فاصله بیرک در حرکت با شتاب ثابت، از فورمول زیر استفاده می‌شود:

$$v^2 = u^2 + 2as$$

معنی	سمبول
سرعت ابتدایی	u
سرعت نهایی	v
شتاب یا کم‌شدن سرعت	a
فاصله بیرک	s

در حالت توقف، سرعت نهایی صفر است $v = 0$:

مثال محاسباتی ۳: فاصله بیرک: یک موتور با سرعت 24 m/s حرکت می‌کند. پس از گرفتن بیرک، موتور با شتاب -6 m/s^2 توقف می‌کند. فاصله بیرک را حساب کنید.



مقدار	داده‌ها
24 m/s	u
0 m/s	v
-6 m/s^2	a
?	s

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$0^2 = 24^2 + 2(-6)s$$

$$0 = 576 - 12s$$

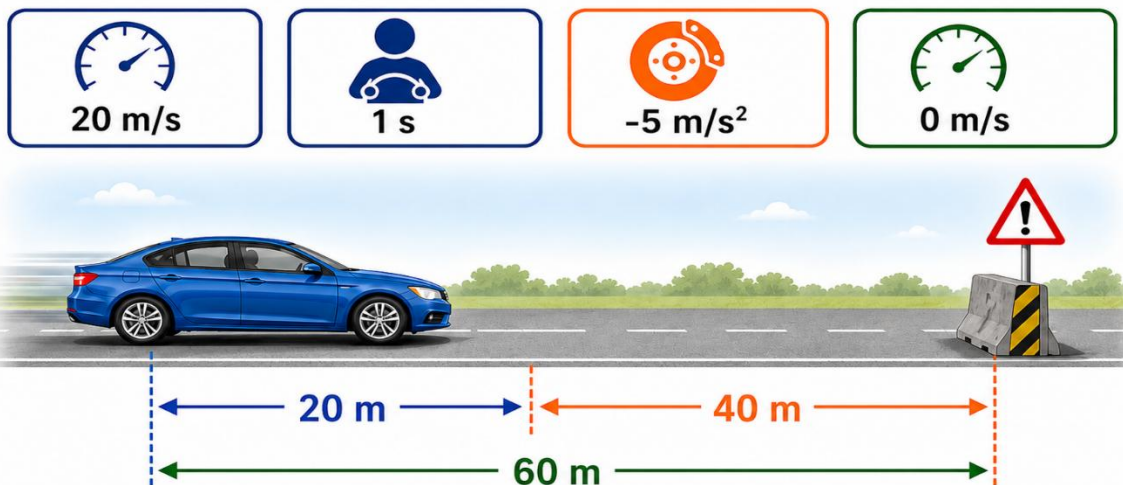
$$12s = 576$$

$$s = 48 \text{ m}$$

پس فاصلهٔ بیرک موتور ۴۸ متر است.

۹ مثال کامل: فاصلهٔ توقف

یک موتور با سرعت 20 m/s حرکت می‌کند. زمان واکنش راننده 1 s است. بعد از گرفتن بیرک، موتور با شتاب -5 m/s^2 -توقف می‌کند. فاصلهٔ توقف را حساب کنید.



مرحله	نتیجه	محاسبه
۱. فاصلهٔ واکنش	$d_r = 20 \text{ m}$	$d_r = vt = 20 \times 1$
۲. فاصلهٔ بیرک	$s = 40 \text{ m}$	$0^2 = 20^2 + 2(-5)s \rightarrow 0 = 400 - 10s$
۳. فاصلهٔ توقف	$D = 60 \text{ m}$	$D = d_r + d_\beta = 20 + 40$

پس موتور برای توقف کامل به ۶۰ متر فاصلهٔ ضرورت دارد.

۱۰ عوامل مؤثر بر فاصلهٔ بیرک

فاصلهٔ بیرک بیشتر به سرعت، اصطکاک، وضعیت سرک و وضعیت موتور بستگی دارد.

عامل	توضیح علمی
سرعت زیاد	انرژی حرکتی با مربع سرعت زیاد می‌شود؛ بنابراین موتور برای توقف به فاصلهٔ بیشتری ضرورت دارد.
سرک تر یا یخ‌زده	ضریب اصطکاک کم می‌شود و تایرها به‌خوبی به سرک نمی‌چسبند.
تایرهای فرسوده	تماس مؤثر تایر با سرک کم می‌شود.
بیرک خراب	قوة کافی برای کم کردن سرعت تولید نمی‌شود.
چارچ سنگین	کتنه و انرژی حرکتی موتور بیشتر می‌شود.
سرک شیب‌دار	بخشی از وزن موتور می‌تواند در جهت حرکت یا خلاف جهت حرکت اثر کند.
سیستم ABS	از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری می‌کند و کنترل موتور را هنگام بیرک بهتر می‌سازد.

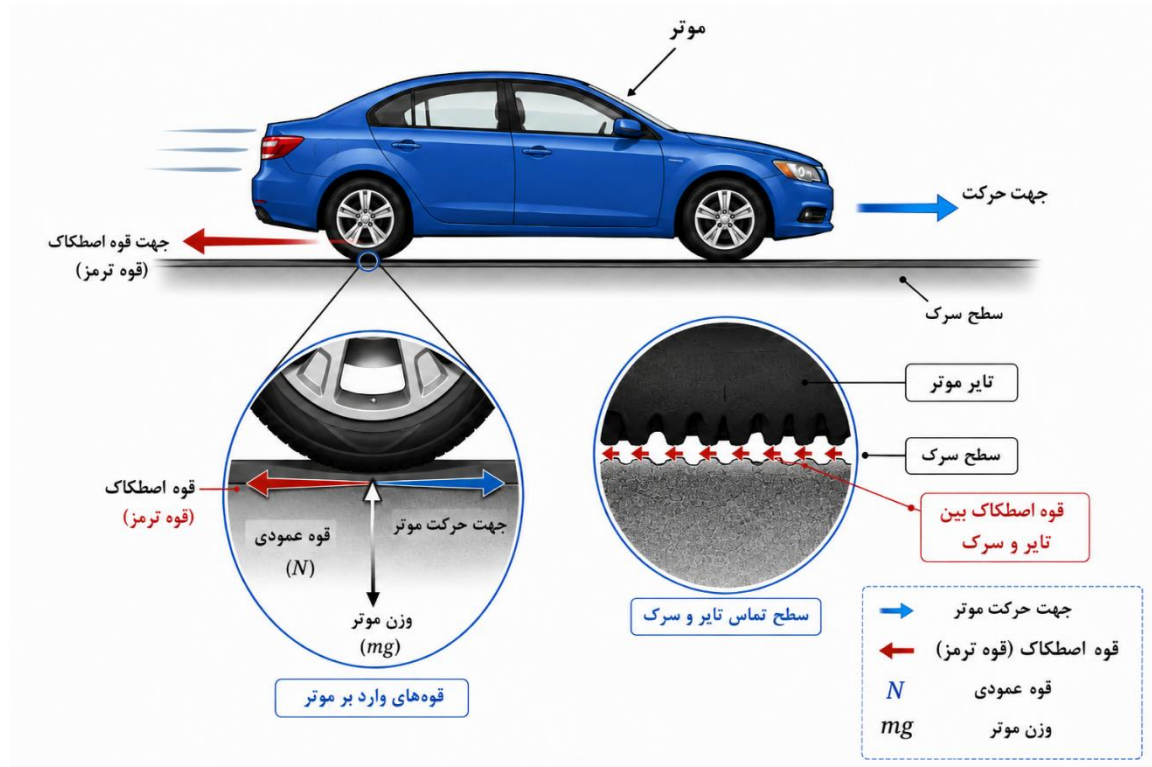
۱۱ رابطهٔ اصطکاک و فاصلهٔ بیرک

اصطکاک بین تایر و سرک یکی از مهم‌ترین عوامل توقف موتور است. اگر اصطکاک زیاد باشد، موتور زودتر توقف می‌کند. اگر اصطکاک کم باشد، موتور دیرتر توقف می‌کند.

$$a \approx \mu g$$

معنی	سمبول
ضریب اصطکاک بین تایر و سرک	μ
شتاب جاذبه زمین، تقریباً 9.8 m/s^2	g

در سرک خشک، ضریب اصطکاک بیشتر است و بیرک بهتر عمل می کند. در سرک تر، برفی یا یخ زده، ضریب اصطکاک کمتر می شود و فاصله بیرک افزایش می یابد.



۱۲ چرا سرعت زیاد خطرناک است؟

وقتی سرعت موتور زیاد می شود، انرژی حرکتی آن نیز زیاد می شود. انرژی حرکتی با مربع سرعت رابطه دارد. یعنی اگر سرعت دو برابر شود، انرژی حرکتی چهار برابر می شود.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

تغییر سرعت	نتیجه برای ایمنی	اثر بر انرژی حرکتی
سرعت دو برابر شود	فاصله بیرک و شدت آسیب بیشتر می شود.	انرژی حرکتی تقریباً چهار برابر می شود.
سرعت کمتر شود	توقف آسان تر و تصادم کم خطرتر می شود.	انرژی حرکتی کم می شود.

برای نمونه، اگر سرعت از 20 m/s به 40 m/s برسد، نسبت انرژی حرکتی چنین می شود:

$$40^2 \div 20^2 = 1600 \div 400 = 4$$

پس انرژی حرکتی چهار برابر می شود. به همین دلیل، موتور سریع تر در تصادم آسیب بیشتری وارد می کند و برای توقف نیز به فاصله بیشتری ضرورت دارد.

۱۳ نقش طراحی موتور در کاهش آسیب

در موتوره‌های جدید، بخش‌های جلو و عقب موتور طوری ساخته می‌شوند که هنگام تصادم خم شوند. این بخش‌ها انرژی برخورد را جذب می‌کنند و زمان توقف بدن سرنشین را افزایش می‌دهند. هر قدر زمان توقف بیشتر شود، قوه وارد شده بر بدن کمتر می‌شود.



بخش یا وسیله	نقش در ایمنی
کمر بند ایمنی	بدن سرنشین را نگه می‌دارد و از پرتاب شدن جلوگیری می‌کند.
ایر بیگ	زمان توقف سر و سینه را بیشتر می‌کند و قوه ضربه را کاهش می‌دهد.
نواحی خم‌شونده موتور	انرژی برخورد را جذب می‌کند و شدت ضربه بر سرنشینان را کم می‌سازد.

۵ جمع‌بندی علمی

شتاب نشان می‌دهد که سرعت در واحد زمان چقدر تغییر می‌کند. وقتی سرعت زیاد شود، شتاب مثبت است و وقتی سرعت کم شود، شتاب منفی است. در ایمنی جاده، شتاب منفی هنگام بیرک گرفتن اهمیت زیادی دارد. موتور برای توقف کامل به دو فاصله ضرورت دارد: فاصله واکنش و فاصله بیرک. فاصله واکنش به وضعیت راننده و سرعت موتور مربوط است، در حالی که فاصله بیرک به سرعت، اصطکاک، وضعیت تایرها، کیفیت بیرک و سطح سرک بستگی دارد. از نظر علمی، سرعت زیاد خطرناک است، زیرا انرژی حرکتی موتور با مربع سرعت افزایش می‌یابد. هر قدر انرژی حرکتی بیشتر باشد، بیرکها باید انرژی بیشتری را به گرما تبدیل کنند و موتور برای توقف به فاصله بیشتری ضرورت پیدا می‌کند.

۲ فهمیدن قوه‌های وارد بر اجسام و اثرات آن‌ها

در فیزیک، برای توضیح حرکت اجسام تنها دانستن سرعت و شتاب کافی نیست. باید بدانیم که کدام قوه‌ها بر جسم وارد می‌شوند و این قوه‌ها چه اثری بر حرکت جسم دارند. قوه می‌تواند یک جسم را به حرکت بیاورد، سرعت آن را زیاد کند، سرعت آن را کم کند، جهت حرکت آن را تغییر دهد یا شکل آن را تغییر دهد. اگر قوه‌های وارد بر یک جسم متوازن باشند، حرکت جسم تغییر نمی‌کند. اما اگر قوه‌های وارد بر جسم نامتوازن باشند، جسم شتاب می‌گیرد. این موضوع با قوانین حرکت نیوتن توضیح داده می‌شود.

مفهوم	توضیح کوتاه
قوه	کشیدن یا فشار دادن که می‌تواند حرکت یا شکل جسم را تغییر دهد.
قوه متوازن	قوه‌هایی که اثر همدیگر را خنثی می‌کنند؛ قوه مجموعی صفر است.
قوه نامتوازن	قوه‌هایی که اثر کلی دارند و باعث تغییر حرکت جسم می‌شوند.
شتاب	تغییر سرعت در واحد زمان.

۱.۲ مفهوم اینرسی (عطالت) و نقش آن در حرکت

اینرسی یا عطالت چیست؟

اینرسی یا عطالت خاصیت طبیعی یک جسم است که باعث می‌شود جسم در برابر تغییر حالت حرکت خود مقاومت کند. یعنی اگر جسم ساکن باشد، می‌خواهد ساکن بماند؛ و اگر در حال حرکت باشد، می‌خواهد با همان سرعت و در همان جهت به حرکت خود ادامه دهد. به زبان ساده، عطالت یعنی تمایل جسم به حفظ حالت فعلی حرکت خود. اگر یک جسم ساکن باشد، بدون وارد شدن قوه خارجی حرکت نمی‌کند. همچنان اگر یک جسم در حال حرکت باشد، بدون وارد شدن قوه خارجی سرعت یا جهت حرکت خود را تغییر نمی‌دهد.

رابطه عطالت با کتله

مقدار عطالت یک جسم به کتله آن بستگی دارد. هر قدر کتله جسم بیشتر باشد، عطالت آن هم بیشتر است. یعنی تغییر دادن حرکت جسم سنگین‌تر مشکل‌تر است.

عطالت	کتله	جسم	نتیجه
کمتر	کمتر	بایسکل	به آسانی شروع به حرکت می‌کند و آسان‌تر توقف می‌کند.
متوسط	متوسط	موتور کوچک	برای تغییر سرعت به قوه متوسط نیاز دارد.
زیاد	زیاد	لاری چارجبری	برای شروع حرکت یا توقف به قوه بیشتر و فاصله بیشتر نیاز دارد.

مثال‌های روزمره از عطالت

حالت	توضیح علمی	آنچه دیده می‌شود
موتور ناگهان حرکت می‌کند	بدن می‌خواهد در حالت سکون باقی بماند، اما موتور به طرف پیش حرکت می‌کند.	بدن سرنشینان به عقب کشیده می‌شود.
موتور ناگهان بایرک می‌گیرد	بدن قبلاً در حال حرکت بوده و می‌خواهد همان حرکت را ادامه دهد.	بدن سرنشینان به طرف پیش حرکت می‌کند.
استفاده از کمربند ایمنی	کمربند حرکت ناگهانی بدن را کم می‌سازد و خطر آسیب را کاهش می‌دهد.	بدن در جای خود نگه داشته می‌شود.

عطالت و قانون اول نیوتن

قانون اول نیوتن با عطالت ارتباط مستقیم دارد. این قانون می‌گوید: اگر قوه مجموعی بر یک جسم صفر باشد، جسم یا ساکن باقی می‌ماند یا با سرعت ثابت در خط مستقیم حرکت می‌کند.

فورمول قانون اول نیوتن:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v = \text{ثابت}$$

معنی	نماد
قوه مجموعی یا قوه خالص	ΣF
شتاب	a
سرعت جهت‌دار	v
وضعیت جسم	نتیجه وقتی $\Sigma F = 0$ باشد
اگر جسم ساکن باشد	ساکن باقی می‌ماند.

اگر جسم در حال حرکت باشد	با سرعت ثابت در خط مستقیم حرکت می‌کند.
--------------------------	--

بنابراین، برای تغییر دادن حرکت یک جسم، باید یک قوه نامتوازن بر آن وارد شود.

۲.۲ قوه به عنوان یک کمیت وکتوری

قوه چیست؟

قوه اثر کشیدن یا فشار دادن است که می‌تواند حرکت جسم را تغییر دهد. قوه می‌تواند جسم را به حرکت بیاورد، سرعت آن را زیاد کند، سرعت آن را کم کند، جهت حرکت آن را تغییر دهد یا شکل جسم را تغییر دهد. واحد قوه در سیستم بین‌المللی واحدها نیوتن است که با سمبول N نشان داده می‌شود.

چرا قوه یک کمیت وکتوری است؟

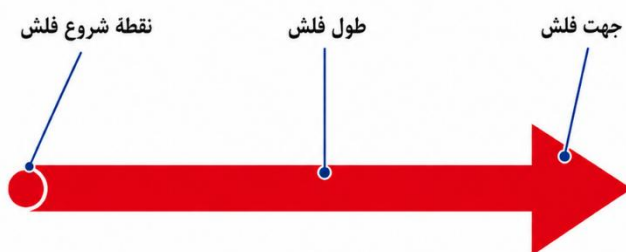
قوه یک کمیت وکتوری است. یعنی قوه تنها مقدار ندارد، بلکه جهت هم دارد. برای توضیح کامل یک قوه باید مقدار و جهت آن را بدانیم.

ویژگی قوه	توضیح
مقدار قوه	نشان می‌دهد قوه چقدر قوی است؛ مانند 10 N یا 50 N
جهت قوه	نشان می‌دهد قوه به کدام طرف وارد می‌شود؛ مانند به طرف پیش، عقب، بالا یا پایین.

برای مثال، اگر یک نفر یک صندوق را با قوه 20 N به طرف راست بکشد، این قوه هم مقدار دارد و هم جهت. اگر همین قوه به طرف چپ وارد شود، اثر آن فرق می‌کند.

نمایش قوه با فلش

مثال قوه‌های وارد بر یک موتر



1. طول فلش : مقدار قوه را نشان می‌دهد.

هرقدر فلش بلندتر باشد، قوه بیشتر است.

2. جهت فلش : جهت وارد شدن قوه را نشان می‌دهد.

3. نقطه شروع فلش : محل وارد شدن قوه را نشان می‌دهد.

قوه	اثر	جهت
-----	-----	-----

قوة موتور	موتر را به طرف پيش حرکت می دهد.	به طرف پيش
قوة اصطکاک و مقاومت هوا	سرعت موتر را کم می کند.	خلاف جهت حرکت
وزن موتر	به دليل جاذبه زمین وارد می شود.	به طرف پايين
قوة عمودی سرک	سرک موتر را نگه می دارد.	به طرف بالا

اگر قوة موتور بيشتر از قوه های مخالف باشد، موتر شتاب می گيرد. اگر قوة موتور و قوه های مخالف برابر شوند، موتر با سرعت ثابت حرکت می کند. اگر قوه های مخالف بيشتر شوند، موتر سرعت خود را کم می کند.

قوة مجموعی/محصله در حالت های مختلف

وقتی چند قوه هم زمان بر یک جسم وارد شود، اثر کلی آنها را قوة مجموعی یا قوة محصله می گوئيم. قوة محصله تعيين می کند که جسم ساکن می ماند، با سرعت ثابت حرکت می کند، شتاب می گيرد، کند می شود یا جهت حرکتش تغيير می کند. قوه یک کميت وکتوری است؛ يعنی هم مقدار دارد و هم جهت. به همین دليل، در جمع قوه ها تنها عدد مهم نيست، بلکه جهت قوه ها نیز بايد در نظر گرفته شود. واحد قوه نيوتن (N) است.

نمادهای مهم

نماد	معنا	واحد
F_m یا R	قوة مجموعی/محصله	N
F_1, F_2	قوه های وارد شده	N
m	كتله	kg
a	شتاب	m/s^2
θ	زاويه بين دو قوه	درجه
g	شتاب جاذبه زمین	$9.8 m/s^2$

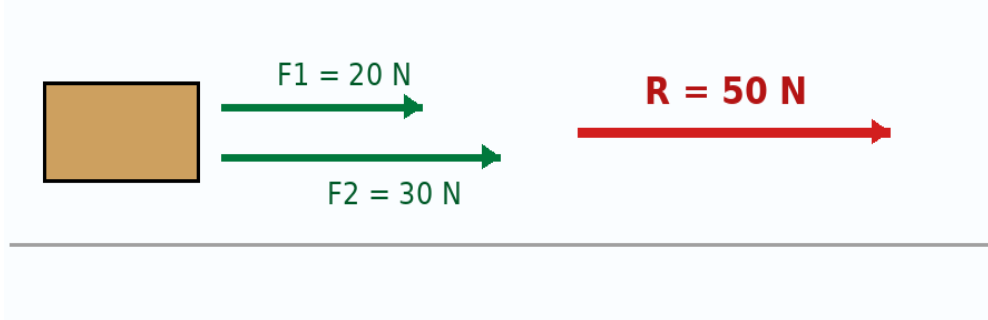
1 قوه ها در یک جهت

$$F_m = F_1 + F_2$$

وقتی همه قوه ها به یک طرف عمل کنند، مقدار آنها جمع می شود.

مثال: دو نفر یک جعبه را به یک طرف فشار می دهند. نفر اول 20 N و نفر دوم 30 N قوه وارد می کند.

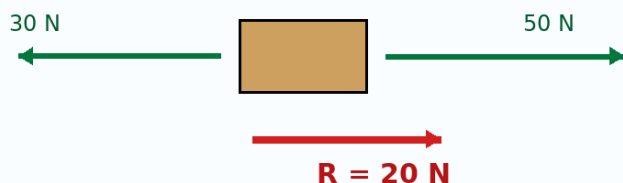
$$F_m = 20 + 30 = 50 N \rightarrow \text{قوة مجموعی } 50 N \text{ به همان جهت است.}$$



2 قوه‌ها در جهت مخالف

$$F_m = F_{\text{تر بزرگ}} - F_{\text{تر کوچک}}$$

جهت قوهٔ مجموعی به طرف قوهٔ بزرگ‌تر است.



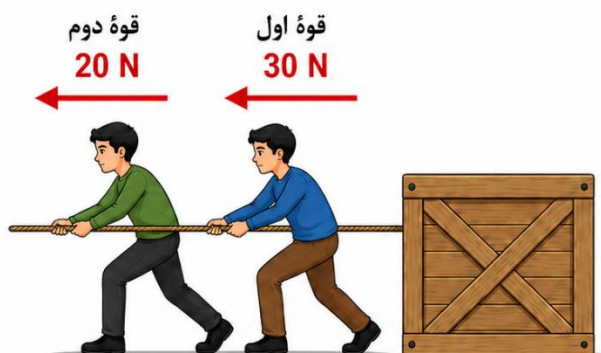
مثال: یک جعبه از سمت راست با 50 N و از سمت چپ با 30 N کشیده می‌شود.

جسم $F_m = 50 - 30 = 20 \text{ N} \rightarrow$ به طرف قوهٔ 50 N شتاب می‌گیرد.

اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند.	قوهٔ مجموعی صفر می‌شود.	قوه‌ها برابر و مخالف باشند
-----------------------------	-------------------------	----------------------------

مثال ۱: قوه‌ها در یک جهت

اگر دو نفر یک صندوق را به یک طرف بکشند:



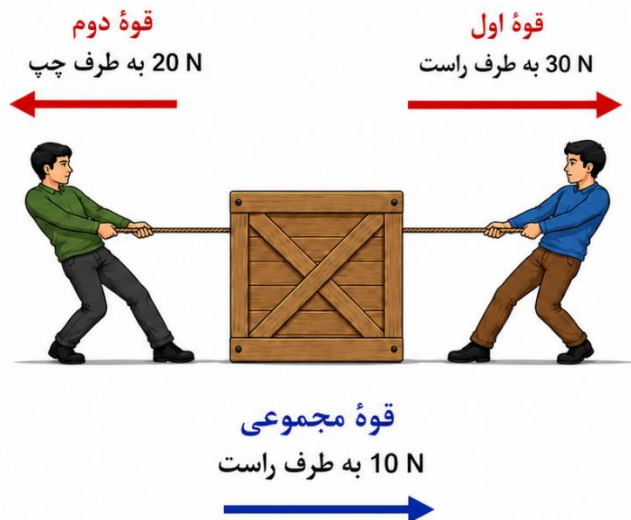
قوه	مقدار
قوهٔ اول	30 N
قوهٔ دوم	20 N
قوهٔ مجموعی	$30 + 20 = 50 \text{ N}$



نتیجه: صندوق با قوهٔ مجموعی 50 N به همان طرف کشیده می‌شود.

مثال ۲: قوه‌ها در جهت مخالف

اگر یک نفر صندوق را با قوهٔ 30 N به طرف راست و نفر دیگر با قوهٔ 20 N به طرف چپ بکشد، قوهٔ مجموعی چنین می‌شود:



قوة	مقدار و جهت
قوة اول	راست طرف به 30 N
قوة دوم	چپ طرف به 20 N
قوة مجموعی	راست طرف به $30 - 20 = 10 \text{ N}$

نتیجه: چون قوة طرف راست بیشتر است، صندوق به طرف راست شتاب می گیرد.

3 قوه های مساوی و مخالف

$$F_m = F_1 - F_2 = 0$$

اگر دو قوه مساوی و مخالف باشند، قوه ها متعادل هستند.

مثال: اگر دو نفر طناب را از دو طرف با قوة مساوی 40 N بکشند، قوة مجموعی صفر می شود. جسم یا ساکن می ماند یا اگر در حرکت باشد با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می دهد.

4 وقتی قوة مجموعی صفر باشد

اگر $F_m = 0$ باشد، جسم شتاب نمی گیرد. دو حالت ممکن است: جسم ساکن می ماند، یا با سرعت ثابت در خط مستقیم حرکت می کند.

مثال: کتابی روی میز قرار دارد. وزن کتاب به پایین و قوة عکس العمل میز به بالا وارد می شود. اگر هر دو 10 N باشند $F_m = 10 - 10 = 0 \text{ N}$: بنابراین کتاب ساکن می ماند.

مثال دیگر: موتور با سرعت ثابت حرکت می کند. قوة موتور به جلو با قوة مقاومت هوا و اصطکاک برابر است؛ پس قوة مجموعی صفر است و موتور شتاب نمی گیرد.

5 وقتی قوة مجموعی صفر نباشد

$$F_m = m \times a \quad \text{یا} \quad a = F_m \div m$$

اگر قوة مجموعی صفر نباشد، جسم در جهت قوة محصله شتاب می گیرد.

مثال: بر یک جعبه با کتله 10 kg قوة محصله 50 N وارد می شود.

$$a = 50 \div 10 = 5 \text{ m/s}^2 \rightarrow \text{جعبه با شتاب } 5 \text{ m/s}^2 \text{ حرکت می کند.}$$

6 قوه ها با زاویه 90 درجه

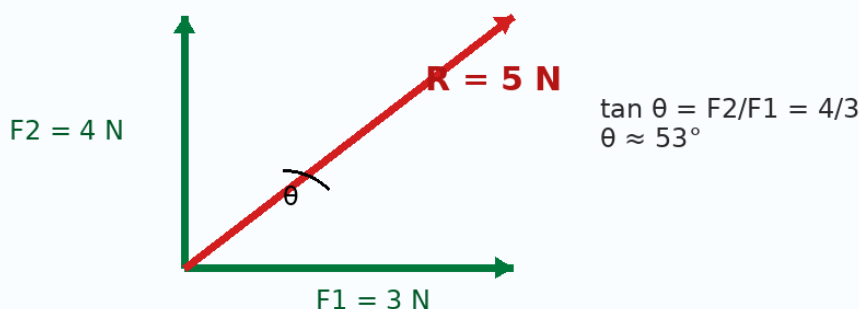
$$F_m = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2)}$$

وقتی دو قوه بر هم عمود باشند، از قضیه فیثاغورس استفاده می‌شود.

مثال: قوه اول 3 N به طرف شرق و قوه دوم 4 N به طرف شمال وارد می‌شود.

$$F_m = \sqrt{(3^2 + 4^2)} = \sqrt{25} = 5 \text{ N}$$

برای جهت $\theta \approx 53^\circ \rightarrow \tan \theta = F_2 \div F_1 = 4 \div 3$: پس قوه محصله به سمت شمال شرق و با زاویه تقریباً 53 درجه نسبت به شرق است.



7 دو قوه با زاویه دلخواه

$$F_m = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta)}$$

این فورمول عمومی برای جمع دو قوه با زاویه θ است.

مثال $F_1 = 10 \text{ N}$ ، $F_2 = 20 \text{ N}$ و زاویه بین آنها 60° است.

$$F_m = \sqrt{(10^2 + 20^2 + 2 \times 10 \times 20 \times \cos 60^\circ)} = \sqrt{700} \approx 26.5 \text{ N}$$

نکته: هر قدر زاویه بین دو قوه کم‌تر باشد، قوه مجموعی بزرگ‌تر می‌شود. هر قدر زاویه بیشتر باشد، قوه مجموعی کوچک‌تر می‌شود.

8 تجزیه قوه به مؤلفه‌های افقی و عمودی

$$F_x = F \cos \theta \quad \text{و} \quad F_y = F \sin \theta$$

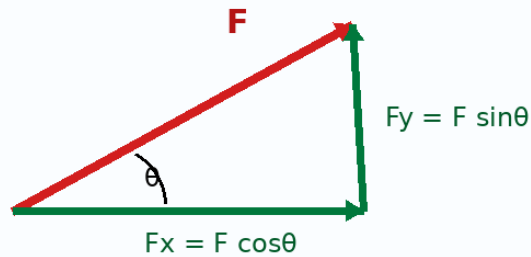
قوه زاویه‌دار را می‌توان به دو بخش افقی و عمودی تقسیم کرد.

مثال: شخصی یک صندوق را با قوه 50 N و زاویه 30° نسبت به سطح زمین می‌کشد.

$$F_x = 50 \cos 30^\circ = 43.3 \text{ N} \quad \text{و} \quad F_y = 50 \sin 30^\circ = 25 \text{ N}$$

یعنی 43.3 N باعث حرکت صندوق به جلو می‌شود و 25 N صندوق را کمی به طرف بالا می‌کشد.

D) Components of angled force



Example: $F = 50 \text{ N}$, $\theta = 30^\circ \rightarrow F_x = 43.3 \text{ N}$, $F_y = 25 \text{ N}$

9 سطح افقی همراه با اصطکاک

اصطکاک F - وارد شده $F_m = F$

اصطکاک همیشه در خلاف جهت حرکت یا خلاف جهت تمایل به حرکت عمل می‌کند.

مثال: صندوقی با قوه 80 N به جلو کشیده می‌شود و قوه اصطکاک 30 N است.

$F_m = 80 - 30 = 50 \text{ N}$. اگر کتله صندوق 10 kg باشد $a = 50 \div 10 = 5 \text{ m/s}^2$

10 قوه‌ها روی سطح شیب‌دار

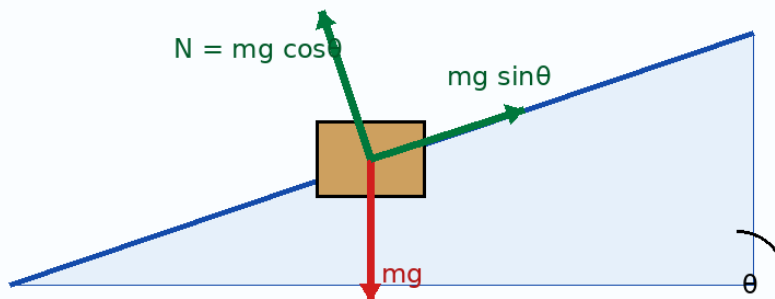
$N = mg \cos \theta$ و $mg \sin \theta$ = سطح امتداد در F

وزن جسم روی سطح شیب‌دار به دو مؤلفه تقسیم می‌شود.

مثال: جسمی با کتله 5 kg روی سطح شیب‌دار با زاویه 30° قرار دارد.

$$W = mg = 5 \times 9.8 = 49 \text{ N}$$

قوه پایین‌برنده روی سطح $mg \sin 30^\circ = 49 \times 0.5 = 24.5 \text{ N}$. قوه عمود بر



سطح $mg \cos 30^\circ = 49 \times 0.866 = 42.4 \text{ N}$

11 حرکت عمودی و سقوط در هوا

$$W = mg \quad \text{و} \quad F_m = W - R$$

W وزن جسم است و R مقاومت هوا است.

در سقوط آزاد بدون مقاومت هوا، تنها وزن جسم به طرف پایین عمل می‌کند. اگر کتلهٔ جسم 2 kg باشد $W = 2 \times 9.8 = 19.6 \text{ N}$.

در سقوط با مقاومت هوا، وزن به طرف پایین و مقاومت هوا به طرف بالا عمل می‌کند. اگر وزن 50 N و مقاومت هوا 20 N باشد $F_m = 50 - 20 = 30 \text{ N}$ به طرف پایین.

وقتی مقاومت هوا با وزن برابر شود، $F_m = 0$ می‌شود و جسم با سرعت ثابت سقوط می‌کند. این حالت را سرعت نهایی می‌نامند.

12. قوهٔ مجموعی در آسانسور

در آسانسور دو قوهٔ مهم وجود دارد: وزن شخص به طرف پایین و قوهٔ عکس‌العمل کف آسانسور به طرف بالا.

$$\text{اگر آسانسور ساکن یا با سرعت ثابت باشد } N = W \text{ و } F_m = 0$$

اگر آسانسور به طرف بالا شتاب بگیرد، $N > W$ و شخص خود را سنگین‌تر احساس می‌کند. اگر آسانسور به طرف پایین شتاب بگیرد، $N < W$ و شخص خود را سبک‌تر احساس می‌کند.

13. قوهٔ مجموعی در حرکت دایره‌ای

در حرکت دایره‌ای، حتی اگر تیزی ثابت باشد، جهت سرعت پیوسته تغییر می‌کند؛ بنابراین جسم شتاب دارد. قوهٔ مجموعی به طرف مرکز دایره است و آن را قوهٔ مرکزگرا می‌نامند.

$$F = mv^2 \div r$$

m کتله، v سرعت و r شعاع مسیر دایره‌ای است.

مثال: جسمی با کتلهٔ 2 kg و سرعت 4 m/s در مسیر دایره‌ای با شعاع 2 m حرکت می‌کند.

$$\rightarrow F = 2 \times 4^2 \div 2 = 16 \text{ N} \text{ قوهٔ مرکزگرا } 16 \text{ N} \text{ به طرف مرکز دایره است.}$$

14. جدول خلاصهٔ حالت‌های قوهٔ مجموعی

نتیجه	روش محاسبه	حالت
قوهٔ مجموعی بزرگ‌تر می‌شود	$F_m = F_1 + F_2$	قوه‌ها در یک جهت

حرکت به طرف قوه بزرگتر	ترکوکچک F – تریزگ $F_m = F$	قوهها در جهت مخالف
سکون یا حرکت با سرعت ثابت	$F_m = 0$	قوهها مساوی و مخالف
محصله زاویه دار است	$F_m = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2)}$	قوهها عمود بر هم
مقدار به زاویه بستگی دارد	$F_m = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos\theta)}$	قوهها با زاویه θ
قوه به دو مؤلفه تقسیم می شود	$F_x = F \cos\theta, F_y = F \sin\theta$	قوه زاویه دار
اصطکاک قوه مؤثر را کم می کند	اصطکاک $F_m = F - F$	سطح افقی با اصطکاک
جسم به پایین سطح کشیده می شود	$F = mg \sin\theta$	سطح شیب دار
مقاومت هوا شتاب را کم می کند	$F_m = W - R$	سقوط در هوا
جسم با سرعت ثابت سقوط می کند	$F_m = 0$	سرعت نهایی
قوه به طرف مرکز دایره است	$F = mv^2 \div r$	حرکت دایره ای

خلاصه

قوه مجموعی یا محصله، اثر کلی تمام قوههای وارد بر یک جسم است. اگر قوه مجموعی صفر باشد، جسم شتاب نمی گیرد و یا ساکن می ماند یا با سرعت ثابت حرکت می کند. اگر قوه مجموعی صفر نباشد، جسم در جهت قوه مجموعی شتاب می گیرد.

در حالت های ساده، قوهها با جمع یا تفریق محاسبه می شوند. اما اگر قوهها زاویه داشته باشند، باید از روش وکتوری، فیثاغورس، فورمول کساین یا تجزیه به مؤلفه های افقی و عمودی استفاده شود. این موضوع برای تحلیل حرکت موثرها، سقوط اجسام، سطح شیب دار، تصادف ها، ساختمان ها، پل ها و سیستم های میخانیکی بسیار مهم است

۳.۲ قوه مجموعی، شتاب و قوانین حرکت نیوتن

قوه مجموعی چیست؟

وقتی چند قوه هم زمان بر یک جسم وارد شوند، اثر کلی آنها را قوه مجموعی یا قوه خالص می گویند. اگر قوهها در یک جهت وارد شوند، با هم جمع می شوند. اگر قوهها در جهت های مخالف وارد شوند، از هم کم می شوند.

حالت قوهها	نتیجه	روش محاسبه
قوهها در یک جهت باشند	قوه مجموعی بزرگتر می شود.	قوهها با هم جمع می شوند.
قوهها در جهت مخالف باشند	جهت قوه مجموعی به طرف قوه بزرگ تر است.	قوه کوچکتر از قوه بزرگتر کم می شود.

خلاصه کوتاه

موضوع	نکته مهم
عطالت	تمایل جسم به حفظ حالت حرکت خود است و با کتله رابطه دارد.

کشیدن یا فشار دادن است و می‌تواند حرکت یا شکل جسم را تغییر دهد.	قوه
قوه هم مقدار دارد و هم جهت.	قوه وکتوری
اگر $\sum F = 0$ باشد، شتاب صفر است و حرکت تغییر نمی‌کند.	قانون اول نیوتن
اثر کلی همه قوه‌های وارد بر جسم است.	قوه مجموعی
باعث شتاب گرفتن یا تغییر حرکت جسم می‌شود.	قوه نامتوازن

قوانین نیوتن، سرعت نهایی، سرعت فرار و بقای مومنتوم

با توضیحات، مثال‌های حل‌شده، تمرین‌ها و فعالیت‌ها

هدف کلی درس: شاگرد بتواند اثر قوه مجموعی بر حرکت جسم را توضیح دهد، قوانین سه‌گانه نیوتن را در مثال‌های روزمره به کار برد، سرعت نهایی و سرعت فرار را مقایسه کند و با استفاده از قانون بقای مومنتوم، تصادم‌های ساده را تحلیل نماید.

بخش	موضوعات اصلی
۳.۲	قانون اول، دوم و سوم نیوتن و اثر قوه مجموعی بر حرکت
۴.۲	سرعت نهایی و سرعت فرار
۵.۲	مومنتوم، بقای مومنتوم و کاربرد آن در تصادم‌ها
تمرین	سوالات کوتاه، محاسبات، فعالیت‌های عملی و سوالات تحلیلی

اهداف آموزشی

- توضیح دادن مفهوم قوه مجموعی و رابطه آن با تغییر حرکت.
- بیان قانون اول نیوتن و توضیح مفهوم عطالت با مثال‌های روزمره.
- استفاده از فورمول $F = ma$ برای محاسبه قوه، کتله یا شتاب.
- توضیح قانون سوم نیوتن با مثال راه رفتن، حرکت موتور و پرتاب راکت.
- توضیح سرعت نهایی و نقش مقاومت هوا در سقوط اجسام.
- توضیح سرعت فرار و اهمیت آن در پرتاب راکت‌ها و ماهواره‌ها.
- استفاده از فورمول $p = mv$ و قانون بقای مومنتوم در تصادم‌های ساده.

واژه‌های کلیدی

واژه	نمونه	معنی ساده
قوه	قوه دست، قوه جاذبه، قوه اصطکاک	کشیدن یا فشار دادن که می‌تواند حرکت جسم را تغییر دهد.
قوه مجموعی	اگر 20 N به راست و 10 N به چپ باشد، قوه مجموعی 10 N به راست است.	نتیجه نهایی همه قوه‌هایی که بر جسم وارد می‌شود.
عطالت	مسافر هنگام توقف ناگهانی موتور به طرف پیش خم می‌شود.	تمایل جسم به حفظ حالت ساکن یا حرکت یکنواخت خود.
کتله	کتله یک کتاب ممکن است 1 kg باشد.	مقدار ماده موجود در جسم.
شتاب	موتور هنگام زیاد کردن سرعت شتاب می‌گیرد.	تغییر سرعت در واحد زمان.
مقاومت هوا	چتر باز مقاومت هوا را زیاد می‌کند.	قوه‌ای که هوا در خلاف جهت حرکت جسم وارد می‌کند.

مومنتوم	لاری در حال حرکت مومنتوم زیادی دارد.	مقدار حرکت جسم که به کتله و سرعت جهت‌دار بستگی دارد.
تصادم	برخورد دو موترک روی ریل.	برخورد دو جسم که در آن سرعت‌ها و جهت حرکت تغییر می‌کند.

۳.۲ قوانین نیوتن و اثر قوهٔ مجموعی بر حرکت

حرکت یک جسم زمانی تغییر می‌کند که قوهٔ مجموعی بر آن صفر نباشد. قوهٔ مجموعی می‌تواند باعث آغاز حرکت، توقف، زیاد شدن سرعت، کم شدن سرعت یا تغییر جهت حرکت شود. قوانین نیوتن سه اصل بنیادی هستند که توضیح می‌دهند چرا و چگونه اجسام حرکت می‌کنند.

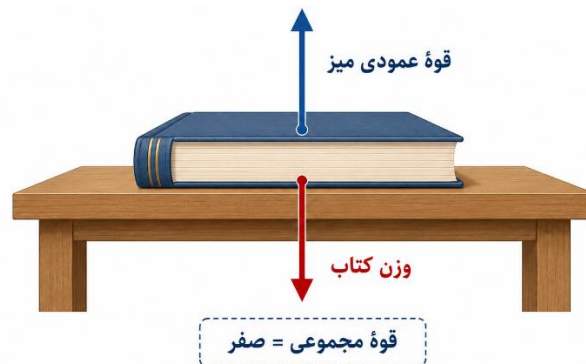
قانون اول نیوتن: قانون عطالت

قانون اول نیوتن می‌گوید: اگر قوهٔ مجموعی بر یک جسم صفر باشد، جسم حالت حرکت خود را تغییر نمی‌دهد. یعنی اگر جسم ساکن باشد، ساکن می‌ماند؛ و اگر جسم در حال حرکت باشد، با سرعت ثابت و در خط مستقیم به حرکت ادامه می‌دهد. این قانون را قانون عطالت نیز می‌نامند. عطالت یعنی مقاومت جسم در برابر تغییر حرکت. هر قدر کتلهٔ جسم بیشتر باشد، عطالت آن بیشتر است و تغییر دادن حرکت آن دشوارتر می‌شود. به همین دلیل، حرکت دادن یا توقف دادن یک لاری سنگین نسبت به یک موتر کوچک دشوارتر است.

نکتهٔ مهم: ساکن بودن همیشه به معنای نبودن قوه نیست. گاهی چند قوه بر جسم وارد می‌شود، اما چون قوه‌ها متوازن هستند، قوهٔ مجموعی صفر می‌ماند.

مثال: کتاب روی میز

وقتی یک کتاب روی میز قرار دارد، دو قوهٔ اصلی بر آن وارد می‌شود: وزن کتاب به طرف پایین و قوهٔ عمودی میز به طرف بالا. اگر این دو قوه برابر باشند، قوهٔ مجموعی صفر است؛ پس کتاب حرکت نمی‌کند.



قوه	اثر	جهت
وزن کتاب	کتاب را به طرف زمین می‌کشد.	به طرف پایین
قوهٔ عمودی میز	از فرو رفتن کتاب در میز جلوگیری می‌کند.	به طرف بالا
نتیجه	قوهٔ مجموعی صفر است و کتاب ساکن می‌ماند.	قوه‌ها متوازن

مثال‌های بیشتر برای قانون اول

➤ وقتی موتر ناگهان توقف می‌کند، بدن سرنشین می‌خواهد به حرکت قبلی خود ادامه دهد؛ کمربند ایمنی بدن را نگه می‌دارد.

- وقتی سفره را سریع از زیر ظرفها بکشیم، ظرفها به دلیل عطالت تمایل دارند در جای خود باقی بمانند.
- یک توپ روی زمین تا زمانی ساکن می ماند که قوه ای مانند ضربه پا بر آن وارد نشود.

قانون دوم نیوتن: رابطه قوه، کتله و شتاب

قانون دوم نیوتن نشان می دهد که شتاب یک جسم به قوه مجموعی وارد بر آن و کتله جسم بستگی دارد. اگر قوه مجموعی بیشتر شود، شتاب بیشتر می شود؛ اما اگر کتله بیشتر شود، شتاب کمتر می شود.

فورمول قانون دوم نیوتن چنین است:

$$F = ma$$

سمبول	واحد	معنی
F	N	قوه مجموعی
m	kg	کتله
a	m/s ²	شتاب

برای پیدا کردن هر کمیت می توان فورمول را تغییر داد:

فورمول	برای پیدا کردن
$F = ma$	قوه مجموعی
$a = F \div m$	شتاب
$m = F \div a$	کتله

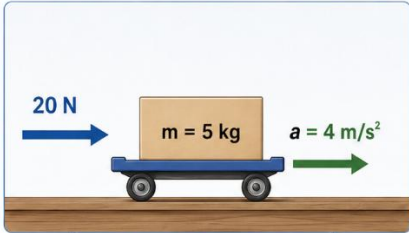
مثال حل شده ۱: پیدا کردن شتاب

اگر بر یک جسم با کتله 5 kg قوه مجموعی 20 N وارد شود، شتاب آن چند است؟
داده ها؟ $m = 5 \text{ kg}$ ، $F = 20 \text{ N}$ ، $a = ?$

$$a = F \div m = 20 \div 5 = 4 \text{ m/s}^2$$

پس شتاب جسم 4 m/s² است

شتاب به قوه و کتله بستگی دارد.



کتله کم → شتاب بیشتر



کتله بیشتر → شتاب کمتر

$$F = ma$$

$$a = F \div m$$

$$a = 20 \div 5 = 4 \text{ m/s}^2$$

مثال حل شده ۲: پیدا کردن قوه

یک موتورک با کتله 8 kg با شتاب 3 m/s² حرکت می کند. قوه مجموعی چند است؟

$$F = ma = 8 \times 3 = 24 \text{ N}$$

پس قوهٔ مجموعی وارد بر موتورک 24 N است.

نتیجهٔ علمی: برای یک قوهٔ ثابت، جسم سبک‌تر شتاب بیشتری می‌گیرد و جسم سنگین‌تر شتاب کمتری می‌گیرد. به همین دلیل یک موتور کوچک معمولاً سریع‌تر از یک لاری سنگین شتاب می‌گیرد، اگر قوهٔ محرکهٔ آن‌ها مشابه باشد.

قانون سوم نیوتن: عمل و عکس‌العمل

قانون سوم نیوتن می‌گوید: برای هر عمل، یک عکس‌العمل مساوی و مخالف وجود دارد. یعنی اگر جسم اول بر جسم دوم قوه وارد کند، جسم دوم نیز با همان مقدار اما در جهت مخالف بر جسم اول قوه وارد می‌کند.



این دو قوه بر دو جسم متفاوت وارد می‌شوند. به همین دلیل، آن‌ها یکدیگر را در یک جسم خنثا نمی‌کنند. برای مثال، وقتی پا زمین را به عقب فشار می‌دهد، زمین پا را به پیش فشار می‌دهد؛ قوهٔ اول بر زمین و قوهٔ دوم بر پا وارد می‌شود.

عمل	نتیجه	عکس‌العمل
پا زمین را به طرف عقب فشار می‌دهد.	انسان به طرف پیش حرکت می‌کند.	زمین پا را به طرف پیش فشار می‌دهد.
تایر موتور سرک را به عقب فشار می‌دهد.	موتور به طرف پیش حرکت می‌کند.	سرک تایر را به پیش فشار می‌دهد.
گازهای راکت به عقب پرتاب می‌شوند.	راکت حرکت می‌کند.	گازها راکت را به پیش/بالا فشار می‌دهند.
شناگر آب را به عقب می‌راند.	شناگر به طرف پیش حرکت می‌کند.	آب شناگر را به پیش می‌راند.

اثر قوهٔ مجموعی بر حرکت

قوهٔ مجموعی تعیین می‌کند که حرکت جسم چگونه تغییر کند. اگر قوهٔ مجموعی صفر باشد، جسم شتاب نمی‌گیرد. اگر قوهٔ مجموعی در یک جهت مشخص باشد، جسم در همان جهت شتاب می‌گیرد یا جهت حرکت خود را تغییر می‌دهد.

وضعیت قوه‌ها	اثر بر حرکت	قوهٔ مجموعی
قوه‌ها متوازن هستند.	جسم ساکن می‌ماند یا با سرعت ثابت حرکت می‌کند.	صفر
قوهٔ رو به پیش بیشتر است.	جسم شتاب می‌گیرد و سرعت آن زیاد می‌شود.	به طرف پیش
قوهٔ مخالف حرکت بیشتر است.	جسم سرعت خود را کم می‌کند یا توقف می‌کند.	خلاف جهت حرکت
قوه از پهلو وارد شود.	جهت حرکت تغییر می‌کند.	جانبی

1 قوه‌ها متوازن

قوة چپ قوة راست

قوة مجموعی = صفر

ساکن می‌ماند یا با سرعت ثابت حرکت می‌کند

2 قوه رو به پیش بیشتر است

قوة مخالف قوة رو به پیش

قوة مجموعی رو به پیش است

جسم شتاب می‌گیرد و سریع‌تر می‌شود

3 قوه مخالف حرکت بیشتر است

قوة مخالف قوة رو به پیش

قوة مجموعی مخالف حرکت است

جسم کند می‌شود و ممکن است متوقف شود

4 قوه از پهلو وارد شود

قوة جانبی

قوة مجموعی از پهلو است

جهت حرکت تغییر می‌کند (دور می‌زند)

فعالیت ۱: مشاهده عطالت

مواد لازم:

یک کارت یا کاغذ ضخیم • یک سکه • یک گیلان یا پیاله

1

1. کارت را روی دهانه گیلان قرار دهید و سکه را روی کارت بگذارید.

2

2. کارت را به سرعت به یک طرف بکشید.

3

3. مشاهده کنید که سکه به داخل گیلان می‌افتد.

4

سکه می‌خواهد در حالت ساکن بماند (عطالت)

4. توضیح دهید چرا سکه همراه کارت حرکت نکرد. در جواب خود از واژه عطالت استفاده کنید.

۴.۲ سرعت نهایی و سرعت فرار

در این بخش دو مفهوم مهم بررسی می‌شود: سرعت نهایی و سرعت فرار. سرعت نهایی بیشتر با سقوط اجسام در هوا یا حرکت در مایعات ارتباط دارد، در حالی که سرعت فرار با بیرون شدن از میدان جاذبه یک سیاره یا جرم آسمانی مربوط است.

الف) سرعت نهایی چیست؟

سرعت نهایی حالتی است که جسم هنگام سقوط یا حرکت در هوا یا مایع، پس از مدتی دیگر شتاب نمی‌گیرد و با سرعت ثابت حرکت می‌کند. این حالت زمانی رخ می‌دهد که قوه رو به پایین و قوه رو به بالا برابر شوند.

وقتی یک جسم در هوا سقوط می‌کند، دو قوه مهم بر آن وارد می‌شود: وزن جسم به طرف پایین و مقاومت هوا به طرف بالا. در آغاز سقوط، سرعت جسم کم است و مقاومت هوا هم کم می‌باشد؛ بنابراین وزن جسم بیشتر اثر می‌کند و جسم شتاب می‌گیرد. اما هر قدر سرعت جسم زیاد شود، مقاومت هوا نیز زیاد می‌شود. سرانجام مقاومت هوا با وزن جسم برابر می‌شود.

در این حالت: قوه مجموعی = صفر، پس شتاب = صفر. جسم با سرعت ثابت سقوط می‌کند. این سرعت ثابت را سرعت نهایی می‌گویند.

مرحله سقوط	نتیجه حرکت	مقاومت هوا	وزن
آغاز سقوط	جسم شتاب می‌گیرد.	کم	زیادتر از مقاومت هوا
سرعت بیشتر می‌شود	شتاب کم‌تر می‌شود.	زیاد می‌شود	ثابت می‌ماند
سرعت نهایی	جسم با سرعت ثابت سقوط می‌کند.	برابر با وزن	برابر با مقاومت هوا

مثال: چتر باز



وقتی یک چتریاز از طیاره پایین می‌پرد، در آغاز سرعت او زیاد می‌شود. با باز شدن چتر، سطح تماس با هوا بسیار زیاد می‌شود و مقاومت هوا افزایش می‌یابد. این مقاومت سرعت سقوط را کم می‌کند و سرانجام چتریاز با سرعت تقریباً ثابت و امن به زمین نزدیک می‌شود.

اهمیت سرعت نهایی

مورد	اهمیت
چتریازی	کم شدن سرعت سقوط برای فرود امن.
قطرات چارجان	قطرات چارجان با سرعت محدود به زمین می‌رسند و مانند گلوله سقوط نمی‌کنند.
طراحی موتورها	کاهش مقاومت هوا باعث افزایش سرعت و کاهش مصرف انرژی می‌شود.
ورزش‌ها	در دوچرخه‌سواری، اسکی و دویدن، مقاومت هوا بر سرعت نهایی اثر دارد.
سقوط اجسام	کمک به پیش‌بینی سرعت برخورد جسم با زمین یا آب.

ب) سرعت فرار چیست؟

سرعت فرار کمترین سرعتی است که یک جسم باید داشته باشد تا بتواند از میدان جاذبه یک سیاره یا جرم آسمانی فرار کند و دوچارجه به طرف آن برنگردد. برای زمین، سرعت فرار تقریباً 11.2 km/s است. یعنی یک جسم باید تقریباً با سرعت 11.2 کیلومتر در ثانیه حرکت کند تا بتواند از جاذبه زمین فرار کند.

سرعت فرار برای پرتاب راکت‌ها، ماهواره‌ها و فضاپیماها بسیار مهم است. اگر سرعت راکت کمتر از سرعت لازم باشد، جاذبه زمین آن را دوچارجه به طرف زمین می‌کشد. اگر انرژی و سرعت کافی داشته باشد، می‌تواند از جاذبه زمین دور شود یا وارد مسیر فضایی گردد.



یادآوری: سرعت فرار به کتله و شعاع جرم آسمانی بستگی دارد. جرم‌های بزرگ‌تر معمولاً جاذبه قوی‌تر دارند و سرعت فرار بیشتری نیاز دارند.

تفاوت سرعت نهایی و سرعت فرار

ویژگی	سرعت فرار	سرعت نهایی
مربوط به چیست؟	بیرون شدن از میدان جاذبه	سقوط یا حرکت جسم در هوا/مایع
عامل مهم	جاذبه سیاره یا جرم آسمانی	مقاومت هوا یا مایع
وضعیت حرکت	کمترین سرعت لازم برای فرار از جاذبه	سرعت ثابت پس از برابر شدن قوه‌ها
مثال	پرتاب راکت به فضا	سقوط چتر یا قطره چارچان

۵.۲ قانون بقای مومنتوم و کاربرد آن در تصادم‌ها

مومنتوم چیست؟

مومنتوم مقدار حرکت یک جسم است. مومنتوم به کتله و سرعت جهت‌دار جسم بستگی دارد. جسمی که کتله زیاد یا سرعت زیاد داشته باشد، مومنتوم بیشتری دارد و توقف دادن یا تغییر دادن حرکت آن دشوارتر است. فورمول مومنتوم چنین است:

$$p = mv$$

سمبول	واحد	معنی
p	kg m/s	مومنتوم
m	kg	کتله
v	m/s	سرعت جهت‌دار

مثال حل شده: محاسبه مومنتوم

یک توپ با کتله 2 kg با سرعت 5 m/s حرکت می‌کند. مومنتوم آن چند است؟

$$p = mv = 2 \times 5 = 10 \text{ kg m/s}$$

پس مومنتوم توپ 10 kg m/s است.

قانون بقای مومنتوم

قانون بقای مومنتوم می‌گوید: اگر قوه خارجی مجموعی بر یک سیستم صفر باشد، مومنتوم مجموعی سیستم پیش از تصادم با مومنتوم مجموعی سیستم پس از تصادم برابر است.

مومنتوم پیش از تصادم = مومنتوم پس از تصادم

این قانون در تحلیل تصادم‌ها بسیار مهم است. در تصادم‌ها، سرعت اجسام تغییر می‌کند، اما اگر قوه خارجی قابل چشم پوشی باشد، مجموع مومنتوم سیستم حفظ می‌شود.

تصادم چیست؟

تصادم زمانی رخ می‌دهد که دو جسم با هم برخورد کنند. در تصادم، اجسام بر یکدیگر قوه وارد می‌کنند و سرعت‌های آن‌ها تغییر می‌کند. دو نوع مهم تصادم عوارجت‌اند از تصادم الاستیکی و تصادم غیرالاستیکی.

نوع تصادم	مثال	توضیح
تصادم الاستیکی	برخورد دو توپ سخت در شرایط ایده‌آل.	مومنتوم حفظ می‌شود و انرژی حرکتی مجموعی تقریباً حفظ می‌شود.
تصادم غیرالاستیکی	تصادم موترها که در آن بدنه تغییر شکل می‌دهد.	مومنتوم حفظ می‌شود، اما بخشی از انرژی حرکتی به گرما، صدا یا تغییر شکل تبدیل می‌شود.
تصادم کاملاً غیرالاستیکی	دو موترک که پس از برخورد به هم وصل می‌شوند.	دو جسم پس از برخورد به هم می‌چسبند و با سرعت مشترک حرکت می‌کنند.

فرمول بقای مومنتوم در دو جسم

برای دو جسم، قانون بقای مومنتوم چنین نوشته می‌شود:

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

معنی	سمبول
كتلة جسم اول	m_1
كتلة جسم دوم	m_2
سرعت ابتدایی جسم اول	u_1
سرعت ابتدایی جسم دوم	u_2
سرعت نهایی جسم اول	v_1
سرعت نهایی جسم دوم	v_2

مثال حل شده ۱: تصادم دو موترک

دو موترک روی یک خط مستقیم حرکت می‌کنند. موترک اول كتلة 2 kg دارد و با سرعت 4 m/s حرکت می‌کند. موترک دوم كتلة 2 kg دارد و ساکن است. بعد از تصادم، موترک اول توقف می‌کند. سرعت موترک دوم چقدر می‌شود؟

داده‌ها: $m_1 = 2 \text{ kg}$ ، $u_1 = 4 \text{ m/s}$ ، $m_2 = 2 \text{ kg}$ ، $u_2 = 0 \text{ m/s}$ ، $v_1 = 0 \text{ m/s}$ ، $v_2 = ?$

$$(2 \times 4) + (2 \times 0) = (2 \times 0) + (2 \times v_2)$$

$$8 = 2v_2 \rightarrow v_2 = 4 \text{ m/s}$$

پس موترک دوم بعد از تصادم با سرعت 4 m/s حرکت می‌کند.

قبل از تصادم

$m_1 = 2 \text{ kg}$
 $u_1 = 4 \text{ m/s}$



$m_2 = 2 \text{ kg}$
 $u_2 = 0$



بعد از تصادم

$m_1 = 2 \text{ kg}$
 $v_1 = 0$

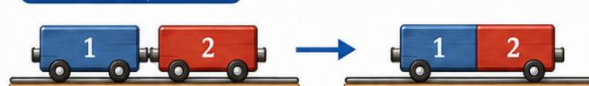


$m_2 = 2 \text{ kg}$
 $v_2 = 4 \text{ m/s}$



$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

تصادم چسبنده



$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) v$$

اگر قوه خارجی مجموعی صفر باشد، مومنتوم مجموعی قبل و بعد از تصادم برابر است.

تصادم چسبنده یا کاملاً غیرالاستیکی

گاهی دو جسم بعد از تصادم به هم می‌چسبند و با سرعت مشترک حرکت می‌کنند. در این حالت، از فورمول زیر استفاده می‌شود:

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) v$$

در این فورمول، v سرعت مشترک بعد از تصادم است.

مثال حل شده ۲: تصادم کاملاً غیرالاستیکی

یک موتورک با کتله 3 kg و سرعت 6 m/s به موتورک دیگری با کتله 2 kg که ساکن است برخورد می‌کند. بعد از تصادم، هر دو به هم می‌چسبند. سرعت مشترک آن‌ها چند است؟

$$m^1 = 3 \text{ kg}, u^1 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}, m^2 = 2 \text{ kg}, u^2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v = ?$$

$$(3 \times 6) + (2 \times 0) = (3 + 2)v$$

$$18 = 5v \rightarrow v = 18 \div 5 = 3.6 \text{ m/s}$$

پس هر دو موتورک بعد از تصادم با سرعت مشترک 3.6 m/s حرکت می‌کنند.

اهمیت بقای مومنتوم در زندگی واقعی

کاربرد	توضیح
تصادم موتورها	برای تحلیل سرعت و جهت حرکت موتورها بعد از تصادم استفاده می‌شود.
ورزش‌ها	در برخورد توپ با چوب، پا یا دست، مومنتوم از یک جسم به جسم دیگر انتقال می‌یابد.
راکت‌ها	گازها به طرف عقب پرتاب می‌شوند و راکت به طرف پیش حرکت می‌کند.
تفنگ	گلوله به طرف پیش می‌رود و تفنگ به طرف عقب پس می‌زند.
ایمنی جاده	طراحی موتورها طوری انجام می‌شود که اثر تصادم بر سرنشینان کمتر شود.

فعالیت ۳: مومنتوم در برخورد دو جسم

مواد لازم: دو توپ کوچک یا دو موتورک اسباب‌بازی، یک سطح صاف، خط‌کش.

1. یک توپ را آرام به طرف توپ ساکن حرکت دهید و برخورد را مشاهده کنید.
 2. چارج دوم، توپ را با سرعت بیشتر حرکت دهید و نتیجه را مقایسه کنید.
 3. اگر توپ‌ها کتله متفاوت دارند، توپ سبک و توپ سنگین را جداگانه امتحان کنید.
 4. در جدول کوتاه بنویسید که افزایش سرعت و افزایش کتله چه اثری بر حرکت بعد از تصادم دارد.
- نتیجه مورد انتظار: جسمی که سرعت یا کتله بیشتر دارد، مومنتوم بیشتری دارد و پس از برخورد اثر بیشتری بر جسم دیگر می‌گذارد.

تمرین‌های درسی

الف) سوالات کوتاه

1. قانون اول نیوتن را به زبان ساده بنویسید.
2. عطالت چیست؟ یک مثال روزمره برای آن بنویسید.
3. چرا کتابی که روی میز است حرکت نمی‌کند، در حالی که بر آن قوه وارد می‌شود؟
4. در فورمول $F = ma$ هر سمبول چه معنی دارد؟
5. اگر کتله زیاد شود و قوه ثابت بماند، شتاب چه تغییر می‌کند؟
6. چرا قوه عمل و عکس‌العمل یکدیگر را در یک جسم خنثا نمی‌کنند؟
7. سرعت نهایی چیست؟
8. چرا چتر باز سرعت سقوط را کم می‌کند؟
9. سرعت فرار چیست و برای زمین تقریباً چند است؟
10. مومنتوم به کدام دو کمیت بستگی دارد؟

ب) تمرین‌های محاسباتی

1. بر یک جسم با کتله 10 kg قوه مجموعی 50 N وارد می‌شود. شتاب جسم را حساب کنید.
2. یک جسم با کتله 4 kg با شتاب 2 m/s^2 حرکت می‌کند. قوه مجموعی چند است؟
3. اگر قوه مجموعی 36 N و شتاب 6 m/s^2 باشد، کتله جسم چند است؟
4. یک توپ با کتله 3 kg و سرعت 7 m/s حرکت می‌کند. مومنتوم آن را حساب کنید.
5. یک موتورک 5 kg با سرعت 2 m/s حرکت می‌کند. موتورک دوم 5 kg ساکن است. بعد از تصادم، موتورک اول توقف می‌کند. سرعت موتورک دوم را پیدا کنید.
6. دو جسم پس از تصادم به هم می‌چسبند. جسم اول 4 kg با سرعت 5 m/s حرکت می‌کند و جسم دوم 6 kg ساکن است. سرعت مشترک بعد از تصادم را حساب کنید.

ج) سوالات تحلیلی

1. توضیح دهید چرا کمربند ایمنی با قانون اول نیوتن ارتباط دارد.
2. چرا یک لاری سنگین نسبت به یک موتر کوچک برای توقف کردن فاصله بیشتری نیاز دارد؟ در جواب خود از عطالت و مومنتوم استفاده کنید.
3. اگر یک جسم در هوا به سرعت نهایی برسد، چرا دیگر شتاب نمی‌گیرد؟
4. چرا در تصادم موترها بخشی از انرژی حرکتی از بین نمی‌رود، بلکه به شکل‌های دیگر انرژی تبدیل می‌شود؟
5. با استفاده از قانون سوم نیوتن توضیح دهید چرا راکت به طرف بالا حرکت می‌کند.

فعالیت پایانی: تحلیل یک حادثه ساده

سناریو: یک موتورک سبک و یک موتورک سنگین روی یک سطح صاف حرکت می‌کنند. هر دو با سرعت یکسان به دیوار نرم برخورد می‌کنند. موتورک سنگین ضربه بیشتری وارد می‌کند و توقف آن دشوارتر است. وظیفه شاگرد:

1. با استفاده از مفهوم عطالت توضیح دهید چرا موتورک سنگین سخت‌تر توقف می‌کند.
2. با فورمول $p = mv$ توضیح دهید چرا موتورک سنگین مومنتوم بیشتری دارد.
3. با قانون دوم نیوتن توضیح دهید اگر قوه توقف یکسان باشد، شتاب منفی کدام موتورک کمتر است.

پاسخ‌نامه کوتاه برای تمرین‌های محاسباتی

شماره	جواب	راه حل کوتاه
۱	5 m/s^2	$a = F \div m = 50 \div 10$
۲	8 N	$F = ma = 4 \times 2$
۳	6 kg	$m = F \div a = 36 \div 6$
۴	21 kg m/s	$p = mv = 3 \times 7$
۵	$v_2 = 2 \text{ m/s}$	$(5 \times 2) + (5 \times 0) = (5 \times 0) + (5 \times v_2)$
۶	$v = 2 \text{ m/s}$	$(4 \times 5) + (6 \times 0) = (4 + 6)v$

خلاصه نهایی درس

- قانون اول نیوتن بیان می‌کند که اگر قوهٔ مجموعی صفر باشد، جسم حالت حرکت خود را حفظ می‌کند.
- قانون دوم نیوتن رابطهٔ قوه، کتله و شتاب را با فورمول $F = ma$ نشان می‌دهد.
- قانون سوم نیوتن بیان می‌کند که هر قوه یک قوهٔ مساوی و مخالف بر جسم دیگر ایجاد می‌کند.
- سرعت نهایی زمانی رخ می‌دهد که وزن و مقاومت هوا برابر شوند و شتاب صفر گردد.
- سرعت فرار کمترین سرعت لازم برای فرار از میدان جاذبه است؛ برای زمین تقریباً 11.2 km/s می‌باشد.
- مومنتوم با فورمول $p = mv$ محاسبه می‌شود و در تصادم‌ها، اگر قوهٔ خارجی قابل چشم‌پوشی باشد، مومنتوم مجموعی حفظ می‌شود.

۳. رابطه کار، انرژی و توان

در فزیک، کار، انرژی و توان سه مفهوم به‌هم‌پیوسته اند. وقتی یک جسم را بلند می‌کنیم، وقتی یک موتور حرکت می‌کند، وقتی چراغ روشن می‌شود یا وقتی بدن انسان از زینه بالا می‌رود، انرژی انتقال می‌یابد و کار انجام می‌شود. توان نشان می‌دهد که این کار یا انتقال انرژی با چه سرعتی انجام شده است.

هدف‌های یادگیری

- کار را به عنوان حاصل ضرب قوه و فاصله تعریف و در حالت‌های عملی محاسبه کند.
- تبدیل انرژی از یک ذخیره به ذخیره دیگر را توضیح دهد و قانون بقای انرژی را به زبان ساده بیان کند.
- رابطه کار و انرژی را در مثال‌هایی مانند بلند کردن جسم، کشیدن بکس و بریک گرفتن موتور توضیح دهد.
- توان را به عنوان سرعت انجام کار یا انتقال انرژی تعریف و محاسبه کند.
- ذخیره‌های مختلف انرژی و مسیرهای تبدیل انرژی را در سیستم‌های روزمره شناسایی کند.
- مصرف انرژی وسایل برقی را با استفاده از توان و زمان محاسبه کند.
- منابع انرژی تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر را مقایسه کند و نقش آن‌ها را در آینده توضیح دهد.

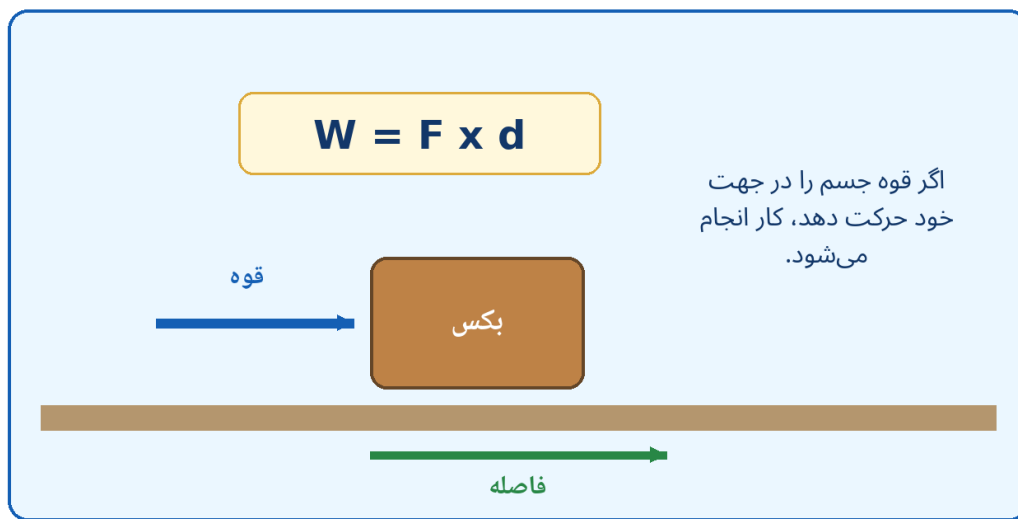
۱.۳ کار به عنوان حاصل ضرب قوه و فاصله

در زبان روزمره، کار می‌تواند به معنی خواندن، نوشتن، فکر کردن یا ایستادن باشد. اما در فزیک، کار تعریف دقیق‌تری دارد. کار زمانی انجام می‌شود که یک قوه بر جسم وارد شود و جسم در جهت همان قوه حرکت کند. پس برای انجام کار دو شرط لازم است: قوه باید وجود داشته باشد و جسم باید در اثر آن قوه در یک فاصله حرکت کند. فورمول کار چنین است:

$$W = F \times d$$

سمبول	واحد	معنی
W	لای ژول	کار انجام شده
F	N یا نیوتن	قوه
d	m یا متر	فاصله در جهت قوه

کار، قوه و فاصله



شکل ۱.۳: کار زمانی انجام می‌شود که قوه باعث حرکت جسم در همان جهت شود.

اگر یک شخص یک بکس را به طرف راست بکشد و بکس نیز به طرف راست حرکت کند، کار انجام می‌شود. اما اگر شخص یک دیوار را فشار دهد و دیوار حرکت نکند، فاصله حرکت صفر است؛ بنابراین از دید فزیک کار انجام نشده است، هرچند شخص احساس خستگی کند. دلیل این است که در فورمول $W = F \times d$ ، وقتی d برابر صفر باشد، کار هم صفر می‌شود.

مثال حل شده

یک شاگرد یک بکس را با قوه ۲۰ نیوتن به فاصله ۳ متر می‌کشد. کار انجام شده چند ژول است؟

داده‌ها: $F = 20\text{ N}$ ، $d = 3\text{ m}$

$$W = F \times d = 20 \times 3 = 60\text{ J}$$

پس شاگرد ۶۰ ژول کار انجام داده است.

فعالیت ۱: محاسبه کار در صنف

مواد لازم: یک بکس کوچک، چند کتاب، متر یا خط‌کش، و نیروسنج اگر موجود باشد.

- یک بکس کوچک را روی زمین یا میز قرار دهید و آن را به فاصله ۱ متر بکشید.
- اگر نیروسنج دارید، قوه لازم برای کشیدن بکس را اندازه بگیرید.
- کار انجام شده را با $W = F \times d$ محاسبه کنید.
- چند کتاب داخل بکس بگذارید و آزمایش را دوچاره تکرار کنید.
- مقایسه کنید که با زیاد شدن کتله، قوه و کار چگونه تغییر می کند.

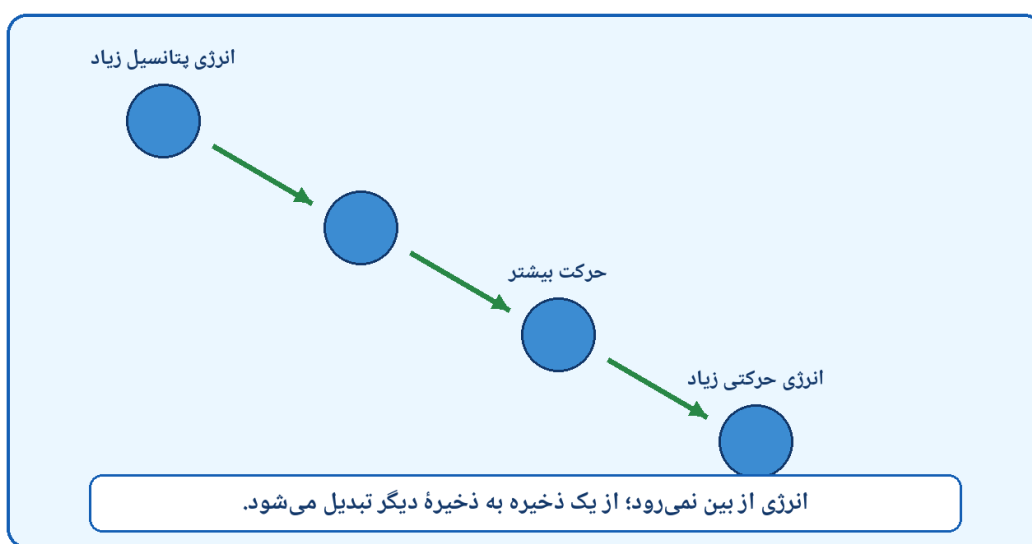
نتیجه مورد انتظار: هر قدر قوه یا فاصله بیشتر شود، مقدار کار انجام شده نیز بیشتر می شود.

۲.۳ تبدیل انرژی و قانون بقای انرژی

انرژی توانایی انجام کار است. هر جسم یا سیستم برای حرکت، گرم شدن، روشن شدن، تولید صدا یا انجام فعالیت به انرژی نیاز دارد. انرژی ممکن است در غذا، تیل، باتری، جسمی که در ارتفاع قرار دارد، جسم گرم، جسم در حال حرکت یا فنر فشرده ذخیره شده باشد. وقتی انرژی از یک شکل به شکل دیگر تغییر کند، به آن تبدیل انرژی می گویند.

قانون بقای انرژی می گوید: انرژی نه به وجود می آید و نه از بین می رود؛ فقط از یک ذخیره به ذخیره دیگر تبدیل می شود. در یک سیستم بسته، مقدار کل انرژی ثابت می ماند، اگرچه شکل انرژی تغییر می کند.

تبدیل انرژی و بقای انرژی



شکل ۲.۳: هنگام سقوط توپ، انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی حرکتی تبدیل می شود.

وسیله یا حالت	انرژی نهایی	انرژی ابتدایی
چراغ	نور + گرما	انرژی برقی
موتور	حرکت + گرما + صدا	انرژی کیمیاوی تیل
بدن هنگام دویدن	حرکت + گرمای بدن	انرژی کیمیاوی غذا
پنل آفتابی	انرژی برقی	انرژی نوری خورشید
کش رها شده	انرژی حرکتی	انرژی الاستیکی

فعالیت ۲: تبدیل انرژی در سقوط توپ

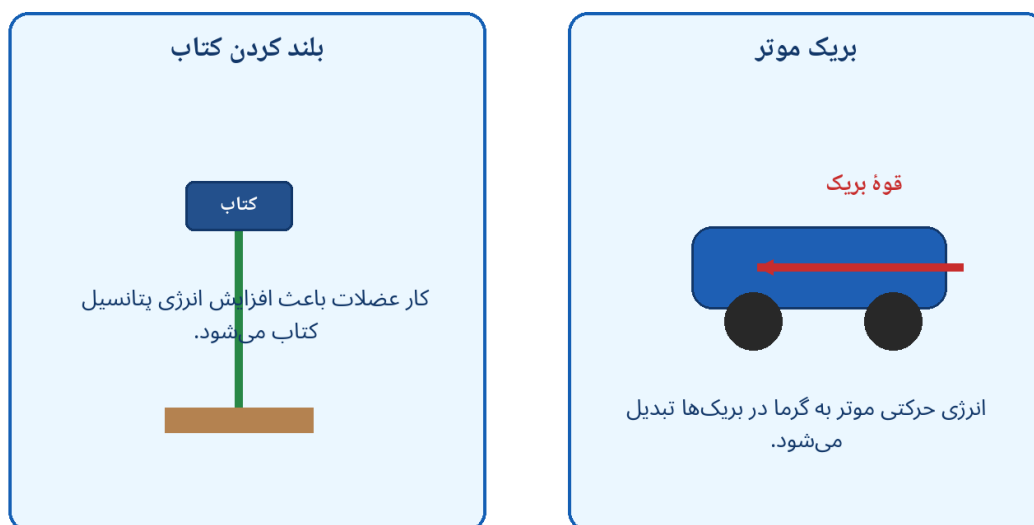
یک توپ کوچک را اول از ارتفاع ۵۰ سانتی متر و سپس از ارتفاع ۱ متر رها کنید. سرعت سقوط، شدت برخورد با زمین و مقدار برگشت توپ را مقایسه کنید.

- توپ در ارتفاع دارای انرژی پتانسیل گرانشی است.
- هنگام سقوط، انرژی پتانسیل به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود.
- از ارتفاع بیشتر، توپ انرژی پتانسیل بیشتری دارد و با سرعت بیشتر به زمین می‌رسد.

۳.۳ رابطه کار و انرژی

کار و انرژی با هم رابطه مستقیم دارند. وقتی روی یک جسم کار انجام می‌شود، انرژی آن جسم تغییر می‌کند. به همین دلیل واحد کار و انرژی هر دو ژول است. می‌توان گفت: کار انجام‌شده برابر با انرژی انتقال‌یافته است. کار می‌تواند انرژی جسم را افزایش دهد، انرژی آن را کاهش دهد یا انرژی را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کند. وقتی کتاب را از زمین روی میز می‌گذاریم، عضلات کار انجام می‌دهند و انرژی پتانسیل گرانشی کتاب افزایش می‌یابد. وقتی موتور بریک می‌گیرد، قوه اصطکاک بر خلاف حرکت کار انجام می‌دهد و انرژی حرکتی موتور به گرما در بریک‌ها تبدیل می‌شود.

کار و انرژی با هم معادل اند



شکل ۳.۳: کار می‌تواند انرژی جسم را زیاد یا کم کند و نوع انرژی را تغییر دهد.

فعالیت ۳: کار و انرژی در بالا رفتن از زینه

یک شاگرد از چند زینه بالا برود و سپس توضیح دهد که چرا بالا رفتن از زینه نسبت به راه رفتن روی سطح صاف دشوارتر است. در این فعالیت، بدن از انرژی کیمیای غذا استفاده می‌کند، عضلات کار انجام می‌دهند و انرژی پتانسیل گرانشی بدن افزایش می‌یابد.

- منبع انرژی بدن چیست؟
- هنگام بالا رفتن، کدام نوع انرژی بدن افزایش می‌یابد؟
- چرا بدن هنگام بالا رفتن خسته می‌شود؟

۴.۳ توان به عنوان سرعت انتقال انرژی یا انجام کار

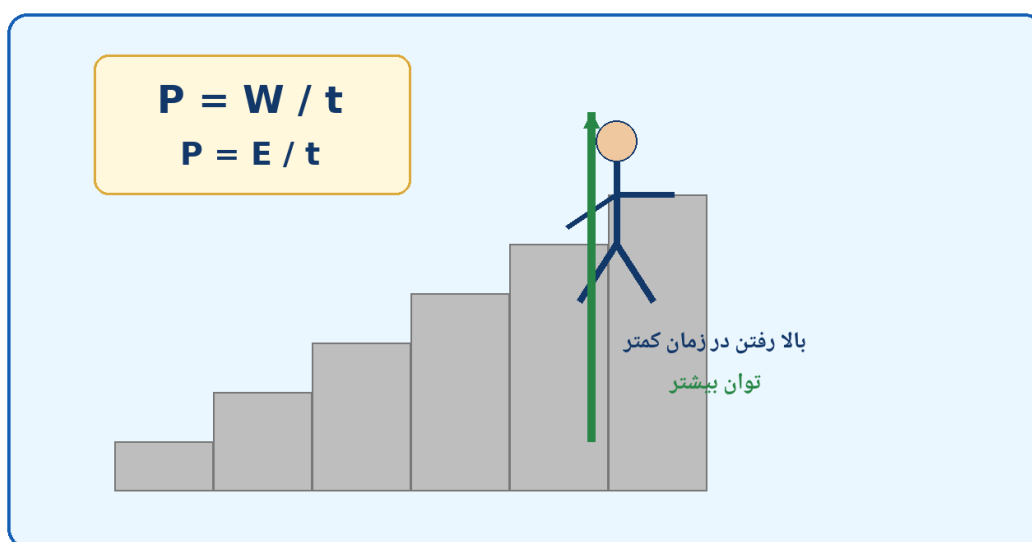
توان نشان می‌دهد که کار یا انتقال انرژی با چه سرعتی انجام می‌شود. اگر دو نفر مقدار مساوی کار انجام دهند، اما یکی آن را در زمان کمتر انجام دهد، توان او بیشتر است. بنابراین توان فقط به مقدار کار بستگی ندارد؛ زمان انجام کار نیز مهم است.

فرمول‌های توان چنین‌اند:

$$P = W \div t \quad \text{یا} \quad P = E \div t$$

واحد	معنی	سمبول
W یا وات	توان	P
لیا ژول	کار	W
لیا ژول	انرژی	E
سیا ثانیه	زمان	t

توان: سرعت انجام کار



شکل ۴.۳: اگر کار یکسان در زمان کمتر انجام شود، توان بیشتر است.

مثال حل‌شده

یک شاگرد ۲۰۰ ژول کار را در ۱۰ ثانیه انجام می‌دهد. توان او چند وات است؟

$$P = W \div t = 200 \div 10 = 20 \text{ W}$$

فعالیت ۴: محاسبه توان بدن

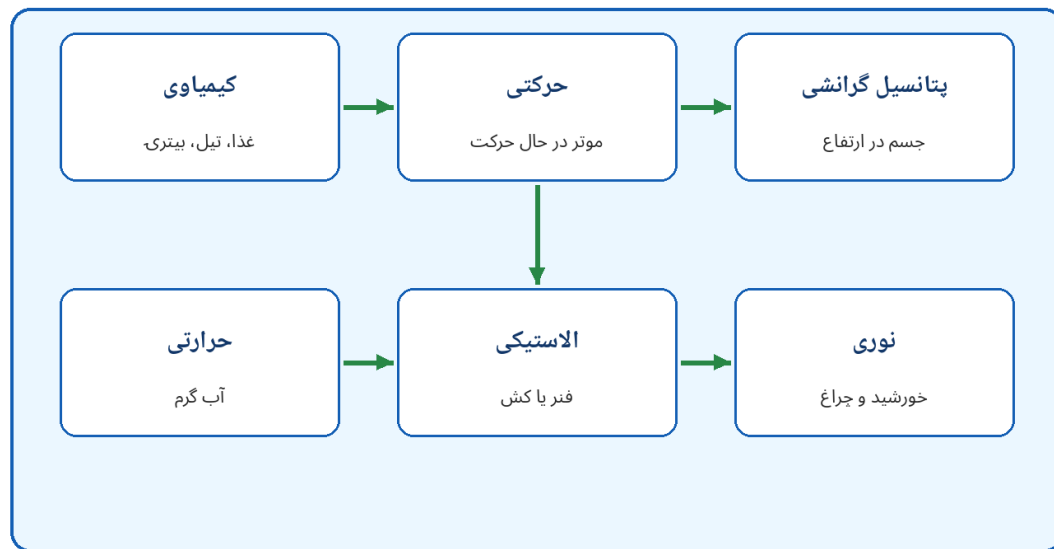
کته یک شاگرد، ارتفاع زینه‌ها و زمان بالا رفتن از زینه را اندازه بگیرید. ابتدا کار انجام‌شده را با $W = mgh$ حساب کنید و سپس توان را با $P = W \div t$ به دست آورید. این فعالیت نشان می‌دهد که بدن انسان نیز مانند یک سیستم فیزیکی انرژی مصرف می‌کند و کار انجام می‌دهد.

۵.۳ ذخیره‌های انرژی و تبدیل انرژی در سیستم بسته

در فزیک، وقتی یک جسم یا چند جسم را برای بررسی انتخاب می‌کنیم، به آن سیستم می‌گوییم. اگر انرژی از سیستم خارج نشود و انرژی جدیدی از بیرون وارد آن نشود، آن را سیستم بسته می‌نامیم. در زندگی واقعی، سیستم

ها معمولاً کاملاً بسته نیستند، چون انرژی به شکل گرما و صدا به محیط منتقل می‌شود؛ اما برای ساده‌سازی، در فزیک بسیاری از سیستم‌ها را بسته فرض می‌کنیم.

انرژی می‌تواند در ذخیره‌های مختلف وجود داشته باشد. شناخت این ذخیره‌ها کمک می‌کند تا مسیر تبدیل انرژی را در وسایل و پدیده‌های روزمره توضیح دهیم.



شکل ۵.۳: چند ذخیره مهم انرژی و نمونه‌های آن‌ها.

ذخیره انرژی	مثال	توضیح
حرکتی	موتور در حال حرکت	انرژی جسم در حال حرکت
پتانسیل گرانشی	کتاب روی میز	انرژی به دلیل ارتفاع
کیمیاوی	غذا، تیل، بیتری	انرژی ذخیره شده در مواد
حرارتی	آب گرم	انرژی مربوط به گرمی جسم
الاستیکی	فنر، کش	انرژی در جسم کشیده یا فشرده
هسته‌ای	خورشید، برق هسته‌ای	انرژی داخل هسته اتم

فعالیت ۵: نقشه تبدیل انرژی

برای هر وسیله، انرژی ابتدایی و انرژی نهایی را بنویسید. نمونه: پنکه انرژی برقی را به انرژی حرکتی، صدا و گرما تبدیل می‌کند.

وسيله يا حالت	انرژی نهایی	انرژی ابتدایی
چراغ	؟	؟
پنکه	؟	؟
موبایل	؟	؟
موتور	؟	؟
بدن هنگام دویدن	؟	؟
پنل آفتابی	؟	؟

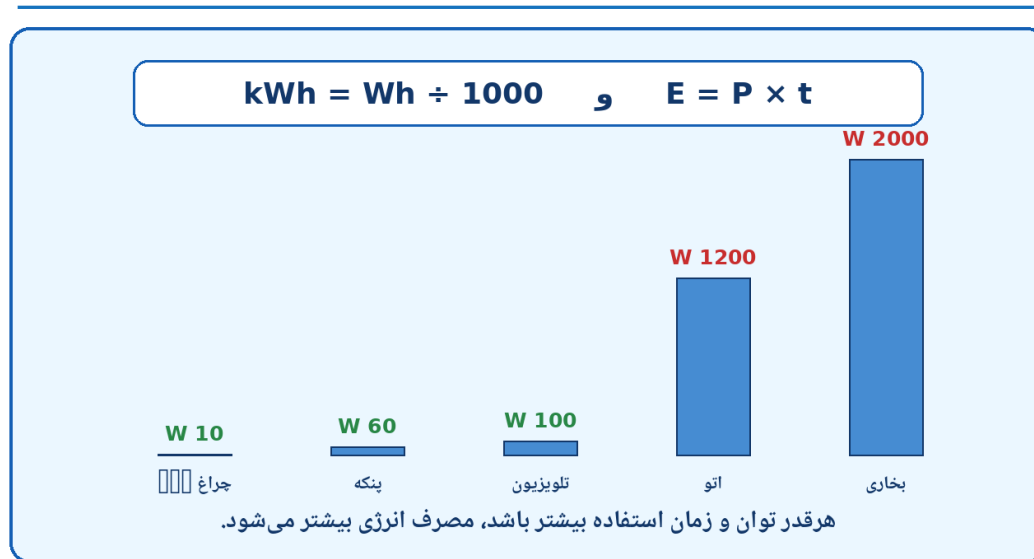
۶.۳ محاسبه مصرف انرژی و توان در سناریوهای عملی

در خانه و جامعه، دانستن توان وسایل برقی به ما کمک می‌کند مصرف انرژی را محاسبه کنیم. هر وسیله توان مشخصی دارد. هر قدر توان یک وسیله بیشتر باشد و مدت استفاده از آن طولانی‌تر باشد، انرژی بیشتری مصرف می‌کند. برای محاسبه انرژی مصرفی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$E = P \times t$$

اگر توان به وات و زمان به ساعت باشد، جواب به وات-ساعت یا Wh می‌آید. برای تبدیل Wh به kWh، مقدار Wh را بر ۱۰۰۰ تقسیم می‌کنیم.

مصرف انرژی و توان وسایل برقی



شکل ۶.۳: وسایل با توان بیشتر در زمان مساوی انرژی بیشتری مصرف می‌کنند.

مثال ۱: مصرف چراغ

یک چراغ ۶۰ وات به مدت ۵ ساعت روشن است. انرژی مصرفی آن چند Wh و چند kWh است؟

$$E = P \times t = 60 \times 5 = 300 \text{ Wh} = 0.3 \text{ kWh}$$

مثال ۲: مصرف اتو

یک اتو با توان ۱۲۰۰ وات برای ۲ ساعت استفاده می‌شود. چون ۱۲۰۰ وات برابر ۲.۱ کیلووات است، مصرف انرژی چنین محاسبه می‌شود:

$$E = 1.2 \times 2 = 2.4 \text{ kWh}$$

فعالیت ۶: محاسبه مصرف برق خانه

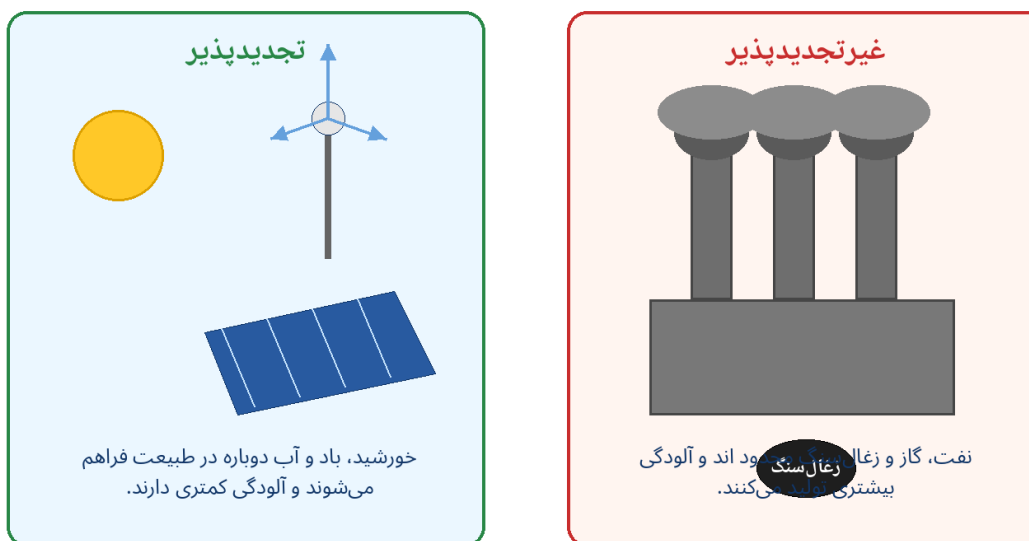
جدول زیر را کامل کنید و مشخص سازید کدام وسیله بیشترین و کدام وسیله کمترین انرژی را مصرف می‌کند.

توان	وسيله	انرژی مصرفی در روز	زمان استفاده در روز
10 W	چراغ LED	؟	5 h
60 W	پنکه	؟	4 h
100 W	تلویزیون	؟	3 h
150 W	یخچال	؟	8 h

۷.۳ انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر و نقش آن‌ها در آینده

منابع انرژی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند: تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر. منابع تجدیدپذیر در طبیعت دوچارجه فراهم می‌شوند یا به‌صورت پیوسته در دسترس هستند، مانند نور خورشید، باد و جریان آب. منابع غیرتجدیدپذیر محدود هستند و تشکیل دوچارجه آن‌ها میلیون‌ها سال وقت می‌گیرد، مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ.

منابع انرژی تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر



شکل ۷.۳: مقایسه منابع انرژی تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر.

ویژگی	تجدیدپذیر	غیرتجدیدپذیر
نمونه‌ها	خورشیدی، بادی، آبی	نفت، گاز، زغال‌سنگ
مقدار منبع	معمولاً دوچارجه فراهم می‌شود	محدود است
آلودگی	کمتر	بیشتر، به‌خصوص سوخت فوسیلی
چالش	وابسته به آب‌وهوا و ذخیره‌سازی	تمام شدن منبع و آلودگی
نقش آینده	بسیار مهم	باید کمتر استفاده شود

در آینده، استفاده از انرژی‌های پاک اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، چون سوخت‌های فوسیلی محدود هستند و آلودگی هوا و تغییر اقلیم از مشکلات جدی جهان به شمار می‌روند. با پیشرفت پنل‌های آفتابی، توربین‌های بادی و باتری‌های ذخیره انرژی، امکان استفاده بیشتر از انرژی تجدیدپذیر افزایش می‌یابد.

فعالیت ۷: انتخاب منبع انرژی برای یک قریه

سناریو: یک قریه آفتاب زیاد دارد، باد متوسط دارد، به شبکه برق شهری وصل نیست و مردم برای روشنی و چارچ موبایل به برق نیاز دارند. به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- کدام منبع انرژی برای این قریه مناسب‌تر است؟
- چرا انرژی خورشیدی انتخاب خوبی است؟
- چرا باتری برای ذخیره انرژی لازم است؟
- چه مشکلاتی ممکن است در نصب و نگهداری پنل آفتابی وجود داشته باشد؟

پاسخ مورد انتظار: انرژی خورشیدی برای این قریه مناسب است، چون آفتاب زیاد دارد. اما برای شب و روزهای ابری، بتری برای ذخیره انرژی لازم است.

نمونه‌های محاسباتی بیشتر

در این بخش چند مثال محاسباتی اضافه شده است تا شاگردان بتوانند فورمول‌های کار، انرژی، توان و مصرف انرژی را در حالت‌های واقعی تمرین کنند. هر مثال با داده‌ها، فورمول، جای‌گذاری و پاسخ نهایی نوشته شده است.

مثال ۱: کار در کشیدن یک بکس

یک بکس با قوه N ۳۰ روی زمین به فاصله m ۵ کشیده می‌شود. کار انجام‌شده چند ژول است؟

داده‌ها:

حل:

$$W = F \times d$$

$$W = 30 \times 5$$

$$W = 150 J$$

نتیجه: پس برای کشیدن بکس، ۱۵۰ ژول کار انجام شده است.

مثال ۲: پیدا کردن قوه از روی کار و فاصله

برای حرکت دادن یک جسم به فاصله m ۴، مقدار J ۸۰ کار انجام شده است. قوه واردشده چند نیوتن است؟

داده‌ها:

حل:

$$W = F \times d$$

$$F = W \div d$$

$$F = 80 \div 4$$

$$F = 20 N$$

نتیجه: پس قوه واردشده ۲۰ نیوتن است.

مثال ۳: بلند کردن جسم در برابر جاذبه

یک شاگرد یک بکس با کتله kg ۱۰ را به ارتفاع m ۱.۵ بلند می‌کند. کار انجام‌شده در برابر جاذبه چند ژول است؟ $g = 9.8 m/s^2$

داده‌ها:

حل:

$$W = mgh$$

$$W = 10 \times 9.8 \times 1.5$$

$$W = 147 J$$

نتیجه: پس شاگرد تقریباً ۱۴۷ ژول کار انجام داده است.

مثال ۴: وقتی کار صفر است

یک شخص یک دیوار را با قوه ۵۰ N فشار می‌دهد، اما دیوار حرکت نمی‌کند. کار انجام شده چند ژول است؟

داده‌ها:

حل:

$$W = F \times d$$

$$W = 50 \times 0$$

$$W = 0 J$$

نتیجه: چون دیوار حرکت نکرده است، کار فیزیکی صفر است.

مثال ۵: تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی حرکتی

یک توپ ۲ kg از ارتفاع ۳ m رها می‌شود. انرژی پتانسیل گرانشی توپ در آغاز چند ژول است؟

داده‌ها:

حل:

$$E_p = mgh$$

$$E_p = 2 \times 9.8 \times 3$$

$$E_p = 58.8 J$$

نتیجه: در هنگام سقوط، این انرژی پتانسیل به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود.

مثال ۶: محاسبه توان از کار و زمان

یک کارگر ۶۰۰ J کار را در ۲۰ s انجام می‌دهد. توان او چند وات است؟

داده‌ها:

حل:

$$P = W \div t$$

$$P = 600 \div 20$$

$$P = 30 W$$

نتیجه: پس توان کارگر ۳۰ وات است.

مثال ۷: مقایسه توان دو شاگرد

دو شاگرد هر کدام ۴۰۰ J کار انجام می‌دهند. شاگرد اول این کار را در ۲۰ s و شاگرد دوم در ۱۰ s انجام می‌دهد. کدام شاگرد توان بیشتری دارد؟

داده‌ها:

حل:

$$P_1 = 400 \div 20 = 20 W$$

$$P_2 = 400 \div 10 = 40 W$$

نتیجه: شاگرد دوم توان بیشتری دارد، چون همان کار را در زمان کمتر انجام داده است.

مثال ۸: مصرف انرژی چراغ LED

یک چراغ LED با توان ۱۲ W روزانه ۶ ساعت روشن می ماند. مصرف انرژی روزانه آن چند Wh و چند kWh است؟
داده ها:

حل:

$$E = P \times t$$

$$E = 12 \times 6 = 72 Wh$$

$$72 Wh = 0.072 kWh$$

نتیجه: پس چراغ در یک روز ۰,۰۷۲ کیلووات ساعت انرژی مصرف می کند.

مثال ۹: مصرف انرژی یخچال

یک یخچال با توان متوسط ۱۵۰ W در مجموع ۸ ساعت در یک روز کار می کند. مصرف روزانه آن چند kWh است؟
داده ها:

حل:

$$E = P \times t$$

$$E = 0.15 \times 8$$

$$E = 1.2 kWh$$

نتیجه: پس یخچال در یک روز حدود ۱,۲ کیلووات ساعت انرژی مصرف می کند.

مثال ۱۰: محاسبه هزینه برق

یک بخاری برقی با توان ۲ kW برای ۳ ساعت روشن است. اگر قیمت هر ۱ kWh برق ۸ افغانی باشد، هزینه مصرف برق چند افغانی می شود؟
داده ها:

حل:

$$E = P \times t$$

$$E = 2 \times 3 = 6 kWh$$

$$\text{افغانی} = 6 \times 8 = 48$$

نتیجه: پس هزینه مصرف برق بخاری ۴۸ افغانی می شود.

مثال ۱۱: پیدا کردن زمان از انرژی و توان

یک بیتری Wh ۶۰۰ انرژی دارد. اگر یک چراغ W ۲۰ به آن وصل شود، چراغ چند ساعت روشن می ماند؟

داده ها:

حل:

$$E = P \times t$$

$$t = E \div P$$

$$t = 600 \div 20$$

$$t = 30 h$$

نتیجه: پس چراغ تقریباً ۳۰ ساعت روشن می ماند.

مثال ۱۲: انرژی مصرفی یک پنل آفتابی کوچک

یک پنل آفتابی در یک روز kWh ۰.۸ انرژی تولید می کند. اگر یک چراغ W ۱۰ هر شب ۵ ساعت روشن شود، آیا انرژی پنل برای چراغ کافی است؟

داده ها:

حل:

$$E \text{ چراغ} = P \times t$$

$$E \text{ چراغ} = 0.01 \times 5 = 0.05 kWh$$

$$0.8 kWh > 0.05 kWh$$

نتیجه: بله، انرژی پنل برای این چراغ کافی است و مقدار زیادی انرژی باقی می ماند.

تمرین های محاسباتی اضافه

تمرین های زیر برای تقویت مهارت حل مسئله طراحی شده اند. شاگردان باید نخست داده ها را جدا کنند، سپس فورمول مناسب را انتخاب کرده و مرحله به مرحله حل نمایند.

شماره	سوال محاسباتی
۱	یک جسم با قوه N ۱۸ به فاصله m ۶ کشیده می شود. کار انجام شده را حساب کنید.
۲	برای انجام J ۲۴۰ کار، جسمی m ۸ حرکت داده می شود. قوه وارد شده چند N است؟
۳	یک بکس kg ۱۲ به ارتفاع m ۲ بلند می شود. کار انجام شده در برابر جاذبه را حساب کنید. $g = 9.8 m/s^2$
۴	یک نفر J ۷۵۰ کار را در s ۱۵ انجام می دهد. توان او چند W است؟
۵	یک ماشین J ۳۰۰۰ انرژی را در s ۱۰ منتقل می کند. توان ماشین چند W است؟
۶	یک چراغ W ۲۵ برای h ۴ روشن است. انرژی مصرفی آن چند Wh و چند kWh است؟
۷	یک تلویزیون W ۱۲۰ روزانه h ۵ روشن است. مصرف روزانه آن چند kWh است؟
۸	یک اتو kW ۱.۵ برای h ۲ کار می کند. مصرف انرژی آن چند kWh است؟
۹	اگر قیمت هر kWh برق ۶ افغانی باشد، هزینه مصرف اتوی تمرین ۸ چند افغانی است؟
۱۰	یک بیتری Wh ۱۲۰۰ انرژی دارد. یک پنکه W ۶۰ با آن چند ساعت کار می کند؟

۱۱	یک پنل آفتابی ۲ kWh انرژی در روز تولید می‌کند. اگر ۴ چراغ ۱۰ W هرکدام ۵ h روشن شوند، انرژی مصرفی چراغ‌ها چقدر است و آیا پنل کافی است؟
۱۲	یک شاگرد با کتله ۵۵ kg از زینته‌ای با ارتفاع ۳ m بالا می‌رود و این کار را در ۶ s انجام می‌دهد. کار و توان او را حساب کنید.

پاسخ تمرین‌های محاسباتی اضافه

شماره	پاسخ کوتاه
۱	$W = F \times d = 18 \times 6 = 108 J$
۲	$F = W \div d = 240 \div 8 = 30 N$
۳	$W = mgh = 12 \times 9.8 \times 2 = 235.2 J$
۴	$P = W \div t = 750 \div 15 = 50 W$
۵	$P = E \div t = 3000 \div 10 = 300 W$
۶	$E = P \times t = 25 \times 4 = 100 Wh = 0.1 kWh$
۷	$120 W = 0.12 kW$; $E = 0.12 \times 5 = 0.6 kWh$
۸	$E = 1.5 \times 2 = 3 kWh$
۹	افغانی $3 \times 6 = 18$ = هزینه
۱۰	$t = E \div P = 1200 \div 60 = 20 h$
۱۱	چراغ‌ها مجموع توان $4 \times 10 = 40 W = 0.04 kW$; $E = 0.04 \times 5 = 0.2 kWh$; پنل ۲ kWh تولید می‌کند پس، کافی است.
۱۲	$W = mgh = 55 \times 9.8 \times 3 = 1617 J$; $P = 1617 \div 6 = 269.5 W$

تمرین‌های پایانی

شماره	تمرین
۱	یک جسم با قوه ۲۵ نیوتن به فاصله ۴ متر کشیده می‌شود. کار انجام‌شده را حساب کنید.
۲	یک شاگرد ۵۰۰ ژول کار را در ۲۰ ثانیه انجام می‌دهد. توان او چند وات است؟
۳	یک چراغ ۱۵ وات به مدت ۸ ساعت روشن می‌ماند. انرژی مصرفی آن چند Wh و چند kWh است؟
۴	یک بخاری برقی ۲۰۰۰ وات برای ۴ ساعت روشن است. مصرف انرژی آن چند kWh است؟
۵	یک شاگرد با کتله ۴۵ kg از زینته‌ای با ارتفاع ۳ m بالا می‌رود. کار انجام‌شده در برابر جاذبه را حساب کنید. از $W = mgh$ و $g = 9.8 m/s^2$ استفاده کنید.
۶	برای یک چراغ، یک پنکه و یک پنل آفتابی مسیر تبدیل انرژی را بنویسید.

پاسخ کوتاه تمرین‌ها

شماره	پاسخ
۱	$W = 25 \times 4 = 100 J$
۲	$P = 500 \div 20 = 25 W$
۳	$E = 15 \times 8 = 120 Wh = 0.12 kWh$

۴	$2000\text{ W} = 2\text{ kW}$ ، پس $E = 2 \times 4 = 8\text{ kWh}$
۵	$W = 45 \times 9.8 \times 3 = 1323\text{ J}$
۶	چراغ: برقی به نور و گرما؛ پنکه: برقی به حرکتی، صدا و گرما؛ پنل آفتابی: نوری به برقی

خلاصه نهایی درس

موضوع	نکته اصلی
کار	وقتی قوه باعث حرکت جسم در فاصله شود $W = F \times d$.
انرژی	توانایی انجام کار و قابل تبدیل از یک ذخیره به ذخیره دیگر است.
قانون بقای انرژی	انرژی از بین نمی‌رود؛ فقط شکل آن تغییر می‌کند.
توان	سرعت انجام کار یا انتقال انرژی است $P = W \div t$.
مصرف انرژی	به توان وسیله و زمان استفاده بستگی دارد $E = P \times t$.
انرژی تجدیدپذیر	پاک‌تر و مناسب‌تر برای آینده، اما نیازمند ذخیره‌سازی و مدیریت است.
انرژی غیرتجدیدپذیر	محدود است و معمولاً آلودگی بیشتری تولید می‌کند.

فصل سوم

۱. درک الکتروستاتیک و خواص الکتریکی مواد

الکتروستاتیک به پدیده‌هایی گفته می‌شود که با چارجهای الکتریکی ساکن یا تقریباً ساکن ارتباط دارند. وقتی دو جسم با هم مالش داده می‌شوند، با هم تماس پیدا می‌کنند یا یکی از آن‌ها در نزدیکی جسم چارجدار قرار می‌گیرد، الکترون‌ها می‌توانند جابه‌جا شوند. این جابه‌جایی باعث می‌شود یک جسم چارج منفی و جسم دیگر چارج مثبت بگیرد. فهم الکتروستاتیک پایه مهم برای درک مدارهای برقی، رعد و برق، دستگاه‌های چاپ، فیلترهای صنعتی و بسیاری از وسایل الکترونیکی است.

۱,۱ تولید و برهم کنش چارجهای الکتریکی

چارج الکتریکی یکی از ویژگی‌های بنیادی ماده است. پروتون‌ها دارای چارج مثبت، الکترون‌ها دارای چارج منفی و نوترون‌ها بدون چارج هستند. در یک جسم خنثی، تعداد چارجهای مثبت و منفی برابر است. اگر جسمی الکترون از دست بدهد، چارج مثبت پیدا می‌کند؛ اما اگر الکترون بگیرد، چارج منفی می‌شود. در بیشتر حالت‌های روزمره، پروتون‌ها در هسته اتم باقی می‌مانند و تنها الکترون‌های بیرونی جابه‌جا می‌شوند.

- چارجهای همنام یکدیگر را دفع می‌کنند؛ یعنی دو چارج مثبت یا دو چارج منفی از هم دور می‌شوند.
- چارجهای ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند؛ یعنی چارج مثبت و چارج منفی به طرف هم نزدیک می‌شوند.
- چارج الکتریکی از بین نمی‌رود و از هیچ به وجود نمی‌آید؛ فقط از یک جسم به جسم دیگر انتقال می‌کند. این اصل را پایستگی چارج می‌نامند.
- واحد چارج الکتریکی کولن (C) است. چارج یک الکترون بسیار کوچک است و مقدار آن حدود 1.6×10^{-19} کولن می‌باشد.

روش‌های تولید چارج الکتریکی

روش	توضیح	مثال روزمره	نتیجه معمول
مالش	دو جسم مختلف به هم مالش داده می‌شوند و الکترون‌ها از یک جسم به جسم دیگر انتقال می‌کنند.	مالیدن بادکنک به موی خشک یا مالیدن میله پلاستیکی به پارچه پشمی	دو جسم معمولاً چارجهای مخالف پیدا می‌کنند.

تماس	جسم چارجدار با جسم خنثی تماس می‌کند و بخشی از چارج به جسم خنثی منتقل می‌شود.	تماس میله چارجدار با کره فلزی خنثی	هر دو جسم معمولاً چارج هم‌نوع پیدا می‌کنند.
القای الکتریکی	جسم چارجدار نزدیک جسم خنثی آورده می‌شود و بدون تماس مستقیم، چارجها در جسم خنثی جابه‌جا می‌شوند.	نزدیک کردن میله چارجدار به کره فلزی و سپس وصل کردن کره به زمین	جسم خنثی می‌تواند چارج مخالف جسم اولیه بگیرد.

در چارج کردن به طریقه مالش، مهم است بدانیم که هر ماده تمایل متفاوت برای گرفتن یا از دست دادن الکترون دارد. مثلاً وقتی بادکنک به مو مالش داده می‌شود، بادکنک معمولاً الکترون می‌گیرد و منفی می‌شود؛ مو الکترون از دست می‌دهد و مثبت می‌شود. به همین دلیل بادکنک می‌تواند به دیوار یا کاغذهای کوچک بچسبد، چون چارجهای داخل دیوار یا کاغذ را موقتاً جابه‌جا می‌کند و جذب الکتریکی به وجود می‌آورد. در چارج کردن به طریقه تماس، انتقال چارج فقط هنگامی رخ می‌دهد که دو جسم واقعاً به هم تماس کنند. اگر جسم دوم هادی باشد، چارج در سطح آن بهتر پخش می‌شود؛ اما اگر عایق باشد، چارج ممکن است فقط در محل تماس باقی بماند. به همین دلیل فلزات در آزمایش‌های الکتروستاتیک با پایه عایق استفاده می‌شوند تا چارج به زمین فرار نکند. در چارج کردن به طریقه القا، تماس مستقیم بین جسم چارجدار و جسم خنثی لازم نیست. جسم چارجدار فقط باعث جدایی چارجها در جسم خنثی می‌شود. اگر در همین حالت جسم خنثی به زمین وصل شود، برخی الکترون‌ها وارد یا خارج می‌شوند و جسم پس از قطع اتصال، چارج خالص پیدا می‌کند. این روش در دستگاه‌هایی مانند الکتروسکوپ و درک پدیده رعد و برق اهمیت دارد.

قانون کولن

قانون کولن مقدار نیروی الکتریکی بین دو چارج نقطه‌ای را توضیح می‌دهد. طبق این قانون، هرچه مقدار دو چارج بزرگ‌تر باشد، نیرو قوی‌تر می‌شود؛ و هرچه فاصله بین دو چارج بیشتر شود، نیرو به سرعت کاهش می‌یابد. اگر فاصله دو برابر شود، نیرو به یک چهارم کاهش می‌یابد، زیرا فاصله در فرمول به توان دو است.

$$F = k q_1 q_2 / r^2$$

- F مقدار نیروی الکتریکی بر حسب نیوتن (N) است.
 - q_1 و q_2 مقدار چارجها بر حسب کولن (C) هستند.
 - r فاصله بین چارجها بر حسب متر (m) است.
 - k ثابت کولن است و مقدار آن تقریباً $9 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$ می‌باشد.
- مثال محاسباتی: اگر دو چارج $2 \mu\text{C}$ و $3 \mu\text{C}$ در فاصله 0.20 m از هم قرار داشته باشند، مقدار نیروی بین آن‌ها چنین محاسبه می‌شود:

$$F = (9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}) / (0.20)^2 = 1.35 \text{ N}$$

اگر هر دو چارج مثبت باشند، این نیرو دافعه است؛ اگر یکی مثبت و دیگری منفی باشد، نیرو جاذبه است.

فعالیت ساده

یک بادکنک را چند ثانیه به موی خشک یا پارچه پشمی مالش دهید. سپس آن را نزدیک چند تکه کاغذ کوچک بگیرید. مشاهده کنید که کاغذها به بادکنک جذب می‌شوند. نتیجه را چنین توضیح دهید: بادکنک چارجدار شده است و در کاغذهای خنثی جدایی چارج ایجاد می‌کند؛ به همین دلیل نیروی جاذبه میان آن‌ها به وجود می‌آید.

۱,۲ میدان‌های الکتریکی و نیروهای آن‌ها

میدان الکتریکی ناحیه‌ای در اطراف یک چارج الکتریکی است که اگر چارج دیگری در آن قرار گیرد، نیروی الکتریکی را احساس می‌کند. میدان را نمی‌توان مستقیم با چشم دید، اما اثر آن را از طریق حرکت چارجها، جذب و دفع اجسام سبک، یا انحراف

ذرات چارجدار مشاهده می‌کنیم. مفهوم میدان کمک می‌کند تا بفهمیم چگونه یک چارج بدون تماس مستقیم بر چارج دیگر اثر می‌گذارد.

برای نشان دادن میدان الکتریکی از خطوط میدان استفاده می‌شود. جهت خطوط میدان همیشه جهتی است که یک چارج مثبت آزمایشی در آن حرکت می‌کند. بنابراین خطوط میدان از چارج مثبت بیرون می‌آیند و به طرف چارج منفی داخل می‌شوند. هرجا خطوط میدان به هم نزدیک‌تر باشند، میدان قوی‌تر است؛ هرجا خطوط از هم دورتر باشند، میدان ضعیف‌تر است.

$$E = F / q$$

- E شدت میدان الکتریکی است و واحد آن N/C یا V/m می‌باشد.
- F نیروی وارد بر چارج آزمایشی است.
- q مقدار چارج آزمایشی است.

$$F = qE$$

این رابطه نشان می‌دهد که اگر شدت میدان ثابت باشد، چارج بزرگ‌تر نیروی بزرگ‌تری را تجربه می‌کند. در یک میدان یکنواخت، مانند میدان میان دو صفحه موازی با چارجهای مخالف، خطوط میدان تقریباً مستقیم و موازی هستند. در اطراف یک چارج نقطه‌ای، خطوط میدان شعاعی‌اند و با دور شدن از چارج، شدت میدان کاهش می‌یابد.

$$E = kQ / r^2$$

در این رابطه Q چارج تولیدکننده میدان و r فاصله از آن است. این فرمول نشان می‌دهد که میدان نیز مانند نیروی کولن با مجذور فاصله کاهش پیدا می‌کند.

کاربردهای میدان الکتریکی

- در ماشین‌های چاپ و فوتوکپی، از چارجهای الکتریکی برای جذب ذرات تونر به کاغذ استفاده می‌شود.
- در فیلترهای الکتروستاتیکی کارخانه‌ها، ذرات دود چارجدار شده و توسط صفحات دارای چارج مخالف جذب می‌شوند.
- در صفحه‌های لمسی و برخی حسگرها، تغییرات میدان الکتریکی برای تشخیص تماس یا حرکت به کار می‌رود.
- در رعد و برق، جدایی چارجهای الکتریکی در ابر و زمین باعث ایجاد میدان بسیار قوی می‌شود که در نهایت تخلیه الکتریکی رخ می‌دهد.

مثال کوتاه

اگر چارج $4 \mu C$ در میدان الکتریکی $500 N/C$ قرار گیرد، نیروی وارد بر آن برابر است با:

$$F = qE = 4 \times 10^{-6} \times 500 = 0.002 N$$

اگر چارج مثبت باشد، نیرو هم‌جهت میدان است. اگر چارج منفی باشد، نیرو خلاف جهت میدان وارد می‌شود.

۱,۳ تشخیص هادی، عایق و نیمه‌هادی

مواد از نظر توانایی عبور دادن جریان الکتریکی یکسان نیستند. تفاوت اصلی به تعداد الکترون‌های آزاد و نحوه حرکت آن‌ها در ساختار ماده مربوط است. در هادیها، الکترون‌های آزاد به آسانی حرکت می‌کنند؛ در عایقها، الکترون‌ها به اتم‌ها وابسته‌اند و آزادی حرکت ندارند؛ در نیمه‌هادیها، هادایی در حالت عادی متوسط است اما با دما، نور یا افزودن ناخالصی قابل تغییر می‌باشد.

نوع ماده	ویژگی الکتریکی	نمونه‌ها	کاربردها
رسانا/هادی	جریان را به آسانی عبور می‌دهد؛ مقاومت کم دارد.	مس، آلومینیوم، نقره، طلا، گرافیت	سیم برق، مدارها، کابل‌ها، اتصالات الکترونیکی

ناهادی/عایق	جریان را عبور نمی‌دهد یا بسیار کم عبور می‌دهد؛ مقاومت زیاد دارد.	پلاستیک، شیشه، لاستیک، چوب خشک، هوا در ولتاژ کم	پوشش سیم‌ها، دسته ابزار برقی، پایه عایق
نیمه‌هادی	هادی بین هادی و عایق دارد و با شرایط تغییر می‌کند.	سیلیکون، ژرمانیوم، گالیوم آرسناید	دیود، ترانزیستور، سلول خورشیدی، چیپ کمپیوتر

نیمه‌هادیها برای دنیای امروز بسیار مهم‌اند، زیرا می‌توان هادیی آن‌ها را کنترل کرد. در ترانزیستورها از همین ویژگی استفاده می‌شود تا جریان در مدار روشن و خاموش شود یا تقویت گردد. در سلول‌های خورشیدی، نور باعث آزاد شدن حامل‌های چارج در نیمه‌هادی می‌شود و جریان الکتریکی تولید می‌گردد.

نکته مهم: هادی بودن یک ماده همیشه مطلق نیست. مثلاً آب خالص هادی کمی دارد، اما آب معمولی به دلیل داشتن نمک‌ها و یون‌ها می‌تواند برق را عبور دهد. به همین دلیل دست خیس یا محیط مرطوب خطر برق‌گرفتگی را افزایش می‌دهد.

۱,۴ اندازه‌گیری مقاومت با استفاده از ولتاژ و جریان

مقاومت الکتریکی نشان می‌دهد یک جسم یا قطعه تا چه اندازه در برابر عبور جریان مخالفت می‌کند. هرچه مقاومت بزرگ‌تر باشد، در ولتاژ ثابت جریان کم‌تر عبور می‌کند. قانون اهم رابطه میان ولتاژ، جریان و مقاومت را بیان می‌کند و یکی از مهم‌ترین قانون‌ها در مدارهای ساده است.

$$V = IR \quad \text{یا} \quad R = V / I$$

- V ولتاژ یا اختلاف پتانسیل است و واحد آن ولت (V) می‌باشد.
- I جریان است و واحد آن آمپر (A) می‌باشد.
- R مقاومت است و واحد آن اهم (Ω) می‌باشد.

روش عملی اندازه‌گیری مقاومت

1. یک مقاومت یا وسیله برقی ساده را در مدار قرار دهید.
 2. آمپرتر را به صورت سری وصل کنید تا جریان عبوری از مدار را اندازه بگیرد.
 3. ولتمتر را به صورت موازی با مقاومت وصل کنید تا ولتاژ دو سر آن را اندازه بگیرد.
 4. منبع برق را روشن کنید و مقدار V و I را یادداشت کنید.
 5. با استفاده از رابطه $R = V / I$ مقدار مقاومت را محاسبه کنید.
- مثال: اگر ولتاژ دو سر یک مقاومت V 6 و جریان عبوری از آن A 0.30 باشد، مقاومت آن برابر است با:

$$R = 6 / 0.30 = 20 \Omega$$

احتیاط آزمایشگاهی: آمپرتر باید همیشه در مسیر جریان و به صورت سری بسته شود. اگر آمپرتر مستقیم به دو سر منبع وصل شود، ممکن است جریان بسیار زیاد ایجاد شود و دستگاه آسیب ببیند. ولتمتر باید موازی بسته شود، زیرا مقاومت داخلی آن زیاد است و جریان کمی از آن عبور می‌کند.

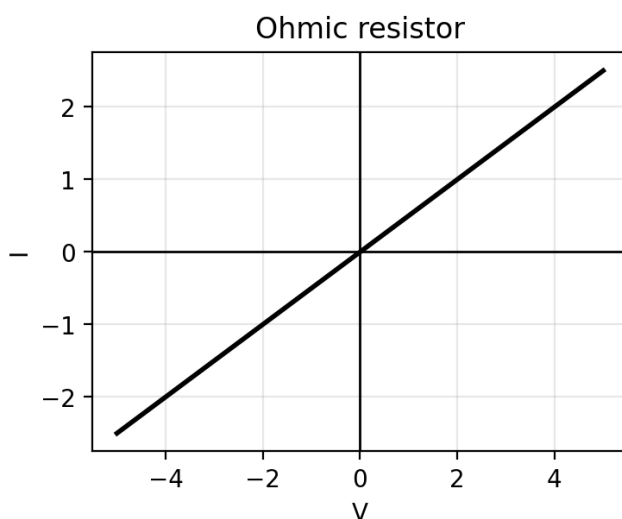
۱,۵ رابطه جریان، مقاومت و ولتاژ در مدارها و نمایش گرافیکی آن

در یک مدار ساده، ولتاژ مانند عامل فشاردهنده چارجه‌ها عمل می‌کند، جریان مقدار چارج عبوری در هر ثانیه است، و مقاومت مانعی در برابر حرکت چارجه‌ها می‌باشد. اگر مقاومت ثابت باشد، افزایش ولتاژ باعث افزایش جریان می‌شود. اگر ولتاژ ثابت باشد، افزایش مقاومت باعث کاهش جریان می‌شود.

حالت	تغییر	نتیجه
ولتاژ افزایش یابد و مقاومت ثابت باشد	V بیشتر می شود	I بیشتر می شود
مقاومت افزایش یابد و ولتاژ ثابت باشد	R بیشتر می شود	I کمتر می شود
جریان افزایش یابد و مقاومت ثابت باشد	I بیشتر می شود	V لازم بیشتر می شود

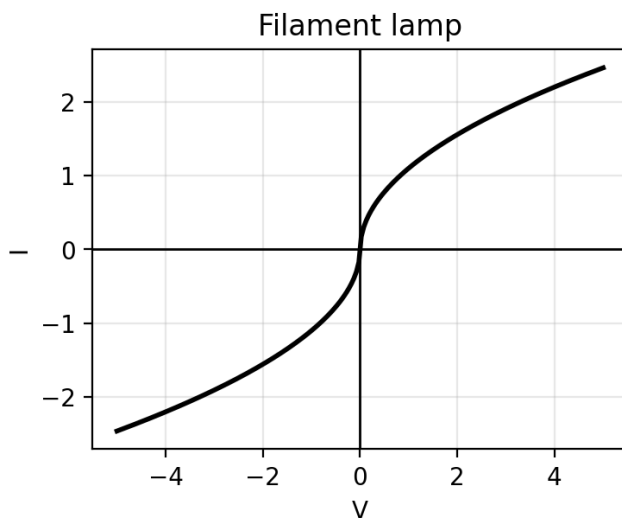
نمودار جریان-ولتاژ ($I-V$)

نمودار جریان-ولتاژ نشان می دهد که جریان یک قطعه چگونه با تغییر ولتاژ تغییر می کند. برای مقاومت اهمی، نمودار خط مستقیم از مبدأ است؛ یعنی جریان و ولتاژ نسبت مستقیم دارند. شیب نمودار I در برابر V برابر $R/1$ است. اگر نمودار V در برابر I رسم شود، شیب نمودار برابر R می شود.

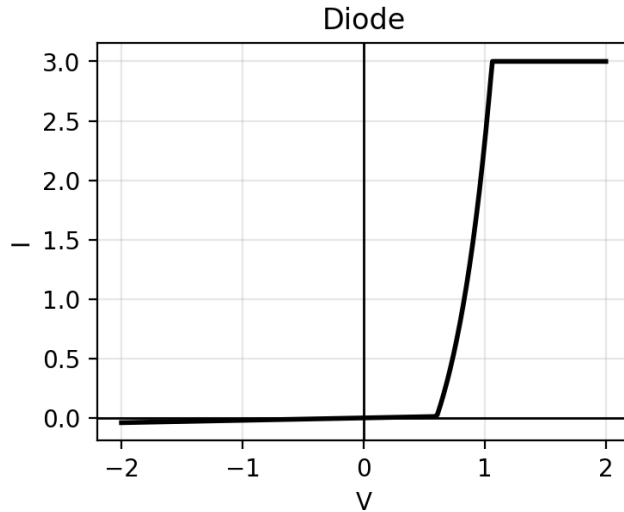


شکل ۱: نمودار $I-V$ برای مقاومت اهمی؛ رابطه مستقیم و خطی است.

در لامپ رشته ای، وقتی جریان زیاد می شود، رشته فلزی گرم تر می گردد. افزایش دما باعث افزایش مقاومت می شود؛ بنابراین نمودار آن خط مستقیم نیست. در دیود، جریان بیشتر فقط در یک جهت عبور می کند و تا رسیدن به ولتاژ آستانه، جریان بسیار کم است.



شکل ۲: نمودار I-V برای لامپ رشته‌ای؛ به دلیل گرم شدن رشته، رابطه خطی نیست.



شکل ۳: نمودار I-V برای دیود؛ دیود جریان را بیشتر در یک جهت عبور می‌دهد.

فعالیت گرافیکی

ولتاژ دو سر یک مقاومت را از 1 V تا 6 V تغییر دهید و جریان را در هر مرحله اندازه بگیرید. سپس جدول بسازید و نمودار I در برابر V رسم کنید. اگر نقاط تقریباً روی یک خط مستقیم قرار گرفتند، قطعه رفتار اهمی دارد. از شیب نمودار می‌توانید مقاومت را به دست آورید.

۱,۶ چارج الکتریکی حاصل ضرب جریان در زمان

جریان الکتریکی به معنای مقدار چارج عبوری از یک نقطه در واحد زمان است. اگر در هر ثانیه چارج بیشتری از یک نقطه عبور کند، جریان بیشتر است. بنابراین رابطه ساده و مهم میان چارج، جریان و زمان چنین است:

$$Q = It$$

- Q مقدار چارج الکتریکی بر حسب کولن (C) است.
- I جریان الکتریکی بر حسب آمپر (A) است.
- t زمان بر حسب ثانیه (s) است.

مثال: اگر جریان 2 A به مدت 30 s از یک لامپ عبور کند، مقدار چارج عبوری برابر است با:

$$Q = 2 \times 30 = 60 \text{ C}$$

این رابطه در فهم باتری‌ها نیز کمک می‌کند. ظرفیت باتری‌ها گاهی با آمپر-ساعت (Ah) نوشته می‌شود. برای تبدیل ساده، می‌دانیم که 1 Ah برابر 3600 C است؛ زیرا 1 A به مدت 1 ساعت یعنی 3600 ثانیه جریان دارد.

۲. درک تولید و کاربرد جریان الکتریکی

جریان الکتریکی زمانی به وجود می‌آید که چارجهای الکتریکی در یک مسیر بسته حرکت کنند. برای داشتن جریان پایدار، به منبع انرژی مانند باتری یا جنراتور، مسیر هادی، و مصرف‌کننده مانند لامپ، مقاومت یا موتور نیاز است. مدار باید بسته باشد؛ اگر مدار باز شود، حرکت پیوسته چارجه قطع می‌گردد.

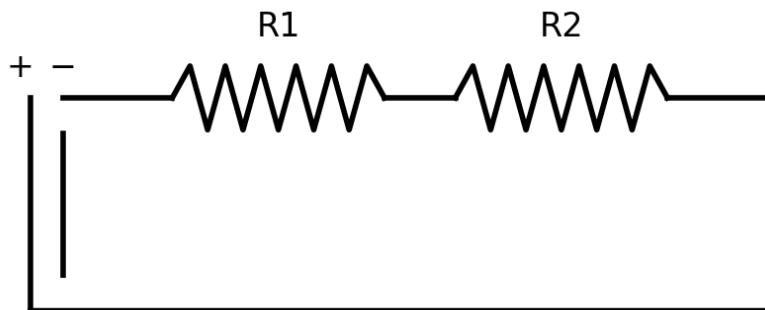
۲,۱ رسم مدارها، مقاومت‌های سری و موازی، و مقاومت معادل

در فیزیک، مدارها معمولاً با نمادهای ساده رسم می‌شوند تا فهمیدن مسیر جریان آسان گردد. باتری، مقاومت، لامپ، کلید، آمپرتر و ولت‌تر هرکدام نماد مشخص دارند. در مدارهای واقعی، قطعات می‌توانند به شکل مسلسل، موازی یا ترکیبی وصل شوند. نوع اتصال بر جریان، ولتاژ و مقاومت کل اثر مستقیم دارد.

مقاومت‌های مسلسل

در اتصال مسلسل، مقاومت‌ها پشت سر هم در یک مسیر واحد قرار می‌گیرند. جریان از همه مقاومت‌ها یکسان عبور می‌کند، زیرا فقط یک راه برای حرکت چارج‌ها وجود دارد. ولتاژ منبع بین مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. مقاومت کل در مدار مسلسل برابر مجموع مقاومت‌ها است.

$$R_{\text{total}} = R1 + R2 + R3 + \dots$$



Series circuit

شکل ۴: اتصال مسلسل؛ جریان در همه مقاومت‌ها یکسان است.

مثال: اگر $R1 = 4 \Omega$ و $R2 = 6 \Omega$ باشد، مقاومت معادل مدار مسلسل برابر است با:

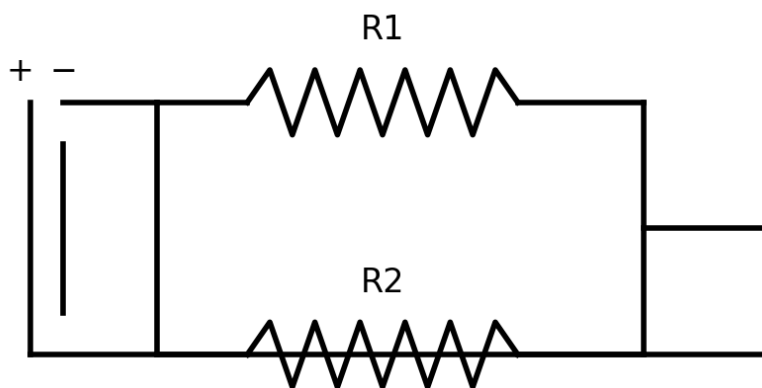
$$R_{\text{total}} = 4 + 6 = 10 \Omega$$

- اگر یک مقاومت یا لامپ در مدار مسلسل قطع شود، کل مدار باز می‌شود و جریان قطع می‌گردد.
- افزایش تعداد مقاومت‌ها در مسلسل، مقاومت کل را زیاد و جریان را کم می‌کند.
- مدار مسلسل برای تقسیم ولتاژ و برخی مدارهای محافظتی کاربرد دارد.

مقاومت‌های موازی

در اتصال موازی، هر مقاومت در یک شاخه جداگانه قرار می‌گیرد. ولتاژ دو سر همه شاخه‌ها یکسان است، اما جریان بین شاخه‌ها تقسیم می‌شود. شاخه‌ای که مقاومت کم‌تر دارد، جریان بیشتری می‌گیرد. در مدار موازی، مقاومت معادل از کوچک‌ترین مقاومت شاخه‌ها نیز کم‌تر می‌شود.

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \dots$$



Parallel circuit

شکل ۵: اتصال موازی؛ ولتاژ شاخه‌ها یکسان است و جریان تقسیم می‌شود.

مثال: اگر دو مقاومت $6\ \Omega$ و $3\ \Omega$ به صورت موازی وصل شوند:

$$1/R_{total} = 1/6 + 1/3 = 1/6 + 2/6 = 3/6 = 1/2$$

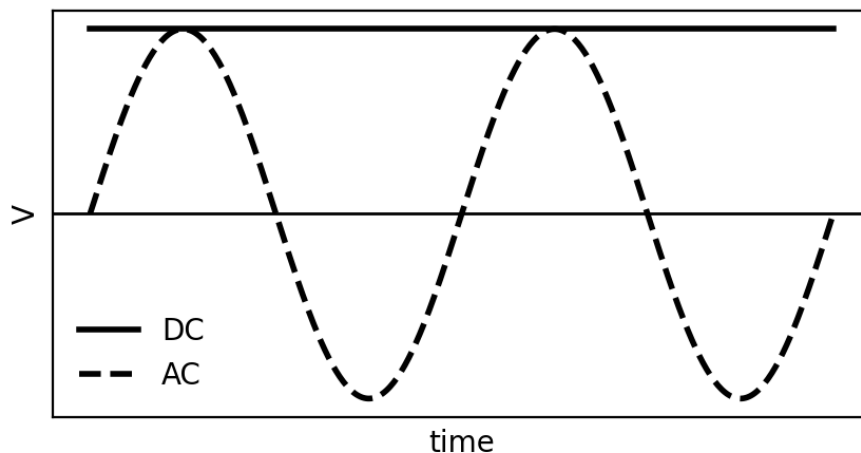
$$R_{total} = 2\ \Omega$$

ویژگی	مدار مسلسل	مدار موازی
مسیر جریان	یک مسیر	چند مسیر
جریان	در همه قطعات یکسان	بین شاخه‌ها تقسیم می‌شود
ولتاژ	بین قطعات تقسیم می‌شود	در همه شاخه‌ها یکسان است
مقاومت معادل	مجموع مقاومت‌ها	کم‌تر از کوچک‌ترین مقاومت شاخه
اگر یک قطعه قطع شود	کل مدار قطع می‌شود	شاخه‌های دیگر می‌توانند کار کنند

در خانه‌ها بیشتر وسایل به صورت موازی وصل می‌شوند، زیرا هر وسیله باید ولتاژ یکسان بگیرد و اگر یک وسیله خاموش یا خراب شود، وسایل دیگر همچنان کار کنند.

۲,۲ جریان مستقیم و جریان متناوب و کاربردهای آنها

جریان مستقیم یا DC جریانی است که جهت آن ثابت می‌ماند. باتری، سلول خورشیدی و پاوربانک معمولاً جریان مستقیم تولید می‌کنند. وسایل الکترونیکی مانند موبایل، چراغ قوه، ریموت کنترل و کامپیوترها معمولاً با DC کار می‌کنند یا داخل دستگاه، برق AC به DC تبدیل می‌شود. جریان متناوب یا AC جریانی است که جهت و مقدار آن به صورت دوره‌ای تغییر می‌کند. برق شهری و شبکه ملی معمولاً AC است. دلیل اصلی استفاده از AC در شبکه برق این است که ولتاژ آن به کمک ترانسفورمرها به آسانی بالا و پایین می‌شود. انتقال برق با ولتاژ بلند و جریان کم باعث کاهش تلفات انرژی در سیم‌ها می‌گردد.



شکل ۶: مقایسه ساده موج DC و AC.

ویژگی	DC	AC
جهت جریان	ثابت و یک طرفه	به صورت دوره‌ای تغییر می‌کند
منبع معمول	باتری، سلول خورشیدی، آداپتر DC	جنراتور نیروگاه، برق خانه
کاربردها	وسایل الکترونیکی، ذخیره انرژی، مدارهای کنترلی	انتقال برق، وسایل خانگی، موتورهای صنعتی
تبدیل ولتاژ	به مدارهای الکترونیکی خاص نیاز دارد	با ترانسفورمر آسان است

دو وسیله مهم برای تبدیل جریان وجود دارد: یکسوساز یا ریکتیفایر، AC را به DC تبدیل می‌کند؛ اینورتر، DC را به AC تبدیل می‌کند. مثلاً در سیستم سولر، پنل‌ها DC تولید می‌کنند، اما برای استفاده در وسایل خانگی ممکن است اینورتر لازم باشد.

۲,۳ ایمنی برق و روش‌های عملی حفاظت

برق یکی از مفیدترین شکل‌های انرژی است، اما اگر بدون احتیاط استفاده شود می‌تواند باعث برق‌گرفتگی، سوختگی، آتش‌سوزی و آسیب جدی شود. خطر برق به مقدار جریان عبوری از بدن، مسیر عبور جریان، مدت تماس و وضعیت بدن بستگی دارد. دست خیس، پاهای بدون کفش، سیم لخت و محیط مرطوب خطر را زیاد می‌کند، زیرا مقاومت بدن کاهش می‌یابد.

وسایل حفاظتی مهم

وسیله حفاظتی	وظیفه	مثال کاربرد
فیوز	در جریان بیش از حد ذوب می‌شود و مدار را قطع می‌کند.	محافظت از سیم و وسیله در برابر داغ شدن
کلید مینیاتوری (MCB)	در جریان زیاد به صورت خودکار مدار را قطع می‌کند و دوچارجه قابل وصل است.	تابلو برق خانه و مکتب
کلید محافظ جان (RCD/RCCB)	اختلاف جریان رفت و برگشت را تشخیص می‌دهد و در نشستی برق مدار را قطع می‌کند.	حمام، آشپزخانه، آزمایشگاه
اتصال زمین	جریان خطرناک را از بدنه فلزی وسیله به زمین منتقل می‌کند.	ماشین لباسشویی، یخچال، تجهیزات صنعتی
عایق کاری	تماس مستقیم با قسمت‌های برق‌دار را جلوگیری می‌کند.	پوشش پلاستیکی سیم‌ها و ابزارها

- هیچ‌گاه با دست خیس به کلید، پریز یا وسیلهٔ برقی دست نزنید.
- از سیم لخت، پریز شکسته و دوشاخهٔ آسیب‌دیده استفاده نکنید.
- پیش از تعمیر یا پاک‌کاری وسیلهٔ برقی، منبع برق را قطع کنید.
- چند وسیلهٔ پرمصرف را هم‌زمان به یک سه‌راهی ضعیف وصل نکنید.
- در آزمایشگاه، مدار را ابتدا با ولتاژ پایین بررسی کنید و سپس منبع را روشن نمایید.
- در صورت برق‌گرفتگی، مستقیم به بدن فرد دست نزنید؛ اول برق را قطع کنید یا با وسیلهٔ عایق او را از منبع جدا سازید و کمک بخواهید.

۲,۴ تبدیل، ذخیره و استفاده از برق در صنایع

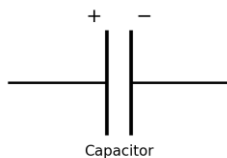
برق در صنایع به شکل‌های گوناگون تبدیل و استفاده می‌شود. در نیروگاه‌ها، انرژی مکانیکی توربین‌ها توسط جنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. این انرژی از طریق شبکهٔ برق به خانه‌ها، مکتب‌ها، شفاخانه‌ها و کارخانه‌ها می‌رسد. در محل مصرف، انرژی الکتریکی می‌تواند به نور، گرما، حرکت، صدا، انرژی کیمیاوی یا اطلاعات تبدیل شود.

تبدیل انرژی	وسیله یا صنعت	توضیح
برق به حرکت	موتور برقی، پمپ آب، فن، ماشین صنعتی	میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط جریان باعث چرخش موتور می‌شود.
برق به گرما	هیتر، اتو، کورهٔ برقی، جوشکاری	جریان از مقاومت عبور می‌کند و گرما تولید می‌شود.
برق به نور	چراغ LED و لامپ‌ها	انرژی الکتریکی در LED با مصرف کم به نور تبدیل می‌شود.
برق به انرژی کیمیاوی	شارژ باتری، الکترولیز	انرژی در واکنش‌های کیمیاوی ذخیره می‌شود.
برق به اطلاعات	کمپیوتر، مخابرات، حسگرها	سیگنال‌های الکتریکی داده‌ها را پردازش و منتقل می‌کنند.
برق در طب	MRI، ECG، تجهیزات لابراتوار	برای تصویرگیری، تشخیص، اندازه‌گیری و درمان استفاده می‌شود.

ذخیرهٔ برق یکی از چالش‌های مهم دنیای جدید است. باتری‌ها برق را به شکل انرژی کیمیاوی ذخیره می‌کنند و هنگام نیاز آن را دوچارجه به برق تبدیل می‌سازند. خازن‌ها مقدار کم‌تری انرژی را بسیار سریع ذخیره و تخلیه می‌کنند. در شبکه‌های بزرگ، از روش‌هایی مانند ذخیرهٔ پمپی آب، باتری‌های بزرگ، و مدیریت مصرف برای تعادل تولید و مصرف استفاده می‌شود.

۲,۵ هدف و عملکرد بنیادی خازن‌ها در مدارهای الکتریکی

خازن یا Capacitor قطعه‌ای است که انرژی الکتریکی را به صورت موقت در میدان الکتریکی ذخیره می‌کند. خازن معمولاً از دو صفحهٔ هادی ساخته می‌شود که میان آن‌ها یک مادهٔ عایق به نام دی‌الکتریک قرار دارد. وقتی به خازن ولتاژ وصل شود، یک صفحهٔ چارج مثبت و صفحهٔ دیگر چارج منفی می‌گیرد. پس از قطع منبع، خازن می‌تواند برای مدت کوتاه انرژی ذخیره شده را به مدار برگرداند.



شکل ۷: ساختار سادهٔ خازن؛ دو صفحهٔ هادی و عایق میان آن‌ها.

$$C = \frac{Q}{V}$$

- ظرفیت خازن است و واحد آن فاراد (F) می‌باشد.

- Q چارج ذخیره شده بر حسب کولن است.
- V ولتاژ دو سر خازن است.

هرچه ظرفیت خازن بیشتر باشد، در ولتاژ یکسان چارج بیشتری ذخیره می‌کند. ظرفیت به مساحت صفحات، فاصله میان صفحات و نوع دی‌الکتریک بستگی دارد. صفحات بزرگتر ظرفیت را افزایش می‌دهند؛ فاصله بیشتر میان صفحات ظرفیت را کاهش می‌دهد.

$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

این رابطه انرژی ذخیره شده در خازن را نشان می‌دهد. خازن‌ها در مدارهای واقعی برای فیلتر کردن نوسانات ولتاژ، صاف کردن خروجی منبع تغذیه، راه‌اندازی برخی موتورهای AC، زمان‌سنجی در مدارها، فلش دوربین و مدارهای صوتی استفاده می‌شوند.

اتصال خازن‌ها

نوع اتصال	رابطه ظرفیت معادل	ویژگی مهم
مسلسل	معکوس ظرفیت کل برابر جمع معکوس ظرفیت‌ها است.	ظرفیت کل کاهش می‌یابد؛ تحمل ولتاژ بیشتر می‌شود.
موازی	ظرفیت کل برابر جمع ظرفیت‌ها است.	ظرفیت کل افزایش می‌یابد؛ ولتاژ دو سر همه خازن‌ها یکسان است.

$$\text{Series: } \frac{1}{C_{\text{total}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

$$\text{Parallel: } C_{\text{total}} = C_1 + C_2 + \dots$$

مثال: اگر دو خازن 4 μF و 6 μF به صورت موازی وصل شوند، ظرفیت معادل 10 μF می‌شود. اگر همین دو خازن به صورت مسلسل وصل شوند، ظرفیت معادل کم‌تر از 4 μF خواهد شد.

۳. بررسی رابطه برق و مقناطیس

برق و مقناطیس دو پدیده جدا از هم نیستند؛ بلکه ارتباط عمیق دارند. جریان الکتریکی می‌تواند میدان مقناطیسی تولید کند، و تغییر میدان مقناطیسی می‌تواند جریان الکتریکی القا نماید. این رابطه اساس موتورهای برق، جنراتورها، ترانسفورمرها، بلندگوها، وسایل مخابراتی و دستگاه‌های مهم طبی مانند MRI است.

۳,۱ مقناطیس‌های دائمی و القایی، میدان‌های آن‌ها و میدان مقناطیسی زمین

مقناطیس جسمی است که می‌تواند برخی مواد مانند آهن، نیکل و کبالت را جذب کند. هر مقناطیس دو قطب دارد: قطب شمال و قطب جنوب. قطب‌های همنام یکدیگر را دفع می‌کنند و قطب‌های ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند. اگر یک مقناطیس را به دو قسمت تقسیم کنیم، هر قسمت باز هم یک قطب شمال و یک قطب جنوب خواهد داشت؛ یعنی قطب مقناطیسی تنها به صورت جداگانه وجود ندارد. میدان مقناطیسی ناحیه‌ای در اطراف مقناطیس است که در آن نیروهای مقناطیسی اثر می‌کنند. خطوط میدان از قطب شمال بیرون می‌شوند و به قطب جنوب داخل می‌گردند. هرچا خطوط به هم نزدیک‌تر باشند، میدان قوی‌تر است. میدان در دو سر مقناطیس معمولاً قوی‌تر از قسمت‌های میانی است.

نوع مقناطیس	توضیح	مثال
مقناطیس دائمی	خاصیت مقناطیسی خود را برای مدت طولانی حفظ می‌کند.	آهن‌ربای یخچال، قطب‌نما، مقناطیس بلندگو

مقناطیس القایی	وقتی در میدان مقناطیسی قرار گیرد، موقتاً خاصیت مقناطیسی پیدا می‌کند.	میخ آهنی نزدیک مقناطیس که می‌تواند میخ‌های کوچک را جذب کند
الکترومقناطیس	با عبور جریان از سیم‌پیچ تولید می‌شود و با قطع جریان از بین می‌رود.	جرثقیل برقی، زنگ برقی، رله

زمین نیز مانند یک مقناطیس بزرگ رفتار می‌کند. میدان مقناطیسی زمین باعث می‌شود عقربه قطب‌نما در جهت تقریباً شمال-جنوب قرار گیرد. این میدان برای جهت‌یابی، مهاجرت برخی حیوانات و محافظت زمین در برابر برخی ذرات چارجدار خورشیدی اهمیت دارد. البته شمال جغرافیایی و شمال مقناطیسی دقیقاً یک نقطه نیستند و کمی اختلاف دارند.

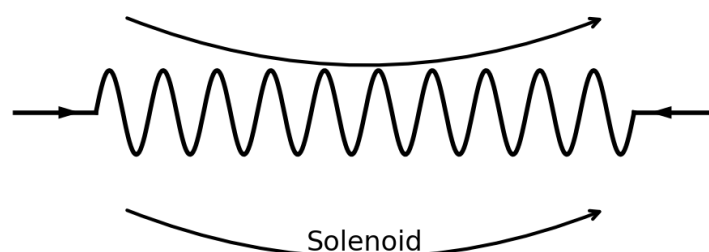
فعالیت ساده با قطب‌نما

یک قطب‌نما را نزدیک یک مقناطیس میله‌ای ببرید و جهت عقربه را در نقاط مختلف یادداشت کنید. با اتصال جهت‌ها می‌توانید شکل تقریبی خطوط میدان مقناطیسی را رسم کنید. سپس مشاهده کنید که میدان در نزدیکی قطب‌ها قوی‌تر است، زیرا عقربه سریع‌تر و واضح‌تر منحرف می‌شود.

۳,۲ اثر مقناطیسی جریان و نقش سولنوید در تقویت میدان

وقتی جریان الکتریکی از یک سیم عبور می‌کند، در اطراف سیم میدان مقناطیسی ایجاد می‌شود. این کشف یکی از پایه‌های الکترومقناطیس است. اگر قطب‌نما را نزدیک سیم حامل جریان قرار دهیم، عقربه منحرف می‌شود؛ این نشان می‌دهد جریان، میدان مقناطیسی تولید کرده است. جهت میدان را می‌توان با قاعده دست راست پیدا کرد: انگشت شست جهت جریان را نشان می‌دهد و خم شدن چهار انگشت جهت میدان را نشان می‌دهد.

سولنوید سیم‌پیچی است که از پیچیدن سیم هادی به صورت حلقه‌های منظم ساخته می‌شود. وقتی جریان از سولنوید عبور کند، میدان‌های کوچک هر حلقه با هم جمع می‌شوند و میدان قوی‌تری به وجود می‌آورند. میدان داخل سولنوید تقریباً یکنواخت و شبیه میدان داخل یک مقناطیس میله‌ای است. اگر داخل سولنوید هسته آهنی نرم قرار دهیم، میدان بسیار قوی‌تر می‌شود و الکترومقناطیس ساخته می‌شود.



شکل ۸: سولنوید؛ عبور جریان از سیم‌پیچ میدان مقناطیسی را تقویت می‌کند.

عوامل مؤثر بر قدرت الکترومقناطیس

- افزایش جریان عبوری از سیم‌پیچ، میدان را قوی‌تر می‌کند.
- افزایش تعداد دورهای سیم‌پیچ، میدان را افزایش می‌دهد.
- استفاده از هسته آهنی نرم، میدان را بسیار تقویت می‌کند.
- کاهش فاصله میان حلقه‌ها و منظم بودن سیم‌پیچ، میدان داخل سولنوید را بهتر می‌سازد.

الکترومقناطیس نسبت به مقناطیس دائمی یک مزیت مهم دارد: می‌توان آن را روشن و خاموش کرد و حتی قدرت آن را با تغییر جریان تنظیم نمود. به همین دلیل در جرثقیل‌های حمل آهن، زنگ برقی، رله‌ها، قفل‌های برقی، اسپیکرها و برخی وسایل طبی کاربرد دارد.

۳,۳ کاربرد الکترومقناطیس در تکنالوژی‌ها

الکترومقناطیس در بسیاری از تکنالوژی‌های مدرن نقش مرکزی دارد. در موتور برقی، جریان در سیم‌پیچ میدان مقناطیسی ایجاد می‌کند و این میدان با میدان یک مقناطیس دیگر برهم‌کنش می‌کند. نتیجه این برهم‌کنش، نیرو و چرخش است. در جنراتور، روند برعکس رخ می‌دهد: حرکت مکانیکی در میدان مقناطیسی باعث القای ولتاژ و تولید جریان می‌شود.

تکنالوژی	اصل فیزیکی	کاربرد عملی
موتور برقی	سیم حامل جریان در میدان مقناطیسی نیرو می‌گیرد.	فن، پمپ، ماشین لباسشویی، وسایل صنعتی
جنراتور	تغییر شار مقناطیسی ولتاژ القا می‌کند.	تولید برق در نیروگاه آبی، بادی و حرارتی
بلندگو	جریان صوتی در سیم‌پیچ، میدان متغیر ایجاد می‌کند و پرده بلندگو را حرکت می‌دهد.	رادیو، موبایل، سیستم صوتی
رله و کلید برقی	الکترومقناطیس با جریان کوچک، مدار بزرگ‌تر را قطع و وصل می‌کند.	سیستم کنترل، موتور، تابلوهای صنعتی
ارتباطات	آنتن‌ها با جریان متناوب موج الکترومقناطیسی تولید و دریافت می‌کنند.	رادیو، تلویزیون، وای‌فای، موبایل
دستگاه MRI	میدان مقناطیسی قوی و موج رادیویی برای تصویرگیری از بدن استفاده می‌شود.	تشخیص طبی در شفاخانه‌ها

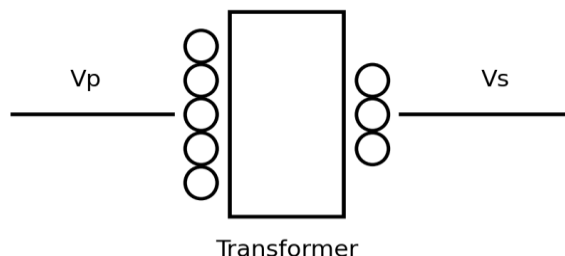
در مخابرات، آنتن‌ها با جریان متناوب سریع، امواج الکترومقناطیسی تولید می‌کنند. این امواج می‌توانند در فضا حرکت کنند و اطلاعات صوتی، تصویری یا دیجیتلی را منتقل سازند. در طب، دستگاه MRI از میدان مقناطیسی بسیار قوی و امواج رادیویی استفاده می‌کند تا تصاویر دقیق از داخل بدن بسازد، بدون آن‌که مانند اشعه X از تابش یون‌ساز استفاده کند.

نکته مقایسوی

موتور و جنراتور دو چهره یک اصل فیزیکی‌اند. در موتور، انرژی الکتریکی به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود؛ در جنراتور، انرژی حرکتی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد. هر دو بر رابطه جریان، میدان مقناطیسی و نیرو یا القا تکیه دارند.

۳,۴ نقش ترانسفورمرها در شبکه ملی برق و دلیل استفاده از آن‌ها

ترانسفورمر وسیله‌ای است که ولتاژ AC را افزایش یا کاهش می‌دهد. ترانسفورمر از دو سیم‌پیچ به نام اولیه و ثانویه و یک هسته آهنی ساخته می‌شود. وقتی جریان متناوب از سیم‌پیچ اولیه عبور می‌کند، میدان مقناطیسی متغیر در هسته ایجاد می‌شود. این میدان متغیر در سیم‌پیچ ثانویه ولتاژ القا می‌کند. این پدیده القای الکترومقناطیسی نام دارد.



شکل ۹: ساختار ساده ترانسفورمر؛ سیم‌پیچ اولیه، هسته و سیم‌پیچ ثانویه.

$$V_s / V_p = N_s / N_p$$

- V_p ولتاژ سیم‌پیچ اولیه و V_s ولتاژ سیم‌پیچ ثانویه است.
 - N_p تعداد دورهای سیم‌پیچ اولیه و N_s تعداد دورهای سیم‌پیچ ثانویه است.
 - اگر N_s از N_p بیشتر باشد، ترانسفورمر افزایش‌دهنده است و ولتاژ را بالا می‌برد.
 - اگر N_s از N_p کمتر باشد، ترانسفورمر کاهش‌دهنده است و ولتاژ را پایین می‌آورد.
- در شبکه ملی برق، برق تولید شده در نیروگاه‌ها معمولاً برای انتقال به فاصله‌های طولانی به ولتاژ بسیار بلند تبدیل می‌شود. دلیل آن کاهش تلفات انرژی است. توان الکتریکی تقریباً از رابطه $P = VI$ به دست می‌آید. برای انتقال توان مشخص، اگر ولتاژ زیاد شود، جریان کم می‌شود. چون تلفات گرمایی سیم‌ها برابر I^2R است، کاهش جریان باعث کاهش زیاد تلفات می‌گردد.

$$P_{\text{loss}} = I^2R$$

پس از رسیدن برق به نزدیک شهرها و خانه‌ها، ترانسفورمرهای کاهش‌دهنده ولتاژ را پایین می‌آورند تا استفاده از آن ایمن‌تر و مناسب وسایل خانگی گردد. به همین دلیل ترانسفورمرها نقش کلیدی در انتقال مؤثر، اقتصادی و ایمن برق دارند.

مثال محاسباتی ترانسفورمر

یک ترانسفورمر دارای 200 دور در سیم‌پیچ اولیه و 1000 دور در سیم‌پیچ ثانویه است. اگر ولتاژ اولیه 12 V باشد، ولتاژ ثانویه چقدر است:

$$V_s / 12 = 1000 / 200 = 5$$

$$V_s = 60 \text{ V}$$

چون تعداد دورهای ثانویه بیشتر است، این ترانسفورمر افزایش‌دهنده می‌باشد.

واژه‌های مهم فصل

واژه	معنا به زبان ساده
چارج الکتریکی	ویژگی ذراتی مانند پروتون و الکترون که باعث جاذبه یا دافعه الکتریکی می‌شود.
الکترواستاتیک	مطالعه چارجهای الکتریکی ساکن و اثرهای آنها.
میدان الکتریکی	ناحیه‌ای اطراف چارج که در آن چارجهای دیگر نیرو احساس می‌کنند.
هادی	ماده‌ای که جریان برق را به آسانی عبور می‌دهد.
عایق	ماده‌ای که جریان برق را عبور نمی‌دهد یا بسیار کم عبور می‌دهد.
نیمه‌هادی	ماده‌ای با هادیایی قابل کنترل، مانند سیلیکون.
مقاومت	مخالفت یک قطعه با عبور جریان.
ولتاژ	اختلاف پتانسیل که باعث حرکت چارجه در مدار می‌شود.
جریان	مقدار چارج عبوری از یک نقطه در هر ثانیه.
خازن	قطعه‌ای برای ذخیره موقت چارج و انرژی الکتریکی.
سولنوید	سیم‌پیچ منظم که با عبور جریان میدان مقناطیسی قوی تولید می‌کند.
ترانسفورمر	وسیله‌ای برای بالا یا پایین کردن ولتاژ AC.

تمرین‌ها و پرسش‌های پایانی

1. چرا بادکنک پس از مالش با مو می‌تواند تکه‌های کوچک کاغذ را جذب کند؟
2. تفاوت چارج کردن به طریقهٔ تماس و القا را با مثال توضیح دهید.
3. اگر فاصلهٔ دو چارج الکتریکی دو برابر شود، نیروی بین آن‌ها چگونه تغییر می‌کند؟
4. جهت خطوط میدان الکتریکی در اطراف چارج مثبت و چارج منفی چگونه است؟
5. سه تفاوت هادی، عایق و نیمه‌هادی را در جدول بنویسید.
6. اگر ولتاژ دو سر یک مقاومت 9 V و جریان 0.5 A باشد، مقاومت را محاسبه کنید.
7. چرا خانه‌ها معمولاً به صورت مدار موازی سیم‌کشی می‌شوند؟
8. جریان مستقیم و متناوب را با دو مثال کاربردی مقایسه کنید.
9. سه روش مهم برای ایمنی برق در خانه یا مکتب را بنویسید.
10. چرا ترانسفورمرهای افزایشنده در شروع انتقال برق استفاده می‌شوند؟

فعالیت جمع‌بندی

یک نقشهٔ ساده از مسیر تولید تا مصرف برق رسم کنید: نیروگاه، ترانسفورمر افزایشنده، خطوط انتقال، ترانسفورمر کاهشنده، خانه یا مکتب. در کنار هر بخش بنویسید که چه تبدیلی رخ می‌دهد و چرا آن بخش مهم است. سپس در چند جمله توضیح دهید که اگر ترانسفورمرها وجود نمی‌داشتند، انتقال برق با چه مشکلاتی روبه‌رو می‌شد.

خلاصهٔ فصل

چارج‌های الکتریکی می‌توانند از راه مالش، تماس و القا تولید یا منتقل شوند. چارج‌های همنام دفع و چارج‌های ناهمنام جذب می‌کنند. میدان الکتریکی نشان می‌دهد که چارج‌ها چگونه بدون تماس مستقیم بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. مواد از نظر هادی به هادی، عایق و نیمه‌هادی تقسیم می‌شوند. قانون اهم رابطهٔ ولتاژ، جریان و مقاومت را بیان می‌کند و برای اندازه‌گیری مقاومت به کار می‌رود. جریان و زمان با هم مقدار چارج عبوری را تعیین می‌کنند. در مدارهای مسلسل و موازی، جریان و ولتاژ رفتار متفاوت دارند. جریان مستقیم و متناوب کاربردهای متفاوت دارند و ایمنی برق در همه محیط‌ها ضروری است. خازن‌ها چارج و انرژی را به صورت موقت ذخیره می‌کنند. در بخش مقناطیس، جریان می‌تواند میدان مقناطیسی بسازد و تغییر میدان مقناطیسی می‌تواند ولتاژ القا کند. همین رابطه پایهٔ موتور، جنراتور، ارتباطات، وسایل طبی و ترانسفورمرهای شبکه برق است.

منابع

Books and textbooks

- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2017). Fundamentals of electric circuits (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Griffiths, D. J. (2017). Introduction to electrodynamics (4th ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108333511>
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2021). Fundamentals of physics (12th ed.). Wiley.
- Hughes, E., Hiley, J., Brown, K., & McKenzie-Smith, I. (2016). Hughes electrical and electronic technology (12th ed.). Pearson Education.
- Ling, S. J., Moebs, W., & Sanny, J. (2016). University physics volume 2. OpenStax. <https://openstax.org/details/books/university-physics-volume-2>
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2019). Physics for scientists and engineers (10th ed.). Cengage Learning.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2020). University physics with modern physics (15th ed.). Pearson.

Journal articles

- Finkelstein, N. D. (2005). Learning physics in context: A study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1187–1209. <https://doi.org/10.1080/09500690500069491>
- Maloney, D. P., O’Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), S12–S23. <https://doi.org/10.1119/1.1371296>
- Maries, A., Brundage, M. J., & Singh, C. (2022). Using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism to investigate progression in student understanding from introductory to advanced levels. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2), 020114. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020114>
- Mbonyiriyivuze, A., Yadav, L. L., & Amadalo, M. M. (2022). Physics students’ conceptual understanding of electricity and magnetism in nine years basic education in Rwanda. *European Journal of Educational Research*, 11(1), 83–102. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.1.83>

Curriculum and open educational resources

- AQA. (2015, September 21). Electricity: GCSE Physics (8463). <https://www.aqa.org.uk/subjects/physics/gcse/physics-8463/specification/subject-content/electricity>
- AQA. (2015, September 21). Magnetism and electromagnetism: GCSE Physics (8463). <https://www.aqa.org.uk/subjects/physics/gcse/physics-8463/specification/subject-content/magnetism-and-electromagnetism>