

تمرین ۱-۱

جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان $4/0\text{ s}$ فاصله بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می کنند.

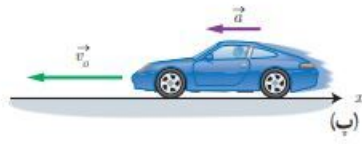
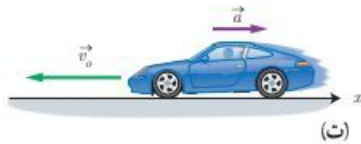
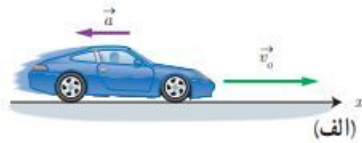
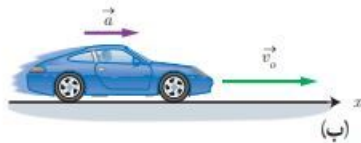
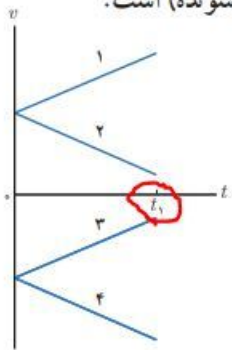
مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه جایی	سرعت متوسط	جهت حرکت
متحرک A	$(-2/0\text{ m}) \vec{i}$	$(6/4\text{ m}) \vec{i}$		
متحرک B	$(-2/5\text{ m}) \vec{i}$	$(-5/6\text{ m}) \vec{i}$		
متحرک C	$(2/0\text{ m}) \vec{i}$	$(8/6\text{ m}) \vec{i}$		
متحرک D	$(-1/4\text{ m}) \vec{i}$		$(2/4\text{ m/s}) \vec{i}$	

تمرین ۱-۱

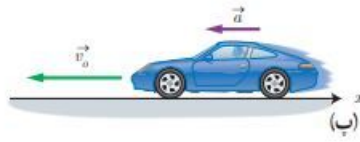
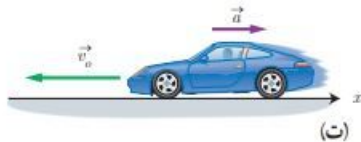
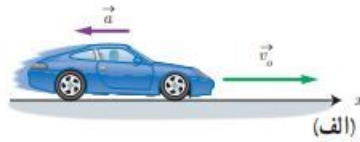
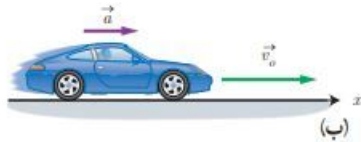
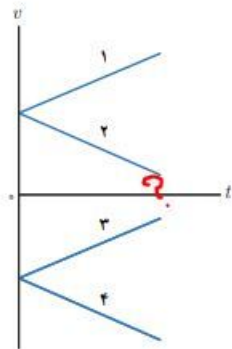
جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان $4/0\text{ s}$ فاصله بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می کنند.

مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه جایی	سرعت متوسط
متحرک A	$(-2/0\text{ m})\vec{i}$	$(6/4\text{ m})\vec{i}$	
متحرک B		$(-2/5\text{ m})\vec{i}$	$(-5/6\text{ m})\vec{i}$
متحرک C	$(2/0\text{ m})\vec{i}$	$(8/6\text{ m})\vec{i}$	
متحرک D	$(-1/4\text{ m})\vec{i}$		$(2/4\text{ m/s})\vec{i}$

در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت‌اند. حرکت هر یک از خودروها، توسط کدام یک از نمودارهای $v-t$ در محدوده زمانی نشان داده شده روی نمودارها، توصیف می‌شود؟ همچنین توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است.



در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت‌اند. حرکت هر یک از خودروها، توسط کدام یک از نمودارهای $v-t$ توصیف می‌شود؟ همچنین توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است.



زمان حرکت به دست آورید.

پ) معادله حرکت متحرک را در هر یک از بازه‌های زمانی

$0/0s$ تا $4/0s$ و $4/0s$ تا $8/0s$ بنویسید.

ج) نمودار سرعت – زمان متحرک را رسم کنید.

الف) مکان متحرک را در $t = 0s$ و $t = 2s$ به دست آورید.

ب) سرعت متوسط جسم را در بازه زمانی صفر تا ۲ ثانیه پیدا کنید.

۱۳. نمودار سرعت – زمان متحرکی در شکل زیر نشان داده شده

است. تعیین کنید در کدام بازه‌های زمانی بردار شتاب در جهت

محور x و در کدام بازه‌های زمانی در خلاف جهت محور x است.

الف) مکان متحرک را در $t = 0\text{ s}$ و $t = 2\text{ s}$ به دست آورید.

ب) سرعت متوسط جسم را در بازه زمانی صفر تا ۲ ثانیه پیدا کنید.

۱۳. نمودار سرعت – زمان متحرکی در شکل زیر نشان داده شده

است. تعیین کنید در کدام بازه‌های زمانی بردار شتاب در جهت

محور x و در کدام بازه‌های زمانی در خلاف جهت محور x است.

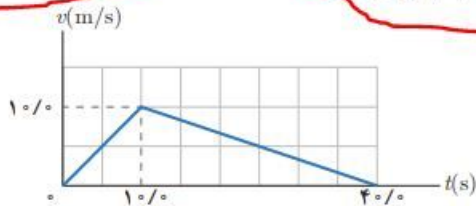
پ) معادله حرکت متحرک را در هر یک از بازه‌های زمانی

0 s تا 2 s ، 2 s تا 4 s ، و 4 s تا 10 s بنویسید.

ت) نمودار سرعت – زمان متحرک را رسم کنید.

۱-۳ حرکت با شتاب ثابت

۱۸. نمودار $v-t$ متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی $0/s$ تا $5/s$ چند برابر سرعت متوسط آن در بازه زمانی $25/s$ تا $40/s$ است؟

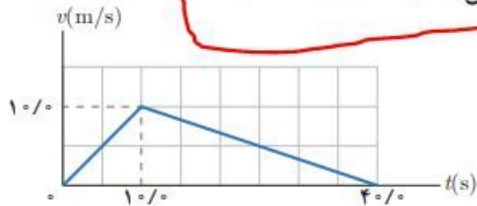


الف) جابه جایی و مسافت پیموده شده توسط متحرک در کل زمان حرکت چقدر است؟
 ب) سرعت متوسط متحرک را در هر یک از بازه های زمانی $0/s$ تا $4/s$ ، $4/s$ تا $8/s$ ، $8/s$ تا $10/s$ و همچنین در کل زمان حرکت به دست آورید.

پ) معادله حرکت متحرک را در هر یک از بازه های زمانی $0/s$ تا $4/s$ ، $4/s$ تا $8/s$ ، و $8/s$ تا $10/s$ بنویسید.
 ت) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

۱-۳ حرکت با شتاب ثابت

۱. نمودار $v-t$ متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است. اندازه سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی $0/s$ تا $5/s$ چند برابر اندازه سرعت متوسط آن در بازه زمانی $25/s$ تا $40/s$ است؟



الف) جابه جایی و مسافت پیموده شده توسط متحرک در کل زمان حرکت چقدر است؟

ب) سرعت متوسط متحرک را در هر یک از بازه های زمانی $0/s$ تا $4/s$ ، $4/s$ تا $8/s$ ، $8/s$ تا $10/s$ و همچنین در کل زمان حرکت به دست آورید.

پ) معادله حرکت متحرک را در هر یک از بازه های زمانی $0/s$ تا $4/s$ و $4/s$ تا $8/s$ بنویسید.

ت) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

در تمام فعالیت‌های روزانه با نیرو سروکار داریم. راه رفتن، باز و بسته کردن در و پنجره، نوشتن، کار با گوشی همراه، شنا کردن و دوچرخه‌سواری نمونه‌هایی از این دست هستند و همچنین حرکت قطار، هواپیما، خودرو و... بدون اعمال نیرو انجام نمی‌شوند.

در فصل اول با کمیت‌های مکان، تندی، سرعت و شتاب آشنا شدیم و حرکت یک جسم را به

کمک آنها توصیف کردیم اما از اینکه تحت چه شرایطی مثلاً حرکت جسم با سرعت ثابت است یا در چه شرایطی جسم دارای حرکت با شتاب ثابت روی خط راست است یا در چه شرایطی جسم ساکن می‌ماند و... بحث نکردیم.



در تمام فعالیت‌های روزانه با نیرو سروکار داریم. راه رفتن، باز و بسته کردن در و پنجره، نوشتن، کار با گوشی همراه، شنا کردن و دوچرخه‌سواری نمونه‌هایی از این دست هستند و همچنین حرکت قطار، هواپیما، خودرو و... بدون اعمال نیرو انجام نمی‌شوند.

در فصل اول با کمیت‌های مکان، تندی، سرعت و شتاب آشنا شدیم و حرکت یک جسم را به

کمک آنها توصیف کردیم اما از علت انواع حرکت، پرسشی مطرح نشد، مثلاً در چه صورت حرکت جسم با سرعت ثابت است؟ در چه صورت جسم دارای حرکت با شتاب ثابت روی خط راست است؟ در چه صورت جسم ساکن می‌ماند؟ و...





شکل ۲-۱۰

اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، و زبری و نرمی آنها و... بستگی دارد؛ مثلاً اصطکاک بین کفش و سطح زمین به جنس زیره کفش و سطحی که روی آن حرکت می‌کنیم بستگی دارد.

نیروی اصطکاک بین دو جسم به علت ناهمواری‌های محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود (شکل ۲-۱۰). حتی سطوحی که بسیار هموار به نظر می‌آیند، ناهمواری‌های میکروسکوپی بسیاری دارند که سبب اصطکاک می‌شوند.

نیروی اصطکاک عمدتاً به عنوان نیروی اتلافی شناخته می‌شود، با وجود این در زندگی روزمره لازم است. نگاه داشتن یک قلم در دست، نوشتن، راندن خودرو، قدم زدن و دویدن، ترمز کردن و... بدون اصطکاک ممکن نیست. بدون اصطکاک حتی ایستادن ناممکن است، زیرا کمترین جابه‌جایی سبب لغزیدن و افتادن می‌شود.



شکل ۲-۱۰

نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، و زبری و نرمی آنها و... بستگی دارد؛ مثلاً اصطکاک بین کفش و سطح زمین به جنس زیره کفش و سطحی که روی آن حرکت می‌کنیم بستگی دارد. نیروی اصطکاک بین دو جسم به علت ناهمواری‌های محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود (شکل ۲-۱۰). حتی سطوحی که بسیار هموار به نظر می‌آیند، ناهمواری‌های میکروسکوپی بسیاری دارند که سبب اصطکاک می‌شوند.

نیروی اصطکاک عمدتاً به عنوان نیروی اتلافی شناخته می‌شود، با وجود این در زندگی روزمره لازم است. نگه داشتن یک قلم در دست، نوشتن، راندن خودرو، قدم زدن و دویدن، ترمز کردن و... بدون اصطکاک ممکن نیست. بدون اصطکاک حتی ایستادن ناممکن است، زیرا کمترین جابه‌جایی سبب لغزیدن و افتادن می‌شود.

جسمی متصل به یک فنر با بسامد 20 Hz و دامنه 3 cm به طور هماهنگ ساده در امتداد قائم نوسان می کند. این جسم در لحظه $t = 0\text{ s}$ از مکان $+A$ رها شده است. مکان نوسانگر در $t = 10/66\text{ s}$ را بیابید.

پاسخ: با استفاده از رابطه $x = A \cos \omega t$ ، مکان نوسانگر جرم - فنر را محاسبه می کنیم:

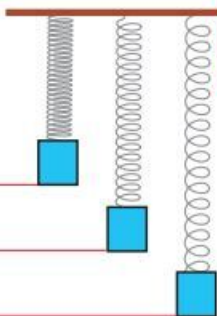
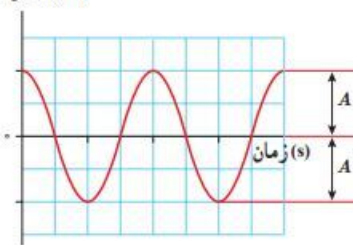
که در آن:

$$A = 0.03\text{ m}, \omega = 2\pi f = 2\pi (20\text{ s}^{-1}) = 40\pi\text{ rad/s}, t = 10/66\text{ s}$$

در نتیجه، در یکای SI داریم:

$$x = (0.03\text{ m}) \cos (40\pi\text{ rad/s} \times 10/66\text{ s}) = 0.02\text{ m}$$

مکان (cm)



جرمی متصل به یک فنر با بسامد 2.0 Hz و دامنه 3.0 cm به طور هماهنگ ساده در امتداد قائم نوسان می کند. پس از گذشت $10/66 \text{ s}$ از رها شدن جرم از بالای نقطه تعادل، جابه جایی این جرم نسبت به نقطه تعادل چقدر است؟

پاسخ: با استفاده از رابطه $x = A \cos \omega t$ جابه جایی نسبت به نقطه تعادل جرم - فنر را محاسبه می کنیم:

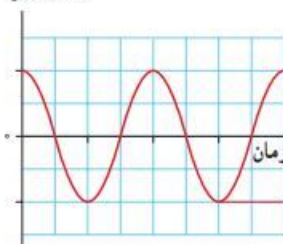
که در آن:

$$A = 0.030 \text{ m}, \omega = 2\pi f = 2\pi (2.0 \text{ s}^{-1}) = 4.0\pi \text{ rad/s}, t = 10/66 \text{ s}$$

در نتیجه، در یکای SI داریم:

$$x = (0.030 \text{ m}) \cos (4.0\pi \text{ rad/s} \times 10/66 \text{ s}) = 0.020 \text{ m}$$

مکان (cm)



زمان (s)

A

A

در تمام مثال‌هایی که تا اینجا بررسی کردیم، نوسانگر (مثلاً جرم - فنر یا آونگ ساده) با انحراف از وضع تعادل با بسامدی معین شروع به نوسان می‌کرد. به بسامد این نوسان‌ها **بسامد طبیعی** گفته می‌شود. مطابق این تعریف، بسامد طبیعی سامانه جرم - فنر $f_n = \sqrt{k/m}/2\pi$ و بسامد طبیعی آونگ ساده $f_n = \sqrt{g/L}/2\pi$ است. اما این نوسانگرها می‌توانند با اعمال یک نیروی خارجی نیز، با بسامد f_s یا با بسامدهای دیگری به نوسان درآیند. به چنین نوسانی، **نوسان واداشته** گفته می‌شود و بسامد این نوسان را با f_d نمایش می‌دهند. مثالی از یک نوسان واداشته، تاب خوردن کودکی است که به‌طور دوره‌ای هل داده می‌شود (شکل ۳-۹). نوسان تاب بی‌آنکه در ادامه حرکت هل داده شود مثالی از یک نوسان آزاد است، به طوری که نوسان‌های تاب، میرا و سرانجام متوقف می‌شود. ولی وقتی شخصی تاب را هل می‌دهد، او انرژی تلف شده بر اثر اصطکاک و مقاومت هوا را جبران می‌کند و مانع از میراشدن نوسان تاب می‌شود. اگر تاب را با بسامد طبیعی‌اش هل دهیم ($f_d = f_n$) دامنه نوسان‌های تاب می‌تواند، افزایش زیادی داشته باشد. این واقعیتی است که کودکان در هنگام تاب بازی، با آزمون و خطا به سرعت به آن پی می‌برند. در چنین وضعیتی ($f_d = f_n$) اصطلاحاً گفته می‌شود که برای نوسانگر **تشدید** (رزونانس) رخ داده است. اگر بسامد نوسان واداشته کمتر یا بیشتر از بسامد طبیعی نوسانگر باشد ($f_d \neq f_n$) دامنه نوسان کوچک‌تر از حالتی خواهد شد که تشدید رخ می‌دهد. پدیده تشدید را می‌توان با فعالیت ساده زیر بررسی کرد.



شکل ۳-۹ با هل دادن تاب، کودک به نوسان واداشته می‌شود.

۳-۴ تشدید

در تمام مثال‌هایی که تا اینجا بررسی کردیم، نوسانگر (مثلاً جرم - فنر یا آونگ ساده) با انحراف از وضع تعادل با بسامدی معین شروع به نوسان می‌کرد. به بسامد این نوسان‌ها **بسامد طبیعی** گفته می‌شود. مطابق این تعریف، بسامد طبیعی سامانهٔ جرم - فنر $f = \sqrt{k/m}/2\pi$ و بسامد طبیعی آونگ ساده $f = \sqrt{g/L}/2\pi$ است. اما این نوسانگرها می‌توانند با اعمال یک نیروی خارجی، با بسامدهای دیگری نیز به نوسان درآیند. به چنین نوسانی، **نوسان واداشته** گفته می‌شود و بسامد این نوسان را با f_d نمایش می‌دهند. مثالی از یک نوسان واداشته، تاب خوردن کودکی است که به طور دوره‌ای هل داده می‌شود (شکل ۳-۹). نوسان تاب بی‌آنکه در ادامهٔ حرکت هل داده شود مثالی از یک نوسان آزاد است، به طوری که نوسان‌های تاب، میرا و سرانجام متوقف می‌شود. ولی وقتی شخصی تاب را هل می‌دهد، او انرژی تلف شده بر اثر اصطکاک و مقاومت هوا را جبران می‌کند و مانع از میراشدن نوسان تاب می‌شود. **اگر دامنهٔ نوسان‌های تاب بزرگ‌تر و بزرگ‌تر شود حاکی از آن است که بسامد نوسان‌های واداشته با بسامد طبیعی تاب برابر شده است.** در چنین وضعیتی ($f_d = f$) اصطلاحاً گفته می‌شود که برای نوسانگر **تشدید (رزونانس)** رخ داده است. اگر تاب را با بسامدهایی بیشتر یا کمتر از بسامد طبیعی آن هل دهیم، دامنهٔ نوسان کوچک‌تر از حالتی خواهد شد که آن را با بسامد طبیعی‌اش هل می‌دهیم. پدیدهٔ تشدید را می‌توان با فعالیت سادهٔ زیر بررسی کرد.



شکل ۳-۹ با هل دادن تاب، کودک به نوسان واداشته می‌شود.

دوره تناوب (T): مدت زمانی که هر ذره محیط یک نوسان انجام می دهد دوره تناوب موج نامیده

می شود که برابر با زمانی است که چشمه موج یک نوسان انجام می دهد.

بسامد (f): تعداد نوسان های انجام شده توسط هر ذره محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده

می شود که برابر با بسامد چشمه موج نیز هست. بنابراین $f = \frac{1}{T}$.

دوره تناوب (T): مدت زمانی که هر ذره محیط یک نوسان **کامل** انجام می دهد دوره تناوب موج

نامیده می شود که برابر با زمانی است که چشمه موج یک نوسان **کامل** انجام می دهد.

بسامد (f): تعداد نوسان های انجام شده توسط هر ذره محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده

می شود که برابر با بسامد چشمه موج نیز هست. بنابراین $f = \frac{1}{T}$.

۵. نمودار مکان-زمان نوسانگر جرم-فنری مطابق شکل زیر است :

الف) معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید.

ب) مقدار t_1 را به دست آورید.

پ) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه t_1 محاسبه کنید.

۵. نمودار مکان – زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است :

الف) معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید.

ب) مقدار t_1 را به دست آورید.

پ) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه t_1 محاسبه کنید.

نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن در مدل بور : مفید است که مقدارهای انرژی داده شده در معادله ۴-۵ را مانند شکل ۴-۱۲ روی نمودار تراز انرژی نمایش دهیم. در این نمودار، که برای اتم هیدروژن رسم شده است بالاترین تراز انرژی به $n = \infty$ در معادله ۴-۵ مربوط است و دارای انرژی 0 eV است. برعکس، پایین ترین تراز انرژی مربوط به $n = 1$ است و دارای مقدار -13.6 eV است. پایین ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می شود تا از ترازهای بالاتر که حالت های برانگیخته نامیده می شوند متمایز باشد. توجه کنید که با افزایش n چگونه انرژی های حالت های برانگیخته به هم نزدیک و نزدیک تر می شوند.

در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد. برای بالا بردن الکترون از حالت پایه ($n = 1$) به بالاترین حالت برانگیخته ممکن ($n = \infty$) مقدار 13.6 eV انرژی باید صرف شود. صرف اندکی بیش از این مقدار انرژی، الکترون را از اتم خارج می کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می شود. این انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه و رساندن آن به حالت برانگیخته $n = \infty$ ($E_{\infty} = 0$)، انرژی یونش الکترون نامیده می شود. مقدار پیش بینی شده توسط مدل بور برای انرژی یونش اتم هیدروژن، توافق بسیار خوبی با مقدار تجربی دارد.

نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن: مفید است که مقادیرهای انرژی داده شده در معادله ۴-۵ را مانند شکل ۴-۱۲ روی نمودار تراز انرژی نمایش دهیم. در این نمودار، که برای اتم هیدروژن رسم شده است بالاترین تراز انرژی به $n = \infty$ در معادله ۴-۵ مربوط است و دارای انرژی 0 eV است. برعکس، پایین ترین تراز انرژی مربوط به $n = 1$ است و دارای مقدار $-13/6 \text{ eV}$ است. پایین ترین تراز انرژی، **حالت پایه** نامیده می شود تا از ترازهای بالاتر که **حالت های برانگیخته** نامیده می شوند متمایز باشد. توجه کنید که با افزایش n چگونه انرژی های حالت های برانگیخته به هم نزدیک و نزدیک تر می شوند.

در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد. برای بالا بردن الکترون از حالت پایه ($n = 1$) به بالاترین حالت برانگیخته ممکن ($n = \infty$) مقدار $13/6 \text{ eV}$ انرژی باید صرف شود. ~~صرف این مقدار انرژی~~، الکترون را از اتم خارج می کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می شود. این ~~کمترین~~ انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، **انرژی یونش الکترون** نامیده می شود. مقدار پیش بینی شده توسط مدل بور برای انرژی یونش اتم هیدروژن، توافق بسیار خوبی با مقدار تجربی دارد.