

پست شو

مهرشمار

سینا بلی

تراز نمرات درس فیزیک در کنگور ۱۴۰۲

نمره	تراز
۲۰	۱۰۴۰۹ ←
۱۹	۹۸۱۳ ←
۱۸	۹۲۰۸ ←
۱۷	۸۷۴۶ ←
۱۶	۸۲۸۳ ←
۱۵	۸۰۸۹ ←

فیزیک ۳

(ویژه رشته تجربی)



سی خط به خط کتاب درسی

نه تمام نکات امتحان نهایی

اللات شبیه ساز نهایی + پاسخ غنامه کاملاً تشریحی



گروه آموزشی ماز

به سری کتاب‌های الکترونیکی ۲۰ شو در دیجی ماز، خوش آمدید.

دیجی ماز؛ کتابخانه دیجیتال ماز

 [@digimaze](https://twitter.com/digimaze)

 [digimaze_org](https://www.instagram.com/digimaze_org)

 digimaze.org

سلام به همه‌ی دانش‌آموزان پر تلاش و عزیز ایران

امیدوارم بچه‌ها این صفحه را با حال خوب بخوانید. بالاخره بعد از چندین ماه کار سخت تألیف کتاب بیست شو فیزیک دوازدهم جهت آمادگی همه جانبه شما برای امتحانات نهایی آماده شد. اولین هدفم از تألیف کتاب این بود که حرف روی جلدمون (بیست شو) واقعاً با خواندن این کتاب تحقق پیدا کند و برای این منظور بخش‌های مختلفی در کتاب آوردیم که پایین به توضیح مختصری واستون می‌دم:

(۱) حفظیات و نکات مهم فصل: که همان‌طور که از اسمش معلومه تمام نکات حفظی هر فصل رو یکجا واستون آوردیم که خیالتون از بابت جاخالی‌های امتحان، سوالات صحیح و غلط و جمع جمع باشه.

(۲) سوالات IQ: با بررسی سوالات امتحان نهایی مثال‌های قبل به این نتیجه رسیدیم که یک سری مسائل در هر فصل تقریباً پای ثابت سوالات هر سال هست و اونا رو در قالب سوالات (important question) IQ توی کتاب آوردیم. و مطمئن باشید با خواندن این قسمت کتاب ۹۰ درصد سوالات احتمالی از اون فصل در امتحان نهایی رو می‌تونید جواب بدین.

(۳) سوالات تکمیلی: حالا اومدیم سراغ ۱۰ درصد باقی‌مانده، سوالات کتاب، امتحان نهایی‌های سال‌های قبل و سوالات تألیفی مهم که همه‌ی اینا رو این قسمت گردآوری کردیم. بچه‌ها با خواندن این قسمت تسلطشان بر مطلب اون فصل و رعایت جانب احتیاط به طور کامل تحقق پیدا می‌کند و دیگر می‌تونید با خیال راحت پرونده‌ی اون فصل رو ببندین. لازم به تذکر می‌دونم که این کتاب منبع قوی ولی کمه هست و بهتر است بعد از اتمام خواندن کتاب درسه سرآغش بیاین. در کنار کتاب درس این کتاب می‌تونه با حجم مناسبی و در عین حال کاملی که داره شما رو به نمره عالی برسونه.

در آخر از همه‌ی همکاران بنده در گروه آموزشی ماز یک بار که بنده را در تهیه این کتاب کمک کردند قلباً تشکر می‌کنم. قطعاً بدون کمک و توجه این عزیزان چنین کتابی منتشر نمی‌شد. امید است که با تألیف این کتاب تونسته باشیم در کسب موفقیت شما در امتحانات سرنوشت‌ساز نهایی به خوبی کنارتون بوده باشیم.

ارادتمند تمام دانش‌آموزان سرزمینم - سینا بگ

اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

فصل اول - حرکت شناسی

۲.....	حفظیات و نکات مهم
۳.....	تابلوی اول: نمودار مکان - زمان
۶.....	تابلوی دوم: نمودار سرعت - زمان ($v-t$)
۸.....	تابلوی سوم: بررسی حرکت یکنواخت
۹.....	تابلوی چهارم: تبدیل نمودارها به یکدیگر
۱۱.....	تابلوی پنجم: بررسی معادلات در حرکت شتاب ثابت
۱۲.....	تابلوی ششم: معادلات مستقل
۱۳.....	پاسخنامه‌ی سؤالات IQ
۱۵.....	آزمون تکمیلی
۱۷.....	پاسخنامه‌ی سؤالات تکمیلی

فصل دوم - دینامیک

۲۰.....	حفظیات و نکات مهم
۲۲.....	تابلوی اول: قوانین نیوتن
۲۳.....	تابلوی دوم: نیروی مقاومت شاره
۲۴.....	تابلوی سوم: نیروی عمودی تکیه‌گاه - آسانسور
۲۵.....	تابلوی چهارم: نیروی اصطکاک - نیروی کشسانی فنر
۲۷.....	تابلوی پنجم: نیروی سطح
۲۷.....	تابلوی ششم: تکانه و روابط آن
۲۸.....	تابلوی هفتم: قانون گرانش عمومی نیوتن
۳۰.....	پاسخنامه‌ی سؤالات IQ
۳۳.....	آزمون تکمیلی
۳۶.....	پاسخنامه‌ی سؤالات تکمیلی

فصل سوم - نوسان

۳۹.....	حفظیات و نکات مهم
۴۱.....	تابلوی اول: مشخصات حرکت هماهنگ ساده
۴۳.....	تابلوی دوم: سامانه‌ی جرم - فنر
۴۴.....	تابلوی سوم: انرژی نوسانگر

۴۵	.....	تابلوی چهارم: آونگ ساده
۴۶	.....	تابلوی پنجم: پدیده‌ی تشدید
۴۷	.....	پاسخنامه‌ی سؤالات IQ
۴۹	.....	آزمون تکمیل
۵۱	.....	پاسخنامه‌ی سؤالات تکمیل

فصل چهارم - موج

۵۴	.....	حفظیات و نکات مهم
۵۷	.....	تابلوی اول: موج مکانیک و بررسی کمیت‌ها روی آن
۵۸	.....	تابلوی دوم: محاسبه سرعت انتشار موج در امواج عرضی
۵۹	.....	تابلوی سوم: امواج الکترومغناطیس
۶۰	.....	تابلوی چهارم: امواج صوتی
۶۱	.....	تابلوی پنجم: پژواک صوت
۶۲	.....	تابلوی ششم: بازتاب نور
۶۲	.....	تابلوی هفتم: شکست نور
۶۵	.....	پاسخنامه‌ی سؤالات IQ
۶۷	.....	آزمون تکمیل
۷۰	.....	پاسخنامه‌ی آزمون تکمیل

فصل پنجم - فیزیک اتمی و هسته‌ای

۷۳	.....	حفظیات و نکات مهم
۷۶	.....	تابلوی اول: پدیده‌ی فوتوالکتریک - انرژی فوتون
۷۷	.....	تابلوی دوم: بررسی معادله‌ی ریدبرگ
۷۸	.....	تابلوی سوم: مدل اتمی بور
۸۱	.....	تابلوی چهارم: عددهای معروف در اتم
۸۱	.....	تابلوی پنجم: پرتوزایی - بررسی انواع واپاشی‌ها
۸۲	.....	تابلوی ششم: نیمه عمر مواد
۸۳	.....	پاسخنامه‌ی سؤالات IQ
۸۵	.....	آزمون تکمیل
۸۸	.....	پاسخنامه‌ی سؤالات تکمیل

فصل اول

حرکت شناسی

نمره ۱۰-۱۱

۱) بارم فصل در امتحان میان‌ترم

نمره ۴ - ۴/۵

۲) بارم فصل در امتحان نهائی (پایان‌ترم)

صفحه ۱ تا ۲۶

۳) شماره صفحات در کتاب درسی

۱۳ مورد

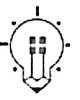
۴) پوشش حفظیات فصل

۳۴ مورد

۵) موارد سوال در مباحث IQ

۱۲ سؤال

۶) تعداد سؤالات آزمون تکمیلی آخر فصل



حفظیات و نکات مهم فصل

✓ مسافت طی شده همان طول مسیر حرکت و برداری که نقطه شروع حرکت را به پایان آن وصل می‌کند بردار جابجایی است.

سرعت متوسط: برابر است با نسبت جابه جایی بر زمان $\rightarrow$ کمیتی برداری

✓ $\Leftarrow$ تندی همان اندازه سرعت متحرک است

تندی متوسط: برابر است با نسبت مسافت طی شده بر زمان $\rightarrow$ کمیت نرده ای

✓ برداری که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند بردار مکان نامیده می‌شود.

✓ از نظر نموداری سرعت متوسط برابر است با شیب خطی که دو نقطه از نمودار مکان - زمان را به هم وصل می‌کند و همواره با بردار جابجایی جسم هم جهت است.

✓ اگر جهت حرکت متحرک تغییر نکند پس سرعت لحظه‌ای با سرعت متوسط برابر می‌شود و حرکت متحرک یکنواخت است.

✓ شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان در هر لحظه معرف سرعت لحظه‌ای و شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان در هر لحظه بیانگر شتاب لحظه‌ای می‌باشد.

✓ شتاب جسم به دلیل تغییر بردار سرعت آن جسم است پس ممکن است اندازه سرعت ثابت باشد اما چون جهت حرکت تغییر می‌کند، حرکت جسم همچنان شتابدار باشد.

✓ شتاب متوسط برابر است با نسبت تغییرات بردار سرعت به زمان، کمیتی برداری، واحد آن متر بر مجذور ثانیه، هم جهت با بردار تغییر سرعت و از نظر نموداری برابر است با شیب خطی که دو نقطه از نمودار سرعت - زمان متحرک را به هم وصل می‌کند.

✓ بردار سرعت متحرک در هر نقطه از مسیر بر مسیر حرکت (مماس) است.

✓ در حرکت یکنواخت بردار سرعت ثابت است یعنی شیب نمودار مکان - زمان ثابت است در نتیجه سرعت متوسط برابر با سرعت لحظه‌ای در تمام لحظات است.

✓ هرگاه نمودار سرعت - زمان به محور زمان نزدیک شود حرکت کند شونده و اگر دور شود حرکت متحرک تند شونده است.

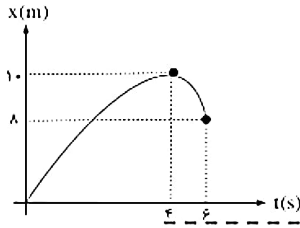
✓ در حرکت تند شونده بردار سرعت و شتاب حرکت هم جهت و در حرکت کند شونده خلاف جهت است.

✓ مساحت زیر نمودار سرعت - زمان متحرک معرف جابه جایی آن و مساحت زیر نمودار شتاب - زمان متحرک معرف تغییرات سرعت

آن است.

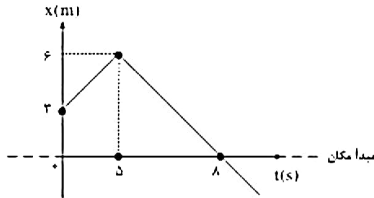
تابلوی اول: نمودار مکان- زمان

تعریف: نموداری است شامل دو محور عمودی بر هم که محور قائم آن معرف مکان (x) و محور افقی آن معرف زمان (t) است. از روی این نمودار متوجه می‌شویم هر متحرک در هر لحظه کجا قرار دارد.



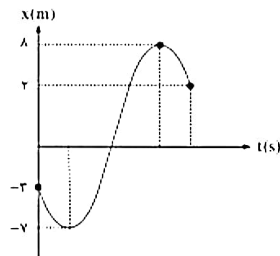
- متحرک در لحظه $t = 4s$ در مکان $x = 10m$ و در لحظه $t = 6s$ در مکان $x = 8m$ است.
- متحرک در لحظه $t = 4s$ در بیش‌ترین فاصله از مبدأ است.

انواع مبدأ در نمودار $x-t$



- مبدأ مکان: خط افقی یا همان محور زمان است و در تمامی نمودارهای $x-t$ ثابت است.
- مبدأ حرکت (زمان): نقطه شروع حرکت و آغاز نمودار $x-t$ و در نمودارهای مختلف متفاوت است.
- $x = 3m$ مبدأ حرکت و محور زمان (t) مبدأ مکان است.
- متحرک در بازه‌ی $(0, 5s)$ از مبدأ مکان دور و در بازه‌ی $(5s, 8s)$ به مبدأ مکان نزدیک می‌شود.
- در لحظه‌ی $t = 8s$ متحرک از مبدأ مکان عبور می‌کند.

مقاسبه‌ی جابه‌جایی و مسافت طی شده



جابه‌جایی: تفاضل مکان نوایی و آغازی حرکت $(\Delta x = x_2 - x_1)$

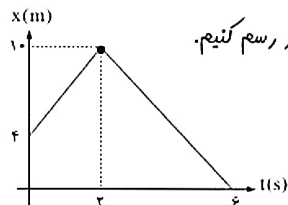
مسافت طی شده: مجموع طول تمامی قسمت‌های مختلف مسیر است.

- جابه‌جایی $\Delta x = x_2 - x_1 = 3 - (-3) = 6m$
- مسافت طی شده $\Delta s = 6m + 7m + 8m + 6m = 27m$

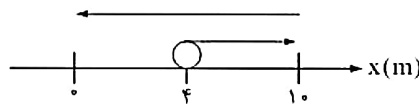
$$\bar{v}_{sav} = \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

$$\bar{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t}$$

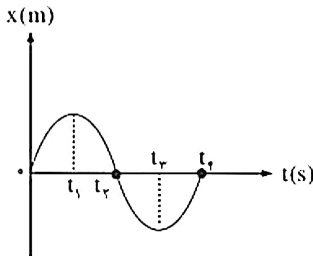
فال برای مقاسبه‌ی سرعت و تندی متوسط می‌نویسیم:



رسم مسیر حرکت: طبق نمودار مکان- زمان می‌توانیم مسیر حرکت متحرک را با توجه به مکان‌های داده شده در نمودار رسم کنیم.



بردار مکان متحرک:



اگر $x > 0$ باشد ← نمودار $x-t$ بالای محور زمان است ← بردار مکان متحرک مثبت می‌شود.

اگر $x < 0$ باشد ← نمودار $x-t$ پایین محور زمان است ← بردار مکان متحرک منفی می‌شود.

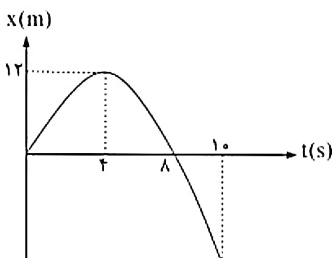
- بردار مکان متحرک مثبت (در جهت محور x) است $\rightarrow (0, t_1)$ بازه‌ی
- بردار مکان متحرک منفی (خلاف جهت محور x) است $\rightarrow (t_2, t_3)$ بازه‌ی

بررسی جهت حرکت روی نمودار $x-t$

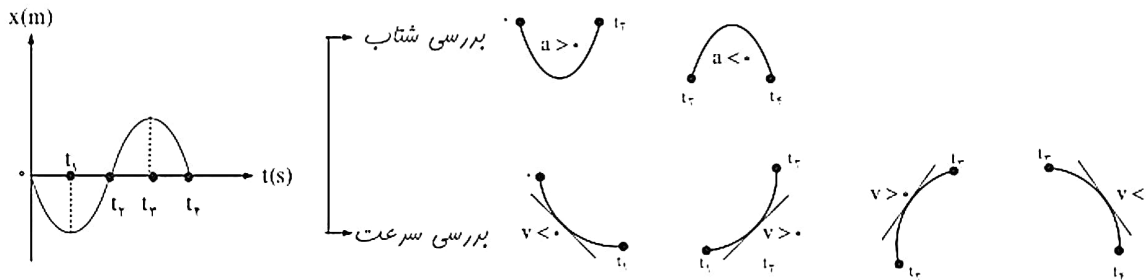
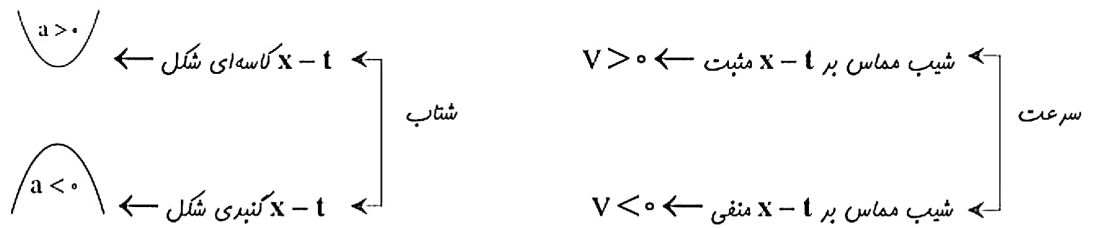
نمودار $x-t$ صعودی باشد ← حرکت در جهت محور x

نقاط شکستگی یا max و min نمودار $x-t$ محل تغییر جهت متحرک است.

نمودار $x-t$ نزولی باشد ← حرکت خلاف جهت محور x



- حرکت در جهت محور x $\rightarrow (0, 4s)$ بازه‌ی
- حرکت خلاف جهت محور x $\rightarrow (4s, 8s)$ بازه‌ی
- در لحظه‌ی $t = 4s$ یعنی در مکان $x = 12m$ جهت حرکت متحرک تغییر می‌کند.

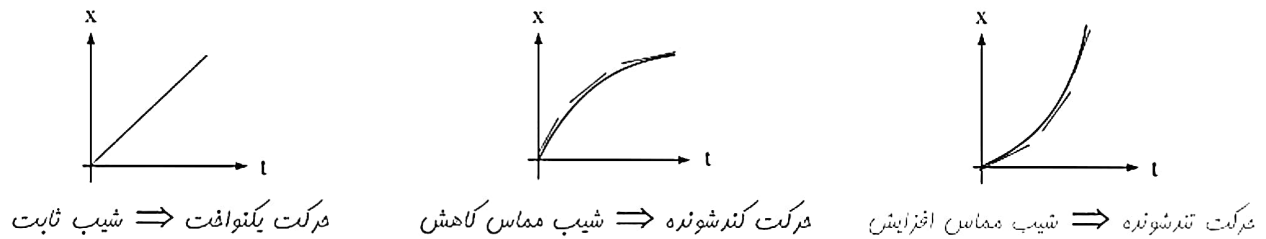


ابتدا بر نمودار چند خط مماس رسم می‌کنیم:

اگر اندازه‌ی شیب مماس کم شود $\leftarrow$ سرعت کم می‌شود $\leftarrow$ حرکت کندشونده

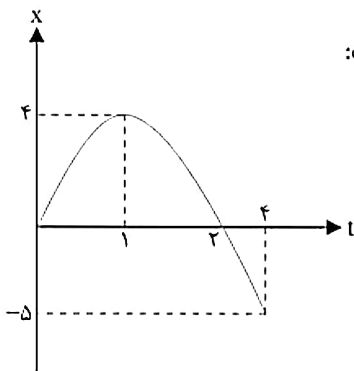
$\Leftarrow$ اما اگر شیب نمودار ثابت باشد $\leftarrow$ سرعت متغیر ثابت است $\leftarrow$ حرکت یکنواخت می‌باشد.

اگر اندازه‌ی شیب مماس زیاد شود $\leftarrow$ سرعت زیاد می‌شود $\leftarrow$ حرکت تندشونده



سوالات مهم

1Q1 نمودار مکان - زمان جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند به صورت مقابل است. مطلوبست:



(ب) متحرک در چه بازه‌هایی در حال دور شدن از مبدأ است؟

(الف) متحرک در چه لحظه‌ای بیشترین فاصله از مبدأ را دارد؟

(د) در چه بازه‌ای متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند؟

(ج) متحرک در چه لحظه‌ای تغییر جهت داده است؟

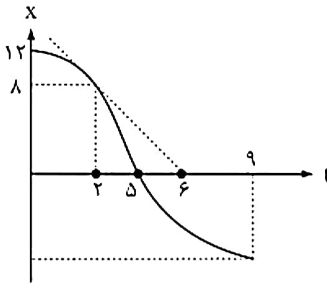
ه) بردار مکان متحرک در چه بازه‌ای مثبت و در چه بازه‌ای منفی است؟

ی) شتاب متحرک در چه بازه‌ای مثبت و در چه بازه‌ای منفی است؟
خ) محاسبه‌ی جابه‌جایی و تندی متوسط در بازه‌ی $(0, 4s)$

IQ₂ نمودار مکان - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند مطابق شکل زیر است. با توجه به شکل مطلوبست تعیین موارد

خواسته شده:

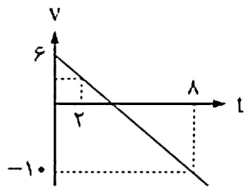
الف) سرعت متحرک در لحظه $t = 2s$



ب) حرکت متحرک در چه بازه‌ای تندشونده و در چه بازه‌ای کندشونده است؟

تابلوی دوم: نمودار $v-t$

2-1 تعریف: نموداری است که محور قائم آن معرف سرعت (v) و محور افقی آن معرف زمان (t) است. این نمودار نشان می‌دهد متحرک در هر لحظه چه تندی یا سرعتی دارد.

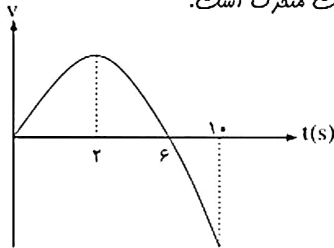


- تندی و سرعت متحرک 6 m/s است $\Rightarrow$ لحظه $t=2\text{s}$
- سرعت متحرک $-10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ و تندی (اندازه سرعت) $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است $\Rightarrow$ لحظه $t=8\text{s}$

2-2 بررسی جهت حرکت از روی نمودار $v-t$

اگر $v-t$ بالای محور زمان باشد $\leftarrow v > 0 \leftarrow$ حرکت در جهت محور x

$\Leftarrow$ محل تلاقی $v-t$ با محور زمان محل تغییر جهت متحرک است.



اگر $v-t$ پایین محور زمان باشد $\leftarrow v < 0 \leftarrow$ حرکت خلاف جهت محور x

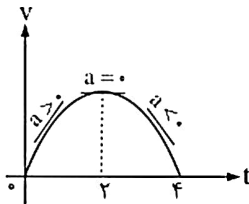
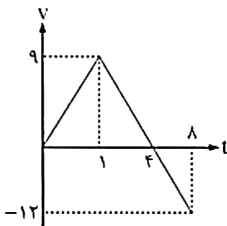
- حرکت در جهت محور $x \Rightarrow (0, 6\text{s})$
- متحرک در لحظه $t=6\text{s}$ تغییر جهت می‌دهد. $\Rightarrow$
- حرکت خلاف جهت محور $x \Rightarrow (6\text{s}, 10\text{s})$

2-3 بررسی شتاب از روی نمودار $v-t$

شتاب متوسط: طبق رابطه $(\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t})$ می‌توانیم شتاب متوسط متحرک را در هر بازه‌ی بیابیم.

شتاب لحظه‌ای: شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان معرف شتاب لحظه‌ای است.

$$(1\text{s}, 8\text{s}) : \bar{a} = \frac{V(8) - V(1)}{8 - 1} = \frac{-12 - 9}{7} = \frac{-21}{7} = -3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

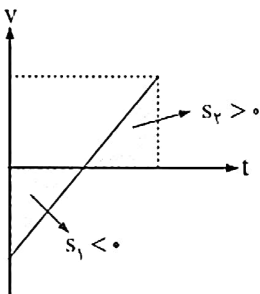


- $a > 0 \Rightarrow$ شیب خط مماس مثبت $\Rightarrow$ بازه‌ی $(0, 2\text{s})$
- $a < 0 \Rightarrow$ شیب خط مماس منفی $\Rightarrow$ بازه‌ی $(2\text{s}, 6\text{s})$
- جهت بردار شتاب عوض می‌شود $\Rightarrow a = 0 \Rightarrow$ شیب خط مماس صفر $\Rightarrow$ لحظه‌ی $t=2\text{s}$

2-4 محاسبه‌ی جابه‌جایی و مسافت از روی نمودار $v-t$

می‌دانیم مسافت زیر نمودار سرعت - زمان متحرک برابر جابه‌جایی آن است پس می‌توان نوشت:

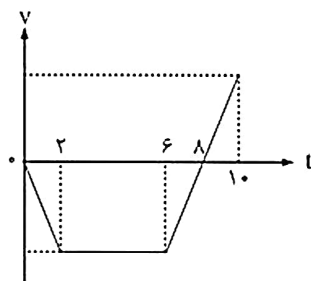
- جابه‌جایی $\Delta x = s_2 - |s_1|$
- مسافت طی شده $\Delta s = s_2 + |s_1|$



2-5 بررسی نوع حرکت از روی نمودار $v-t$

نمودار به محور زمان $v=0$ نزدیک شود $\leftarrow$ اندازه سرعت در حال کاهش است $\leftarrow$ حرکت کندشونده است.

نمودار از محور زمان $v=0$ دور شود $\leftarrow$ اندازه سرعت در حال افزایش است $\leftarrow$ حرکت تندشونده است.

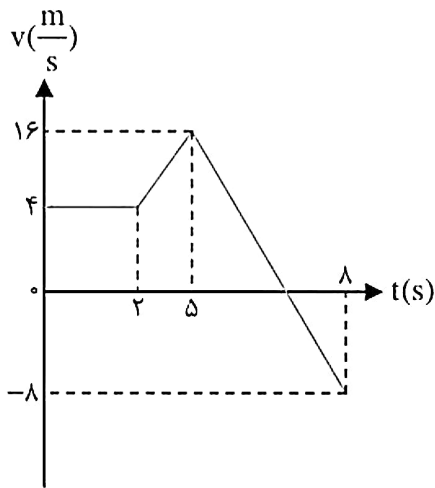


- حرکت تند شونده $\Rightarrow$ بازه‌های $(0, 2\text{s})$ و $(8\text{s}, 10\text{s})$
- حرکت با سرعت ثابت (یکنواخت) $\Rightarrow$ بازه‌ی $(2\text{s}, 6\text{s})$
- حرکت کند شونده $\Rightarrow$ بازه‌ی $(6\text{s}, 8\text{s})$



سوالات مهم

IQ₃ نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می کند مطابق شکل است. به سؤالات زیر پاسخ دهید:



ب) بررسی جهت حرکت در تمام بازه ها

الف) نوع حرکت در تمام بازه ها

پ) در بازه ی (۲s تا ۵s) شتاب حرکت (در جهت - خلاف جهت) محور x است؟

ث) متحرک در چه لحظه ای تغییر جهت می دهد؟

ت) جابه جایی متحرک در بازه ی (۰, ۵s)

چ) شتاب متوسط متحرک در بازه (۰, ۸s) چقدر است؟

ج) شتاب متحرک در لحظه ی $t = 6s$ چقدر است؟

تابلوی سوم: بررسی حرکت یکنواخت

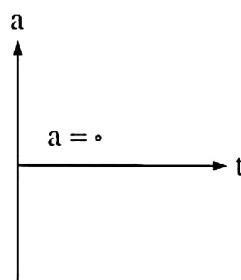
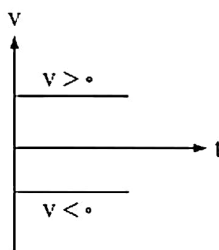
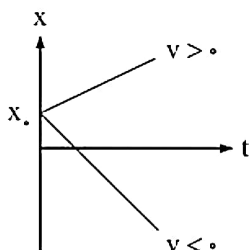
تعریف: حرکتی که در آن هم اندازه و هم جهت بردار سرعت ثابت باشد را حرکت یکنواخت گویند.

معادله‌ی $x-t$ و بررسی انواع نمودار

معادله‌ی مکان - زمان متحرک در حرکت یکنواخت به صورت زیر است:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{x - x_0}{t} \Rightarrow vt = x - x_0 \Rightarrow \boxed{x = vt + x_0}$$

مکان اولیه
سرعت متحرک
مکان نوایی



بررسی حرکت در متحرک

برای مقایسه‌ی زمان سبقت یا تلاقی دو متحرک باید ابتدا معادله‌ی مکان - زمان آن‌ها را به دست آورد، سپس آن‌ها را با یکدیگر برابر قرار داده و از حل این معادله‌ی مجهول t (زمان سبقت یا تلاقی) به دست می‌آید.

$$x_A = 2t - 3 \Rightarrow x_A = x_B \Rightarrow 2t - 3 = -4t + 12 \Rightarrow 6t = 15 \Rightarrow t = 2.5 \text{ s}$$

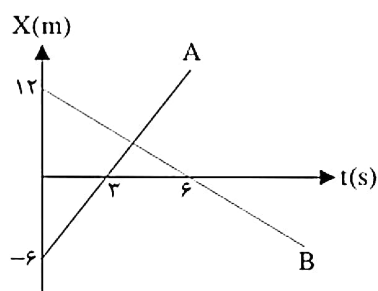
$$x_B = -4t + 12$$

در نهایت اگر لحظه‌ی بردست آمده را در یکی از روابط بالا جایگذاری کنیم، مکان سبقت یا تلاقی آن‌ها به دست می‌آید.

$$x = 2t - 3 = 2(2.5) - 3 = 2 \text{ m}$$

سوالات مهم

الف) نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B مطابق شکل زیر است. تعیین کنید در چه مکانی دو متحرک به هم می‌رسند؟



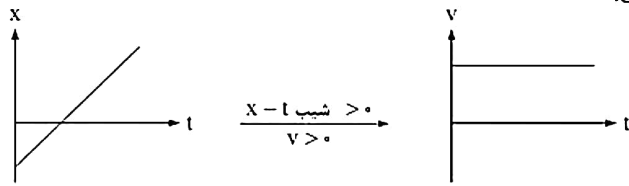
ب) مسافت طی شده توسط متحرک B در بازه‌ی $(1\text{s}, 8\text{s})$

پ) مکان متحرک A هنگامی که بردار مکان B تغییر جهت می‌دهد؟

تابلوی چهارم: تبدیل نمودارها به یکدیگر

تبدیل $x-t$ به $v-t$

برای رسم این تبدیل لازم است بدانیم شیب نمودار $x-t$ برابر سرعت متحرک است.



درجه نمودار $v-t$ یک واحد کمتر از نمودار $x-t$ است. $\Rightarrow$

تبدیل نمودار $v-t$ به $a-t$

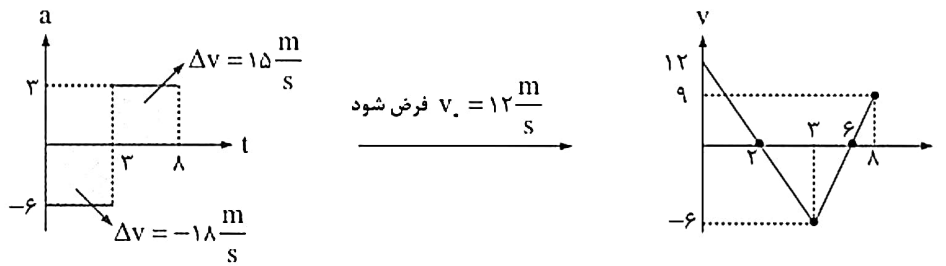
می‌دانیم شیب نمودار سرعت - زمان متحرک برابر شتاب متحرک است؛ پس با توجه به این نکته تبدیل نمودار زیر را انجام می‌دهیم:



درجه نمودار $a-t$ یک واحد کمتر از $v-t$ است. $\Rightarrow$

تبدیل نمودار $a-t$ به $v-t$

لازم است بدانیم مساحت زیر نمودار شتاب - زمان متحرک برابر تغییرات سرعت متحرک است. از طرفی هرگاه نمودار $a-t$ افقی باشد. آنگاه نمودار $v-t$ خطی می‌شود.

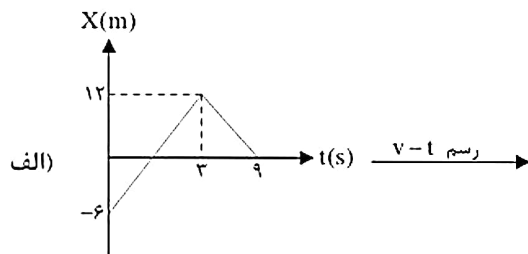


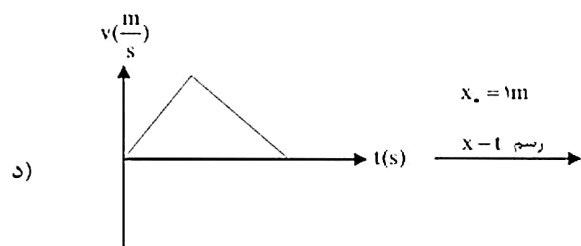
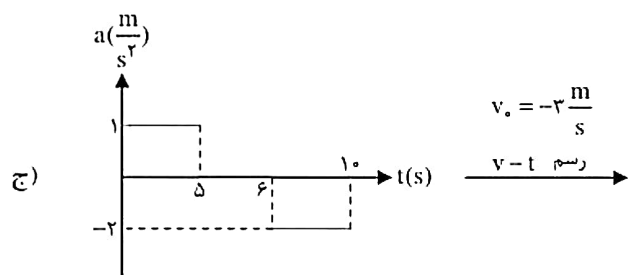
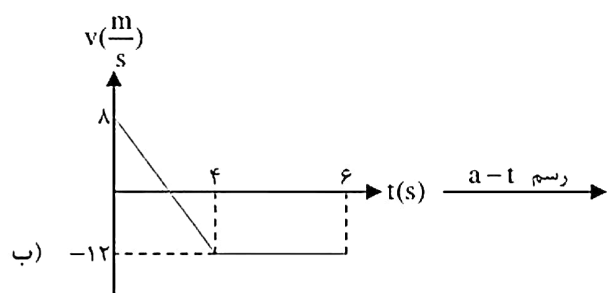
در تبدیل نمودار بالا دقت کنید با توجه به مساحت‌های زیر نمودار سرعت متحرک از $v_0 = 12 \frac{m}{s}$ به اندازه‌ی ۱۸ واحد کم شده و به $-6 \frac{m}{s}$ می‌رسد. سپس

۱۵ واحد زیاد شده و به $9 \frac{m}{s}$ می‌رسد.

سوالات مهم

تبدیل نمودارهای زیر را انجام دهید: IQ5

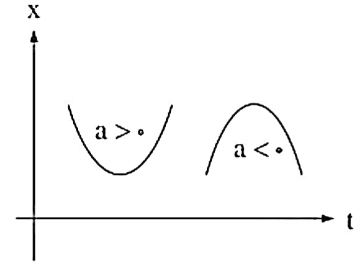




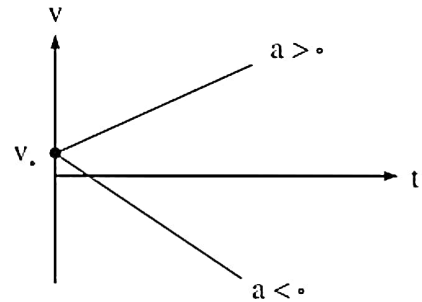
تابلوی پنجم: بررسی معادلات در حرکت شتاب ثابت

اگر متحرکی با شتاب ثابت a و سرعت اولیه V_0 به مدت t ثانیه بر مسیر مستقیم حرکت کند، آنگاه معادلات و نمودارهای زیر برای آن برقرار است:

(۱) معادله‌ی مکان - زمان: $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$



(۲) معادله‌ی سرعت - زمان: $v = at + v_0$



(۳) معادله‌ی سرعت متوسط: $\bar{v} = \frac{v + v_0}{2}$ v_0 = سرعت اولیه v = سرعت نهایی

سوالات مهم

IQ6 معادله‌ی مکان - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، $x = t^2 - 6t + 5$ است:

الف) نمودارهای مکان - زمان و سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

ب) شتاب متحرک در چه بازه‌ای در جهت محور x است؟

ج) مسافت طی شده متحرک در بازه‌ی (۰, ۵s)

IQ7 معادله‌ی سرعت زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند به صورت $v = -2t + 8$ است. به موارد خواسته شده پاسخ دهید:

دهید:

الف) رسم نمودار سرعت - زمان و محاسبه‌ی سرعت در لحظه $t = 3s$

ب) محاسبه‌ی سرعت متوسط و مسافت طی شده در بازه‌ی (۰, ۵s)

ج) محاسبه‌ی سرعت متوسط متحرک هنگامی که در جهت محور x حرکت می‌کند.

تابلوی ششم: معادلات مستقل

6-1 معادله‌ی مستقل از شتاب:

طبق روابطی که پیش از این برای شتاب متحرک آموختیم، می‌توانیم بنویسیم:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v + v_0}{2} \Rightarrow \Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) \Delta t$$

سرعت نهایی v جابه‌جایی متحرک Δx زمان حرکت Δt سرعت اولیه v_0

6-2 معادله‌ی مستقل از زمان

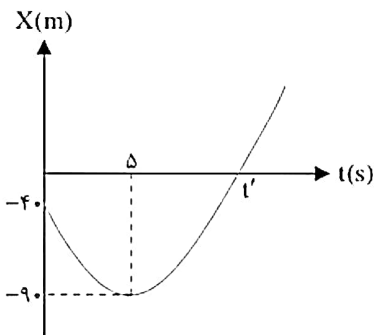
با توجه به معادله‌ی مستقل از شتاب که در قسمت قبل آموختیم و رابطه‌ی مناسبه‌ی شتاب متحرک می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) \Delta t \\ a = \frac{v - v_0}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{v - v_0}{a} \end{cases} \Rightarrow \Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) \left(\frac{v - v_0}{a} \right) \Rightarrow \boxed{v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x}$$

سوالات مهم

IQ8 نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق سهمی شکل زیر است:

الف) شتاب و سرعت اولیه‌ی متحرک چقدر است؟



ب) معادله مکان - زمان متحرک را بنویسید.

ج) محاسبه‌ی سرعت در لحظه‌ی $t = 10s$

د) نمودار سرعت - زمان متحرک را در بازه $(0$ و $t')$ رسم کنید.

IQ9 خودرویی در مسیر مستقیم با سرعت 72 کیلومتر بر ساعت در حال حرکت است. ناگهان با دیدن فردی که در فاصله‌ی 65 متری از

خودرو هست، ترمز کرده و سرعت خود را با شتاب $4 \frac{m}{s^2}$ کند می‌کند تا متوقف شود.

الف) خودرو در چه فاصله‌ای از شخص می‌ایستد؟

ب) چه مدت زمانی طول می‌کشد تا خودرو بایستد؟

پاسخنامه سؤالات IQ

سؤال IQ1

- الف) لحظه‌ای $t = 4s$ (ب) $(0, 1s)$ و $(2s, 4s)$ (ج) لحظه‌ای $t = 1s$ (د) $(0, 1s)$
- هـ) $(0, 2s)$: مثبت
 $(2s, 4s)$: منفی
- ی) کلاً منفی چون نمودار گنبدی شکل است (خ)
- $$\Delta x = (-5) - (0) = -5m$$
- $$\overline{S_{av}} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{12}{4} = 3 \text{ m/s} \leftarrow \Delta s = 4m + 4m + 5m = 13m$$

سؤال IQ2

- الف) $V(2) =$ شیب مماس بر نمودار $x-t$ در این لحظه $= \frac{-8}{6-2} = -2 \frac{m}{s}$
- ب) بازه‌ی $(0, 5s)$ شیب مماس بر $x-t$ افزایش می‌یابد $\leftarrow$ حرکت تندشونده است
 بازه‌ی $(5s, 9s)$ شیب مماس بر $x-t$ کاهش می‌یابد $\leftarrow$ حرکت کندشونده است

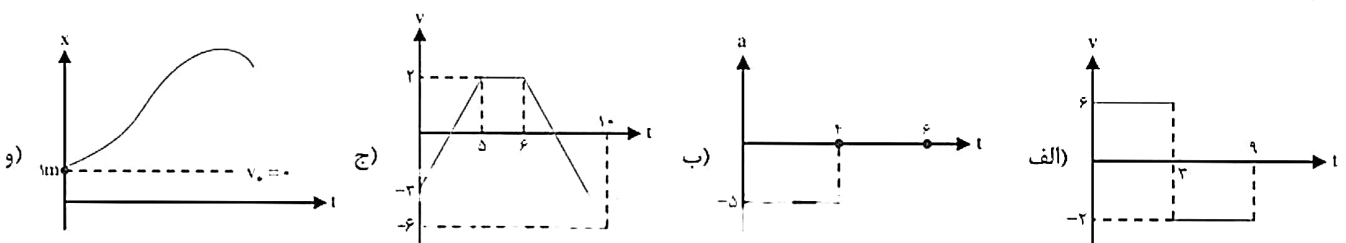
سؤال IQ3

- الف) ابتدا با استفاده از شیب قسمت سوم نمودار لحظه‌ای t را پیدا می‌کنیم:
- $$\text{شیب خط} = \frac{24}{3} = \frac{16}{t-5} \Rightarrow t = 7s$$
- حرکت تندشونده: $(2s, 5s)$ حرکت یکنواخت: $(0, 2s)$
 حرکت کندشونده: $(7s, 8s)$ حرکت کندشونده: $(5s, 7s)$
- ب) $(0, 7s)$ $\leftarrow v > 0 \leftarrow x$ در جهت محور
 $(7s, 8s)$ $\leftarrow v < 0 \leftarrow x$ خلاف جهت محور
- پ) در جهت، چون شیب $v-t$ مثبت است.
- ت) $\Delta x = (4 \times 2) + (\frac{4+16}{2}) \times 2 = 38m$
- ث) در لحظه‌ای $t = 7s$ چون جهت سرعت عوض می‌شود.
- ج) $\overline{a_{\rightarrow 8}} = \frac{v(8) - 0}{8 - 0} = \frac{-8 - 0}{8} = -1 \frac{m}{s^2}$

سؤال IQ4

- ابتدا شیب هر نمودار که معرف سرعت متحرک است را به دست می‌آوریم:
- شیب $A = V_A = \frac{6}{3} = 2 \frac{m}{s}$ شیب $B = V_B = \frac{-12}{6} = -2 \frac{m}{s}$
- پس طبق معادله‌ی $x = vt + x_0$ ، معادله‌ی حرکت هر متحرک را می‌نویسیم:
- زمان به دست آمده را در یکی از معادلات جایگزین می‌کنیم: $x = 2(4/5) - 6 = -2m$
- ب) چون متحرک B تغییر جهت نمی‌دهد مسافت طی شده برابر با جابه‌جایی متحرک است پس: $\Delta s = |\Delta x| = 14m$
- پ) ابتدا لحظه‌ای تغییر جهت بردار مکان متحرک B ($x_B = 0$) را پیدا می‌کنیم و سپس در معادله‌ی A جایگذاری می‌کنیم:
- $$x_B = -2t + 12 = 0 \Rightarrow t = 6s \Rightarrow x_A = 2(6) - 6 = 6m$$

سؤال IQ5



الف) طبق معادله‌ی مکان - زمان داده شده می‌توانیم بنویسیم:

$$x = t^2 - 6t + 5 = (t-1)(t-5) \Rightarrow \begin{cases} t=1s \\ t=5s \end{cases}$$

$$x = t^2 - 6t + 5 = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{2m}{s^2} \\ v_0 = -6\frac{m}{s} \end{cases} \Rightarrow v = 2t - 6$$

ب) شتاب متحرک $a = \frac{2m}{s^2}$ مقدار آن همواره ثابت و در تمام لحظات در جهت محور x است.

ج) با توجه به مساحت زیر نمودار سرعت - زمان متحرک می‌توان نوشت:

$$\Delta x_1 = -9m$$

$$\Delta x_2 = 12m$$

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = -9m + 12m = 3m$$

مسافت طی شده $= |\Delta x| = 3m$

با توجه به معادله‌ی سرعت - زمان داده شده داریم:

$$V(t) = -2(t) + 8 = \frac{2m}{s}$$

الف)

$$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{16-1}{5} = 3\frac{m}{s}$$

$$\Delta s = 16 + 1 = 17m$$

ب)

ج) با توجه به نمودار سرعت - زمان می‌نویسیم:

$$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{16}{4} = 4\frac{m}{s}$$

بازدهی $\Rightarrow \Delta t = 4s \Rightarrow$ سرعت در حال کاهش $\Rightarrow$ حرکت در جهت محور x

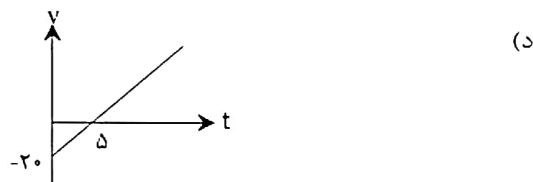
الف) $\Delta x = (\frac{V_0 + V}{2})\Delta t \Rightarrow -5 = (\frac{V_0 + 0}{2})5 \Rightarrow V_0 = -2\frac{m}{s}$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - (-2)}{5} = \frac{2m}{s^2}$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 = \frac{1}{2}(\frac{2}{s^2})t^2 + (-2)t + (-4) = t^2 - 2t - 4$$

ج) ابتدا معادله‌ی $v-t$ متحرک را می‌نویسیم و سپس $t=1s$ را در آن جایگذاری می‌کنیم:

$$V = at + V_0 = 2t - 2 \Rightarrow V(1) = 2(1) - 2 = 0$$



$$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 4 = 2(-4)\Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{-4}{-8} = 0.5m$$

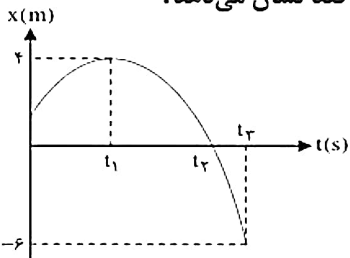
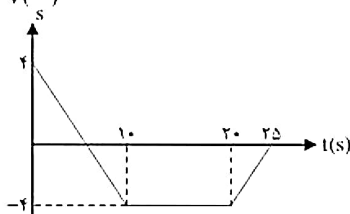
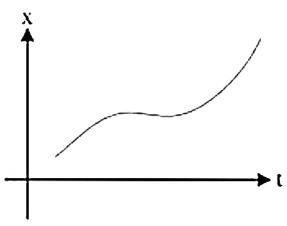
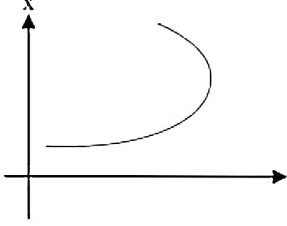
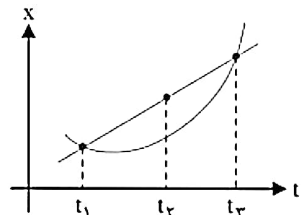
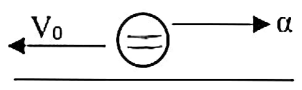
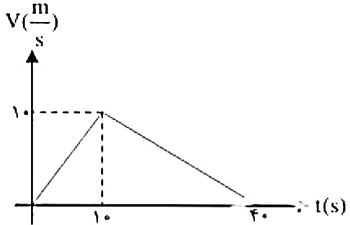
الف)

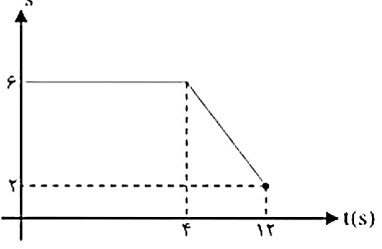
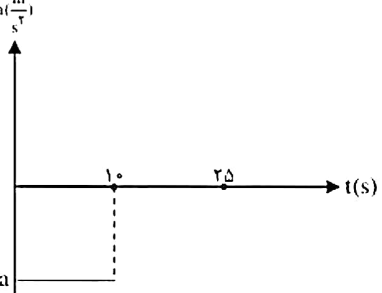
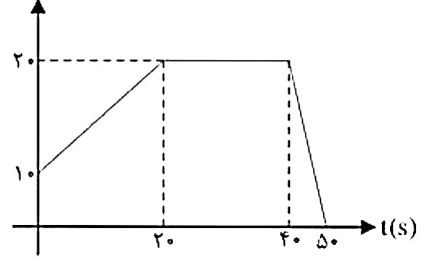
پس بعد از طی مسافت $0.5m$ خودرو متوقف شده و در فاصله‌ی $(65-50=15m)$ مانع می‌ایستد.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -4 = \frac{0 - 2}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0.5s$$

زمان توقف $= 0.5s$

ب)

(ر ۱۴۰۰ خ) (ر ۱۴۰۲ خ) (رت امکا شری) (ر ۱۴۰۲ خ) (ر ۱۴۰۰ ی)	۱- در هر یک از موارد زیر به سؤالات خواسته شده پاسخ دهید: الف) شتاب متوسط هر جسم همان شیب خطی است که دو نقطه از نمودار بهم وصل می کند. ب) در حرکت کندشونده متحرک بردارهای و خلاف جهت یکدیگرند. ج) در لحظه ای که متحرک از مبدأ مکان عبور می کند جهت بردار مکان تغییر می کند. (صحیح - غلط) ر) در حرکت یکنواخت در بازه های زمانی یکسان (مکان - تغییر مکان) متحرک ثابت است. و) بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت (مماس - عمود) است.
تجربی ۱۴۰۱ فردار	۲- شکل زیر نمودار مکان - زمان جسمی را که روی محور X با شتاب ثابت حرکت می کند نشان می دهد:  الف) در کدام لحظه متحرک بیشترین فاصله از مبدأ را دارد؟ ب) جهت حرکت متحرک چند بار تغییر کرده است؟ پ) در بازه ی ۰ تا t_1 حرکت تندشونده یا کندشونده؟ ت) در کدام بازه متحرک به مبدأ محور نزدیک می شود؟ ث) شتاب متحرک در جهت محور X است یا خلاف جهت آن؟
ریاضی ۱۴۰۱ فردار	۳- نمودار سرعت - زمان متحرک در امتداد محور X مطابق شکل است:  الف) متحرک در بازه ی ۱۰s تا ۲۰s در جهت محور X حرکت یا خلاف جهت آن؟ ب) در چه لحظه ای متحرک تغییر جهت داده است؟ پ) در کدام بازه های زمانی حرکت جسم کندشونده است؟ ت) جابه جایی متحرک در بازه ی صفر تا ۱۰ ثانیه را پیدا کنید
سؤال ۷ صفحه ۲۳ کتاب درسی ریاضی ۱۴۰۲/فردار سؤال ۹ صفحه ۲۳ کتاب درسی	۴- الف) کدام یک از نمودارهای زیر می تواند نمودار مکان - زمان یک متحرک باشد؟ چرا؟   (الف) (ب) ب) نمودار سرعت - زمان متحرکی را رسم کنید که در خلاف جهت محور X حرکت می کند، شتاب آن در حال افزایش و تندی آن در حال کاهش باشد؟  ج) در چه لحظه ای تندی دو متحرک برابر است؟ د) نمودار سرعت - زمان مربوط به متحرک زیر را رسم کنید 
ریاضی ۱۴۰۱ شوریور	۵- معادله ی حرکت جسمی در SI به صورت $x = 2t^2 + 6t - 18$ است: الف) سرعت متوسط متحرک در بازه ی $t_1 = 0$ تا $t_2 = 2$ s ب) معادله ی سرعت - زمان و رسم نمودار آن
سؤال ۱۸ صفحه ۲۵ کتاب درسی	۶- نمودار $v-t$ متحرکی که در امتداد محور X حرکت می کند مطابق شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازه ی (۵s, ۰) چند برابر سرعت متوسط در بازه ی (۴۰s, ۲۵s) است؟ 

تجربی ۱۴۰۱ دی	۷- سرعت متحرکی در لحظه‌ی $t = 0$ به صورت $\vec{V}_0 = (-10 \frac{m}{s})\vec{i}$ و شتاب ثابت آن $\vec{a} = (-1 \frac{m}{s^2})\vec{i}$ است. در بازه‌ی زمانی $(0, 2s)$ تندی حرکت آن چگونه تغییر می‌کند؟
مشابه سوال ۵ صفحه ۲۲ کتاب درسی (ت ۱۳۰۰ خ)	۸- شکل روبه‌رو نمودار سرعت - زمان حرکت یک متحرک که در راستای محور x حرکت می‌کند را نشان می‌دهد: $v(\frac{m}{s})$  الف) رسم نمودار مکان - زمان آن اگر در لحظه‌ی $t = 0$ در مکان $x_0 = 2m$ باشد. ب) متحرک در لحظه‌ی $t = 2s$ در چند متری مبدأ است؟
سوال ۲۰ صفحه ۲۵ کتاب درسی	۹- متحرک در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان $x = +10m$ سرعت متحرک $4 \frac{m}{s}$ و در مکان $x = +19m$ سرعت متحرک $18 \frac{km}{h}$ است. الف) شتاب حرکت آن چقدر است؟ ب) پس از چه مدتی سرعت متحرک از $4 \frac{m}{s}$ به $18 \frac{km}{h}$ می‌رسد؟
(ریاضی ۱۴۰۲) شردار)	۱۰- شکل مقابل نمودار شتاب - زمان یک ماشین را نشان می‌دهد که در امتداد محور x حرکت می‌کند اگر سرعت اولیه‌ی ماشین $40 \frac{m}{s}$ و سرعت در $t = 10s$ برابر $20 \frac{m}{s}$ باشد: الف) شتاب حرکت این ماشین را در 10 ثانیه‌ی اول حساب کنید. ب) جابه‌جائی ماشین در بازه‌ی 0 تا $10s$ را به دست آورید. 
سوال ۱۵ صفحه ۴۵ کتاب درسی)	۱۱- شکل زیر نمودار مکان - زمان جسمی را که روی محور x حرکت می‌کند، نشان می‌دهد:  الف) معادله‌ی حرکت متحرک در بازه‌ی $(0, 20s)$ ب) محاسبه‌ی تندی متوسط در بازه‌ی $(0, 50s)$ ج) معادله‌ی حرکت متحرک در بازه‌ی $(20s, 40s)$
سوال ۳۱ صفحه ۲۵ کتاب درسی)	۱۲- خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبز شدن چراغ، خودرو با شتاب $2 \frac{m}{s^2}$ از مبدأ محور شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه کامیونی با سرعت ثابت $36 \frac{km}{h}$ از آن سبقت می‌گیرد: الف) در چه لحظه و مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟ ب) نمودار مکان - زمان و سرعت - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

پاسخنامه سؤالات تکمیلی

باسج ۱

۱- الف) سرعت - زمان (ب) سرعت و شتاب (ج) صحیح (د) تغییر مکان (و) مماس

باسج ۲

الف) t_3 (ب) یک بار (لحظه‌ی t_1) (پ) کندشونده (ت) (t_1, t_2) (ث) خلاف جهت

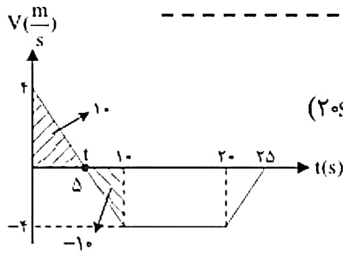
باسج ۳

الف) خلاف جهت

(ب) در لحظه‌ی تلاقی با محور زمان

(ب) $(0, 5S)$ و $(20S, 25S)$

تشابه مثلث‌ها $\leftarrow t = 5S$



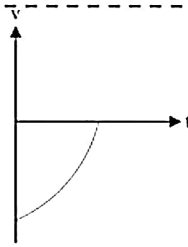
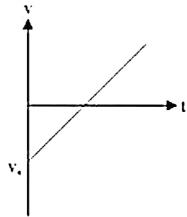
(ت) با استفاده از مساحت زیر نمودار می‌نویسیم: $\Delta x = S_1 + S_2 = \text{صفر}$

باسج ۴

الف) نمودار شکل (الف) - چون تابع است. (ب)

(ج) لحظه‌ی t_2

(د)

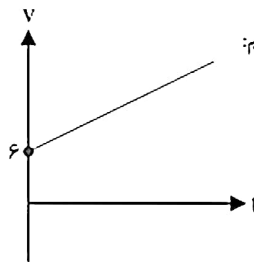


باسج ۵

الف) $\begin{cases} t_1 = 0 \Rightarrow x_1 = -18m \\ t_2 = 2s \Rightarrow x_2 = 2m \end{cases} \Rightarrow \bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2 - (-18)}{2} = 10 \frac{m}{s}$

(ب) با توجه به اصل رابطه‌ی $x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0$ می‌نویسیم:

$\begin{cases} 2 = \frac{1}{2}a \Rightarrow a = 4 \frac{m}{s^2} \\ V_0 = \text{ضرب} = 6 \frac{m}{s} \end{cases} \Rightarrow V = at + V_0 = 4t + 6$

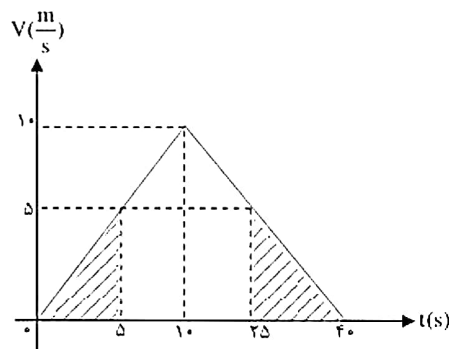


باسج ۶

با استفاده از مساحت زیر نمودار ابتدا جابه‌جائی متحرک و سپس طبق معادله‌ی $\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ سرعت متوسط را حساب می‌کنیم:

$\bar{V}_0 \rightarrow 5 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5 \times 5}{5} = 5 \frac{m}{s}$

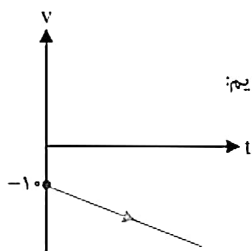
$\bar{V}_{25} \rightarrow 40 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{15 \times \frac{10}{5}}{15} = 2 \frac{m}{s}$

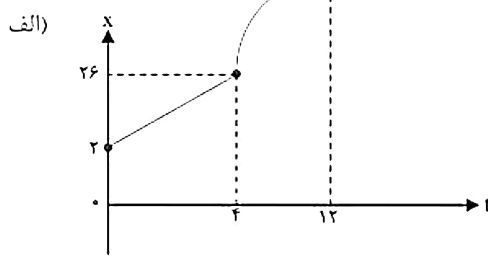


باسج ۷

طبق مطالب گفته شده در سوال معادله‌ی سرعت - زمان متحرک می‌نویسیم: $V = at + V_0 = -t - 10$ و متوجه می‌شویم:

تندی متحرک طبق نمودار پیوسته زیاد می‌شود.

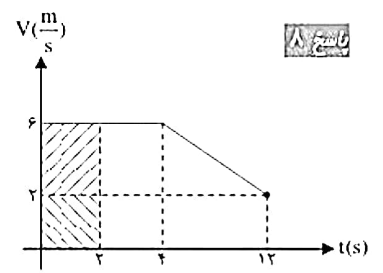




ب)

$$S_{\text{زیر نمودار}} = \Delta x_{\text{مختار}} = 2 \times 6 = 12 \text{ m}$$

$$x_{\text{نهایی}} = \Delta x + x_{\text{اولیه}} = 12 + 2 = 14 \text{ m}$$



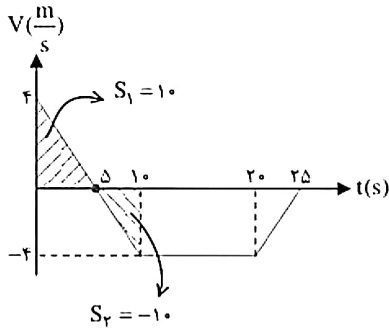
باسج ۹

می دانیم که $\frac{km}{h} = \frac{m}{s}$ است پس می نویسیم:

ب) $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{5-4}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 2 \text{ s}$

الف) $V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 5^2 - 4^2 = 2a(19-10) \Rightarrow 9 = 2a(9) \Rightarrow a = 0.5 \frac{m}{s^2}$

باسج ۱۰



الف) با توجه به معادله ی سرعت - زمان متحرک داریم:

$$V = at + V_0 \Rightarrow 2 = a(10) + 4 \Rightarrow -2 = 10a \Rightarrow a = -0.2 \frac{m}{s^2}$$

ب) نمودار $a-t$ متحرک را به $V-t$ تبدیل کرده و سپس با استفاده از مساحت زیر $V-t$ جابه جایی متحرک را پیدا می کنیم:

$$\Delta x = 10 + (-10) = 0 \text{ m}$$

باسج ۱۱

الف) سرعت در این بازه برابر شیب خط نمودار $x-t$ است.

الف) $x = vt + x_0 = (\frac{10}{20})t + 10 = 0.5t + 10$

ب) $\bar{s}_{av} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m} + 0 + 20 \text{ m}}{50} = 0.6 \frac{m}{s}$

ج) چون در این بازه مکان متحرک ثابت است پس معادله ی حرکت آن $x = 20 \text{ m}$ می شود.

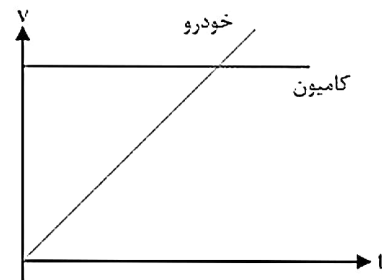
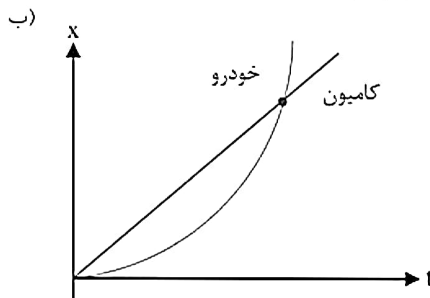
باسج ۱۲

معادله ی $x-t$ هر متحرک (الف)

$$\begin{cases} x_{\text{خودرو}} = \frac{1}{2}(2)t^2 + V_0 t + x_0 = t^2 + x_0 \\ x_{\text{کامیون}} = 10t + x_0 \end{cases}$$

پس با مساوی قرار دادن معادله ی $x-t$ هر متحرک داریم:

جایگذاری در یکی از روابط بالا $t^2 + x_0 = 10t + x_0 \Rightarrow t = 10 \text{ s} \rightarrow x = 10^2 = 100 \text{ m}$



فصل دوم

دینامیک

۱۰ - ۹ نمره

(۱) بارم فصل در امتحان میان ترم

۴/۵ - ۳/۵ نمره

(۲) بارم فصل در امتحان نهائی (پایان ترم)

صفحه ۲۸ تا ۵۲

(۳) شماره صفحات در کتاب درسی

۱۷ مورد

(۴) پوشش حفضیات فصل

۲۹ مورد

(۴) موارد سوال در مبحث IQ

۱۲ سؤال

(۵) تعداد سؤالات آزمون تکمیلی آخر فصل



حفظیات و نکات مهم فصل

- ✓ قانون اول نیوتن: یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند مگر آن که نیروی خالص بر آن وارد شود.
- ✓ طبق قانون اول اگر به جسمی نیروی ناگهانی وارد شود جسم تمایل دارد حالت قبلی خود را حفظ کند که به این تمایل لختی گفته می شود.
- ✓ طبق قانون دوم نیوتن شتاب هر جسم با برآیند نیروهای وارده بر آن رابطه مستقیم و در جهت آن است ولی با جرم جسم رابطه عکس دارد.
- ✓ طبق قانون دوم نیوتن، یک نیوتن برابر با مقدار نیروی خالصی است که به جسمی به جرم 1 kg شتاب 1 m/s^2 می دهد.
- ✓ طبق قانون سوم هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه ولی در خلاف جهت وارد می کند.
- ✓ چند ویژگی نیروهای کنش و واکنش را نام ببرید. (۱) هم راستا (۲) هم اندازه (۳) خلاف جهت (۴) هم نوع (۵) برآیند آنها صفر نیست.
- ✓ نیروی مقاومت شاره در خلاف جهت حرکت جسم بر آن وارد می شود. و به تندی جسم و ابعاد (حجم) آن بستگی دارد.
- ✓ تندی حدی: در سقوط اجسام از ارتفاع هنگامی که نیروی مقاومت شاره برابر با وزن جسم شود. تندی آن ثابت می ماند که به آن تندی حدی گفته می شود.
- ✓ نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است.
- ✓ وقتی کابل آسانسوری پاره شود شتاب آن همان g و ترازو عدد صفر را نشان می دهد.
- ✓ نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم و زبری و نرمی آن بستگی دارد.
- ✓ ثابت فنر به اندازه، شکل و ساختار فنر (جنس) آن بستگی دارد.
- ✓ نیروی سطح: به برآیند دو نیروی عمودی تکیه گاه و اصطکاک وارد بر هم جسم نیروی سطح گفته می شود.
- ✓ تکانه اجسام: برابر با حاصل ضرب جرم در سرعت اجسام است، کمیت برداری و واحد آن $\frac{\text{kg.m}}{\text{s}}$ است.

☒ نیروی وارد بر هر جسم برابر است با آهنگ تغییرات تکانه آن و تغییر تکانه هر جسم برابر با سطح زیر نمودار نیرو - زمان است.

☒ قانون گرانش عمومی نیوتن: بیان می کند نیروی گرانش میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصله ای آن ها نسبت وارون دارد.

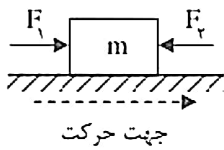
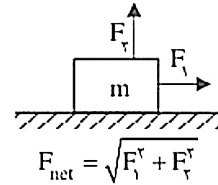
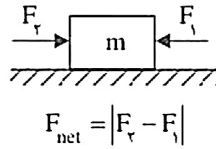
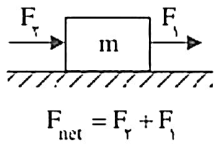
☒ مسافتی که خودرو از لحظه دیدن مانع تا ترمز گرفتن طی می کند مسافت واکنش و به مسافتی که خودرو از لحظه ترمز گرفتن تا توقف کامل طی می شود مسافت ترمز گفته می شود.



قانون اول نیوتن: بیان میکند یک جسم حالت سکون یا حرکت یکنواخت خود را حفظ میکند مگر آن که تحت تاثیر نیروی مجبور به تغییر حالت شود.

قانون دوم نیوتن: $a = \frac{F_{net}}{m} = \frac{\text{نیروی برآیند}}{\text{جرم}} \Rightarrow a_{\text{واحد}} = \frac{N}{kg}$

نکته: در محاسبه F_{net} باید به زاویه بین نیروهای وارد به جسم توجه کنید:



$F_1 = \text{نیروی محرک} \Rightarrow F_{net} = (F_{\text{محرک}}) - (F_{\text{مقاوم}})$
 $F_2 = \text{نیروی مقاوم}$

توجه داشته باشید در حالتی که دو نیروی خلاف جهت به جسم وارد می شود:

قانون سوم نیوتن

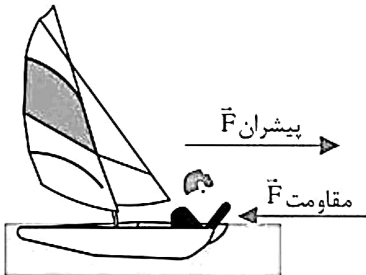
اگر جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند جسم دوم نیز به جسم اول نیروی به همان اندازه ولی در جهت مخالف وارد می کند. در شکل زیر دو بار ناهم نام بوم

نیروی بازده وارد می کنند که نیروهای کنش و واکنش آن را رسم کرده ایم

$$F_{12} = -F_{21} \quad \text{و} \quad |F_{12}| = |F_{21}| \quad \text{و} \quad q_1 > 0 \quad q_2 < 0$$

سوالات مهم

IQ1 مطابق شکل زیر به قایقی به جرم 500kg نیروی پیشران (نیروی موتور) F وارد شده و به آن شتاب $\frac{m}{s^2}$ می دهد اگر نیروی مقاوم



در مقابل حرکت قایق 200N باشد آنگاه مطلوبست تعیین موارد زیر:

الف) نیروی F چند نیوتن است؟

ب) پس از چند ثانیه قایق از حال سکون به سرعت $20 \frac{m}{s}$ می رسد؟

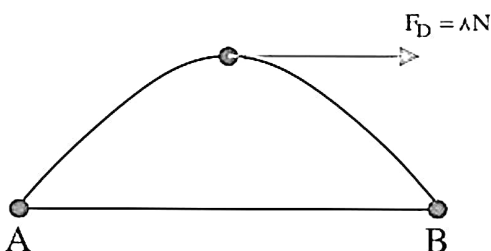
ج) جابه جایی قایق روی سطح آب بعد از گذشت 10 ثانیه چند متر است؟

IQ2 گلوله ای به جرم 600 گرم مطابق شکل زیر به سمت بالا پرتاب شده است. با توجه به نیروهای رسم شده وارد به توپ در نقطه اوج

به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) بردار شتاب توپ در نقطه اوج بر حسب i و j

ب) گلوله از نقطه A پرتاب شده است یا B؟

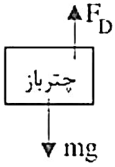


ج) اندازه شتاب گلوله در نقطه اوج

تعریف نیروی مقاومت شاره

این نیرو در حلقه همان نیروی اصطکاکی است که از طرف هوا به جسم و در خلاف جهت حرکت آن وارد می شود، به دو عامل تندی و ابعاد جسم بستگی دارد به طوریکه هر چه تندی جسم بیشتر و حجم آن بزرگتر باشد مقدار نیروی مقاومت شاره هم بیشتر است. طبق متن کتاب درسی ما باید کاربرد این نیرو را در دو حرکت بررسی کنیم که در زیر به ذکر و بررسی آن ها می پردازیم:

حرکت چترباز: اگر چتربازی مدتی بعد از پرش چتر خود را باز کند آنگاه در مورد تغییرات نیروی وارد به آن می توان گفت:



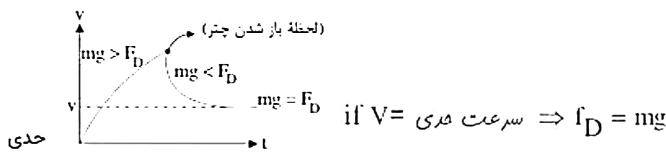
چترباز تندی پائین می آید $\rightarrow mg > F_D \rightarrow$ قبل از پرش

$F_D > mg$ بسیار زیاد شده $\rightarrow$ در لحظه باز شدن چتر

تا در تعویض $F_D = mg$ شود $\rightarrow$ سرعت و به دنبال آن F_D کم می شود $\rightarrow$ بعد از باز شدن چتر

نکته: هنگامی که در حرکت چترباز $F_D = mg$ می شود شتاب چترباز صفر و سرعت آن ثابت می ماند که به آن تندی صری گفته می شود پس نمودار سرعت

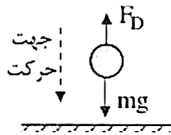
- زمان حرکت آن چنین می شود:



نکته: در حرکت چترباز پیشینه بزرگی شتاب آن در لحظه باز شدن چتر است اما به علت افزایش بسیار زیاد نیروی F_D در این لحظه این $a_{max} < 0$ می باشد.

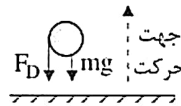
حرکت گلوله:

اگر گلوله را از سطح زمین به سمت بالا پرتاب کنیم آنگاه مقدار شتاب گلوله هنگام بالا رفتن و پائین آمدن آن چنین می شود:



$$a = \frac{F_{net}}{m} = \frac{mg - F_D}{m}$$

$$= \left[g - \frac{F_D}{m} \right]$$



$$a = \frac{F_{net}}{m} = \frac{-(mg + F_D)}{m}$$

$$= \left[-(g + \frac{F_D}{m}) \right]$$

سوالات مهم

1. الف) چتربازی به جرم 80 kg از یک ارتفاع بسیار بلند به طرف پائین پریده و بعد از مدتی چترش را باز می کند. اگر شتاب چترباز در این لحظه $6 \frac{m}{s^2}$ شود آنگاه اندازه ی نیروی مقاومت هوا وارد بر آن را در این لحظه به دست آورید.

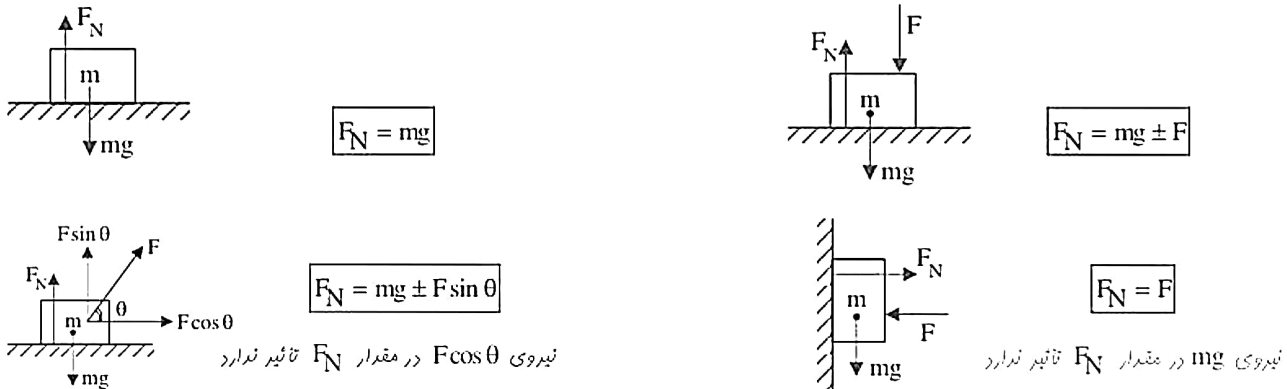
ب) در سؤال قبل نمودار تقریبی سرعت - زمان آن را از لحظه ی پرش تا رسیدن به سطح زمین رسم کنید.

ج) دو گلوله هم جرم که چگالی اولی دو برابر چگالی گلوله دوم است را از بالای ساختمانی رها می کنیم. با فرض ثابت ماندن نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گلوله، تعیین کنید سرعت رسیدن کدام گلوله به زمین بیشتر است؟

تابلوی سوم: نیروی عمودی تکیه‌گاه - آسانسور

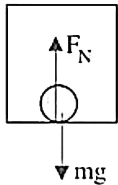
3-1 بررسی نیروی عمودی تکیه‌گاه

نیروی است که به طور عمودی از طرف تکیه‌گاه به جسم وارد می‌شود. نماد آن F_N و در چند شکل زیر که کاربرد بیش‌تری در سؤالات دارند به بررسی آن می‌پردازیم:



3-2 آسانسور

اگر جسمی به جرم m بر کف آسانسور قرار گیرد که با شتاب ثابت a در راستای قائم حرکت می‌کند آنگاه نیرویی که از طرف کف آسانسور به جسم وارد می‌شود چنین به دست می‌آید:



$$\begin{aligned} &\rightarrow F_N > mg \xrightarrow{F_{net}=ma} F_N - mg = ma \\ &\rightarrow mg > F_N \xrightarrow{F_{net}=ma} mg - F_N = ma \end{aligned}$$

اگر روابط بردست آمده در بالا را ساده کنیم $F_N = m(g \pm a)$ می‌شود که درباره‌ی این رابطه توجه به نکات زیر مهم است:

الف) تعاریف F_N و m

$$\begin{aligned} F_N &= \text{وزن ظاهری (۱)} & F_N &= \text{نیروی عمودی کف (۲)} & F_N &= \text{نیروی کشش کابل (۱)} \\ &\downarrow & &\downarrow & &\downarrow \\ m &= \text{جرم جسم (شخص)} & m &= \text{جرم جسم (شخص)} & m &= \text{جرم کل مجموعه} \end{aligned}$$

ب) تعیین علامت $\oplus$ و $\ominus$

$\oplus$ ← آسانسور تدرشونده رو به بالا یا کندشونده رو به پایین حرکت کند. $\ominus$ ← آسانسور کند شونده رو به بالا یا تدرشونده رو به پایین حرکت کند.

سؤالات مهم

IQ4 شخصی به جرم 60 کیلوگرم درون آسانسوری قرار دارد. اگر آسانسور با شتاب $\frac{m}{s^2}$ در حالی که رو به بالا حرکت می‌کند در حال

توقف باشد آنگاه:

الف) وزن ظاهری شخص

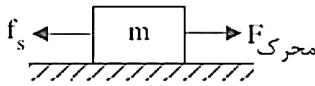
ب) نیروی عمودی کف آسانسور وارد به شخص بیشتر از وزن واقعی آن است یا کمتر؟

ج) در چه صورتی وزن ظاهری شخص بیش‌تر از 600N است؟

تابلوی چهارم: نیروی اصطکاک - نیروی کشسانی فنر

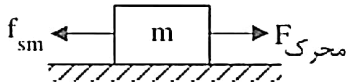
4-1) نیروی اصطکاک ایستایی (f_s)

این مدل از نیروی اصطکاک به اجسام ساکن وارد می‌شود و مانع از شروع حرکت آن است:



پس اگر جسم ساکن باشد f_s با نیروی محرک برابر است. $\Rightarrow a = 0 = F_{net} \Rightarrow f_s = F_{محرک}$

نکته: با افزایش F محرک $\leftarrow f_s$ زیاد شده $\leftarrow$ تا این که جسم در آستانه حرکت (لغزش) قرار می‌گیرد $\leftarrow$ آنگاه $f_s = \max$ می‌شود که این مقدار از رابطه زیر به دست می‌آید:



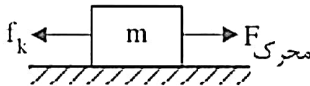
$$f_{sm} = \mu_s (F_N)$$

نیروی عمودی تکیه‌گاه

μ_s ضریب اصطکاک ایستایی نام دارد
بستگی به شرایط جسم و سطح دارد

4-2) نیروی اصطکاک جنبشی (f_k)

این مدل نیروی اصطکاک به اجسام در حال حرکت وارد شده و مانع از ادامه‌ی حرکت آن‌هاست:



$$\begin{cases} F_{net} = ma \Rightarrow F_{محرک} - f_k = ma \\ f_k = \mu_k (F_N) \end{cases}$$

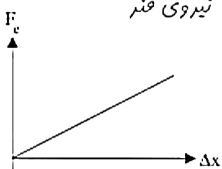
نیروی عمودی تکیه‌گاه

μ_k ضریب اصطکاک جنبشی نام دارد
به شرایط جسم و سطح وابسته است

نکته: دقت کنید موقعی که جسم به حرکت می‌افتد مقدار f_k آن ثابت است و در ضمن $\mu_k < \mu_s$ می‌باشد.

4-3) $F_e = k(\Delta x)$: تناسبی نیروی فنر

تغییر طول فنر ثابت فنر ($\frac{N}{m}$) نیروی فنر

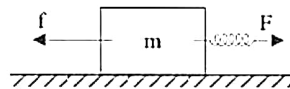


ثابت فنر $= \frac{F_e}{\Delta x} = k =$ شیب نمودار

$$\begin{cases} \text{طول فنر کم شود} \Rightarrow x_2 < x_1 \Rightarrow \Delta x < 0 \\ \text{طول فنر زیاد شود} \Rightarrow x_2 > x_1 \Rightarrow \Delta x > 0 \end{cases}$$

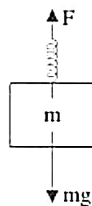
4-4) کاربرد فنر در سوالات

الف) سطح افقی



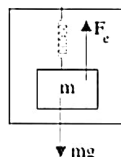
$$F_{net} = ma \Rightarrow \frac{F - f}{k\Delta x} = ma$$

ب) راستای قائم



$$F_{net} = ma \Rightarrow \frac{F - mg}{k\Delta x} = ma$$

ج) آسانسور



$$F_{net} = ma \Rightarrow \frac{F_e - mg}{k\Delta x} = ma \Rightarrow F_e = m(g \pm a)$$

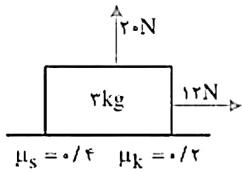
نکته: در مورد (ج) $\left. \begin{array}{l} \text{آسانسور بالا رود} \rightarrow \text{به علت رفتی} \rightarrow \text{جسم سرفای خود می‌ماند} \rightarrow \text{فنر به همراه آسانسور بالا رفته} \rightarrow \text{طول فنر زیاد می‌شود.} \\ \text{آسانسور پایین رود} \rightarrow \text{به علت افتی} \rightarrow \text{جسم سرفای خود می‌ماند} \rightarrow \text{فنر به همراه آسانسور پایین می‌آید} \rightarrow \text{طول فنر کم می‌شود.} \end{array} \right\}$



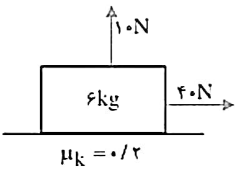
سوالات مهم

IQ5 در هر یک از شکل‌های زیر به سؤالات خواسته شده پاسخ دهید:

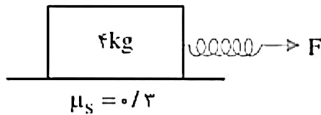
الف) محاسبه‌ی نیروی اصطکاک بین جسم و سطح



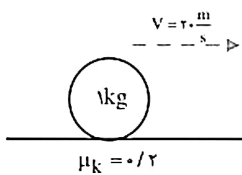
ب) اگر جسم در حال حرکت باشد چند ثانیه طول می‌کشد تا سرعت آن از $4 \frac{m}{s}$ به $10 \frac{m}{s}$ برسد؟



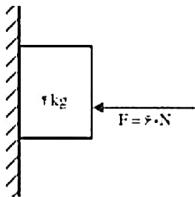
ج) در شکل مقابل اگر جسم در آستانه حرکت باشد تغییر طول فنر چند سانتی‌متر است؟ ($k = 100 \frac{N}{m}$)



د) در شکل مقابل جسم با سرعت $20 \frac{m}{s}$ پرتاب می‌شود آنگاه بعد از طی چه مسافتی می‌ایستد؟



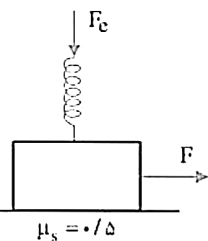
ه) اگر در شکل مقابل جسم با سرعت ثابت روی دیوار به پائین بلغزد آنگاه ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح دیوار چقدر است؟



IQ6 مطابق شکل جسمی به جرم 20 kg تحت تأثیر دو نیروی $F = 140 \text{ N}$ در راستای افقی و نیروی F_c قرار گرفته و فنر فشرده شده

است اگر جسم در آستانه حرکت باشد آنگاه: ($k = 2000 \frac{N}{m}$)

الف) تغییر طول فنر



ب) اگر فشردگی فنر بیشتر شود نیروهای زیر چه تغییری می‌کند؟

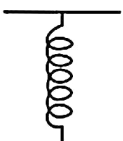
ج- اصطکاک ایستایی بیشینه

ب- نیروی عمودی تکیه‌گاه

الف- نیروی خالص

IQ7 مطابق شکل روبرو اگر فنر را با نیروی 2 N بکشیم طول آن 12 cm و اگر با نیروی 3 N فشرده کنیم طول آن 7 cm می‌شود.

الف) طول عادی فنر چند سانتی‌متر است؟

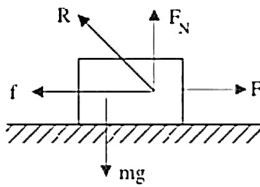


ب) وزنه‌ای به جرم 4 kg را به انتهای فنری به طول 20 cm که ثابت آن $100 \frac{N}{m}$ است بسته و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. اگر آسانسور

با شتاب ثابت $2 \frac{m}{s^2}$ از حال سکون به طرف بالا شروع به حرکت کند طول فنر چند سانتی‌متر می‌شود؟

تابلوی پنجم: نیروی سطح

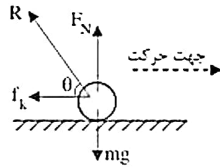
تعریف: 1-5



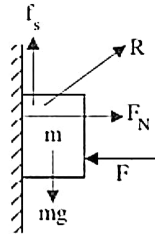
نیروی سطح برابر با بردار نیروی اصطکاک و نیروی عمودی تکیه‌گاه است، نماد آن R پس می‌توان نوشت:

$$R = F_N + f \rightarrow R = \sqrt{F_N^2 + f^2}$$

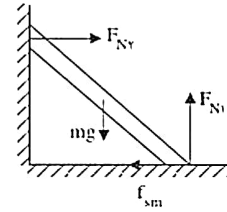
در سه شکل اصلی R بررسی



$$\begin{cases} R = (-f_k)\vec{i} + (F_N)\vec{j} \\ \tan\theta = \frac{F_N}{f_k} = \frac{1}{\mu_k} \end{cases}$$



$$R = (F_N)\vec{i} + (f_s)\vec{j}$$



$$\begin{cases} F_N = mg \quad \text{فرض: سطح قائم اصطکاک ندارد} \\ R = (-f_{sm})\vec{i} + (F_N)\vec{j} \\ f_{sm} = F_N \end{cases}$$

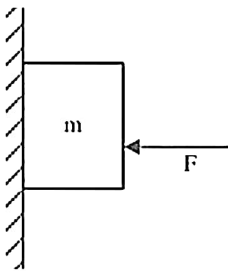
سوالات مهم

در شکل مقابل جسمی به جرم m توسط نیروی $F = 80 \text{ N}$ به دیواری فشرده شده است و جسم در آستانه‌ی حرکت روی آن قرار

دارد. به موارد زیر پاسخ دهید: ($\mu_s = 0.75$, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

الف) جرم جسم چند کیلوگرم است؟

ب) نیرویی که دیوار به جسم وارد می‌کند چند نیوتن است؟



تابلوی ششم: تکانه و روابط آن

تعریف تکانه: 6-1

فصل ضربه جرم در سرعت اجسام را کویند، کمیت برداری و نام دیگر آن اندازه حرکت یا ضربه است.

6-2 رابطه‌ی مناسبه: $p = mv \Rightarrow \Delta p = m(\Delta v) \Rightarrow p_{\text{واحد}} = \frac{\text{kgm}}{\text{s}}$

نکته: در رابطه $\Delta p = m(\Delta v)$ دقت کنید $\Delta v = v_2 - v_1$ است که این یک رابطه‌ی برداری است و بستگی به زاویه بین v_1 و v_2 دارد:

v_1 و v_2 هم جهت (الف)

$$\Delta v = v_2 - v_1$$

v_1 و v_2 خلاف جهت (ب)

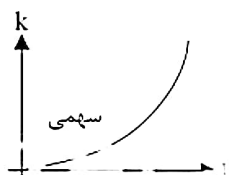
$$\Delta v = v_2 + v_1$$

v_1 عمود بر v_2 (ج)

$$\Delta v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

6-3 پس مسافت زیر نمودار نیرو - زمان برابر با تغییرات تکانه جسم است $\Rightarrow$ نیرو برابر با آهنگ تغییرات تکانه است $\Rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$: رابطه‌ی نیرو با تکانه

6-4 رابطه تکانه با انرژی جنبشی: $k = \frac{p^2}{2m}$

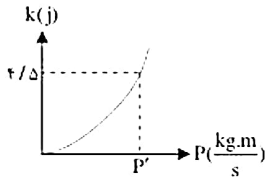
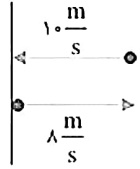




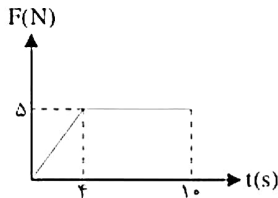
سوالات مهم

IQ در هر یک از سؤالات زیر به موارد خواسته شده پاسخ دهید:

الف) محاسبه‌ی تغییر تکانه توپی به جرم ۴ کیلوگرم



ب) محاسبه‌ی مقدار P' اگر جرم جسم ۴kg باشد:



ج) محاسبه‌ی تغییر سرعت جسمی به جرم ۲kg

تابلوی هفتم: قانون گرانش عمومی نیوتن

8-1 رابطه قانون عمومی گرانش نیوتن

دو جسم که در فضا قرار دارند و هیچ نیروی یکنواختی به هم وارد نمی‌کنند که این نیرو با حاصل ضرب جرم اجسام رابطه‌ی مستقیم و با میزور فاصله میان آن‌ها رابطه‌ی عکس دارد و می‌توان نوشت:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{12} = F_{21} = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \\ G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \end{array} \right.$$

F_{12} و F_{21} عمل و عکس العمل اند

8-2 نیروی گرانش زمین: حال اگر از میان دو جسم بالا یکی از آن‌ها زمین باشد آنگاه:

$$F = \frac{GMe m}{Re^2}$$

وزن جسم یا نیروی گرانش زمین به جسم

8-3 شتاب گرانش زمین

در رابطه‌ی بالا عبارت $\frac{GMe}{Re^2}$ را شتاب گرانش زمین روی جسم گویند پس می‌نویسیم:

$$F = \frac{GMe m}{Re^2} \Rightarrow F = mg$$

$$g = \frac{GMe}{Re^2} \approx 10 \frac{m}{s^2}$$

نکته: طبق رابطه به دست آمده برای شتاب گرانش در بالا می‌توان نوشت:

$$g_{سیاره} = \frac{G(M_{سیاره})}{(r_{سیاره})^2} \Rightarrow \frac{g_1}{g_2} = \frac{M_1}{M_2} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

نکته: اگر چگالی سیاره را در سؤالات به ما بدهند آنگاه:

$$g = \frac{Gm}{r^2} = \frac{G(\rho v)}{r^2} = \frac{G\rho \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)}{r^2} \Rightarrow g = \frac{4}{3}\pi G\rho r \Rightarrow g \propto \rho r$$

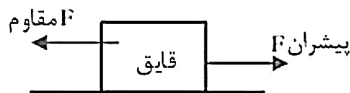
که در رابطه‌ی فوق ρ چگالی سیاره و شکل آن را که در نظر گرفته‌ایم.



سوالات مهم

IQ9 ماهواره‌ای روی مدار دایره‌ای در ارتفاع $h = 1600 \text{ km}$ از سطح زمین به دور آن می‌چرخد. شتاب گرانش وارد بر ماهواره در این فاصله چند برابر شتاب گرانش در سطح زمین است؟ ($R_e = 6400 \text{ km}$)

پاسخنامه سوالات IQ

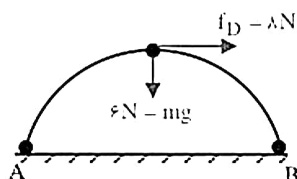


سوال 101

$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} \Rightarrow a = \frac{F - 200}{500} \Rightarrow F = 2200 \text{ N} \quad (\text{الف})$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} (4) (10)^2 = 200 \text{ m} \quad (\text{ج})$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{20}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \Delta s \quad (\text{ب})$$

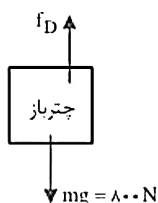


سوال 102

$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = \frac{4\hat{i} - 6\hat{j}}{0.6} = \frac{40}{3}\hat{i} - 10\hat{j} \quad (\text{الف})$$

(ب) چون در نقطه‌ی اوج f_D به سمت راست می‌باشد لذا گلوله از نقطه B پرتاب شده است.

$$|a| = \sqrt{\left(\frac{40}{3}\right)^2 + (-10)^2} = 16/6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (\text{ج}) \text{ با توجه به معادله‌ی شتاب می‌توان نوشت:}$$

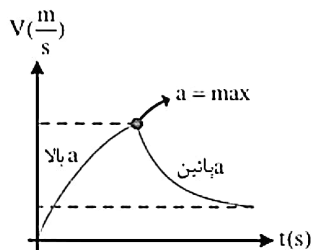


سوال 103

(الف) می‌دانیم در لحظه‌ی باز شدن چتر نیروی مقاومت هوا به طور ناگهانی بسیار زیاد شده و $f_D > mg$ می‌شود و طبق قانون دوم نیوتن می‌توان نوشت:

$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} \Rightarrow a = \frac{f_D - mg}{m} \Rightarrow 6 = \frac{f_D - 100}{100} \Rightarrow f_D = 1720 \text{ N}$$

(ب)



چتر باز تندشونده پائین می‌آید $\Rightarrow mg > f_D \Rightarrow$ قبل از باز شدن چتر
شتاب و سرعت بیشینه می‌شود $\Rightarrow f_D$ ناگهان بسیار زیاد می‌شود $\Rightarrow$ لحظه‌ی باز شدن چتر
چتر باز کندشونده پائین می‌آید $\Rightarrow f_D > mg \Rightarrow$ بعد از باز شدن چتر

در آخر حرکت چتر باز، $f_D = mg$ شده و $a = 0$ و چتر باز با تندی ثابتی معروف به تندی حدی پائین می‌آید.

(ج) طبق رابطه‌ی چگالی $(\rho = \frac{m}{V})$ می‌توان نوشت:

$$m = \text{ثابت} \Rightarrow \rho \propto \frac{1}{V}$$

$$\rho_1 > \rho_2 \Rightarrow V_1 < V_2 \Rightarrow f_{1D} < f_{2D}$$

حال طبق رابطه‌ی شتاب پائین آمدن گلوله می‌توان نوشت:

$$a = \frac{mg - f_D}{m} = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{\text{ثابت } g, m} \text{رابطه عکس دارند } f_D, a \xrightarrow{f_{1D} < f_{2D}} a_1 > a_2$$

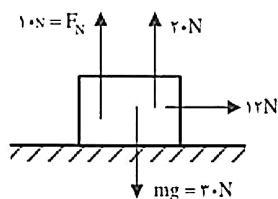
در نهایت برای مقایسه سرعت دو گلوله می‌توان نوشت:

$$V^2 - V_0^2 = 2a(\Delta x) \quad \text{رابطه مستقیم دارند } a, V \Rightarrow V_1 > V_2$$

(ب) کمتر، چون $F_N < mg$ است.

$$F_N = m(g - a) = 60(10 - 4) = 360 \text{ N} \quad (\text{الف}) \text{ چون آسانسور کندشونده بالا می‌رود پس،}$$

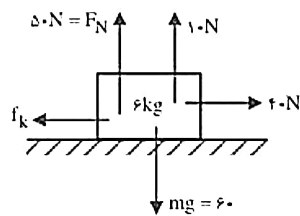
(ج) در صورتی که جهت شتاب آسانسور رو به بالا باشد.



سوال 104

$$f_{sm} = \mu_s (F_N) = 0.4(10) = 4 \text{ N} \quad (\text{الف ابتدا } f_{sm} \text{ را محاسبه می‌کنیم:})$$

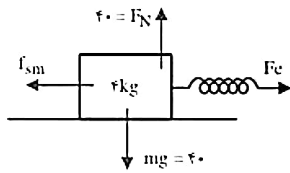
$$F_{\text{محرک}} = 12 \text{ N} > f_{sm} \Rightarrow \text{جسم حرکت می‌کند} \Rightarrow f_k = \mu_k (F_N) = 0.2(10) = 2 \text{ N}$$



$$f_k = \mu_k (F_N) = \frac{2}{10} (10) = \boxed{2 \text{ N}}$$

(ب)

$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \frac{10 - 10}{6} = \frac{6}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{6}{5} \text{ s} = \boxed{1.2 \text{ s}}$$

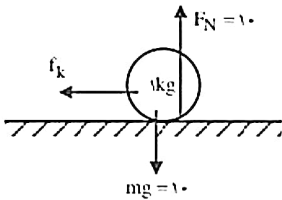


$$F_e = f_{sm} \Rightarrow k(\Delta x) = \mu_s (F_N)$$

(ج)

$$100(\Delta x) = 0.2(40) \Rightarrow \Delta x = 0.08 \text{ m} = \boxed{8 \text{ cm}}$$

(د) هنگام پرتاب جسم نیروی محرک قطع شده و فقط نیروی اصطکاک به جسم وارد می شود پس می توان نوشت:



$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = \frac{0 - f_k}{m} = \frac{-\mu_k mg}{m} = -\mu_k g \Rightarrow a = -0.2 \times 10 = \boxed{-2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

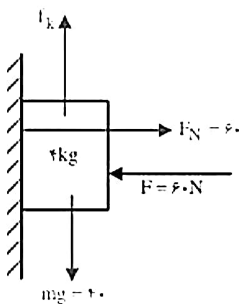
حال با استفاده از معادله ی مستقل از زمان می توان نوشت:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 400 = 2(-2)(\Delta x) \Rightarrow \boxed{\Delta x = 100 \text{ m}}$$

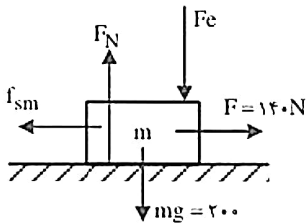
$$\text{سرعت ثابت} \Rightarrow F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow f_k = mg \Rightarrow \mu_k (F_N) = mg$$

(ه)

$$\Rightarrow \mu_k (60) = 40 \Rightarrow \boxed{\mu_k = \frac{2}{3}}$$



توضیح 106



(الف) چون جسم در آستانه ی حرکت است لذا می توان نوشت:

$$f_{sm} = F \Rightarrow \mu_s (F_N) = 140 \Rightarrow 0.4(F_N) = 140 \Rightarrow F_N = 350 \text{ N}$$

$$F_N = 350 = F_e + 200 \Rightarrow \boxed{F_e = 150}$$

$$F_e = k\Delta x \Rightarrow 150 = 2000\Delta x \Rightarrow \Delta x = 0.075 \text{ m} = \boxed{7.5 \text{ cm}}$$

(ب) با افزایش فشردگی فنر نیروی F_e زیاد می شود پس می توان نوشت:

(الف) $F_{\text{net}} = 171 \text{ N} \Rightarrow \text{صفر} \Rightarrow F_{\text{net}} = \text{ثابت}$

(ب) $F_N = mg + F_e$

(پ) $f_{sm} = \mu_s (F_N)$

توضیح 107

با توجه به معادله ی هوک می توان نوشت:

(الف)

$$F = k(\Delta x) \begin{cases} \text{کشیدگی} \Rightarrow 2 = k(12 - x_1) \\ \text{فشردگی} \Rightarrow 3 = k(x_1 - 7) \end{cases} \xrightarrow{\text{تقسیم ۲ رابطه}} \frac{2}{3} = \frac{12 - x_1}{x_1 - 7} \Rightarrow \Delta x_1 = 5 \Rightarrow \boxed{x_1 = 17 \text{ cm}}$$

در ابتدا به قسمت قبل طول اولیه ی فنر را در یکی از معادلات می گذاریم تا ثابت فنر به دست آید:

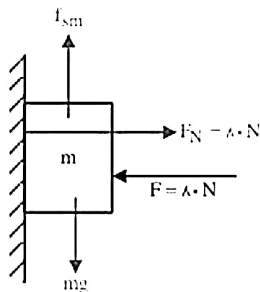
$$2 = k(12 - 10) \Rightarrow k = 1 \frac{\text{N}}{\text{cm}} = \boxed{100 \frac{\text{N}}{\text{m}}}$$

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_e - mg \Rightarrow k(\Delta x) = m(g + a) \Rightarrow 100\Delta x = 4(10 + 2) \Rightarrow \Delta x = 0.48 \text{ m} = \boxed{48 \text{ cm}}$$

(ب) سپس طبق قانون دوم نیوتن می توان نوشت:

در نهایت به علت لختی فنر سر جای خود باقی بماند اما چون آسانسور می خواهد بالا برود لذا فنر کشیده می شود پس: $x_{\text{نهایی}} = 20 + 48 = \boxed{68 \text{ cm}}$

الف) ابتدا نیروهای وارد به جسم را رسم کرده و سپس می‌نویسیم:



$$\left\{ \begin{array}{l} \Rightarrow f_{sm} = \mu_s (F_N) = 0.75(80) = \boxed{60 \text{ N}} \\ F_{net} = 0 \Rightarrow mg = f_{sm} \Rightarrow m \times 10 = 60 \Rightarrow \boxed{m = 6 \text{ kg}} \end{array} \right.$$

ب) از طرف دیوار دو نیروی F_N و f_{sm} به جسم وارد می‌شود که برآیند آن‌ها چنین به دست می‌آید:

$$F_N \perp f_{sm} \Rightarrow R = \sqrt{F_N^2 + f_{sm}^2} = \sqrt{80^2 + 60^2} = \boxed{100 \text{ N}}$$

الف) چون زاویه بین بردارهای سرعت 180° درجه است پس:

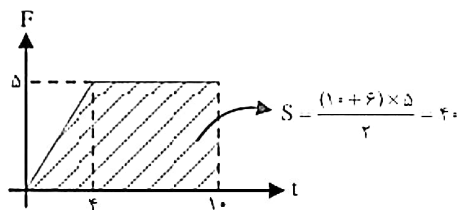
$$\Delta V = V_f + V_i = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta p = m(\Delta v) = 4(18) = 72 \frac{\text{kgm}}{\text{s}}$$

$$k = \frac{\rho' r}{r m} \Rightarrow \frac{r}{\Delta} = \frac{\rho' r}{r(f)} \Rightarrow \rho' r = r f \Rightarrow \boxed{\rho' = 6 \frac{\text{kgm}}{\text{s}}}$$

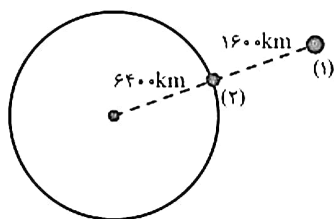
ب) با توجه به رابطه بین انرژی جنبشی و تکانه جسم می‌توان نوشت:

ج) مساحت زیر نمودار $F-t$ برابر تغییرات تکانه جسم است پس:

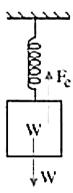
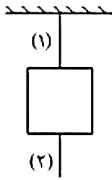


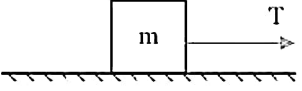
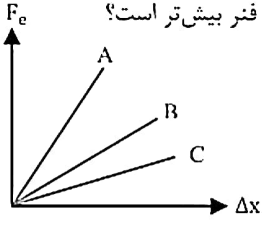
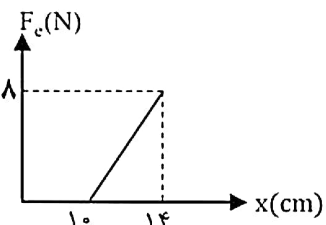
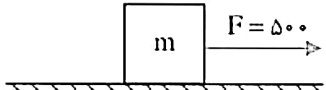
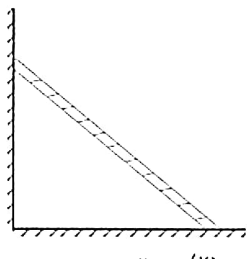
$$\Delta p = m(\Delta v) \Rightarrow 40 = 2 \Delta v \Rightarrow \boxed{\Delta v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

با توجه به شکل زیر می‌توان نوشت:



$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{\frac{G m_1}{(16000 + 6400)^2}}{\frac{G m_2}{6400^2}} = \left(\frac{6400}{8000} \right)^2 \Rightarrow \frac{g_1}{g_2} = \left(\frac{4}{5} \right)^2 = \boxed{\frac{16}{25}}$$

ت. ۱۴۸۱ خ	۱- در هر یک از سؤالات زیر به موارد خواسته شده پاسخ دهید: (الف) اگر جسمی با سرعت ثابت حرکت کند نیروهای وارد بر جسم متوازن (هستند - نیستند)
ر. ۱۴۸۱ خ	(ب) وزن یک جسم در سطح سیاره‌های مختلف یکسان است. (صحیح - غلط)
ر. ۱۴۸۱ خ	(ت) هر چه ثابت فنر کم‌تر باشد، فنر سخت‌تر است. (صحیح - غلط)
ر. ۱۴۸۱ ش	(ث) اگر فاصله ماهواره از مرکز زمین نصف شود نیروی گرانش وارد بر ماهواره (دو برابر - چهار برابر) می‌شود.
ر. ۱۴۸۱ د	(ج) در نمودار نیروی کشسانی بر حسب تغییر طول، هر چه ثابت فنر کم‌تر باشد، شیب نمودار بیش‌تر است. (صحیح - غلط)
ر. ۱۴۸۱ خ	(ر) معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح از ضریب اصطکاک ایستائی است.
ر. ۱۴۸۱ ش	(و) جهت نیروی وزن یک جسم بر مکانی که جسم در آن قرار دارد، وابسته (است - نیست)
ر. ۱۴۸۱ ش	(ه) برای اعمال نیرو بین دو جسم (باید - نیازی نیست) دو جسم در تماس با هم باشند.
ر. ۱۴۸۱ ش	(خ) نیروهای کنش و واکنش، اثرهای (متفاوتی - یکسان) در اجسام ایجاد می‌کنند.
ر. ۱۴۸۱ خ	(چ) مسافتی که خودرو از لحظه دیدن مانع تا توقف کامل طی می‌کند مسافت (واکنش - ترمز) نام دارد.
ت. ۱۴۸۱ ش	۲- به هر یک از سؤالات زیر پاسخ کوتاه بدهید: (الف) در چه شرایطی چتربازی که در حال سقوط است به تندی حدی می‌رسد؟
ت. ۱۴۸۱ ش	(ب) نمودار نیروی گرانش وارد به یک ماهواره را بر حسب فاصله از سطح زمین به طور کیفی رسم کنید.
ر. ۱۴۸۱ ش	(پ) چتربازی در هوای آرام در امتداد قائم در حال سقوط است. واکنش هر یک از نیروهای آن به چه جسمی وارد می‌شود؟
ر. ۱۴۸۱ ش	(ت) چرا حرکت سریع مقوائی که یک سکه روی آن است سبب سقوط سکه می‌شود؟
ر. ۱۴۸۱ د	(ج) دو دلیل بیاورید که چرا در شکل مقابل F_g و W کنش و واکنش نیستند؟ 
ر. ۱۴۸۱ خ	(ر) موتور یک سفینه فضائی که خارج از جو زمین از کار می‌افتد، حرکت بعدی آن چگونه است؟
ر. ۱۴۸۱ خ	(و) هنگامی که با چکش به میخ ضربه می‌زنیم، حرکت چکش کند می‌شود. علت چیست؟
ت. ۱۴۸۱ د	(ه) در شکل روبه‌رو اگر نخ (۲) را به سرعت به سمت پائین بکشیم، احتمال پاره شدن کدام نخ بیش‌تر است؟ 
	(خ) در شکل مقابل اگر دو شخص به یکدیگر نیرو وارد کنند، بعد از جدا شدن آن‌ها از یکدیگر چه رابطه‌ای بین شتاب آن‌ها برقرار است؟  $m_1 = 60\text{kg}$ $m_2 = 20\text{kg}$

تهرپی دی ۱۴۰۱	۳- چتر بازی در هوای آرام و در امتداد قائم چتر خود را باز می کند و در ارتفاع ۶۰۰ متری سطح زمین به تندی خودی خود که $\frac{m}{s}$ است، می رسد. چند ثانیه طول می کشد تا چتر باز به سطح زمین برسد؟
تهرپی دی ۱۴۰۰	۴- جسمی را با طناب افقی مطابق شکل زیر می کشیم. نیروی اصطکاک جنبشی و مقاومت هوا در مقابل حرکت جسم 200 N و 400 N است. اگر سرعت خودرو ثابت باشد، نیروی کشش طناب چند نیوتن است؟ 
تهرپی دی ۱۴۰۱	۵- شخصی به جرم 60 kg روی یک ترازوی فنری داخل آسانسور ایستاده است. اگر ترازو عدد 500 N را نشان دهد، کدام گزینه صحیح است؟ حرکت آسانسور با سرعت ثابت است ☐ شتاب آسانسور می تواند رو به بالا یا رو به پایین باشد ☐ حرکت آسانسور تندشونده رو به بالا است ☐ حرکت آسانسور می تواند رو به بالا یا رو به پایین باشد ☐
ریاضی دی ۱۴۰۱	۶- مطابق شکل شخصی جسمی به جرم 100 kg را بر روی سطح افقی با نیروی $F = 500\text{ N}$ هل می دهد و جسم در آستانه حرکت قرار می گیرد:  الف) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح چقدر است؟ ب) اندازه نیروئی که سطح زمین به جسم وارد می کند را محاسبه کنید. $(g = 10 \frac{m}{s^2})$
	۷- الف) نمودار نیروی کشسانی وارد بر سه فنر بر حسب تغییر طول آن ها مطابق شکل زیر است. ثابت کدام فنر بیش تر است؟  ب) نمودار نیروی کشسانی وارد به فنری بر حسب طول آن مطابق شکل زیر است. به فنر چه نیرویی وارد کنیم که طول آن به $18/5\text{ cm}$ برسد؟ 
ریاضی ضررادر ۱۴۰۲	۸- به یک فنر قائم با ثابت k یک بار وزنه 1 نیوتنی و یک بار وزنه 8 نیوتنی آویزان می کنیم. اگر مقدار افزایش طول فنر در حالت دوم $3/5\text{ cm}$ بیش تر از حالت اول باشد، ثابت فنر چند $\frac{N}{cm}$ است؟ $(g = 10 \frac{N}{kg})$
تهرپی ضررادر ۱۴۰۲	۹- اگر شخصی جعبه ای را با نیروی $F = 500\text{ N}$ به حرکت در آورد، تغییر تکانه آن را 2 ثانیه پس از شروع حرکت حساب کنید. $(g = 10 \frac{N}{kg})$ 
مثال ۲-۱ عشقته ضررادر کتاب، درسی	۱۰- در شکل روبه رو نردبانی به جرم 40 kg به دیوار قائم بدون اصطکاک تکیه داده شده است. اگر نردبان در آستانه سر خوردن باشد: الف) زمین به نردبان چه نیروئی وارد می کند؟ ب) چه نیروئی از دیوار به نردبان وارد می شود؟ ج) نیروی زمین به نردبان را بر حسب بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید.  $\mu_s = 0.75$

سؤال ۱۲ نصفه آن کتاب درسی	۱۱- وزنه‌ای به جرم ۲kg را به انتهای فنری به طول ۱۲cm که ثابت آن $۲۰ \frac{N}{cm}$ است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت $۲ \frac{m}{s^2}$ از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند، طول فنر به چند سانتی‌متر می‌رسد؟
سؤال ۱۸ نصفه آن کتاب درسی	۱۲- الف) دو جسم در فاصله ۲۰m از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی $۱۳/۲ \times ۱۰^{-۱۰} N$ جذب می‌کنند. اگر جرم یکی از اجسام ۵۰kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟ $(G = ۶/۶ \times ۱۰^{-۱۱} \frac{N.m^2}{kg^2})$ ب) در چه ارتفاعی از سطح زمین وزن یک شخص به $\frac{۱}{۴}$ برابر مقدار خود در سطح زمین می‌رسد؟ ج) اگر جرم ماهواره ای ۲۵۰kg باشد وزن آن در ارتفاع ۳۶۰۰km از سطح زمین چقدر خواهد شد؟ $(M_e = ۶ \times ۱۰^{۲۴} kg, R_e = ۶۴۰۰ km)$

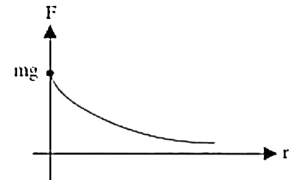
پاسخنامه سؤالات تکمیلی

پاسخ ۱

- الف) هستند (ب) غلط (پ) غلط (ت) چهار برابر (ث) غلط (ج) کمتر (و) نیست
ه) نیازی نیست (خ) متفاوت (چ) واکنش

پاسخ ۲

الف) اگر نیروی مقاومت هوا وارد بر چتر باز با نیروی وزن آن برابر باشد



(پ) به زمین و هوا وارد می شود.

(ب)

(ت) به علت لختی جسم می خواهد سر جای خود باقی بماند امام چون تکیه گاهی بر آن نیست سکه سقوط می کند.

(ج) چون از دو جنس متفاوت هستند ($F_c =$ نیروی کشسانی ، $w =$ نیروی گرانشی)

(ر) با سرعت ثابت به حرکت خود بر خط راست ادامه می دهد. (و) چون میخ هم بر چکش نیرویی در خلاف جهت وارد می کند.

(ه) نخ پائینی به علت لختی نیروی دست فرصت پیدا نمی کند به نخ بالائی وارد می شود و به همین دلیل نخ پائینی پاره می شود.

$$F_{12} = -F_{21} \Rightarrow m_2 a_2 = -m_1 a_1 \Rightarrow 2 a_2 = -6 a_1 \Rightarrow \boxed{a_2 = -3 a_1}$$

(خ)

پاسخ ۳

$$\Delta x = V(\Delta t) \Rightarrow 600 = 50t \Rightarrow \boxed{\Delta t = 12s}$$

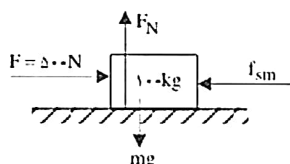
چون هنگامی که به تندی حدی برسد سرعت جسم ثابت و حرکت آن یکنواخت می شود پس:

پاسخ ۴

گزینه ۴ صحیح است چون:

$$\left. \begin{array}{l} \text{شتاب رو به پائین} \Rightarrow w < \text{عدد تراز} \\ \text{حرکت آسانسور می تواند رو به بالا یا پائین باشد} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{وزن واقعی} = mg = 600N \\ \text{عدد ترازو} = 500N \end{array}$$

پاسخ ۵



$$f_{sm} = F \Rightarrow \mu_s (F_N) = 100 \Rightarrow \mu_s (1000) = 100 \Rightarrow \boxed{\mu_s = 0.1}$$

الف)

(ب) برآیند دو نیروی f_{sm} و F_N است پس:

$$F_N \perp f_{sm} \Rightarrow R = \sqrt{F_N^2 + f_{sm}^2} = \sqrt{(1000)^2 + 50^2} = \boxed{50\sqrt{5}}$$

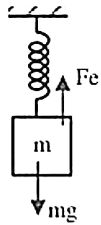
الف) شیب نمودار معرف ثابت فنر است پس می توان نوشت : $K_A > K_B > K_C$

(ب) طبق قانون هوک می توان نوشت :

$$F_c = K(\Delta x) \Rightarrow \lambda = k(0.04) \Rightarrow K = \frac{\lambda}{0.04} = \boxed{200 \frac{N}{m}}$$

$$F_c = K(\Delta x) \Rightarrow F_c = 200 \cdot \left(\frac{18/5 - 10}{100} \right) = \boxed{17N}$$

طبق معادله‌ی هوک می‌توانیم بنویسیم:

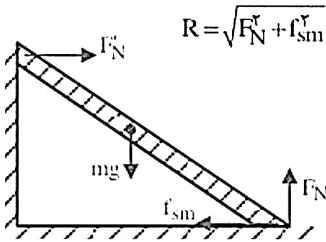


$$F_e = mg \Rightarrow k(\Delta x) = mg \Rightarrow \Delta x = \frac{mg}{k}$$

$$\Delta x_2 - \Delta x_1 = 2 / \Delta cm \Rightarrow \frac{\Delta}{k} = \frac{1}{k} = 2 / \Delta \Rightarrow \frac{1}{k} = 2 / \Delta \Rightarrow k = 2 \frac{N}{cm}$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \Delta p = F \Delta t = 50 \cdot (2) = 100 \cdot N$$

طبق رابطه‌ی نیرو با تکانه جسم می‌توان نوشت:



$$R = \sqrt{F_N^2 + f_{sm}^2} = \sqrt{400^2 + 300^2} = 500 \cdot N$$

$$F_N = mg = 400 \cdot N$$

$$f_{sm} = \mu_s (F_N) = \frac{3}{4} \times 400 = 300 \cdot N$$

(الف)

$$F_N = f_{sm} = 300 \cdot N \quad (\text{ب})$$

$$\vec{R} = (-f_{sm})\vec{i} + (F_N)\vec{j} = -300\vec{i} + 400\vec{j} \quad (\text{ج})$$

چون آسانسور از حال سکون شروع به حرکت می‌کند حرکت تندشونده و چون رو به بالا است پس:

$$F_e = m(g + a) \Rightarrow k(\Delta x) = m(g + a) \Rightarrow 2 \cdot \Delta x = 2(10 + 2) \Rightarrow 2 \cdot \Delta x = 24 \Rightarrow \Delta x = 12 \text{ cm}$$

$$x_{\text{نهایی}} = 12 + 12 = 24 \text{ cm}$$

چون نیروی وارد بر فنر باعث کشیده شدن آن می‌شود پس می‌توان نوشت:

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow 13 / 2 \times 10^{-10} = \frac{6 / 6 \times 10^{-11} \times 50 \cdot m_2}{400} \Rightarrow m_2 = 160 \cdot \text{kg}$$

(الف) طبق قانون عمومی گرانش نیوتن می‌توان نوشت:

$$w = mg \Rightarrow \frac{w_h}{w_e} = \frac{g_h}{g_e} \Rightarrow \frac{1}{4} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{R_e}{R_e + h} \Rightarrow h = R_e$$

(ب) طبق معادله‌ی شتاب گرانش زمین می‌توانیم بنویسیم:

$$w = mg = m \frac{G m_e}{(R_e + h)^2} = 250 \times \frac{6 / 6 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(3600 + 6400)^2 \times 10^6} = 990 \cdot N$$

(ج)

فصل سوم

نویسان

۱ - ۰ نمره

(۱) بارم فصل در امتحان میان‌ترم

۲/۵ - ۱/۵ نمره

(۲) بارم فصل در امتحان نهائی (پایان‌ترم)

صفحه‌ی ۵۴-۶۰

(۳) شماره صفحه در کتاب درسی

۱۳ مورد

(۴) پوشش حفظیات فصل

۲۵ مورد

(۵) موارد سوال در مبحث IQ

۱۰ سؤال

(۶) تعداد سؤالات آزمون تکمیلی آخر فصل



حفظیات و نکات مهم فصل

✓ مدت زمانی که طول می‌کشد تا نوسانگر یک دور کامل بزند را دوره نوسان و به تعداد نوسان‌های کامل در مدت یک ثانیه بسامد (فرکانس) گفته می‌شود.

✓ در حرکت نوسانگر به سمت مبدأ، شتاب و نیروی وارد بر آن کاهش و سرعت آن زیاد می‌شود و اگر به سمت انتهای پاره خط نوسان برود تمام این تغییرات عکس می‌شود.

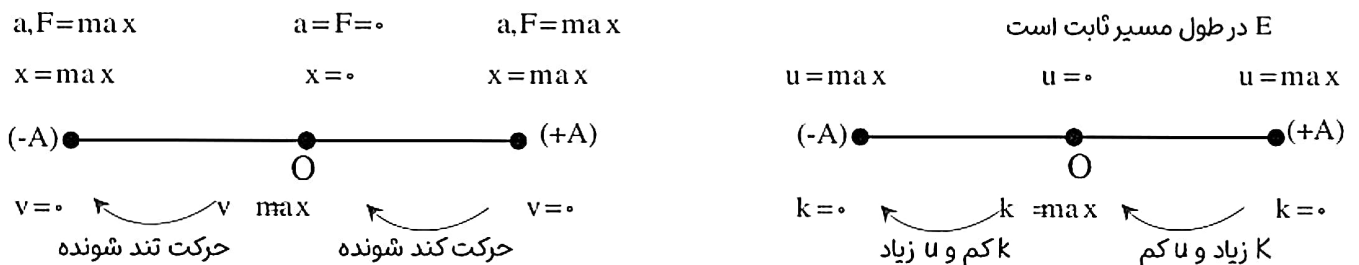
✓ علامت شتاب نوسانگر همواره قرینه مکان آن ولی همواره از نظر اندازه متناسب با آن می‌باشد.

✓ بیشترین فاصله‌ی نوسانگر از نقطه تعادل را دامنه نوسان (A) می‌نامند که در آن متحرک تغییر جهت می‌دهد.

✓ یکای فرکانس هرتز (Hz) و یکای بسامد زاویه‌ای رادیان بر ثانیه (rad/s) است.

✓ دوره تناوب سامانه جرم فنر با جذر جرم وزنه‌ی متصل به آن رابطه‌ی مستقیم و با جذر ثابت آن رابطه عکس دارد.

✓ تغییرات کمیت‌های مختلف روی پاره خط نوسان در حرکت هماهنگ ساده چنین است:



✓ اگر دامنه نوسان فنری دو برابر شود دوره نوسان آن ثابت و انرژی مکانیکی چهار برابر می‌شود.

✓ دوره تناوب آونگ به چه عواملی بستگی دارد؟ (۱) طول آونگ
 ⇐ دوره‌ی آونگ به جرم گلوله‌ی متصل به آن بستگی ندارد
 (۲) شتاب گرانش محل

✓ اگر آونگی را از سطح زمین بالاتر ببریم به علت کاهش شتاب گرانش محل، دوره‌ی آن افزایش می‌یابد.

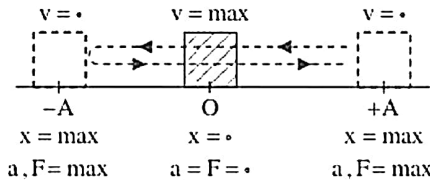
✓ الف) بسامد طبیعی: بسامد نوسانگر بدون حضور نیروی خارجی
 ب) بسامد واداشته: بسامد نوسانگر در حضور نیروی خارجی همانند تاب خوردن کودکی که به طور دوره‌ای هل داده می‌شود.

☑ پدیده تشدید را توضیح دهید. اگر بسامد طبیعی نوسانگری با بسامد واداشته آن برابر شود دامنه نوسان به بیشترین حالت خود می رسد که به این پدیده تشدید (رزونانس) می گویند.

☑ اگر آونگی را با بسامدی بیشتر از بسامد طبیعی هل دهیم دامنه نوسان آن بزرگتر از حالتی است که با بسامد طبیعی هل می دهیم. (درست - نادرست)

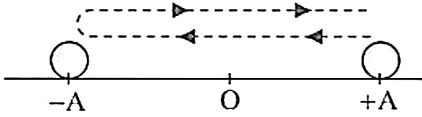
تابلوی اول: مشخصات حرکت هماهنگ ساده

1-1 بررسی کمیت‌های مختلف روی پاره‌خط نوسان



- $+A, -A =$ دامنه نوسان = max فاصله از مبدأ
- $O =$ نقطه تعادل (مبدأ مکان)
- شروع حرکت نوسانگر در شکل بالا نقاط $+A$ یا $-A$ می‌باشد

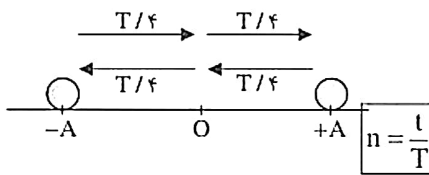
1-2 بررسی مسافت طی شده



- در هر دوره ۴ بار دامنه نوسان طی می‌شود $\Delta s = n(4A)$
- در هر دوره ۲ بار پاره‌خط نوسان طی می‌شود

1-3 بررسی زمان حرکت

مدت زمانی که طول می‌کشد تا نوسانگر یک دور کامل بزند را دوره نوسان (T) و به تعداد نوسان‌های کاملی که نوسانگر در $۱s$ می‌زند بسامد (f) گفته می‌شود:

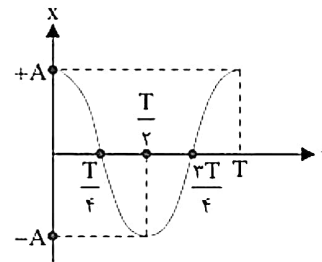


$$T = \frac{1}{f} \rightarrow \text{دوره و بسامد عکس یکدیگرند}$$

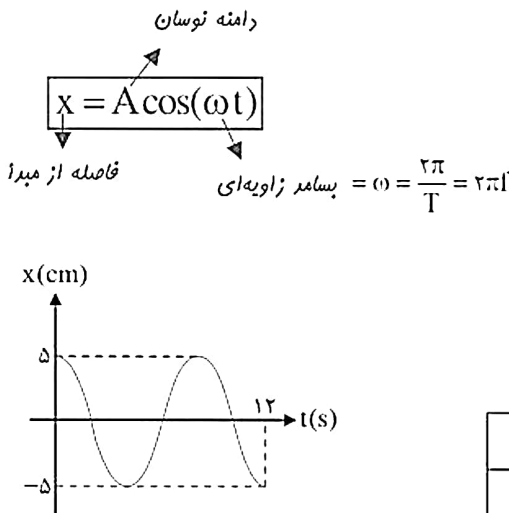
نکته: اگر نوسانگری در مدت t ثانیه n نوسان کامل انجام دهد:

1-4 معادله و نمودار مکان - زمان

در حرکت هماهنگ ساده معادله و نمودار مکان - زمان نوسانگر چنین است:



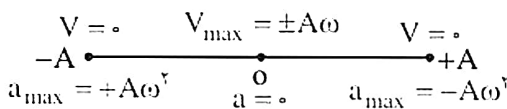
مثلاً در نمودار زیر معادله‌ی مکان - زمان نوسانگر چنین می‌شود:



$$\begin{aligned} \rightarrow A &= 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m} \\ \rightarrow 12 = \frac{6T}{4} \Rightarrow T &= 8 \text{ s} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{4} \\ \rightarrow x &= A \cos(\omega t) = 0.05 \cos\left(\frac{\pi}{4} t\right) \end{aligned}$$

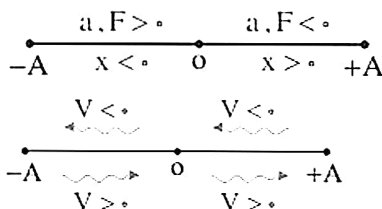
1-5 مقادیر شتاب و سرعت بیشینه نوسانگر

سرعت بیشینه نوسانگر از رابطه $(V_{\max} = A\omega)$ و شتاب نوسانگر از رابطه $(a = -\omega^2 x)$ به دست می‌آید



1-6 علامت کمیت‌های مختلف در حرکت هماهنگ ساده

الف) علامت a و F با علامت x قرینه است



ب) علامت V حرکت در جهت محور x $V > 0 \leftarrow x$
حرکت خلاف جهت محور x $V < 0 \leftarrow x$



سوالات مهم

IQ₁ معادله‌ی مکان - زمان نوسانگری در SI به صورت $X = 0.4 \cos(\pi t)$ است. مطلوبست تعیین موارد زیر:
الف) در هر دقیقه نوسانگر چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟

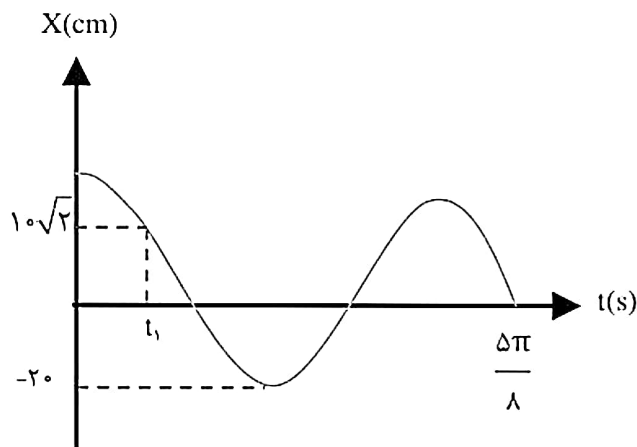
ب) چند ثانیه طول می‌کشد تا سرعت جسم برای اولین بار صفر شود؟

ج) چند ثانیه بعد از $t = 0$ سرعت نوسانگر برای دومین بار بیشینه می‌شود؟ این مقدار بیشینه چند است؟ ($\pi \simeq 3$)

د) رسم نمودار مکان - زمان

IQ₂ نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است. به سؤالات خواسته شده پاسخ دهید:

الف) محاسبه‌ی دوره



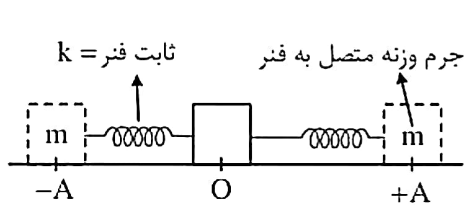
ب) معادله‌ی مکان - زمان

ج) لحظه‌ی t_1 برابر چند ثانیه است؟

د) بزرگی شتاب نوسانگر هنگامی که نوسانگر در انتهای پاره خط نوسان است؟

تابلوی دوم: سامانه‌ی جرم، فنر

الف) ابتدا می‌دانیم فنر تا هر کجا کشیده یا فشرده شود دامنه تا همان جا می‌شود و دوره‌ی آن از رابطه‌ی زیر قابل مقایسه است



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ب) } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \\ \text{ج) دوره‌ی فنر به دامنه‌ی نوسان آن بستگی ندارد} \end{array} \right.$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \times \frac{k_1}{k_2}}$$

ب) برای مقایسه تغییرات دوره‌ی فنر می‌توانیم از رابطه‌ی روبه‌رو استفاده کنیم:

سوالات مهم

IQ3 وزنه‌ای به جرم ۲kg را به فنری به ضریب ثابت $k = 50 \frac{N}{m}$ بسته و آن را روی سطح افقی به اندازه‌ی ۵cm از وضع تعادل

منحرف می‌کنیم تا بعد از رها شدن حرکت هماهنگ ساده انجام دهد. آنگاه: $(\pi = 3)$

الف) دوره‌ی فنر

ب) معادله‌ی مکان - زمان

ج) نوسانگر در مدت ۲۴ ثانیه چه مسافتی را طی می‌کند؟

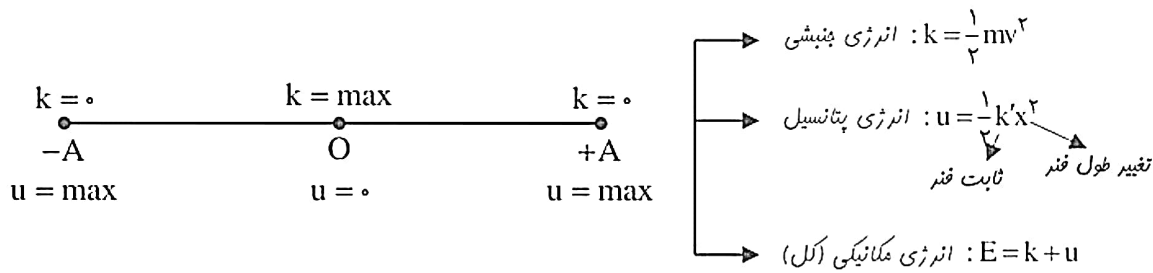
د) اگر جرم وزنه را ۶ کیلوگرم افزایش دهیم دوره تناوب فنر چند ثانیه زیاد می‌شود؟

ه) بیشینه تندی وزنه متصل به فنر

تابلوی سوم: انرژی نوسانگر

در این مبحث منظور از نوسانگر سامانه‌ی پرّم - فنر است که سه مدل از انواع انرژی آن را در زیر بررسی می‌کنیم:

بررسی انواع انرژی نوسانگر



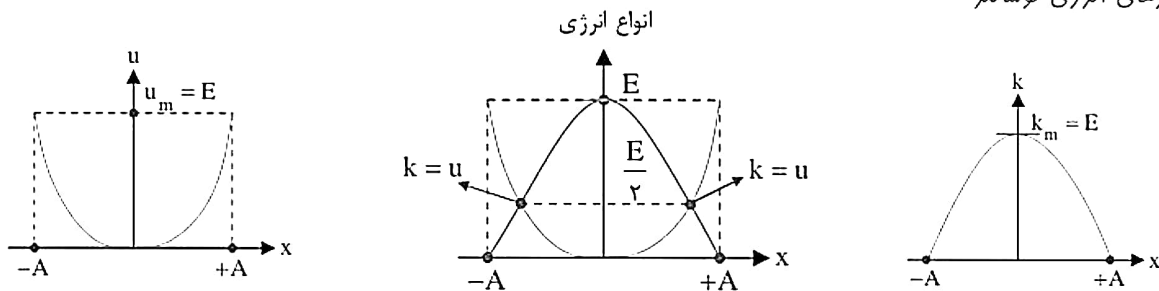
تذکر: از رابطه‌ی $u = \frac{1}{2}k'x^2$ سؤال مطرح نمی‌شود اما بهتر است برای فهم بهتر و حل راحت‌تر سؤالات این رابطه را یاد بگیرید.

روابط انرژی مکانیکی نوسانگر: اگر m پرّم نوسانگر، A همان دامنه و k' ثابت فنر باشد آنگاه انرژی مکانیکی آن طبق یکی از روابط زیر به دست می‌آید:

الف) $E = k_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 \rightarrow$ اگر پرّم و دوره‌ی نوسانگر معلوم باشد

ب) $E = u_{\max} = \frac{1}{2}k'x_{\max}^2 = \frac{1}{2}k'A^2 \rightarrow$ اگر ثابت فنر معلوم باشد

نمودارهای انرژی نوسانگر



سوالات مهم

IQ4 معادله‌ی مکان - زمان نوسانگری در SI به صورت $X = \frac{A}{2} \cos(20\pi t)$ است. به موارد زیر پاسخ دهید:

الف) اگر جرم نوسانگر ۲۰ گرم باشد انرژی مکانیکی آن چند ژول است؟ ($\pi^2 \cong 10$)

ب) در لحظه‌ای که پتانسیل نوسانگر ۳ برابر انرژی جنبشی آن می‌شود تندی چند $\frac{m}{s}$ است؟

ج) بزرگی شتاب نوسانگر در لحظه‌ی $t = \frac{1}{60}s$ ؟ ($\pi^2 = 10$)

د) رسم نمودار انرژی پتانسیل بر حسب انرژی جنبشی نوسانگر هنگامی که انرژی پتانسیل آن $\frac{1}{4}A$ است.

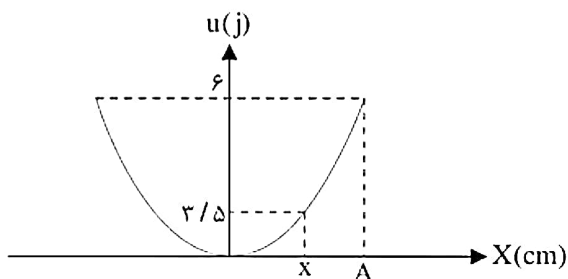


سوالات مهم

IQ5 نمودار انرژی پتانسیل بر حسب مکان برای یک نوسانگر جرم - فنر مانند شکل است. اگر جرم نوسانگر ۲۰۰ گرم و ثابت

فنر $\frac{300}{m}$ N باشد:

الف) دامنه نوسانگر



ب) تندی نوسانگر در مکان X

ج) محاسبه انرژی جنبشی نوسانگر هنگامی که مقدار آن نصف انرژی پتانسیل آن است؟

تابلوی چهارم: آونگ ساده

441 مشاهده می‌شود: اگر آونگ دامنه‌ی نوسان کمی داشته باشد دارای حرکت هماهنگ ساده است که دوره و بسامد زاویه‌ای آن طبق رابطه‌ی زیر به

دست می‌آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \begin{cases} \rightarrow l = \text{طول آونگ} \\ \rightarrow g = \text{شتاب گرانش محل} \end{cases} \Rightarrow \text{بسامد زاویه‌ی آونگ} \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

442 T تغییر $\rightarrow$ l تغییر $\rightarrow$ آونگ پرپره یا کشیده شود
 443 روشن‌های تغییر طول
 444 T زیاد می‌شود $\Rightarrow$ طول آونگ زیاد $\Rightarrow$ دمای محیط را زیاد کنیم
 445 T کم می‌شود $\Rightarrow$ طول آونگ کم $\Rightarrow$ دمای محیط را کم کنیم

446 روشن‌های تغییر شتاب گرانش
 447 $g'_{\text{آونگ}} = g \pm a \rightarrow$ آونگ را در آسانسور بگذاریم
 448 m جرم و r فاصله از مرکز سیاره است $\rightarrow g = \frac{Gm}{r^2} \rightarrow$ آونگ را به ارتفاعات یا سیارات دیگر ببریم

در فصل دینامیک $\pm$ توضیح داریم



سوالات مهم

IQ6 الف) ساعتی آونگ دار در سطح زمین به نوسان در می‌آوریم و در هر دقیقه نوسانگر ۲۰ نوسان کامل انجام دهد طول آونگ چقدر است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2}, \pi = 3)$

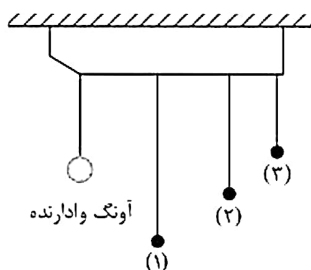
ب) اگر این ساعت را به سطح سیاره‌ای ببریم که شتاب گرانش آن $\frac{1}{4}$ شتاب گرانش در محل زمین باشد، دوره نوسان آن چند ثانیه می‌شود؟

ج) در قسمت (ب) تعیین کنید ساعت در طول شبانه روز چند ساعت عقب یا جلو می‌افتد؟

تابلوی پنجم: پدیده‌ی تشدید

5.1 تعریف: هنگامی که بسامد نوسان‌های وارد شده با بسامد طبیعی یک آونگ برابر باشد آنگاه نوسانگر با بیش‌ترین دامنه نوسان می‌کند که در این حالت اصطلاحاً می‌گوئیم پدیده‌ی تشدید (رزونانس) رخ داده است

5.2 آونگ‌های بارتون: در شکل زیر یک آونگ با وزنه سنگین (آونگ وادارنده) و تعدادی آونگ سبک با طول‌های متفاوت را می‌بینید. هنگامی که آونگ وادارنده را تکان می‌دهیم آنگاه آونگی که هم‌طول با آن است (آونگ شماره ۲) با بیش‌ترین دامنه نوسان می‌کند.



$$\text{دامنه‌ی نوسان آونگ ۲ از بقیه بیش‌تر است} \Rightarrow l_2 = l_1 = l_3 = l_{\text{وادارنده}} \Rightarrow l_2 = l_1 = l_3$$

نکته: در شکل بالا اگر بسامد زاویه‌ای آونگ وادارنده در کسره‌ی ω_1 تا ω_2 نوسان‌کننده آنگاه آونگ‌هایی که بسامد زاویه‌ای آن‌ها در این محدوده هست، با دامنه بزرگ‌تری نوسان می‌کند.

نکته: در هنگام زمین‌لرزه احتمال فروریفتن ساختمان‌های نیمه‌بلند بیش‌تر از ساختمان‌های کوتاه و بلند است چون بسامد طبیعی این ساختمان‌ها نزدیک‌تر به بسامد نوسان‌های وارد شده حاصل از زمین‌لرزه است به همین علت دامنه‌ی ارتعاش آن‌ها زیاده و باعث فروریفتن آن‌ها می‌شود.



سوالات مهم

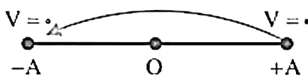
IQ7 در آزمایش آونگ‌های بارتون، آونگ وادارنده با بسامد $\frac{5}{9} \text{ Hz}$ را به همراه دو آونگ A و B به طول‌های به ترتیب ۲۴cm و ۵۴cm

در سطح کره‌ی ماه به نوسان در می‌آوریم. برای کدام آونگ پدیده‌ی تشدید رخ می‌دهد؟ چرا؟ $(g_{\text{ماه}} = 6 \frac{N}{kg})$

پاسخنامه سؤالات IQ

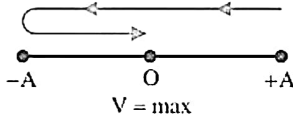
سؤال IQ1

الف) $\omega = \pi = \frac{v\pi}{T} \Rightarrow T = 2s \Rightarrow n = \frac{l}{T} = \frac{60}{2} = 30$ نوسان

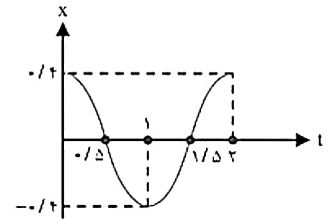


ب) $\Delta T = \frac{T}{2} = \frac{2}{2} = 1s$

ج) برای آنکه سرعت نوسانگر برای دومین بار بیشینه شود باید مسیری مثل شکل مقابل طی کند پس:



$$\begin{cases} \Delta t = \frac{rT}{4} = \frac{r(2)}{4} = 1/\Delta s \\ V_{max} = A\omega = 0.4 \times \pi = 0.4\pi \end{cases}$$



سؤال IQ2

ب)
$$\begin{cases} \omega = \frac{v\pi}{T} = \frac{2\pi}{\pi} = 2 \\ x = A\cos(\omega t) = 0.4\cos(2t) \end{cases}$$

الف) $\frac{\Delta T}{4} = \frac{\Delta\pi}{\lambda} \Rightarrow T = \frac{\pi}{2}$

ج) $x = A\cos(\omega t) \Rightarrow 1.0\sqrt{2} = 2.0\cos(\omega t_1) \Rightarrow \cos(\omega t_1) = \frac{\sqrt{2}}{2} = \cos(\frac{\pi}{4}) \Rightarrow \omega t_1 = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t_1 = \frac{\pi}{8}$

د) می دانیم در انتهای پاره خط نوسان $x=A$ پس: $|a| = \omega^2 x = \omega^2 A = 16(0.4) = 6.4 \frac{m}{s^2}$

سؤال IQ3

ب) $\omega = \frac{v\pi}{T} = \frac{2\pi}{1/2} = 4\pi \Rightarrow x = A\cos(\omega t) = 0.4\cos(4\pi t)$

الف) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{2}{400}} = \frac{\pi}{10} = 0.314s$

د) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{4\pi^2}{T^2} \Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{4\pi^2}{(1/2)^2} = 16\pi^2 \Rightarrow k = 16\pi^2 m$

ج) $n = \frac{l}{T} = \frac{24}{1/2} = 48$ نوسان
 $\Delta s = n(\Delta A) = 48(0.4) = 19.2cm = 0.192m$

د) $V_{max} = A\omega = \frac{0.4}{100} \times \frac{2\pi}{1/2} = \frac{0.4}{100} \times 4\pi = \frac{1.6\pi}{100} = \frac{1.6\pi}{100} \frac{m}{s}$

سؤال IQ4

الف) $E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{100} \times 4 \times 10^{-2} \times 4 \times \pi^2 = 1/6 J$

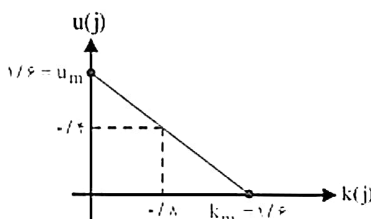
ب) $E = k \frac{1}{2} u^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} k u^2 \Rightarrow \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} k u^2 \Rightarrow A\omega = u \Rightarrow u = \frac{A\omega}{1} = \frac{0.4 \times 2\pi}{1} = 0.8\pi$

ج) ابتدا در لحظه $t = \frac{1}{6}s$ مکان نوسانگر را حساب می کنیم:

$|a| = \omega^2 x = 400\pi^2(0.4) = 1600\pi^2 \frac{m}{s^2}$

سپس x به دست آمده را در رابطه شتاب جایگذاری می کنیم:

ر) طبق قانون پایستگی انرژی مکانیکی می دانیم با افزایش انرژی پتانسیل، انرژی جنبشی نوسانگر کاهش می یابد و بالعکس پس:



الف) طبق نمودار ($E = u_{\max} = 6 \text{ J}$) می‌شود پس می‌توان نوشت:

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \Rightarrow 6 = \frac{1}{2} (300) A^2 \Rightarrow A^2 = \frac{1}{25} \Rightarrow A = \frac{1}{5} \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

ب) چون در مکان x انرژی پتانسیل نوسانگر $3/5 \text{ J}$ است پس:

$$E_x = k x + u_x \Rightarrow 6 = k x + 3/5 \Rightarrow k x = 27/5 \text{ J}$$

سپس طبق رابطه‌ی انرژی جنبشی می‌توان سرعت نوسانگر را به دست آورد:

$$k x = \frac{1}{2} m v_x^2 \Rightarrow 27/5 = \frac{1}{2} (3) v_x^2 \Rightarrow v_x = \frac{6}{5} \text{ m/s}$$

ج) طبق قانون پایستگی انرژی مکانیکی می‌توان نوشت:

$$E = k + u = k + 2k \Rightarrow E = 3k \Rightarrow 6 = 3k \Rightarrow k = 2 \text{ J}$$

الف) $T = \frac{t}{n} = \frac{60}{20} = 3 \text{ s}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow 3 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow 1 = 2(\frac{1}{g}) \Rightarrow l = 2/\Delta \text{ m}$$

ب) چون طول آونگ را تغییر نداده پس می‌توان نوشت:

$$T \equiv \frac{1}{\sqrt{g}} \Rightarrow \frac{T_s}{T_c} = \sqrt{\frac{g_c}{g_s}} \Rightarrow \frac{T_s}{3} = \sqrt{\frac{g_c}{\frac{1}{2} g_c}} = 2 \Rightarrow T_s = 6 \text{ ثانیه}$$

ج) چون دوره‌ی آونگ زیاده شده یعنی حرکت آن کندتر شده پس ساعت عقب می‌افتد و این میزان در هر شبانه‌روز می‌شود:

$$n = \frac{t}{T} = \frac{24 \times 3600}{6} = 1440 \text{ نوسان}$$

تعداد نوسان	زمان جلو افتادن
1	3 s
24×3600	$\Delta t = ?$

$\Rightarrow \Delta t = (24 \times 3600 \times 3) \text{ s} = 25920 \text{ s} = 7.2 \text{ h}$

ابتدا با توجه به رابطه‌ی دوره‌ی آونگ می‌توان نوشت:

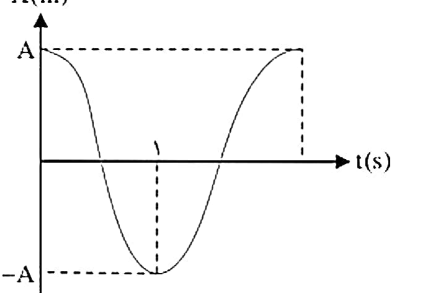
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}} = 6 \sqrt{\frac{0.24}{9.8}} = 6 \sqrt{0.024} = 1/2 \text{ s}$$

$$f_1 = \frac{1}{1/2} = \frac{2}{1} \text{ HZ}$$

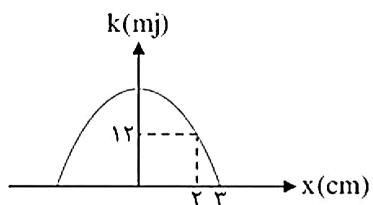
$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}} = 6 \sqrt{\frac{0.24}{9.8}} = 6 \sqrt{0.024} = 1/8 \text{ s}$$

$$f_2 = \frac{1}{1/8} = \frac{8}{1} \text{ HZ}$$

حال چون بسامد وادارنده با بسامد آونگ شماره 2 برابر است لذا در این آونگ پدیده‌ی تشدید رخ می‌دهد.

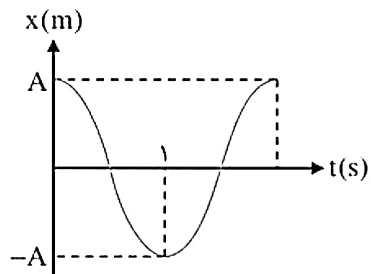
ت. ۱۴۰۰ ر ت. ۱۴۰۰ ر ت. ۱۴۰۰ ش ت. ۱۴۰۰ ش ت. ۱۴۰۰ ش ت. ۱۴۰۰ ش کتاب درسی	۱- در هر یک از سؤالات زیر به موارد خواسته شده پاسخ دهید: الف) دامنه‌ی حرکت در حرکت نوسانی فاصله‌ی بین دو انتهای مسیر حرکت است. (صحیح - غلط) ب) تاب خوردن کودکی که به طور دوره‌ای هل داده می‌شود مثالی از نوسان واداشته است. (صحیح - غلط) ج) اگر آونگ ساده‌ای را از سطح زمین به سطح ماه انتقال دهیم دوره نوسان آن می‌یابد. د) شتاب نوسانگر در نقطه‌ی تعادل است. و) بسامد زاویه‌ای نوسانگر جرم - فنر با جذر نسبت وارون دارد. ه) بیشینه تندی نوسانگر در حرکت هماهنگ ساده با (دوره - بسامد زاویه‌ای) به طور مستقیم متناسب است. خ) افزایش دمای یک محیط باعث می‌شود یک ساعت آونگ‌دار (عقب - جلو) بیفتد. ر) اگر نوسانگری به سمت مرکز نوسان حرکت کند انرژی جنبشی آن و انرژی پتانسیل آن می‌یابد.
رابطه‌ی فرادار ۱۴۰۰ تجربی فرادار ۱۴۰۰	۲- دامنه نوسان یک نوسانگر هماهنگ ساده به جرم ۴۰ گرم برابر 0.1m و سختی آن $100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ است: الف) معادله‌ی مکان - زمان نوسانگر ب) انرژی مکانیکی نوسانگر
رابطه‌ی ری ۱۴۰۰ رابطه‌ی فرادار ۱۴۰۰ رابطه‌ی ری ۱۴۰۰	۳- نمودار مکان - زمان یک آونگ ساده مطابق شکل مقابل است:  الف) بسامد زاویه‌ای آونگ ب) تعداد نوسان‌های آونگ در مدت یک دقیقه ج) در چه مکانی تندی آونگ بیشینه است؟ د) طول این آونگ چقدر است؟ $(\pi^2 \simeq 10, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$
سؤال ۸ صفحه ۸۹ کتاب درسی تجربی فرادار ۱۴۰۲	۴- معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = 0.05 \cos 20\pi t$ است: الف) در چه زمانی بعد از $t = 0$ برای نخستین بار تندی نوسانگر صفر می‌شود؟ ب) شتاب نوسانگر در $x = 0.01\text{m}$ را محاسبه کنید. $(\pi^2 \simeq 10)$
سؤال ۶ صفحه ۸۹ کتاب درسی	۵- دامنه نوسان وزنه‌ای که به یک فنر با ثابت $74 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ متصل است و در راستای افقی نوسان می‌کند، برابر 8cm است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر نوسان 8×10^{-2} باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟
تجربی ری ۱۴۰۰	۶- انرژی مکانیکی یک نوسانگر وزنه - فنر که روی سطح افقی بدون اصطکاک در حال نوسان است برابر 1J و جرم وزنه این نوسانگر 4kg است. در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی پتانسیل آن است، تندی حرکت نوسانگر چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟
سؤال ۷ صفحه ۸۹ کتاب درسی	۷- جسمی به جرم 1kg به فنری افقی با ثابت $6 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ متصل است. فنر به اندازه‌ی 9cm فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک شروع به نوسان می‌کند: الف) دامنه و تندی بیشینه جسم چقدر است؟ ب) وقتی تندی جسم $1/6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟

۸- نمودار انرژی جنبشی بر حسب مکان نوسانگری به جرم ۴۰۰ گرم که دوره‌ی تناوب آن $\frac{\pi}{5}$ ثانیه است، مطابق شکل زیر می‌باشد. مطلوبست تعیین موارد زیر:



الف) انرژی مکانیکی نوسانگر چند میلی‌ژول است؟
 ب) انرژی پتانسیل نوسانگر در مکان $x = 2 \text{ cm}$ چند میلی‌ژول است؟

۹- نمودار مکان - زمان یک آونگ ساده مطابق شکل زیر است.



الف) طول این آونگ چقدر است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \pi^2 \simeq 10)$
 ب) تعداد نوسان‌های این آونگ را در مدت یک دقیقه به دست آورید.

۱۰- طول تعدادی آونگ ساده که از میله‌ای افقی آویزان‌اند ۲۰ cm ، ۴۰ cm و ۱۰۰ cm است. اگر میله را با نوسان‌هایی افقی که بسامد زاویه‌ای آنها در گستره‌ی $4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ تا $6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ به نوسان درآوریم. کدام آونگ با دامنه‌ی بزرگتری به نوسان درمی‌آید؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

پاسخنامه سوالات تکمیلی

پاسخ ۱

الف) غلط ب) غلط ج) افزایش د) صفر و) جرم نوسانگر هـ) بسامد زاویه‌ای خ) عقب ر) افزایش ، کاهش

پاسخ ۲ الف)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{100}{0.04}} = \frac{10}{0.2} = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$x = A \cos(\omega t) = 0.1 \cos(50t)$$

ب) $E = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} (100) \left(\frac{1}{100} \right) = 0.5 \text{ J}$

پاسخ ۳ الف)

الف) طبق نمودار می‌توان نوشت:

$$\frac{T}{2} = 1 \Rightarrow T = 2 \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi$$

ج) هنگام عبور از راستای قائم (مبدأ نوسان)

ب) $n = \frac{t}{T} = \frac{6}{2} = 3$ نوسان

د) $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow 2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow 1 = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l = 1 \text{ m}$

پاسخ ۴

الف) $\omega = \frac{2\pi}{T} = 20\pi \Rightarrow T = 0.1 \text{ s}$ $\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{0.1}{2} = 0.05 \text{ s}$

ب) $a = -\omega^2 x = -(400\pi^2) \left(\frac{1}{100} \right) = -40\pi^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

پاسخ ۵

$$E = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} (74) (64 \times 10^{-4}) = 0.23 \text{ J}$$

ابتدا مقدار انرژی مکانیکی نوسانگر را محاسبه می‌کنیم:

$$k = E - u = 0.23 \text{ J} - 0.08 \text{ J} = 0.15 \text{ J}$$

سپس می‌توان نوشت:

پاسخ ۶

$$E = k + u \Rightarrow E = 2k \Rightarrow 10 = 2 \left(\frac{1}{2} \times 0.4 V^2 \right) \Rightarrow V^2 = 25 \Rightarrow V = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

پاسخ ۷

الف) چون فنر را ۹ cm فشرده کرده‌ایم پس $A = 9 \text{ cm}$ است و برای محاسبه تندی بیشینه می‌توان نوشت:

الف) $k = 6 \frac{\text{N}}{\text{cm}} = 600 \frac{\text{N}}{\text{m}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{600}{1}} = \sqrt{600} = 10\sqrt{6}$

$$V_m = A\omega = \frac{9}{100} \times 10\sqrt{6} = 0.9\sqrt{6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ب)
$$\begin{cases} E = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} (600) (0.09)^2 = 2.43 \text{ J} \\ k = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (1) (1/6)^2 = 1/24 \text{ J} \end{cases} \Rightarrow U = E - k = 1/15 \text{ J}$$

$$\begin{cases} \omega = \frac{v\pi}{T} = \frac{v\pi}{\frac{\pi}{\Delta}} = \boxed{10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} \\ E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{f}{10} \times (1 \times 10^{-2})^2 (100) = 1/8 \times 10^{-2} \text{ J} = \boxed{12 \text{ mJ}} \end{cases}$$

ب) طبق نمودار در $x = 2 \text{ cm}$ ، انرژی جنبشی نوسانگر 12 mJ است پس طبق رابطه‌ی انرژی مکانیکی می‌نویسیم:

$$E = k + u \Rightarrow 18 = 12 + u \Rightarrow \boxed{u = 6 \text{ mJ}}$$

الف) طبق نمودار می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \frac{T}{2} = 1 \Rightarrow T = 2 \text{ s} \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \cancel{2} = \cancel{2}\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \xrightarrow[\text{به توان ۲}]{\text{طرفین}} 1 = \pi^2 \left(\frac{l}{g}\right) \Rightarrow \boxed{l = 1 \text{ m}} \end{cases}$$

$$n = \frac{t}{T} = \frac{60}{2} = \boxed{30 \text{ نوسان}} \quad \text{ب)}$$

ابتدا با توجه به رابطه‌ی $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ بسامد زاویه‌ای آونگ‌ها را حساب می‌کنیم:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{10}{0.2}} = 5\sqrt{2} \simeq 7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{10}{0.4}} = 5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_3 = \sqrt{\frac{10}{1}} \simeq 3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

با توجه به مقادیر به دست آمده فقط بسامد زاویه‌ای آونگ دوم در محدوده‌ی بسامد زاویه‌ای میله افقی است پس این آونگ با دامنه‌ی بزرگتری به نوسان

در می‌آید.

فصل چهارم

موج

صفر	(۱) بارم فصل در امتحان میان‌ترم
۵/۵ - ۴/۵ نمره	(۲) بارم فصل در امتحان نهائی (پایان‌ترم)
صفحه‌ی ۸۸-۶۱	(۳) شماره صفحه در کتاب درسی
۳۱ مورد	(۵) پوشش حفظیات فصل
۲۷ مورد	(۶) موارد سوال در مبحث IQ
۱۸ سؤال	(۷) تعداد سؤالات آزمون تکمیلی آخر فصل



حفظیات و نکات مهم فصل

✓ امواجی که برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند را امواج مکانیکی مثل موج صوتی و امواجی که برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند را امواج الکترومغناطیس می‌گوییم مثل امواج نوری .

✓ موجی که راستای انتشار آن بر راستای نوسانش آن عمود است موج عرضی و اگر این دو راستا منطبق باشد موج طولی گفته می‌شود و به مجموعه‌ی این دو موج امواج پیش رونده می‌گویند. چون با انتشار خود انرژی را از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل می‌کنند.

✓ به هریک از برآمدگی‌ها و یا فرورفتگی‌های موج، جبهه موج گفته می‌شود که نام دیگر برآمدگی قله (ستیخ) و نام دیگر فرورفتگی‌های موج دره (پاستیخ) است.

✓ تعاریف طول موج را بنویسید. الف) فاصله بین دو قله یا دو دره متوالی ب) مسافتی که موج در مدت یک دوره طی می‌کند.

✓ تندی انتشار موج فقط به شرایط فیزیکی محیط و بسامد ذرات موج فقط به شرایط چشمه موج بستگی دارد.

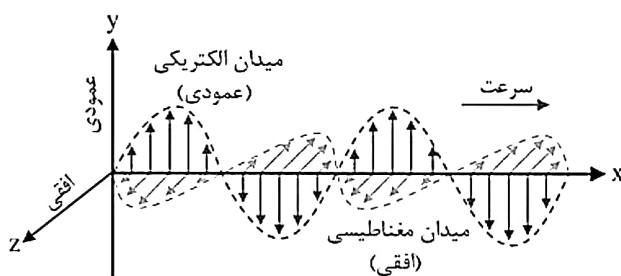
✓ آهنگ انتقال انرژی برای همه‌ی انواع امواج مکانیکی متناسب با مربع دامنه و مربع بسامد موج است.

الف) طبق نظریه ماکسول تولید میدان مغناطیسی بر اثر تغییر میدان الکتریکی است.

ب) طبق نظریه فارادی تولید میدان الکتریکی بر اثر تغییر میدان مغناطیسی است.

ج) از تغییرات هم زمان میدان های الکتریکی و مغناطیسی، امواج الکترومغناطیسی ایجاد می شود.

✓ طبق شکل زیر در یک میدان الکترومغناطیسی میدان الکتریکی و مغناطیسی برهم عمودند و هر دوی آنها بر راستای انتشار موج عمود هستند به همین علت امواج الکترومغناطیس جز امواج عرضی است.



✓ طبق شکل بالا در موج الکترومغناطیسی میدان‌ها همگام با یکدیگر و با بسامد یکسان نوسان می‌کنند.

✓ به هنگام ایجاد موج طولی در فتر بیشترین جمع‌شدگی یا بازشدگی حلقه‌ها در مکان‌هایی است که جابه‌جایی هر جزء فتر صفر و در وسط آنها جابه‌جایی بیشینه است.

✓ تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است (درست - نادرست)

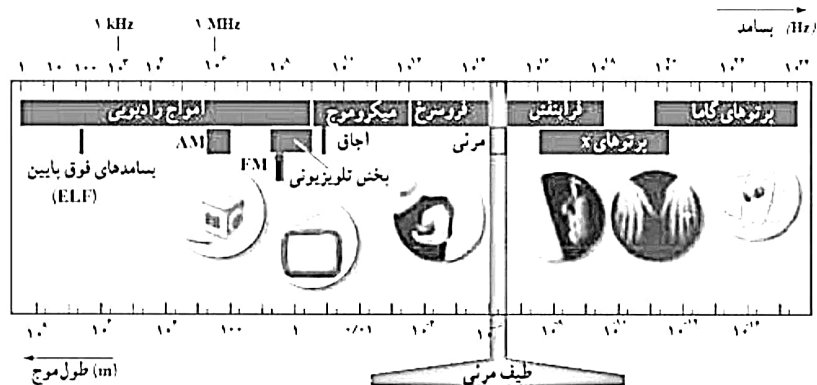
✓ هریک از عبارت‌های ستون الف را به کلمه مناسب در ستون ب وصل کنید.

الف	ب
مسافتی که موج در مدت یک ثانیه طی می‌کند.	دامنه موج
بیشینه جابه‌جایی ذرات از مکان تعادل	طول موج
مسافتی که موج در مدت یک دوره طی می‌کند	تندی موج

✓ تندی صوت علاوه بر جنس محیط به دمای آن هم بستگی دارد و در حالت جامد بیشتر از سایر حالت ماده است و انتشار این امواج در فضا به صورت امواج طولی و کروی است.

✓ نسبت توان صوتی که از واحد سطح جسم عبور می‌کند را شدت صوت که واحد آن وات بر متر مربع $(\frac{W}{m^2})$ است.

✓ در شکل زیر یک طیف امواج الکترومغناطیسی در خلأ را نشان می‌دهد که یادگیری ترتیب طول موج و بسامد امواج الزامی است.



✓ (هرتز - ماکسون) نشان داد امواج رادیویی با همان تندی نور مرئی در آزمایشگاه حرکت می‌کنند و این حاکی از سرشت یکسان امواج رادیویی و نور مرئی است.

✓ امواج الکترومغناطیس انرژی را به صورت انرژی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می‌کنند، نه به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل

✓ ارتفاع صوت همان بسامد صوتی که گوش انسان درک می‌کند و بلندی صوت شدت صوتی است که گوش انسان درک می‌کند.

✓ گوش انسان قادر به شنیدن صوت‌ها در محدوده‌ی ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz است که در این میان بیشترین حساسیت مربوط به صوت‌ها در محدوده‌ی ۲۰۰۰ Hz تا ۵۰۰۰ Hz است.

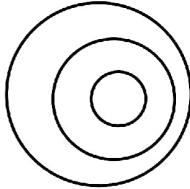
✓ تغییر بسامد شنیداری که در اثر حرکت شخص یا چشمه صوت رخ می‌دهد را اثر دوپلر می‌گوئیم .

✓ اگر شخصی به سمت یک منبع صوت ساکن حرکت کند بسامد صوتی که می‌شنوند بیش تر از بسامد چشمه و طول موج صوتی که می‌شنوند برابر با طول موج صوت چشمه است.

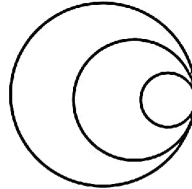
✓ اگر آمبولانسی به طرف یک شخص ساکن حرکت کند بسامد صوتی که شخص می‌شنوند بیش تر از بسامد صوت چشمه و طول موج شنیداری کمتر از طول موج صوت چشمه است .

✓ اثر دوپلر فقط برای امواج صوتی برقرار است (درست - نادرست)

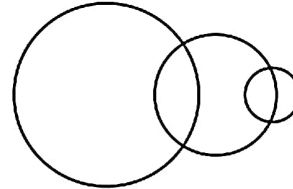
✓ در هر یک از شکل‌های زیر جبهه‌های متوالی حاصل از یک چشمه را مشاهده می‌کنید. در هر مورد تندی چشمه را با تندی صوت مقایسه کنید.



صوت v < چشمه v



صوت v = چشمه v



صوت v > چشمه v

✓ طبق قانون عمومی بازتاب زاویه تابش و بازتابش برابر است؛ اگر سطح بازتابنده ی نور بسیار هموار باشد بازتاب نور منظم و اگر صیقلی و هموار نباشد بازتاب پخشنده یا نامنظم گویند.

✓ از میکروفون سهموی برای ثبت صداهای ضعیف و از دستگاه لیتوتریپسی برای شکستن سنگ‌های کلیه استفاده می‌شود.

✓ از مکان‌یابی پژواکی برای تعیین مکان اجسام متحرک یا تعیین تندی آنها استفاده می‌شود مثل اندازه‌گیری تندی شارش خون

✓ هنگام ورود موجی از قسمت عمیق استخر به قسمت کم عمق آن فاصله‌ی بین جبهه‌های موج یا همان طول موج کاهش پس سرعت انتشار موج کاهش می‌یابد.

✓ هنگام ورود موجی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن بسامد موج ثابت ولی سرعت و طول موج افزایش می‌یابد.

✓ با افزایش دما چگالی هوا کاهش می‌شود که این خود سبب کاهش ضریب شکست می‌شود.

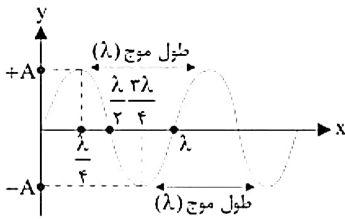
✓ هنگام پاشندگی نور سفید در منشور انحراف پرتوهای بنفش و قرمز به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار است و علت این پدیده آن است که ضریب شکست منشور برای طول موج‌های کوتاهتر، بیش تر است.

تابلوی اول: موج مکانیکی و بررسی انواع کمیت‌ها روی آن

آشنایی با مفاهیم اولیه‌ی موج: در شکل روبه‌رو که نمایی از یک موج عرضی است به بررسی دامنه و طول موج پرداخته‌ایم:

$$+A \text{ و } -A = \text{دامنه‌ی موج}$$

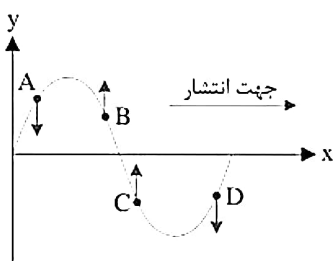
$$\lambda = \text{فاصله‌ی بین دو قله یا دو دره‌ی متوالی}$$



پس از شکل بالا در می‌یابیم فاصله‌ی هر قله از دره متوالی خودش $\frac{\lambda}{2}$ است.

علامت کمیت‌های مختلف در نقش موج

- الف) جهت نوسان ← هر ذره حرکت ذره قبل خود را تکرار می‌کند
- ب) علامت مکان ← علامت y نقطه است.
- ج) علامت شتاب ← قرینه مکان است.
- د) علامت سرعت
- ذره بالا رود $v > 0$
 - ذره پائین رود $v < 0$
- و) نوع حرکت
- به قله یا دره نزدیک شود ← حرکت کندشونده است.
 - از قله یا دره دور شود ← حرکت تندشونده است.



ذره	مکان	نوسان	سرعت	شتاب	نوع حرکت
A	+	↓	-	-	تندشونده
B	+	↑	+	-	کندشونده
C	-	↑	+	+	تندشونده
D	-	↓	-	+	کندشونده

جابه‌جانی موج ← چون حرکت موج یکنواخت است $\Delta x = (v_{\text{موج}}) \Delta t$

مسافت طی شده توسط ذرات ← در هر دوره ۴ برابر دامنه موج است $\Delta s = n(4A)$

سرعت خود موج $\lambda = vT \leftarrow v_{\text{موج}} = \frac{\lambda}{T}$

سرعت نوسان ذره

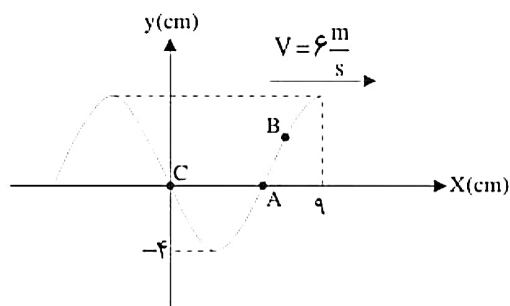
- ذره در قله یا دره باشد $v = 0$
- ذره روی مبدأ باشد $v_{\text{max}} = A\omega$

(سرعت ذرات دیگر در موقعیت‌های دیگر در موج پرسیده نخواهد شد)



سوالات مهم

IQ1 نقش یک موج مکانیکی در لحظه‌ی $t = 0$ مطابق شکل زیر است. به سؤالات خواسته شده پاسخ دهید.



(ب) محاسبه‌ی دوره نوسان ذرات

(الف) دامنه و طول موج

(د) سرعت ذره‌ی C در لحظه $t = 0$

(ج) جهت نوسان ذرات A و B و C

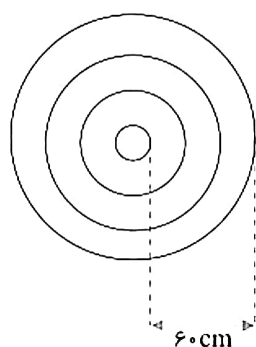
(و) علامت شتاب ذرات A و B

(ه) نوع حرکت ذرات A و B

(ی) رسم نقش موج در لحظه‌ی $t = 0.1$ s

IQ2 شکل مقابل جبهه‌های موج مربوط به یک موج دایره‌ای در سطح آب، درون یک تشت موج را نشان می‌دهد. اگر تندی انتشار موج

در سطح آب $0.8 \frac{m}{s}$ باشد:



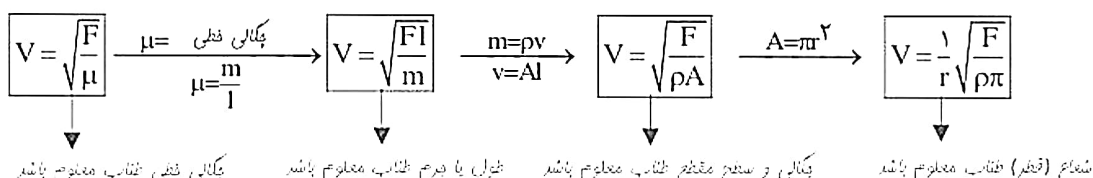
(الف) بسامد چشمه‌ی موج چند هرتز است؟

(ب) به نظر شما چگونه می‌توان در سطح آب این تشت تندی انتشار موج را کاهش دهیم؟

تابلوی دوم: محاسبه‌ی سرعت انتشار موج در امواج عرضی

2-1 محاسبه‌ی تندی انتشار امواج

برای محاسبه‌ی تندی انتشار امواج در موج عرضی با توجه به اطلاعات مسئله از یکی از روابط زیر استفاده می‌کنیم:



2-2 روش‌های تغییر طول طناب $\left\{ \begin{array}{l} \text{ثابت } \mu \rightarrow V \equiv \sqrt{F} \rightarrow l, m \rightarrow \mu \text{ با هم تغییر می‌کند} \rightarrow \text{طناب پریده شود} \\ \text{ثابت } m \rightarrow V \equiv \sqrt{F/l} \rightarrow l \text{ تغییر می‌کند} \rightarrow \text{طناب کشیده شود} \end{array} \right.$

2-3 توان انتقال انرژی

$$P \equiv A^2 l^2 f^2 \xrightarrow{f = \frac{v}{\lambda}} P \equiv \left(\frac{AV}{\lambda} \right)^2$$

آهنگ انتقال انرژی برای همه انواع امواج مکانیکی، با مربع دامنه و مربع بسامد موج متناسب است:

IQ3 در هر یک از سؤالات زیر به موارد خواسته شده پاسخ دهید.

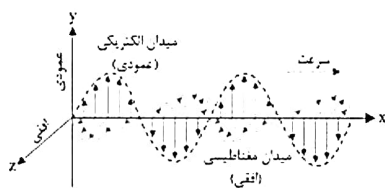
الف) فتری به جرم 0.5 kg و طول 2 m را با نیروی F کشیده تا در آن موج عرضی با تندی $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ایجاد شود. F چند نیوتن است؟

ب) توسط چشمه موجی با بسامد 450 Hz در سیمی به چگالی $2 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ و سطح مقطع 1 cm^2 که بین دو نقطه با نیروی $16/2 \text{ N}$ کشیده می‌شود. موج عرضی ایجاد کرده ایم. فاصله‌ی یک قله از دره متوالی اش چند سانتی متر است؟

تابلوی سوم: امواج الکترومغناطیسی

3-1 میدان الکترومغناطیسی

شکل زیر که در آن هم میدان الکتریکی و هم میدان مغناطیسی وجود دارد را میدان الکترومغناطیسی گویند

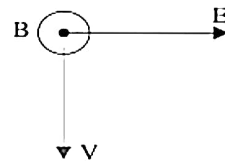
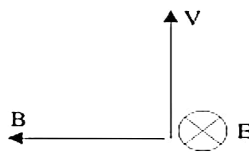
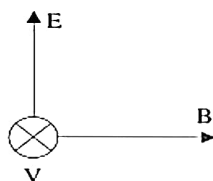


چون میدان‌های E و B بر راستای V عمود هستند لذا می‌توان گفت امواج الکترومغناطیسی عرضی هستند
میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر همگام با یکدیگر تغییر می‌کنند
میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر هم عمودند

نکته: با توجه به شکل بالا می‌توان نتیجه گرفت جهت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بعد از گذشت زمان $\frac{T}{4}$ تغییر می‌کند.

3-2 قانون دست راست

اگر چهار انگشت دست راست را در جهت E قرار دهیم به طوریکه کف دستان به سمت B باشد آنگاه انگشت شست جهت V را نشان می‌دهد.

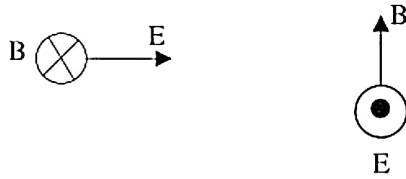


3-3 رابطه‌ی ماکسول

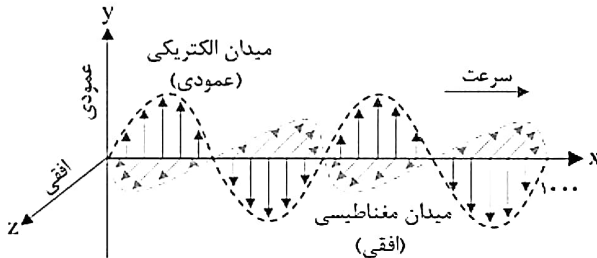
$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad \begin{cases} \mu_0 = \text{فیریب تراوانی مغناطیسی فلا} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}} \\ \epsilon_0 = \text{فیریب کزردهی الکتریکی فلا} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2} \end{cases}$$

با جایگذاری μ_0 و ϵ_0 در رابطه فوق $C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ می‌شود که مقدار آن همواره ثابت است و همان سرعت نور در هواست.

1Q4 الف) در هر یک از شکل های زیر جهت انتشار موج الکترومغناطیسی را تعیین کنید. (B, E به ترتیب میدان های الکتریکی و مغناطیسی هستند)



ب) توسط چشمه امواج الکترومغناطیس موجی به شکل زیر در خلا ایجاد می کنیم. با محاسبه نشان دهید این موج در کدام محدوده طیف امواج الکترومغناطیسی است؟ بسامد آن چند هرتز است؟ ($C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)



تابلوی چهارم: امواج صوتی

4-1 مقایسه تندی صوت در حالات ماده

می دانیم صوت یک موج مکانیکی طولی است و هر چه مولکول های یک ماده به هم نزدیکتر باشد سرعت انتقال صوت در آن ماده بیش تر است پس:

$$V_{\text{جامد}} > V_{\text{مایع}} > V_{\text{گاز}}$$

4-2 شدت صوت

برابر با توان صوتی است که از واحد سطح جسم عبور می کند. کمیت نرده ای، نماد آن I و طبق روابط زیر به دست می آید:

الف) $I = \frac{P}{A}$ (توان صوت / مساحت تماس) $\Rightarrow I_{\text{واحد}} = \frac{w}{m^2}$

ب) $P = \frac{E}{t} \Rightarrow I = \frac{E}{tA}$ (انرژی صوتی / زمان انتقال صوت)

ج) $A = 4\pi r^2 \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi r^2}$ (فاصله منبع صوت تا نقطه مورد نظر)

د) $\begin{cases} I \equiv P \equiv A^2 f^2 \\ I \equiv \frac{1}{r^2} \end{cases} \Rightarrow I \equiv \left(\frac{Af}{r}\right)^2$ $\begin{matrix} A = \text{دامنه‌ی موج} \\ f = \text{بسامد موج} \end{matrix}$

4-3 β در این رابطه بر حسب دسی بل است: $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$: تراز شدت صوت

نکته: اگر شدت صوتی از I_1 به I_2 تغییر کند آنگاه می توانیم بنویسیم:

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} - 10 \log \frac{I_1}{I_1} \Rightarrow \Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

برای مقایسه ی $\frac{I_2}{I_1}$ از روابط موجود در قسمت قبل (شدت صوت) استفاده می کنیم.

IQ5 در هر یک از سؤالات زیر مطلوبست تعیین موارد خواسته شده:

الف) اگر در مدت ۴/۰ ثانیه از صفحه‌ای به مساحت $2m^2$ به اندازه‌ی ۷۲ ژول انرژی صوتی عبور کند شدت صوت این چشمه چقدر است؟

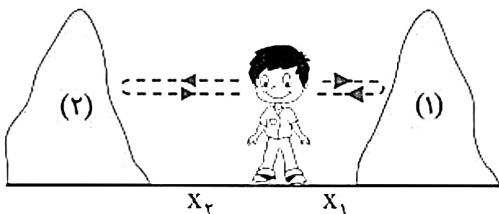
ب) شدت صوتی $\frac{W}{m^2}$ به 10^{-7} است. تراز شدت صوت چند دسی‌بل است؟ $(\log 2 = 0.3)$

ج) اگر تراز شدت صوتی ۴۰ دسی‌بل باشد شدت آن چند وات بر متر مربع است؟ $(I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2})$

د) اگر شدت صوتی ۸ برابر شود تراز شدت صوت در همان فاصله ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. مقدار تراز شدت صوت اولیه چند دسی‌بل است؟ $(\log 2 = 0.3)$

تابلوی پنجم: پژواک صوت

تکته: وقتی شغلی مطابق شکل زیر بین دو کوه ایستاده و فریاد می‌زند آنگاه صوت ایثار شده به هر کوه برخورد کرده و سپس به شغل برمی‌گردد که این پدیده را پژواک می‌نامند و می‌توانیم بنویسیم:



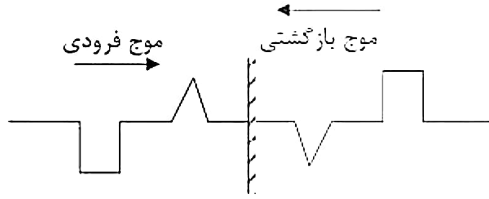
چون محیط برای دو پژواک ثابت است لذا طبق رابطه‌ی $(S = \frac{\Delta S}{\Delta t})$ مقدار تندی صوت برای این دو پژواک هم ثابت است و می‌توانیم بنویسیم:

$$S_{\text{صوت}} = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{\Delta S}{\Delta t} = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{\Delta S_1}{\Delta t_1} = \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2} \Rightarrow \boxed{\frac{2x_1}{\Delta t_1} = \frac{2x_2}{\Delta t_2}}$$

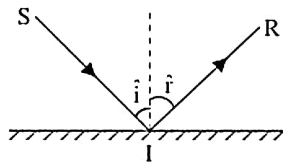
IQ6 دانش‌آموزی بین دو صخره قائم ایستاده و فاصله‌ی بین دو صخره ۱۰۲۰ m است. دانش‌آموز فریاد می‌زند و اولین پژواک صدای خود را پس از ۲s و صدای پژواک دوم را ۲s بعد از پژواک اول می‌شنود. فاصله‌ی دانش‌آموز از هر صخره را حساب کنید.

تابلوی ششم: بازتاب نور

1-6) بازتاب از انتهای بسته: هنگامی که موجی به یک انتهای بسته برافورد کند آنگاه برای رسم بازتاب آن باید ابتدا آن را نسبت به محور x سپس نسبت به محور y قرینه کنیم



2-6) تعاریف اولیه: مطابق شکل زیر پرتو SI به سطح مانع تخت و صیقلی برافورد کرده و سپس از سطح آن پرتو IR بازتاب می شود آنگاه تعاریف اولیه در این شکل به شرح زیر است:



SI = پرتو تابش

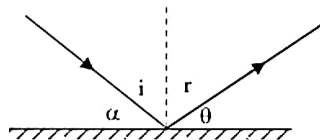
IR = خط عمود

$\hat{i}$ = زاویه تابش

$\hat{r}$ = زاویه بازتابش

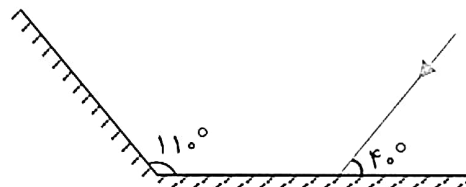
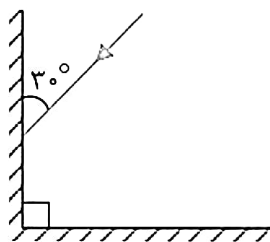
3-6) قانون بازتاب عمومی: این قانون بیان می کند در برافورد پرتو نور به سطح صاف و صیقلی زاویه تابش برابر زاویه بازتابش است پس می توان نوشت:

$$\boxed{\hat{i} = \hat{r}} \Rightarrow i + \alpha = r + \theta \Rightarrow \boxed{\alpha = 0}$$



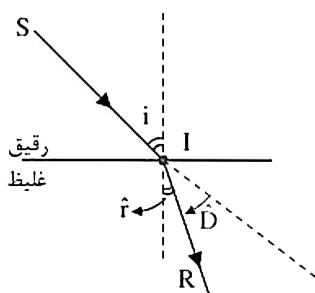
سوالات مهم

7-1) در هر یک از شکل های زیر مسیر پرتو نور را رسم کرده و زاویه تابش و بازتابش در هر شکل را مشخص کنید.



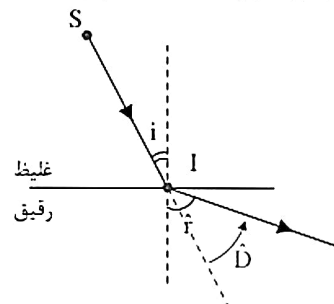
تابلوی هفتم: شکست نور

7-1) بر روی پدیده شکست نور: به هنگام عبور پرتو نور از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر در مرز جدایی، مسیر پرتو نور ناگهان عوض می شود که به این پدیده شکست نور می گوئیم. اگر پرتو نوری وارد محیط غلیظ شود به خط عمود نزدیکتر و اگر وارد محیط رقیق شود از خط عمود دور می شود.



$$i > r \Rightarrow \boxed{\hat{D} = \hat{i} - \hat{r}}$$

i = زاویه بین SI و خط عمود



$$r > i \Rightarrow \boxed{\hat{D} = \hat{r} - \hat{i}}$$

IR = پرتو شکست

SI = پرتو تابش

$\hat{D}$ = زاویه بین امتداد پرتو تابش با پرتو شکست (زاویه انحراف)

r = زاویه بین IR و خط عمود

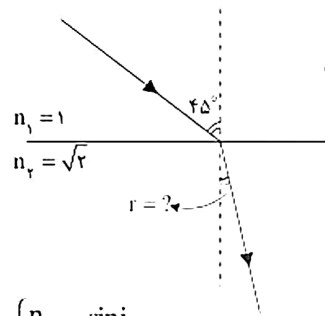
1-2 قانون شکست نور: بیان می‌کند نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست مقداری ثابت است که این مقدار ثابت برابر با نسبت ضریب

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad \text{ضریب شکست دو محیط است} \quad n_1 \text{ و } n_2$$

به طور مثال برای تمرین این قانون به شکل زیر توجه شود:

$$1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2} \sin r \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{1}{2} \Rightarrow r = 30^\circ$$

7-3 روابط ریاضی شکست نور:

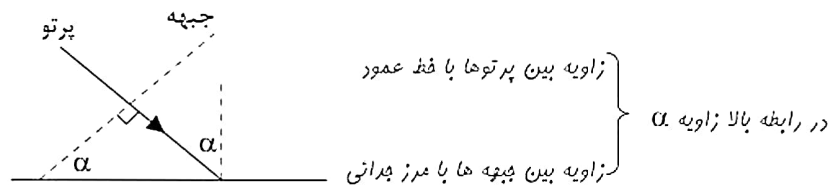


$$n = \frac{\text{سرعت نور در فضا}}{\text{سرعت نور در ماده شفاف}} \Rightarrow n = \frac{C}{V} \quad \text{چون ثابت } C \Rightarrow n \equiv \frac{1}{v} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

سرعت با ضریب شکست رابطه عکس دارد.

از دو مورد بالا می‌توان نتیجه گرفت:

$$\begin{cases} \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} \\ \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin i}{\sin r} \Rightarrow v \equiv \sin \alpha \quad \text{سرعت نور در هر محیط متناسب با زاویه در آن محیط است}$$



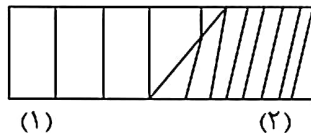
(و) می‌دانیم هنگام عبور موج از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر بسامد آن ثابت است پس:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{f = \text{ثابت}} \lambda \equiv v \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad \text{دقت کنید اگر در مسئله جبهه‌های موج نشان دهند آنگاه فاصله‌ی بین دو جبهه‌ی متوالی برابر طول موج است.}$$

مثال: از تمامی مطالب بالا نتیجه گرفته می‌شود ارتباط تمام کمیت‌ها با یکدیگر مستقیم و با ضریب شکست رابطه‌ی عکس دارد.

مثال: شکل زیر جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که از قسمت عمیق استغری وارد قسمت کم عمق آن شده‌اند. در مقایسه‌ی کمیت‌های مختلف در دو محیط

می‌توانیم بنویسیم:



$$f_1 = f_2 \quad \text{چون بسامد نور هنگام گذر بین دو محیط ثابت است}$$

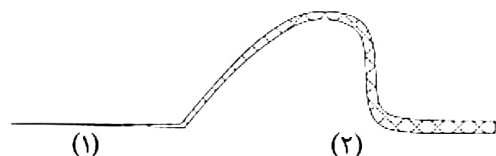
$$\lambda_1 > \lambda_2 \quad \text{چون فاصله‌ی جبهه‌های موج در محیط دوم کمتر است}$$

$$V_1 > V_2 \quad \text{سرعت با طول موج رابطه مستقیم دارد}$$

$$n_1 < n_2 \quad \text{ضریب شکست با طول موج رابطه عکس دارد}$$

$$2 > 1 \quad \text{عمق ۱ هر چه محیط عمیق‌تر باشد طول موج نور در آن بیش‌تر است}$$

نکته: هنگام عبور موجی از قسمت نازک کتابی به قسمت ضخیم آن تغییرات کمیت‌های مختلف به صورت زیر است:



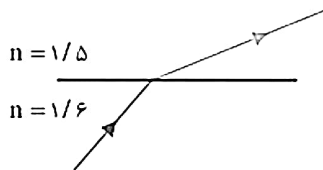
$$\begin{cases} \text{الف} \Rightarrow f_1 = f_2 \quad \text{بسامد موج ثابت است} \\ \text{ب} \Rightarrow V_2 < V_1 \\ \text{ج} \Rightarrow \lambda_2 < \lambda_1 \end{cases}$$



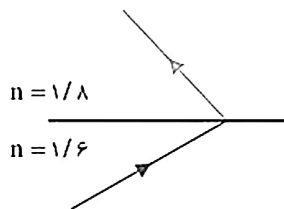
سوالات مهم

IQ₈

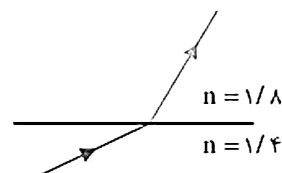
الف) کدام یک از شکل‌های زیر از لحاظ فیزیکی ممکن است؟



(۱)

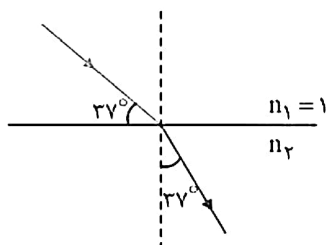


(۲)



(۳)

ب) در شکل زیر تندی پرتو در محیط ۲ چند $\frac{m}{s}$ است؟ $(C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$



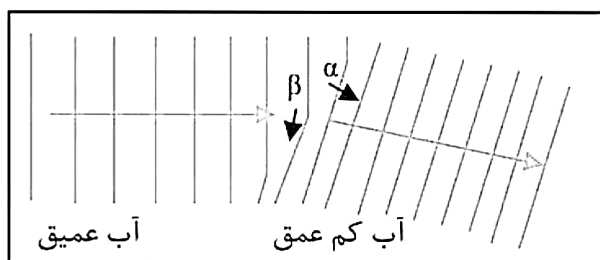
ج) در شکل قسمت (ب) طول موج و بسامد پرتو نور در محیط دوم چند برابر محیط اول است؟

مطابق شکل زیر جبهه‌های موج تختی از قسمت عمیق یک استخر به قسمت کم عمق آن می‌رود. اگر فاصله‌ی جبهه‌های موج در

IQ₉

محیط دوم $1 \mu m$ کمتر از محیط اول باشد آنگاه: $(\alpha = 30^\circ, \theta = 37^\circ)$ است

الف) سرعت انتشار موج در کدام محیط کمتر است؟ چرا؟



ب) طول موج نور در محیط دوم چند میکرومتر است؟

ج) اگر سرعت انتشار موج در محیط اول $18 \times 10^7 \frac{m}{s}$ باشد، بسامد موج چند هرتز است؟

پرتو نوری از هوا با زاویه تابش 45° درجه وارد محیط شفاف دیگری می‌شود. اگر پرتو در محیط دوم 15° درجه به خط عمود

IQ₁₀

نزدیک شود آنگاه:

الف) با رسم مسیر پرتو نور زاویه شکست را به دست آورید.

ب) ضریب شکست محیط دوم چقدر است؟

پاسخنامه سوالات IQ

$$\text{الف) } \begin{cases} A = 4 \text{ cm} \\ \frac{3\lambda}{4} = 9 \Rightarrow \lambda = 12 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\text{ب) } T = \frac{\lambda}{V} = \frac{0.12}{6} = \boxed{0.02 \text{ s}}$$

سوال IQ1

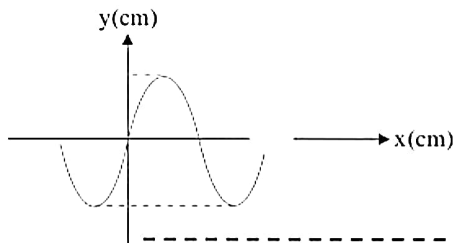
ج) چون در نقش موج هر ذره حرکت ذره ما قبل خود را تکرار می کند و با توجه به جهت انتشار موج درمی یابیم جهت نوسان ذره C بالا ، ذره A پائین و ذره B به هم به سمت پائین است

$$\text{د) } V_c = V_{\max} = A\omega = A\left(\frac{2\pi}{T}\right) = \frac{4}{100} \times \frac{6}{0.02} = \boxed{12 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

حرکت A کندشونده $\Rightarrow$ ذره A به دره ($V=0$) نزدیک می شود
حرکت B تندشونده $\Rightarrow$ ذره B به سمت مبدأ ($V=\max$) نزدیک می شود

$$\text{و) } \begin{cases} y_B > 0 \Rightarrow a_B < 0 \\ y_A = 0 \Rightarrow a_A = 0 \end{cases}$$

ی) می دانیم لحظه ی $t = 0.01 \text{ s}$ بر حسب دوره $\frac{T}{4}$ می شود سپس محور قائم را $\frac{T}{4}$ در خلاف جهت انتشار موج (به سمت چپ) می بریم و از آن جا نقش موج را رسم می کنیم که چنین می شود:



$$3\lambda = 60 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{الف) ابتدا با توجه به شکل می نویسیم: } f = \frac{V}{\lambda} = \frac{0.1}{0.2} = \boxed{0.5 \text{ Hz}}$$

سوال IQ2

ب) تندی انتشار موج در آب به عمق آب بستگی دارد به طوریکه هر چه عمق آب را کمتر کنیم تندی انتشار موج هم کمتر می شود

$$\text{الف) } \mu = \frac{m}{l} = \frac{0.5}{2} = \boxed{\frac{1}{4} \frac{\text{kg}}{\text{m}}}$$

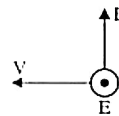
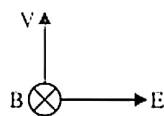
$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow 6 = \sqrt{\frac{F}{\frac{1}{4}}} \Rightarrow \boxed{F = 9 \text{ N}}$$

سوال IQ3

$$\text{ب) } V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \sqrt{\frac{16/2}{2000 \times (1 \times 10^{-4})}} = \sqrt{\frac{162}{2}} = \boxed{9 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{9}{750} = \boxed{0.012 \text{ m} = 1.2 \text{ cm}} \rightarrow \Delta\lambda = \frac{\lambda}{4} = \boxed{0.3 \text{ cm}}$$

الف) با استفاده از قانون دست راست چهار انگشت این دست را طوری در جهت E قرار می دهیم که کف دستان به سمت B باشد آنگاه انگشت شست جهت V را نشان می دهد پس:



ب) طبق نمودار می توان دریافت که:

$$\begin{cases} 2\lambda = 1000 \text{ nm} \Rightarrow \lambda = 500 \text{ nm} \\ 400 \text{ nm} \leq \text{طول موج امواج مرئی} \leq 750 \text{ nm} \end{cases}$$

$\Rightarrow$ این موج در محدوده ی امواج مرئی است

$$\text{ب) } f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{500 \times 10^{-9}} = \frac{3 \times 10^{15}}{5} \text{ Hz} = 0.6 \times 10^{15} \text{ Hz} = \boxed{6 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

$$\text{الف) } I = \frac{P}{A} = \frac{E}{tA} = \frac{72}{0.4 \times 2} = \frac{72}{0.8} = \boxed{90 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

سوال IQ5

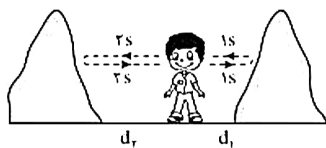
$$\text{ب) } B = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{8 \times 10^{-7}}{10^{-12}} = 10 \log (8 \times 10^5) = 10 (\log 8 + \log 10^5) = 10 (0.903 + 5) = 10 (5.903) = \boxed{59.03 \text{ dB}}$$

$$\text{ج) } B = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 4 = \log 10^4 \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^4 \Rightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^4 \Rightarrow \boxed{I = 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

$$\Delta B = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log 2^2 = 20 \log 2 = 20 \log (2/1) = 6 \text{ dB}$$

$$B_2 - B_1 = 6 \text{ dB} \xrightarrow[\text{درصد زیاد شده}]{\text{تراز صوت } 20} 1/2 B_2 - B_1 = 6 \text{ dB} \Rightarrow B_1 = \frac{9}{0.5} = 18 \text{ dB}$$

طبق گفته سؤال پژواک اول بعد از ۲ ثانیه و پژواک دوم بعد از ۴ ثانیه به گوش شخص می‌رسد پس می‌توان شکل زیر را رسم کرد:

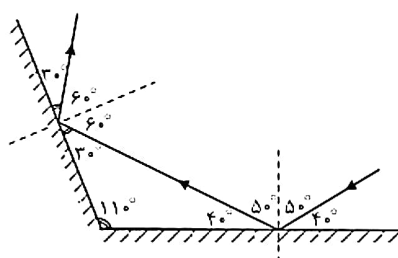
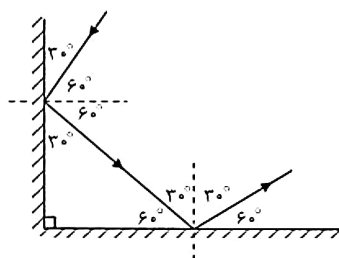


$$\Delta x = V(\Delta t) \begin{cases} d_1 = V(1) = V \\ d_2 = V(2) = 2V \end{cases}$$

چون فاصله‌ی بین دو صخره ۱۰۲۰m است می‌توان نوشت:

$$d_1 + d_2 = 1020 \Rightarrow 2V = 1020 \Rightarrow V = 510 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\begin{cases} \text{فاصله از صخره نزدیکتر} = V = 510 \text{ m} \\ \text{فاصله از صخره دورتر} = 2V = 1020 \text{ m} \end{cases}$$



شکل ۱ و ۳ صحیح - چون با توجه به ضریب شکست محیط‌ها پرتو به طور مناسب از خط عمود دور یا به آن نزدیک شده است.
شکل ۲ غلط - مسیر پرتو نور باید سمت راست خط عمود باشد نه سمت چپ آن

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\sin i}{\sin r} \Rightarrow \frac{3 \times 10^8}{V_2} = \frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{0.8}{0.6} \Rightarrow V_2 = 2/3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

دقت کنید زاویه تابش در شکل زاویه بین پرتو تابش با خط عمود یعنی 53° درجه است.

(ج) می‌دانیم بسامد نور که هنگام عبور موج از محیطی به محیط دیگر ثابت است پس: $f_1 = f_2$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{0.6}{0.8} = \frac{3}{4} \text{ برابر}$$

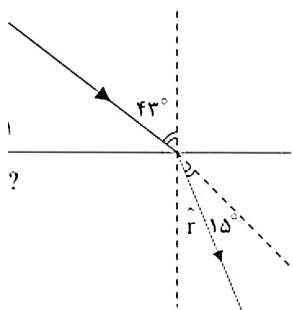
الف) فاصله‌ی جبهه‌های موج بیانگر همان طول موج است پس $\lambda_1 > \lambda_2$ و داریم:

$$\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow \lambda \equiv V \Rightarrow V_1 > V_2 \Rightarrow \text{سرعت انتشار موج در محیط دوم کمتر است}$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow \lambda_1 = 2\lambda_2$$

$$\lambda_1 - \lambda_2 = 0.1 \Rightarrow \frac{1}{2}\lambda_1 - \lambda_2 = 0.1 \Rightarrow \frac{\lambda_2}{2} = 0.1 \Rightarrow \lambda_2 = 0.2 \mu\text{m}$$

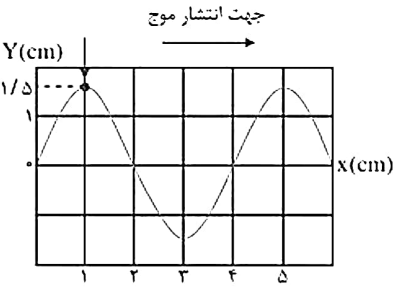
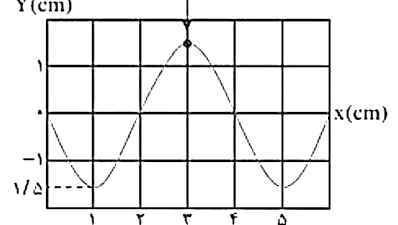
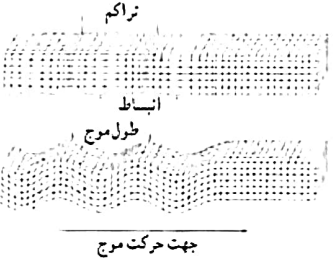
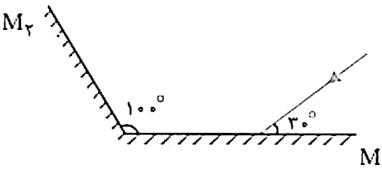
$$\begin{cases} \lambda_1 = \frac{1}{2}\lambda_2 = \frac{1}{2}(0.2) = 0.1 \mu\text{m} \\ f = \frac{V}{\lambda} = \frac{18 \times 10^7}{0.1 \times 10^{-6}} = 1.8 \times 10^{14} \text{ Hz} \end{cases}$$

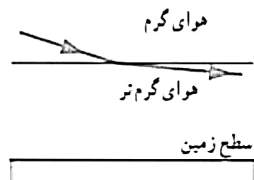
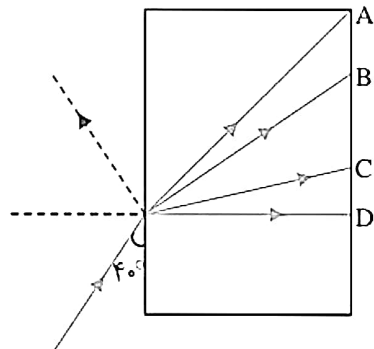
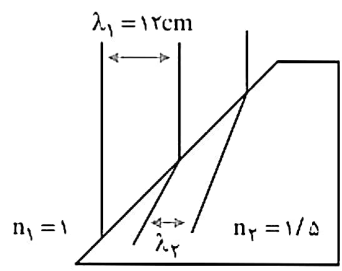


$$\hat{r} + 15^\circ = 45^\circ \Rightarrow \hat{r} = 30^\circ$$

(ب) طبق رابطه اسنل - دکارت می‌نویسیم: $n_1 \sin i = n_2 \sin r \Rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = n_2 \sin 30^\circ \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = n_2 \times \frac{1}{2} \Rightarrow n_2 = \sqrt{2}$

ت. امکا، خ	۱- در هر یک از موارد زیر به سوالات خواسته شده پاسخ دهید: الف) در امواج دایره‌ای تشکیل شده بر سطح آب فاصله‌ی بین دو برآمدگی مجاور برابر است.
ت. امکا، خ	ب) در طیف امواج الکترومغناطیسی بیش‌ترین بسامد و طول موج به ترتیب مربوط به امواج و است.
ت. امکا، خ	پ) با حرکت دادن یک چشمه صوتی، فاصله‌ی جبهه‌های موج در جلوی چشمه بیش‌تر از پشت آن می‌شود. (صحیح - غلط)
ت. امکا، شرح	ت) یکی از ویژگی‌های موج پیش‌رونده، انتقال انرژی از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر در جهت انتشار موج است. (صحیح - غلط)
ت. امکا، شرح	ث) امواج مکانیکی از رابطه‌ی متقابل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به وجود می‌آیند. (صحیح - غلط)
ت. امکا، شرح	ج) بازتاب یک دسته پرتو موازی نور از سطح یک کاغذ از قانون بازتاب عمومی امواج پیروی نمی‌کند. (صحیح - غلط)
ر. امکا، شرح	چ) کمترین اختلاف زمانی بین دو صوت باید $\frac{1}{18}$ باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهد. (صحیح - غلط)
ر. امکا، شرح	ح) خفاش از طریق مکان اجسام متحرک مقابل خود را تعیین می‌کند.
ر. امکا، شرح	خ) بازتاب موج در اجسامی مانند را بازتاب در یک بعد می‌گوئیم.
ت. امکا، خ	ر) در نور مرئی ضریب شکست یک محیط برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیش‌تر است. (صحیح - غلط)
ر. امکا، شرح ص. ۶۸ کتاب درسی	و) اگر دو باریکه نور قرمز و سبز با زاویه تابش یکسان از هوا وارد شیشه شوند، باریکه سبز (بیش‌تر - کم‌تر) خم می‌شود.
	ه) در طیف امواج الکترومغناطیسی تندی انتشار همواره در خلأ ثابت می‌ماند. (صحیح - غلط)
ت. امکا، خ	۲- هر یک از عبارت‌های ستون (الف) را به عبارت مناسب در ستون (ب) وصل کنید.
ت. امکا، خ	ستون (الف)
ت. امکا، شرح	ستون (ب)
ت. امکا، شرح	۱) اگر صوت پس از بازتاب با تاخیر به گوش شنونده برسد.
ت. امکا، شرح	۲) همه‌ی اجسام در هر دمائی از خود امواج الکترومغناطیس گسیل می‌کنند
ت. امکا، شرح	۳) موج عرضی
ر. امکا، شرح	۴) رادار دوپلری
ر. امکا، شرح	۵) پدیده سراب
ت. امکا، شرح	۳- الف) بازتاب موج روبه‌رو از یک انتهای بسته را رسم کنید.
ت. امکا، شرح	ب) شکل مقابل نشان‌دهنده‌ی کدام پدیده فیزیکی است؟
ت. امکا، شرح	۴- نمودار جابه‌جائی - مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند به صورت زیر است در هر یک از مربع‌ها عدد مناسب قرار دهید:
ت. امکا، شرح	۱) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \square$ ۲) $\frac{V_A}{V_B} = \square$ ۳) $\frac{A_A}{A_B} = \square$ ۴) $\frac{f_A}{f_B} = \square$ ۵) $\frac{I_A}{I_B} = \square$
ت. امکا، شرح	

تاریخ: ۱۴۰۱	۵- شکل الف مربوط به نقش یک موج مکانیکی در یک محیط در لحظه $t_1 = 0$ s است و در لحظه $t_2 = 0.1$ s برای اولین بار شکل موج به صورت شکل ب می‌شود. بیشینه تندی هر ذره از محیط انتشار موج در SI چقدر است؟ ($\pi = 3$) (الف)  (ب) 
	۶- سیمی به چگالی $\frac{4}{3} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ و قطر ۲ cm بین دو نقطه با نیروی ۱۲۰ N کشیده شده و در آن موج عرضی ایجاد شده است. (الف) تندی انتشار موج عرضی در سیم چند متر بر ثانیه است؟ ($\pi = 3$) (ب) اگر بسامد چشمه موج ۵۰ Hz باشد آنگاه فاصله یک برآمدگی از فرورفتگی مجاور در موج چند سانتی‌متر است؟
(پرسش ۳-۵) صفحه ۶۷ کتاب درسی	۷- در یک لحظه خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه‌ای از فضا در جهت $+Z$ و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت $+Y$ است. جهت انتشار در کدام سو است؟
تجربی (دی ۱۳۰۰)	۸- چشمه‌ی موجی با بسامد ۱۰ Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن $100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ نوسان‌های طولی ایجاد می‌کند. (الف) دوره‌ی تناوب این موج چند ثانیه است؟ (ب) فاصله‌ی بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چند متر است؟
ریاضی شماره پور ۱۴۰۰	۹- شدت صوت حاصل از یک منبع صوتی در فاصله‌ی $r_1 = 80 \text{ m}$ برابر $\frac{W}{\text{m}^2} \times 10^{-4}$ است. اگر اتلاف انرژی صوتی در محیط ناچیز باشد شدت این صوت در فاصله‌ی $r_2 = 320 \text{ m}$ به چه مقدار می‌رسد؟
تمرین ۳-۶ صفحه ۷۲ کتاب (درسی)	۱۰- شخصی با چکش به انتهای میله‌ی بلندی ضربه می‌زند. تندی صوت در میله ۱۶ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا با اختلاف زمانی 0.12 s می‌شنود. اگر تندی صوت در هوا $300 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، طول میله چقدر است؟
مثال ۳-۸ صفحه ۷۰ کتاب (درسی)	۱۱- یک دستگاه لرزه‌نگار واقع در سطح زمین به هنگام وقوع زلزله موج‌های طولی P و عرضی S را با اختلاف زمانی ۳ دقیقه ثبت می‌کند. اگر تندی موج‌های P و S به ترتیب $8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ و $4 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ باشد. (الف) کدام موج P و کدام موج S است؟ (ب) زمین‌لرزه در چه فاصله‌ای از محل لرزه‌نگار رخ داده است؟ 
ریاضی شماره ۱۳۰۰	۱۲- شکل مقابل دو آینه تخت M_1 و M_2 را نشان می‌دهد. پرتویی به آینه M_1 می‌تابد. زاویه بازتاب از آینه M_2 چقدر است؟ 

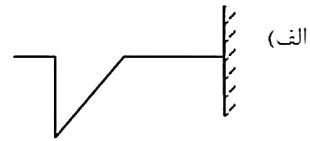
تالیفی	۱۳- در محیطی یک چشمه صوت در هوا امواج صوتی به شکل کره منتشر می کند تا صوت حاصل از آن به گوش ناظری برسد. اگر دامنه‌ی چشمه صوت را ۲ برابر و فاصله تا چشمه را نصف کنیم آنگاه تراز شدت صوتی که شخص می شنود چند دسی بل و چگونه تغییر می کند؟ ($\log 2 = 0.3$)
تالیفی	۱۴- شکل روبه‌رو چشمه صوتی با بسامد f_0 را نشان می دهد که نسبت به یک شنونده ساکن، در حال حرکت است. اگر بسامد صوتی که ناظر دریافت می کند، بیش تر از f_0 باشد: الف) چشمه به سمت راست حرکت می کند یا چپ؟ ب) نام این پدیده چیست؟ ج) طول موج صوتی که شخص می شنود از طول موج صوت چشمه بیش تر است یا کم تر؟ 
نمبرزیر ۱۳-۸۱ صفحه ۷۹ کتاب (رسمی)	۱۵- کمترین فاصله بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ ($V_{\text{هوا}} = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)
ص ۸۲ کتاب درسی	۱۶- در هر یک از موارد زیر به سوالات خواسته شده پاسخ دهید الف) شکل مقابل توصیف کننده ی کدام پدیده ی فیزیکی است؟ ادامه ی مسیر پرتوهای نور را رسم کنید.  ب) پدیده های سراب جبهه های موج در لایه های بالا، تندی کمتری نسبت به لایه های پائین دارند. علت را توضیح دهید.
ریاضی شعبه ریاضی	۱۷- مطابق شکل پرتو نور تک رنگی از هوا وارد شیشه به ضریب شکست $n = 1.5$ می شود: الف) کدام یک از پرتوهای A تا D می تواند مسیر داخل شیشه را به درستی نشان دهد؟  ب) زاویه بازتاب و شکست ($\sin 50^\circ = 0.75$) ج) تندی انتشار نور در شیشه؟ ($V_{\text{هوا}} = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)
مشابه انبار فرزاد ۱۴۰۰	۱۸- شکل روبه رو جبهه های موج تختی را نشان می دهد که هنگام ورود به محیط دوم شکسته شده است:  الف) مقدار λ_2 را محاسبه کنید. ب) سرعت انتشار موج در محیط دوم چند برابر محیط اول است؟

پاسخنامه سوالات تکمیلی

الف) طول موج	ب) گاما، رادیویی	پ) غلط	ت) صحیح	ث) غلط	ج) غلط
چ) صحیح	ح) مکان یابی پژواکی	خ) طناب (فتر، سیم، ...)	ر) صحیح	و) بیش تر	هـ) صحیح

۱) ← ۵ ۲) ← ۱ ۳) ← ۲ ۴) ← ۴ ۵) ← ۳

ب) اثر دوپلر



۱) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{1}{2}$ ۲) $\frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{2}$ ۳) $\frac{A_A}{A_B} = 3$ ۴) $\frac{f_A}{f_B} = 1$

۵) $I \equiv \left(\frac{Af}{r}\right)^2 \frac{r \cdot f}{\text{ثابت}} \rightarrow I \equiv A^2 \equiv 3^2 \Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = 9$

با توجه به شکل، میزان پیشروی موج در بازه‌ی زمانی t_1 تا t_2 برابر $\frac{\lambda}{4}$ است پس:

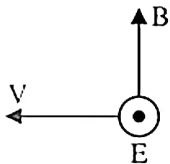
$$\begin{cases} \frac{T}{2} = t_2 - t_1 = 0.1 \text{ s} \Rightarrow T = 0.2 \text{ s} \\ \Rightarrow V_{\max} = A\omega = 1/5 \times 10^{-2} \times 10 \times 3 = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2} = 10\pi \end{cases}$$

الف) $A = \pi r^2 = 3(10^{-2})^2 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $V = \sqrt{\frac{F}{\mu A}} = \sqrt{\frac{120}{4000 \times 3 \times 10^{-4}}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ب) می‌دانیم فاصله‌ی یک برآمدگی (قله) از فرورفتگی مجاور (دره) برابر $\frac{\lambda}{2}$ است پس:

$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{10}{50} = 0.2 \text{ m}$ $\Delta x = \frac{\lambda}{2} = \frac{0.2 \text{ m}}{2} = 10 \text{ cm}$

جهت مثبت محور Z یعنی برونسو و جهت مثبت محور Y یعنی بالا پس با استفاده از قانون دست راست می‌نویسیم:



جهت انتشار موج (V) در جهت منفی محور X است

الف) $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ s}$ ب) $\begin{cases} \lambda = \frac{V}{f} = \frac{10}{50} = 0.2 \text{ m} \\ \Delta x = \frac{\lambda}{2} = 0.1 \text{ m} \end{cases}$

چون منبع صوت ثابت است لذا توان صوت هم ثابت و طبق رابطه شدت صوت می‌نویسیم:

$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \rightarrow I \equiv \frac{1}{r^2} \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \rightarrow \frac{I_2}{2 \times 10^{-4}} = \left(\frac{10}{320}\right)^2$
 $\Rightarrow \frac{I_2}{2 \times 10^{-4}} = \frac{1}{16} \Rightarrow I_2 = \frac{2 \times 10^{-4}}{16} = 1.25 \times 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

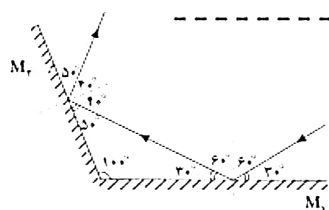
$t_{\text{هوای}} < t_{\text{مبله}} \Rightarrow V_{\text{مبله}} > V_{\text{هوای}} \Rightarrow \text{تندی صوت در جامدات بیش تر است}$

$\frac{x}{V_{\text{هوای}}} - \frac{x}{V_{\text{مبله}}} = 0.12 \Rightarrow I\left(\frac{1}{320} - \frac{1}{16 \times 320}\right) = \frac{12}{100} \Rightarrow I\left(\frac{15}{16 \times 320}\right) = \frac{12}{100} \Rightarrow I = 384 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

الف) شکل ۱ موج P و شکل ۲ موج S است.

ب) دقت کنید به هنگام زمین لرزه هر دو موج S و P تا رسیدن به دستگاه لرزه نگار مسافت یکسان (x) را طی می کنند.

$$\begin{cases} V_P > V_S \Rightarrow t_S > t_P \Rightarrow t_S - t_P = \tau \min \\ \frac{x}{V_S} - \frac{x}{V_P} = 180s \Rightarrow x\left(\frac{1}{V_S} - \frac{1}{V_P}\right) = 180 \Rightarrow \boxed{x = 1440 \text{ km}} \end{cases}$$



۱۲ پاسخ با توجه به مسیر پرتو نور در مجموعه دو آئینه داریم:

$$\hat{r}_r = 40^\circ = \text{زاویه بازتاب در آئینه دوم}$$

$$I \equiv \left(\frac{A_f}{r}\right)^2 \equiv \left(\frac{r \times 1}{1}\right)^2 \equiv 16 \text{ برابر} \Rightarrow \boxed{\frac{I_r}{I_1} = 16}$$

۱۳ پاسخ ابتدا تغییرات شدت صوت را محاسبه می کنیم:

$$\Delta B = 10 \log \frac{I_r}{I_1} = 10 \log 16 = 10 \log 2^4 = 40 \log 2 = \boxed{12 \text{ dB}}$$

سپس با توجه به رابطه‌ی تغییرات تراز شدت صوت می نویسیم:

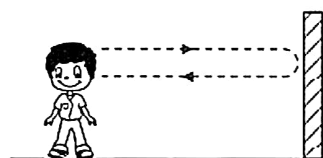
و چون $\Delta B > 0$ است یعنی تراز شدت صوت افزایش می یابد.

چشمه به شخص نزدیک می شود $\Rightarrow$ فاصله‌ی چشمه صوت تا شخص کم می شود $\Rightarrow f_s > f_{\text{شخص}}$ چون الف)

اثر دوپلر ب)

ج) $\Rightarrow$ تجمع جبهه‌ها جلوی چشمه بیش تر $\Rightarrow$ چون چشمه به طرف شخص می رود $\Rightarrow \boxed{\lambda_{\text{شخص}} > \lambda_s}$

۱۵ پاسخ اگر بخواهیم پژواک صدای خود را به طور واضح بشنویم (تمیز دهیم) باید اختلاف زمانی بین صوت تولید شده و بازتاب شده حداقل $0.1s$ باشد، پس می نویسیم:



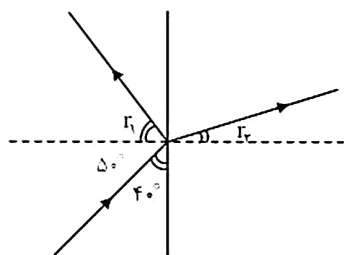
$$t \geq 0.1s \Rightarrow \frac{2x}{V} \geq 0.1s \Rightarrow \frac{2x}{340} \geq 0.1s \Rightarrow 2x \geq 34 \Rightarrow \boxed{x \geq 17m}$$

یعنی حداقل فاصله‌ی بین شخص تا دیوار باید ۱۷m باشد.



الف) پدیده‌ی سراب

ب) در لایه‌های بالاتر، کمی هوا سردتر است، در نتیجه تندی حرکت جبهه‌ها کم تر می شود.



الف) پرتو C - چون بعد از وارد شدن به محیط غلیظ (شیشه) پرتو به خط عمود نزدیک می شود.

ب) شکل مختصری از صورت سؤال به صورت زیر رسم می کنیم:

$$\begin{cases} \hat{r}_1 = \hat{i} = 40^\circ = \text{زاویه بازتاب} \\ n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \times \frac{3}{4} = \frac{3}{2} \sin \hat{r} \Rightarrow \boxed{\hat{r} = 30^\circ} \end{cases}$$

$\hat{r}_2$ همان زاویه شکست است

$$\frac{V_{\text{شیشه}}}{V_{\text{هوا}}} = \frac{n_{\text{هوا}}}{n_{\text{شیشه}}} \Rightarrow \frac{V_{\text{شیشه}}}{3 \times 10^{18}} = \frac{1}{1/5} \Rightarrow \boxed{V_{\text{شیشه}} = 2 \times 10^{18} \frac{m}{s}}$$

ج) طبق رابطه‌ی ریاضی ضریب شکست می نویسیم:

$$\text{الف) } \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{12}{\lambda_2} = \frac{1}{1/5} \Rightarrow \boxed{\lambda_2 = 18 \text{ cm}}$$

$$\text{ب) } \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{1/5}{1} \Rightarrow \boxed{\text{برابر } 1/5}$$

فصل پنجم

فیزیک اتمی و هسته‌ای

صفر	(۱) بارم فصل در امتحان میان‌ترم
۵/۵ - ۴/۵ نمره	(۲) بارم فصل در امتحان نهائی (پایان‌ترم)
صفحه ۹۶-۱۲۵	(۳) شماره صفحات در کتاب درسی
۳۲ مورد	(۴) پوشش حفظیات فصل
۲۹ سؤال	(۵) تعداد سؤالات حل شده IQ
۱۱ سؤال	(۶) تعداد سؤالات آزمون تکمیلی آخر فصل



حفظیات و نکات مهم فصل

- ✓ پدیده فوتوالکتریک: اگر با تابش نور به سطح یک فلز بتوانیم از سطح آن الکترون های آزاد جدا کنیم. آنگاه پدیده ی فوتوالکتریک رخ داده است و به الکترون های جدا شده فوتو الکترون می گوئیم.
- ✓ یکی از پیامدهای نظریه ی الکترومغناطیس ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است.
- ✓ نظریه ی انیشتین در توجیه پدیده فوتوالکتریک بیان می دارد که: هر نور شامل بسته های کوچک انرژی به نام فوتون است که به هنگام تابش نور به سطح فلز اگر این فوتون ها انرژی لازم را داشته باشند الکترون ها را از سطح فلز جدا کرده و پدیده ی فوتوالکتریک رخ می دهد.
- ✓ بسامد آستانه: کم ترین بسامد لازم برای یک نور تا بتواند الکترون از سطح فلز جدا کنند.
- ✓ افزایش شدت نور فقط سبب افزایش تعداد فوتون ها می شود در حالی که انرژی جنبشی آن ها ثابت می ماند.
- ✓ اگر در طیف امواج مرز مشخصی بین رنگ های مختلف نباشد طیف را پیوسته گویند مانند طیف رشته داغ یک لامپ روشن.
- ✓ اگر در طیف امواج مرز مشخصی بین رنگ های مختلف باشد آن طیف را گسسته یا خطی گویند مانند طیف گازهای کم فشار و رقیق.
- ✓ طبق نظریه تامسون اتم به صورت یک کیک کشمشی است که بارهای مثبت همان خمیر کیک و الکترون ها همچون خمیر کیک در این فضا پخش شده اند.
- ✓ کشف الکترون و محاسبه ی نسبت بار به جرم آن از دستاوردهای مدل تامسون بود.
- ✓ در مدل اتمی تامسون بسامد تابش های گسیل شده از اتم با نتایج تجربی سازگار نبود.
- ✓ بنابر مدل اتمی رادرفورد اتم دارای یک هسته است که توسط تعدادی الکترون احاطه شده است. این مدل را اتم هسته ای یا مدل هسته ای اتم هم می نامند.
- ✓ معایب الگوی اتمی رادرفورد را نام ببرید. الف) ساکن در نظر گرفتن الکترون های اطراف هسته
ب) ناپایدار نبودن اتم ج) در نظر گرفتن طیف پیوسته برای اتم ها د) ناپایدار بودن هسته
- ✓ طبق نظریه ی (رادرفورد - بور) مدارها و انرژی الکترون ها در هر اتم کوانتیده اند.

حالت پایه ی الکترون: قرار گرفتن الکترون در تراز $n = 1$

حالت برانگیخته الکترون: قرار گرفتن الکترون در ترازهای بالاتر از $n = 1$

✓ انرژی یونش الکترون‌ها: کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایدار را انرژی یونش گویند.

✓ هنگام گذار الکترون از یک لایه به لایه ی بالاتر فوتون جذب و اگر الکترون به لایه ی پائین تر آید فوتون گسیل می شود.

✓ این که در طیف خورشید برخی خطوط تاریک وجود دارد توسط فرانهوفر کشف شد که ناشی از جذب طول موج ها مربوط به این خط‌ها توسط گازهای جو خورشید است.

✓ از موفقیت‌های مدل اتمی بور می‌توان به سه مورد زیر اشاره کرد:

الف) تبیین پایداری اتم ب) طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن ج) محاسبه ی انرژی یونش اتم هیدروژن

✓ مدل بور فقط برای اتم‌های هیدروژن گونه کاربرد دارد یعنی اتم‌هایی که فقط دارای یک الکترون هستند.

✓ دو مورد از معایب الگوی اتمی بور را نام ببرید. | ۱) برای اتم ها با بیش از یک الکترون کاربرد ندارد.
۲) نمی‌تواند متفاوت بودن طیف خط های گسیلی را توضیح دهد.

✓ تفاوت گسیل خود به خود و گسیل القایی در چیست؟ در گسیل خود به خود فوتون ها در جهت کاتوره ای حرکت کرده در حالیکه در گسیل القایی که توسط انیشتین مطرح شد انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی های دو تراز یکسان باشد.

✓ سه ویژگی گسیل القایی در چیست؟ الف) یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می شود ب) فوتون گسیل شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می کند. ج) فوتون گسیل شده با فوتون القایی هم فاز است.

✓ اگر انرژی کافی به الکترون‌ها داده شود الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد که به این پدیده وارونی جمعیت گفته می‌شود.

✓ وارونی جمعیت الکترون‌ها مربوط به چه وضعیتی می‌باشد؟ که تعداد الکترون ها در ترازهای سبک پایدار نسبت به تراز پایین تر بسیار بیشتر باشد.

✓ عدد جرمی یعنی مجموع تعداد پروتون و نوترون که می‌توان آن را تعداد نوکلئون ها هم تلقی کرد.

✓ انواع نیروها در هسته | نیروی رانشی: نیروی دافعه بین پروتون های هسته هستند.
نیروی گرانشی: نیروی جاذبه ای است هر دو جز دو اتم می توانند بهم وارد کنند.
نیروی هسته‌ای: نیروی جاذبه قوی بین نوکلئون های موجود در هسته.

✓ برای پایداری هسته باید نیروی دافعه الکتروستاتیکی با نیروی هسته ای برابر باشد.

✓ انرژی بستگی هسته: انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون های هسته

✓ پرتوزایی طبیعی: وقتی یک هسته ناپایدار یا پرتوزا خود به خود واپاشی می کند نوع معینی از ذرات یا فوتون های پرانرژی آزاد می شود که به این، فرآیند پرتوزایی طبیعی گویند.

✓ در پدیده ی پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو آلفا (α)، بتا (β) و گاما (γ) وجود دارد که از میان آنها پرتو آلفا کمترین نفوذ و پرتو گاما (γ) بیش ترین نفوذ را دارد.

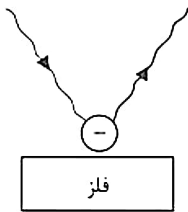
✓ ذره های آلفا سنگین، دارای بار مثبت و کوتاه برد هستند که در صورت رسیدن به بافت های بدن بر آن آسیب می زند . یکی از کاربردهای گسترده واپاشی آلفا آ آشکارسازهای دود است.

✓ هر یک از جملات ستون (الف) را به هر یک از جملات ستون (ب) متصل کنید.

(الف)	(ب)
یک نوترون در هسته تبدیل به پروتون می شود.	۱- واپاشی گاما
این واپاشی در هسته های سنگین صورت می گیرد.	۲- واپاشی بتای مثبت
یک پروتون در هسته واپاشیده می شود.	۳- واپاشی بتا منفی
عدد اتمی و جرمی هسته ی دختر و مادر یکسان است.	۴- واپاشی آلفا

تابلوی اول: پدیده‌ی فوتوالکتریک، انرژی فوتون

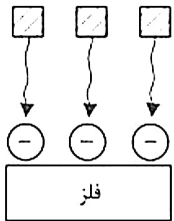
معرفی پدیده فوتوالکتریک



هرگاه نوری با بسامد معین به فلزی بتابد و بتواند از سطح آن الکترون جدا کند آنگاه پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ می‌دهد و به الکترون‌های جدا شده فوتوالکترئون گویند.

نظریه انیشتین در مورد پدیده فوتوالکتریک

هر نوری که به سطح فلز می‌تابد شامل بسته‌های کوچک انرژی به نام فوتون است، هنگام تابش نور هر فوتون فقط به یک الکترون برخورد می‌کند که اگر انرژی لازم و کافی را داشته باشد می‌تواند الکترون‌ها را از سطح فلز جدا کند.



$$E_{\text{فوتون}} = hf = \frac{hc}{\lambda} \xrightarrow[\text{طول موج نور}]{\text{اگر نور n فوتون داشته باشد}} E_{\text{نور}} = nhf$$

$\swarrow$ ثابت پلانک $(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$ $\searrow$ بسامد نور

شرط رخداد پدیده‌ی فوتوالکتریک داشتن بسامد لازم نور تابیده شده به سطح فلز است.

فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد $\Rightarrow f_{\text{نور}} < f_0 \Rightarrow$ کمترین بسامد لازم برای جدا کردن الکترون = بسامد آستانه f_0

نکته: افزایش شدت نور یعنی افزایش تعداد فوتون‌های تابیده شده بر سطح فلز که تاثیری بر رخداد پدیده‌ی فوتوالکتریک ندارد.

نکته: اگر $f_{\text{نور}} > f_0$ باشد و در این حال شدت نور را زیاد کنیم الکترون‌های بیش‌تری از سطح فلز جدا می‌کند اما بیشینه انرژی جنبشی آنها تغییر نمی‌کند.

نکته: واحد محاسبه‌ی انرژی فوتون‌ها الکترون . ولت است که: $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ مثلاً ثابت پلانک بر حسب eV چنین می‌شود:

$$h = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4.1 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

سوالات مهم

IQ1 توان تشعشع یک لامپ 100 W است.

الف) در مدت یک دقیقه این لامپ چند فوتون با طول موج 300 nm می‌تواند از خود گسیل کند؟ $(C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$

ب) در قسمت قبل انرژی هر فوتون چند الکترون ولت است؟ $(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$

ج) اگر توان چشمه را نصف کنیم تعداد فوتون‌های گسیل شده در همان مدت چه تغییری می‌کند؟

تابلوی دوم: بررسی معادله‌ی ریذبرگ

2-1 معادله‌ی ریذبرگ

این معادله برای مناسبه‌ی انواع طول موج‌های مختلف در طیف فظی اتم هیدروژن است که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \begin{cases} R = \text{ثابت ریذبرگ} = 0.01 \text{ nm}^{-1} \\ \lambda > 0 \Rightarrow n > n' \end{cases}$$

در این معادله همواره طول موج بر حسب nm به دست می‌آید

2-2 بررسی انواع رشته‌ها

توسط معادله‌ی ریذبرگ طول موج طیف اتم هیدروژن در هر ناحیه‌ای توسط دانشمندی مناسبه شده که در جدول زیر به بررسی آن می‌پردازیم:

نام رشته	مقدار n'	مقدارهای n	گستره‌ی طول موج
لیمان	۱	۲, ۳, ۴, ...	فرابنفش
بالمر	۲	۳, ۴, ۵, ...	فرابنفش، مرئی
پاشن	۳	۴, ۵, ۶, ...	فروسرخ
براکت	۴	۵, ۶, ۷, ...	فروسرخ
پفوند	۵	۶, ۷, ۸, ...	فروسرخ

با توجه به جدول بالا به دو مثال زیر توجه کنید:

الف) اولین خط رشته بالمر ($n' = 2 \leftarrow n = 3$) دومین خط رشته پاشن ($n' = 3 \leftarrow n = 5$)

نکته: برای مناسبه‌ی بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج در هر رشته باید بدانیم:

if $\lambda = \min \rightarrow n = \infty$

if $\lambda = \max \rightarrow n = n' + 1$

به طور مثال برای مناسبه‌ی بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج در رشته بالمر ($n' = 2$) می‌نویسیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \begin{cases} \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{1}{400} \Rightarrow \lambda_{\min} = 400 \text{ nm} \\ \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) \Rightarrow \frac{5}{100 \times 4 \times 9} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{3600}{5} = 720 \text{ nm} \end{cases}$$

نکته:

- حالت پایه $\leftarrow$ یعنی الکترون در تراز $n = 1$ است.

- حالت برانگیخته $\leftarrow$ یعنی الکترون در ترازهای بالاتر از $n = 1$ است.

اولین حالت برانگیخته $\leftarrow n = 2$ دومین حالت برانگیخته $\leftarrow n = 3$

سوالات مهم

IQ2 در هر یک از سؤالات زیر به موارد خواسته شده پاسخ دهید: ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

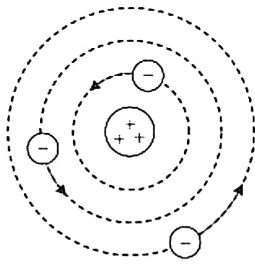
الف) طول موج دومین خط از رشته‌ی براکت ($n' = 4$) چند نانومتر است؟ این خط در کدام گستره طول موج قرار دارد؟

ب) کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در رشته‌ی پاشن ($n' = 3$) را محاسبه کنید.

ج) اگر الکترونی در اتم هیدروژن از سومین حالت برانگیخته به حالت پایه برگردد، بسامد فوتون گسیل‌شده تقریباً چند هرتز است؟

3-1) شعاع مدارها در مدل بور

طبق الگوی اتمی بور الکترون‌ها در اتم هیدروژن بر روی مدارهای دایره‌ای شکل (ترازهای انرژی) در حال پرفش هستند که شعاع آن‌ها طبق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:



$$r_n = a \cdot n^2$$

$n=1 \Rightarrow$ شعاع مدار اول $= a_0 =$ شعاع بور
 $n=2 \Rightarrow$ شعاع مدار دوم $= 4a_0$

3-2) انرژی مدارها

انرژی هر مدار در مدل بور از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2}$$

$E_R = 13.6 \text{ eV} =$ یک ریبربرگ $\rightarrow E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$

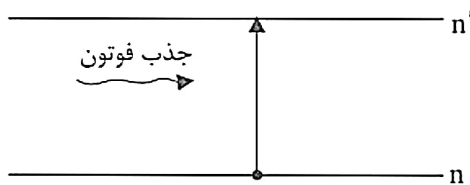
بهتر است دانش آموزان برای حل راحت‌تر سؤالات این قسمت انرژی چهار مدار ابتدایی را حفظ باشند که به شرح زیر است:

شماره مدار	انرژی مدار
۱	$E_1 = \frac{-13.6}{1} = -13.6 \text{ eV}$
۲	$E_2 = \frac{-13.6}{4} = -3.4 \text{ eV}$
۳	$E_3 = \frac{-13.6}{9} = -1.51 \text{ eV}$
۴	$E_4 = \frac{-13.6}{16} = -0.85 \text{ eV}$

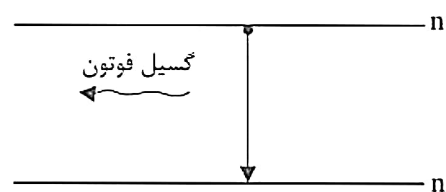
$n=4 \rightarrow -0.85 \text{ eV}$
 $n=3 \rightarrow -1.51 \text{ eV}$
 $n=2 \rightarrow -3.4 \text{ eV}$
 $n=1 \rightarrow -13.6 \text{ eV}$

از شکل بالا می‌توان دریافت هر چه به ترازهای انرژی بالاتر برویم اختلاف انرژی بین لایه‌ها کمتر و کمتر می‌شود و انرژی خود لایه‌ها هم افزایش می‌یابد.

3-3) جذب یا گسیل فوتون



تراز پائین به بالا $\leftarrow$ جذب انرژی (جذب فوتون)



تراز بالا به پائین $\leftarrow$ دفع انرژی (گسیل فوتون)

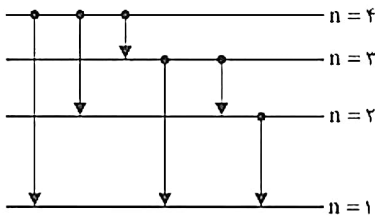
3-4) تناسبی طول موج و بسامد فوتون‌ها

انرژی فوتون جذب یا گسیل شده برابر اختلاف انرژی در تراز انرژی است پس می‌نویسیم:

$$E_{\text{فوتون}} = \Delta E \rightarrow hf = \frac{hc}{\lambda} = E_{(n')} - E_{(n)}$$

نکته: در روابط بالا f و λ به ترتیب بسامد و طول موج فوتون جذب یا گسیل شده است و $E_{n'}$ و E_n از همان رابطه‌ی $(E = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2})$ به دست می‌آید.

مثلاً اگر الکترونی در تراز $n=4$ در اتم هیدروژن باشد آن گاه تمام گذارهای ممکن آن به شکل زیر است:



$$\text{تعداد کل گذارها} = \frac{n(n-1)}{2}$$

نتیجی که از شکل بالا می توان گرفت به شرح زیر است:

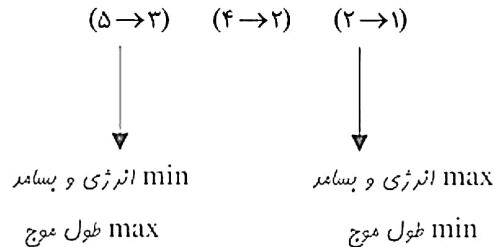
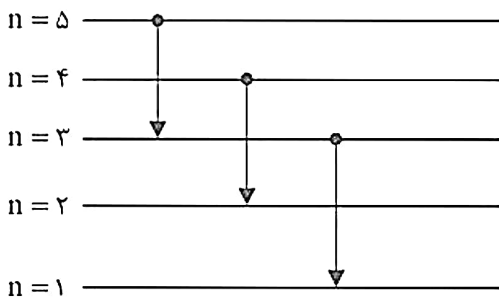
الف) در گذار $(n=4 \rightarrow n=1)$ فوتون کسپل شده بیش ترین انرژی و پسماد و کم ترین طول موج را دارد.

ب) در گذار $(n=4 \rightarrow n=3)$ فوتون کسپل شده کم ترین انرژی و پسماد و بیش ترین طول موج را دارد به طور کلی می توان گفت اگر الکترونی در تراز n قرار داشته باشد:

$$\begin{cases} \text{if } (n \rightarrow n-1) \rightarrow f_{\text{فوتون}} = \min, \lambda = \max \\ \text{if } (n \rightarrow 1) \rightarrow f_{\text{فوتون}} = \max, \lambda = \min \end{cases}$$

3-6 گذارهای Δn مجاز

اگر در سؤال مثلاً گفته شود برای گذار الکترون فقط $\Delta n = 2$ مجاز باشد یعنی فقط گذارهایی مجاز است که اختلاف شماره دو لایه 2 باشد.



3-7 انرژی لازم برای خارج کردن الکترون ها از قید هستند و صفر شدن انرژی آن ها را انرژی یونش می نامند. هر مدار انرژی یونش خاص خود را دارد که در زیر دو نمونه مثال می بینید:

$$\left. \begin{array}{l} E_1 = -13.6 \text{ eV} \xrightarrow{\text{می خواهیم } E=0 \text{ شود}} E_{\text{یونش}} = 13.6 \text{ eV} \\ E_2 = -3.4 \text{ eV} \xrightarrow{\text{می خواهیم } E=0 \text{ شود}} E_{\text{یونش}} = 3.4 \text{ eV} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{انرژی یونش همان انرژی مدارها فقط با علامت مثبت شد}$$

سوالات مهم

IQ3 اگر الکترونی در اتم هیدروژن از تراز $n=2$ به تراز $n=4$ برود آنگاه:

الف) فوتون جذب کرده یا گسیل؟

ب) طول موج فوتون چند نانومتر است؟ $(h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s})$

ج) شعاع مدار حرکت الکترون چند برابر می شود؟



سوالات مهم

IQ₄ الکترونی در اتم هیدروژن در تراز $n = 4$ قرار دارد. آنگاه:

الف) تعداد کل گذارها

ب) اگر فقط $\Delta n = 1$ مجاز باشد تعداد گذارها چند تاست؟

ج) طول موج پر انرژی ترین فوتون گسیلی چند نانومتر است؟ ($hc = 1240 \text{ eV.nm}$)

IQ₅ الکترونی در اتم هیدروژن از تراز $n = 1$ به تراز $n = 3$ می رود، مطلوبست تعیین موارد خواسته شده:

$$(C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}, E_R = 13.6 \text{ eV})$$

الف) انرژی الکترون در این گذار چند الکترون . ولت و چگونه تغییر می کند؟

ب) بسامد فوتون گسیلی در این گذار الکترون چند هرتز است؟

IQ₆ انرژی یونش الکترونی در لایه n اتم هیدروژن $13.6/n^2 \text{ eV}$ است:

الف) شماره n لایه n را تعیین کنید

ب) در صورت گذار الکترون به لایه های پائینی طول موج فوتون گسیل شده در چه محدوده ای از طیف امواج الکترومغناطیسی است؟

ج) کم انرژی ترین فوتون گسیلی مربوط به حرکت الکترون به کدام لایه است؟ در این حرکت شعاع مدار چند برابر می شود؟

تابلوی چهارم: عددهای معروف در اتم

بررسی عددهای معروف

$$A = Z + N = \text{عدد جرمی} = \text{تعداد پروتون} + \text{تعداد نوترون}$$

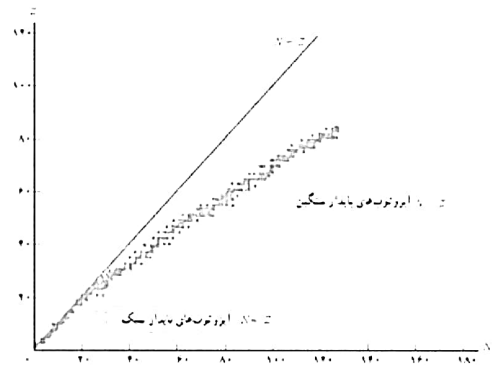
$$Z = \text{عدد اتمی} = \text{تعداد پروتون‌های هسته}$$

$$N = \text{عدد نوترون‌ها} = \text{تعداد نوترون‌ها}$$

به پروتون و نوترون، نوکلئون نیز گفته می‌شود پس مجموع نوکلئون‌ها یعنی همان مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هسته که عدد جرمی می‌شود.

شکل روبه‌رو نمودار عدد اتمی بر حسب تعداد نوترون‌های عناصر موجود در طبیعت است که از آن می‌توان نتیجه گرفت:

نمودار بر خط $N = Z$ منطبق است $\Rightarrow \frac{N}{Z} = 1 \Rightarrow$ ایزوتوپ‌های سبک
 $\Rightarrow N > Z$ ایزوتوپ‌های سنگین



از شکل بالا نتیجه آخر می‌توان دریافت که با افزایش تعداد پروتون‌های هسته، تعداد نوترون‌ها پیش‌تر زیاده‌تر شده و به همین علت است که نمودار رفته رفته از خط $N = Z$ فاصله می‌گیرد و ایزوتوپ‌ها به سمت ناپایداری پیش‌تر می‌روند.

سوالات مهم

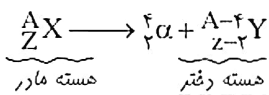
برای عنصر $^{162}_{80}\text{Ir}$ به موارد خواسته‌شده پاسخ دهید.

(ب) تعداد نوترون‌ها
(د) بار خالص هسته:

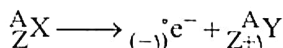
(الف) تعداد پروتون‌ها
(ج) مجموع نوکلئون‌ها

تابلوی پنجم: پرتوزایی، بررسی انواع واپاشی‌ها

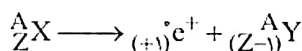
واپاشی آلفا: این مدل واپاشی در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد و در آن عدد جرمی هسته دختر ۴ واحد و عدد اتمی آن ۲ واحد کمتر از هسته مادر است و به صورت زیر است:



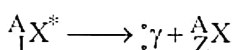
واپاشی بتای منفی (الکترون): در این واپاشی یک نوترون در هسته به یک پروتون و یک الکترون تبدیل می‌شود



واپاشی بتای مثبت (پوزیترون): پوزیترون در هسته یک پروتون و در این واپاشی یک پروتون در هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود



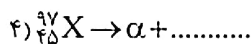
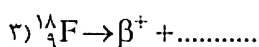
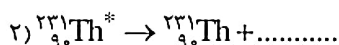
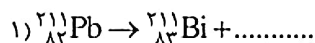
واپاشی گاما: در این مدل واپاشی هسته مادر برانگیخته باکسیل یک فوتون (گاما) از حالت برانگیخته به حالت پایه می‌رسد و هیچ یک از عددهای جرمی و اتمی تغییر نمی‌کند





سوالات مهم

IQ8 الف) هر یک از معادلات واپاشی زیر را کامل کنید.



ب) عنصر ${}_{95}^{240}\text{Am}$ در یک فرایند واپاشی دو ذره‌ی آلفا و یک ذره‌ی بتای منفی گسیل می‌کند. تعداد نوترون‌های هسته‌ی دختر در این فرایند چند تا است؟

تابلوی ششم: نیمه عمر مواد

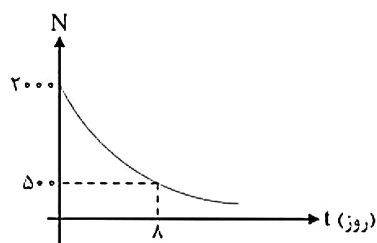
مدت زمانی که طول می‌کشد تا نصف اتم‌های یک عنصر واپاشیده شود را نیمه عمر ماده می‌گویند و برای مناسبه‌ی تعداد ذرات باقی‌مانده بعد از واپاشی از رابطه‌ی زیر بهره می‌بریم:

$$N = \frac{N_0}{2^n}$$

تعداد هسته‌های اولیه $\rightarrow$ N_0 تعداد هسته‌های باقیمانده $\rightarrow$ N

$$n = \frac{\text{زمان سپری شده}}{\text{زمان نیمه عمر}} = \frac{t}{T}$$

به عنوان مثال نمودار روبه‌رو تعداد هسته‌های باقی‌مانده از یک عنصر را بعد از یک فرآیند واپاشی بر حسب زمان نشان می‌دهد. که برای مناسبه‌ی نیمه عمر ماده می‌نویسیم:



تعداد هسته‌های اولیه ۲۰۰۰ و بعد از ۸ روز ۵۰۰ تا از آن‌ها باقی می‌ماند

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow 500 = \frac{2000}{2^n} \Rightarrow n = 2$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 2 = \frac{8}{T} \Rightarrow T = 4 \text{ روز}$$



سوالات مهم

IQ9 به هر یک از سؤالات زیر به طور کامل پاسخ دهید:

الف) نیمه عمر یک ماده‌ی پرتوزا ۲۰ دقیقه است. در مدت یک ساعت چه کسری از هسته‌های اولیه فعال باقی می‌ماند؟

ب) در یک فرایند واپاشی برای یک عنصر در مدت ۶۴ روز $\frac{1}{16}$ تعداد هسته‌های اولیه باقی‌مانده است. نیمه عمر ماده چند روز است؟

ج) $\frac{3}{4}$ تعداد هسته‌های اولیه‌ی یک نمونه پرتوزا در یک فرایند واپاشیده می‌شود. اگر نیمه عمر نمونه سه سال باشد زمان فروپاشی چقدر است؟

$$\text{الف)} \quad \begin{cases} p = \frac{E}{t} \Rightarrow E = pt = 100 \times 60 = \boxed{6 \times 10^3 \text{ J}} \\ E = nhf = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{6 \times 10^3 \times (300 \times 10^9)}{6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = \frac{10^{-4}}{10^{-26}} = \boxed{10^{22}} \end{cases}$$

ب) ابتدا ثابت پلانک را بر حسب الکترون . ولت به دست آورده سپس با توجه به رابطه‌ی $E = hf$ انرژی هر فوتون را حساب می‌کنیم:

$$\begin{cases} h = \frac{6 \times 10^{-34}}{1/6 \times 10^{-19}} = \frac{15}{4} \times 10^{-15} \text{ eV} \\ E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(\frac{15}{4} \times 10^{-15})(3 \times 10^8)}{300 \times 10^{-9}} = \frac{15}{4} \text{ eV} = \boxed{3.75 \text{ eV}} \end{cases}$$

ج) طبق رابطه‌ی توان چشمه می‌توان نوشت:

$$p = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} \Rightarrow n = \frac{p}{(hf)} \Rightarrow \boxed{n = p}$$

با نصف شدن توان، تعداد فوتون‌های گسیل شده هم نصف می‌شود

الف) در رشته بَرَاکت چون $n' = 4$ است آنگاه برای دومین خط این رشته $n = 6$ می‌شود و می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{36} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{20}{16 \times 36} \right) \Rightarrow \boxed{\lambda = 2880 \text{ nm}}$$

با توجه به طول موج به دست آمده درمی‌یابیم که این خط در محدوده‌ی فروسرخ است

$$\text{ب)} \quad \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \begin{cases} \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \boxed{\lambda_{\min} = 900 \text{ nm}} \\ \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{7}{144} \right) \Rightarrow \lambda_{\max} = \boxed{2057 \text{ nm}} \end{cases}$$

ج) سومین حالت برانگیخته یعنی $n = 4$ پس می‌نویسیم:

$$E_{\text{فوتون گسیلی}} = \Delta E \Rightarrow hf = E_f - E_i = -E_R \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{4} \right) \Rightarrow 4 \times 10^{-15} f = 13/6 \left(\frac{15}{16} \right) \\ \Rightarrow f = \frac{13/6 \times 15}{4 \times 10^{-15} (16)} = \boxed{3/1 \times 10^{15} \text{ Hz}}$$

الف) چون از تراز پائین به بالا رفته است پس فوتون جذب کرده است

$$\text{ب)} \quad E_{\text{فوتون}} = \Delta E \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = E_f - E_i \Rightarrow \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{\lambda} = -13/6 \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{4} \right)$$

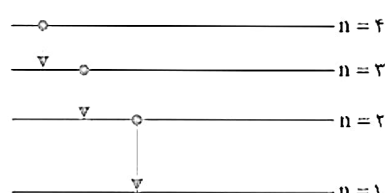
$$\Rightarrow \frac{12 \times 10^{-7}}{\lambda} = 13/6 \left(\frac{3}{16} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{16 \times (12 \times 10^{-7})}{13/6 \times 3} = 4/7 \times 10^{-7} \text{ m} = \boxed{470 \text{ nm}}$$

$$\frac{r_f}{r_i} = \left(\frac{n_f}{n_i} \right)^2 = \left(\frac{4}{1} \right)^2 = \boxed{4 \text{ برابر}}$$

ج) شعاع مدار از رابطه‌ی $r_n = a_0(n^2)$ به دست می‌آید پس:

$$\text{الف)} \quad \text{تعداد کل گذارها} = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{4 \times 3}{2} = \boxed{6}$$

ب) فقط $\Delta n = 1$ مجاز باشد یعنی فقط گذارهایی را در نظر بگیریم که اختلاف شماره لایه‌های آن‌ها برابر یک باشد که مطابق شکل تعداد آن‌ها ۳ تا است



ج) پرنرژی‌ترین فوتون مربوط به گذار الکترون از $n = 4$ به $n = 1$ است، پس داریم:

$$E_{\text{فوتون}} = E_f - E_i \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = -E_R \left(\frac{1}{16} - 1 \right) \Rightarrow \frac{1340}{\lambda} = 13/6 \left(\frac{15}{16} \right) \Rightarrow \boxed{\lambda = 97.2 \text{ nm}}$$

$$E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = \frac{-13.6 \text{ eV}}{1} = -13.6 \text{ eV} \\ E_7 = \frac{-13.6 \text{ eV}}{49} = -0.277 \text{ eV} \end{cases} \Rightarrow \Delta V = 13.32 \text{ eV}$$

الف) $E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$ $\Rightarrow hf = E_7 - E_1 \Rightarrow 4 \times 10^{-15} f = 13.32 \text{ eV}$

$$\Rightarrow f = \frac{13.32 \text{ eV}}{4 \times 10^{-15}} = 3.33 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

الف) می‌دانیم انرژی یونش در هر لایه برابر با قرینه انرژی همان لایه است پس:

$$E_n = \frac{+13.6 \text{ eV}}{n^2} \Rightarrow 0.85 = \frac{13.6 \text{ eV}}{n^2} \Rightarrow n^2 = \frac{13.6 \text{ eV}}{0.85} = 16 \Rightarrow n = 4$$

ب) چون الکترون در لایه $n=4$ است، طول موج فوتون گسیلی مربوط به رشته براکت و در محدوده امواج الکترومغناطیس است.

$$\frac{r_7}{r_4} = \frac{9a_0}{16a_0} = \frac{9}{16}$$

ج) مربوط به گذار الکترون از $n=4$ به $n=3$ است و شعاع مدار:

ب) تعداد نوترون: $162 - 80 = 82$

الف) تعداد پروتون = 80

د) بار خالص هسته: $q = ne = 80(1.6 \times 10^{-19}) = 1.28 \times 10^{-17} \text{ C}$

ج) مجموع نوکلئون‌ها = عدد جرمی = 162

الف) ۱) $(-1)\beta^-$ ۲) 2α ۳) $1Y$ ۴) $23Y$

ب) ${}^{240}_{94}\text{Am} = 2({}^{238}_{94}\text{Pu}) + (-1)\beta^- + nY \Rightarrow \begin{cases} 240 = 8 + 0 + n \Rightarrow n = 232 \\ 94 = 4 + (-1) + m \Rightarrow m = 92 \end{cases}$

طبق اعداد به دست آمده تعداد نوترون‌های هسته دختر $(232 - 92 = 140)$ می‌شود.

الف) $n = \frac{t}{T} = \frac{6 \cdot \min}{2 \cdot \min} = 3$

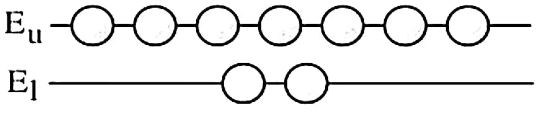
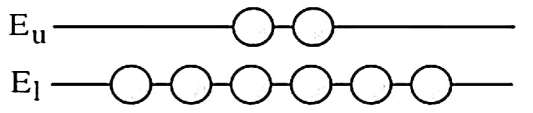
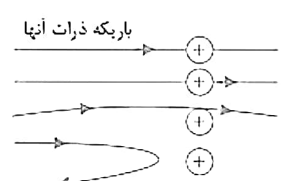
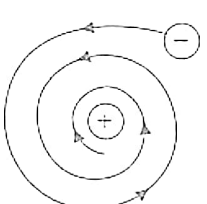
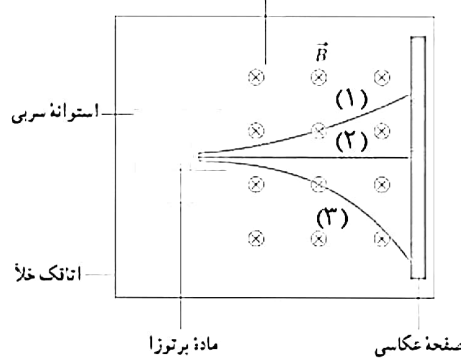
$$N = \frac{N_0}{2^n} = \frac{N_0}{2^3} = \frac{1}{8} N_0 \text{ یا } 12.5\%$$

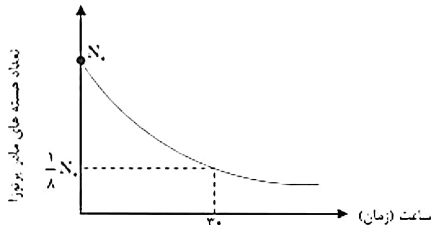
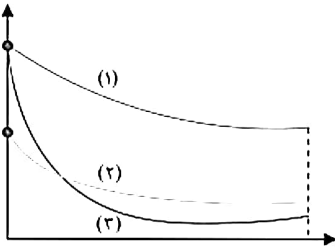
ب) $N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{16} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow n = 4$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 4 = \frac{64}{T} \Rightarrow T = 16 \text{ روز}$$

ج) $\begin{cases} N = \frac{N_0}{2^n} \xrightarrow[\text{باقی می‌ماند}]{\text{هسته‌های اولیه } \frac{1}{4}} \frac{1}{4} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow n = 2 \\ n = \frac{t}{T} \Rightarrow 2 = \frac{t}{3} \Rightarrow t = 6 \text{ سال} \end{cases}$

ت. ۱۰۰ گز ت. ۱۰۰ گز ت. ۱۰۰ گز ت. ۱۰۰ گز ت. ۱۰۰ گز ر. ۱۰۰ گز ت. ۱۰۰ گز ر. ۱۰۰ گز	۱- در هر یک از موارد زیر به سؤالات خواسته شده پاسخ دهید: الف) طیف گسیلی حاصل از گازهای کم فشار و که همان طیف است. ب) خواص شیمیائی هر اتم را تعداد هسته تعیین می کند. پ) در مدل بور نیروی الکتریکی که یک الکترون به الکترون دیگر وارد می کند به حساب آمده است. (صحیح - غلط) ت) به اختلاف جرم هسته ای اتم با مجموع جرم نوکلئون های تشکیل دهنده اتم، گفته می شود. ث) انرژی لازم جدا کردن نوکلئون های یک هسته را انرژی (یونش الکترون - بستگی هسته ای) می نامند. ج) ایزوتوپ ها دارای خواص یکسان ولی خواص متفاوتی دارند. چ) مدت زمانی که طول می کشد تا نصف اتم های یک ماده واپاشیده شود را گویند. ح) به فرآیند افزایش درصد یا غلظت اورانیوم ۲۳۵ در یک نمونه گفته می شود. خ) در فرآیند دو هسته سبک با هم ترکیب می شوند و هسته ی سنگین تری به وجود می آید.
ت. ۱۰۰ گز ر. ۱۰۰ گز ر. ۱۰۰ گز ر. ۱۰۰ گز ت. ۱۰۰ گز ت. ۱۰۰ گز ر. ۱۰۰ گز	۲- به هر یک از سؤالات زیر به طور کوتاه پاسخ دهید: الف) تحلیل خود را از شکل مقابل بیان کنید؟ ب) نتایج حاصل از فیزیک کلاسیک در مورد پدیده های فوتوالکتریک را بیان کنید. آیا این نتایج با مشاهدات تجربی مطابقت دارد؟ پ) طیف حاصل از رشته داغ یک لامپ روشن پیوسته است یا خطی؟ ت) فوتون های لیزری حاصل از گسیل خودبه خود است یا القائی؟ ث) در آزمایش فوتوالکتریک افزایش بسامد نور فرودی در بسامدهای بزرگتر از بسامد آستانه چه تغییری در نتیجه آزمایش ایجاد می کند؟ ج) در آزمایش فوتوالکتریک افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگتر از بسامد آستانه چه تغییری در نتیجه آزمایش دارد؟ چ) چرا هسته ها در واکنش های شیمیایی برانگیخته نمی شوند؟ ح) تصویر مقابل نوکلئون های یک هسته را نشان می دهد، از مشاهده ی آن چه نتیجه ای می گیریم؟

ر ۱۳۰۰ خ	خ) کدام یک از شکل‌های مقابل، وارونی جمعیت در محیط لیزری را نشان می‌دهد؟  (ب)  (الف)
ر ۱۳۰۰ خ	د) طیف تشکیل شده توسط جسم جامد، نظیر رشته داغ یک لامپ چه نام دارد؟ منشأ فیزیکی تشکیل آن چیست؟
ر ۱۳۰۰ خ	ز) چرا مدل بور برای حالتی که بیش از یک الکترون دور هسته می‌گردد، به کار نمی‌رود؟
ر ۱۳۰۰ خ	ر) الکترون‌ولت یکای کدام کمیت در فیزیک اتمی است؟
ر ۱۳۰۰ خ	ه) چرا به طیف اجسام جامد، طیف پیوسته می‌گوئیم؟
تقریبی شش‌پایه ۱۳۰۰	۳- انرژی فوتونی ۲ev است. الف) طول موج این پرتو را حساب کنید. ب) تعیین کند این پرتو در چه ناحیه‌ای از طیف امواج الکترومغناطیس قرار دارد؟ ($hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$)
تقریبی بی‌امگا	۴- از یک لامپ که نوری با طول موج ۶۶۰nm گسیل می‌کند، در هر دقیقه 2×10^{21} فوتون گسیل می‌شود. توان مفید تابشی لامپ چند وات است؟ ($C = 3 \times 10^{-8} \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)
تقریبی بی‌امگا	۵- الکترونی در دومین حالت برانگیخته اتم هیدروژن قرار دارد انرژی الکترون در این حالت چند الکترون‌ولت است؟ ($E_R = 13.6 \text{ eV}$)
سؤال ۱۰ ماده ۲۳۳ کتاب درسی	۶- هر یک از شکل‌های زیر مربوط به آزمایش و مدل اتمی رادفورد است. از هر شکل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟  (الف)  (ب) میدان مغناطیسی (عمود بر صفحه کاغذ به طرف درون)  صفحه عکاسی ماده برتوزا اتاق خلأ استوانه سربی پ) در شکل روبه رو نوع بار هر پرتو را مشخص کنید.
سؤال ۱۱ کتاب درسی	۷- با استفاده از رابطه‌ی بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن نشان دهید که: $\Delta E(4 \rightarrow 2) = \Delta E(4 \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2)$
تقریبی شش‌پایه ۱۳۰۰	۸- معادله‌های واپاشی زیر را کامل کنید. الف) $^{15}_8\text{O} \rightarrow e^+ + \dots\dots\dots$ ب) $^{231}_{91}\text{Pa} \rightarrow \dots\dots\dots + ^{227}_{89}\text{Ac}$ پ) $^{231}_{90}\text{Th}^* \rightarrow \dots\dots\dots + ^{231}_{90}\text{Th}$

پاشی ذرات ۱۵۰۱	۹- در یک واپاشی هسته‌ای عنصر پرتوزا سرب ($^{210}_{82}\text{Pb}$) با تابش دو ذره‌ی آلفا و یک ذره‌ی بتای منفی (β^-) و دو نوترون (^1_0n) به عنصر (^A_ZY) تبدیل می‌شود. معادله‌ی واپاشی را نوشته و مقادیر Z و A را حساب کنید.
تجزیه شیمیایی ۱۵۰۲	۱۰- پس از ۱۵ دقیقه، $\frac{7}{8}$ هسته‌های یک نمونه پرتوزا به فلز دیگری تبدیل می‌شود. نیمه عمر این نمونه مس چند دقیقه است؟
تجزیه ذرات ۱۵۰۳ سوالی ۳۳۰ دقیقه ۱۳۰ کتابچه درسی	۱۱- الف) نمودار زیر تعداد هسته‌های ماده پرتوزا بر حسب زمان را نشان می‌دهد. پس از گذشت ۸۰ ساعت چه کسری از هسته‌های اولیه باقی می‌ماند؟  ب) شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوزای سه نمونه را بر حسب زمان نشان می‌دهد. نیمه عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید. 

پاسخنامه سوالات تکمیلی

- الف) رقیق، گسلی خطی (ب) پروتون‌ها (ب) غلط (ت) کاستی جرم هسته
 ث) بستگی هسته (ج) شیمیایی، فیزیکی (چ) نیمه‌عمر (ح) غنی‌سازی
 خ) همجوشی (گداخت هسته‌ای)

الف) پدیده‌ی فوتوالکتریک توسط نور با هر بسامدی رخ نمی‌دهد و نور حتماً باید متناسب با جنس فلز بسامد معین و کافی را داشته باشد

- (۱) پدیده‌ی فوتوالکتریک توسط نور با هر بسامد رخ می‌دهد.
 (۲) با افزایش شدت نور می‌توان الکترون‌ها با انرژی جنبشی بیشتری از سطح فلز جدا کرد.
 (ب) ← که این نتایج حاصل از فیزیک کلاسیک با مشاهدات تجربی تطابق ندارد

- پ) پیوسته (ت) القایی (ث) باعث افزایش انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها موقع خارج شدن از سطح فلز می‌شود.
 ج) باعث جدا شدن تعداد الکترون‌های بیش‌تر از سطح فلز می‌شود
 چ) زیرا اختلاف ترازهای انرژی هسته بسیار بیش‌تر از اختلاف ترازهای انرژی اتم است
 ح) نیروی هسته‌ای کوتاه برد است (خ) (الف)
 ر) طیف پیوسته - تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است
 ز) در این مدل نیروی الکتریکی که یک الکترون به الکترون دیگر وارد می‌کند، به حساب نیامده است
 ر) انرژی فوتون (ه) زیرا شامل گستره‌ی پیوسته‌ای از طول موج‌هاست.

الف) $E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1240}{2} = 620 \text{ nm}$ مرئی (ب)

$P = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{t} = \frac{nhc}{\lambda t} = \frac{2 \times 10^{21} \times (6/6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{60 \times (660 \times 10^{-9})} = 10 \text{ W}$

$E = \frac{-E_R}{n^2} = \frac{-13/6}{9} = -1/5 \text{ eV}$ دومین حالت برانگیخته یعنی $n=3$ پس می‌توان نوشت:

- الف) تعداد بسیار کمی از پرتوهای آلفا کامل برمی‌گردد لذا جسم هسته در مقایسه با حجم اتم بسیار کوچک است
 ب) الکترون ساکن به دلیل نیروی زیاد جاذبه هسته بعد از مدتی در آن فرو رفته و هسته متلاشی می‌شود
 پ) ذره ۱ (بار مثبت - آلفا) ذره ۲ (خنثی - گاما) ذره ۳ (بار منفی - بتا)

$\Delta E(4 \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2) = (E_4 - E_3) + (E_3 - E_2) = E_4 - E_2 = \Delta E(4 \rightarrow 2)$



$$\begin{cases} 208 = 8 + 0 + 2 + A \Rightarrow A = 197 \\ 82 = 4 + (-1) + 0 + Z \Rightarrow Z = 79 \end{cases}$$
 طبق معادله‌ی فروپاشی بالا می‌توان نوشت:

طبق گفته سؤال $\frac{7}{8}$ هسته‌ها واپاشیده شده پس $\frac{1}{8}$ آن‌ها باقی می‌ماند پس:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{8} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow 2^n = 8 \Rightarrow \boxed{n=3}$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 3 = \frac{15}{T} \Rightarrow \boxed{T=5\text{min}}$$

ابتدا با توجه به اطلاعات روی نمودار نیمه‌عمر ماده را پیدا می‌کنیم:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{8} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \boxed{n=3}$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 3 = \frac{30}{T} \Rightarrow \boxed{T=10\text{h}}$$

در حالت دوم پس از گذشت ۸۰ ساعت می‌توان نوشت:

$$n = \frac{t}{T} = \frac{80}{10} = \boxed{8}$$

$$N = \frac{N_0}{2^n} = \frac{N_0}{2^8} = \boxed{\frac{1}{256} N_0}$$

نیمه‌عمر زمانی است که تعداد هسته‌های یک عنصر به نصف برسد که با توجه به شکل متوجه می‌شویم که ترتیب نیمه‌عمرها به صورت زیر است:

$$\boxed{T_Y < T_Z < T_I}$$