# مقدمه مؤلّفان

- تقدیم به آدم‌های تک‌فام (مجیدساکی)
- تقدیم به ثابتِ شتابِ گرانشی‌ام، همسرم! (احسان حسینیان)

**سلام به همگی...**

امتحان نهایی دیگه مثل قدیم‌ها نیست و قراره توی قبولی کنکور سهم بسیار مهمی رو به خودش اختصاص بده. پس باید یه حساب ویژه روی اون باز کرد و تمام تلاش ممکن رو برای گرفتن نمرهٔ ۲۰ انجام داد. برای گرفتن یه نمرهٔ ۲۰ درست‌حسابی کافیه که دو تا کار زیر رو انجام بدید...!

۱- تهیهٔ کتاب بانک نهایی فیزیک (۳) خیلی‌سبز (که انجام دادی...) ۲- مطالعهٔ دقیق کتاب و حل سؤالات آن

**اما چرا می‌شه با این کتاب نمرهٔ ۲۰ امتحان نهایی رو گرفت؟**

۱ تمام تیپ سؤال‌های امتحان نهایی‌های برگزارشده در این کتاب گردآوری شده است.

۲ تمام تمرینات، پرسش‌ها، متن، فعالیت و هر آن‌چه که در کتاب درسی هست و می‌تواند در امتحان نهایی مطرح شود به صورت سؤالات کاملاً استاندارد با همان رویکرد امتحان نهایی تألیف شده است.

۳ پاسخ‌های کاملاً تشریحی آورده شده است تا شما با خواندن آن به مباحث تسلط عالی پیدا کنید.

۴ درس‌نامهٔ خلاصه اما حاوی تمام نکات آورده شده است تا در زمان کم، تمام موضوعات را مرور کنید.

۵ در انتهای کتاب چند دوره آزمون سال‌های گذشته نیز آورده شده است تا قبل از امتحان نهایی، بتوانید از خودتان امتحان نهایی بگیرید.

**تشکر و قدردانی از:**

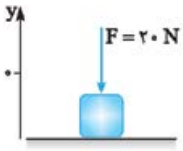
- دکتر کمیل نصری عزیز مدیر انتشارات که حمایت‌های ایشان باعث دلگرمی ما بود.
- آقای احمد علی‌نژاد مدیر تألیف کتاب که نظرات ارزشمند و راهنمایی‌های ایشان در تمام مراحل تألیف شامل حال ما شد.
- مهدی هاشمی، دوست، همکار و مؤلف کاردُرست فیزیک که با بیان نظرات و حساسیت‌ها در بالابردن سطح کیفی کتاب بسیار مؤثر بود.
- کارشناسان و ویراستاران حرفه‌ای و درجه یک فیزیک، خانم‌ها مریم گلی‌حسن‌لو، نرجس تیمناک، لیلا حافظی، مریم اصلانی‌فر، سارا جوادی و آقایان کیوان صارمی، فرزاد نامی و آرمین کمالی بابت دقت‌نظر، بهبود کیفی و دلسوزی‌های ارزشمندشان و سرکار خانم ضحی امیری که با پیگری‌های فراوان، نظم بالا و برنامه‌ریزی عالی در به چاپ رسیدن کتاب بسیار کمک کردند.
- تیم تولید خیلی‌سبز که واقعاً کارشان حرف ندارد.

**با آرزوی بهترین‌ها**

# فهرست مطالب


| | سؤال | درسنامه + پاسخ |
|---|---|---|
| **فصل اول: حرکت بر خط راست** | | |
| پخش اول: مسافت و جابه‌جایی، تندی و سرعت متوسط، معادله و نمودار مکان ـ زمان | ۵ | ۵۹ |
| پخش دوم: تندی و سرعت لحظه‌ای ـ شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای ـ نمودار سرعت ـ زمان | ۸ | ۶۳ |
| پخش سوم: معادلات و مسائل حرکت با سرعت ثابت | ۱۱ | ۶۶ |
| پخش چهارم: معادلات و مسائل حرکت با شتاب ثابت | ۱۳ | ۶۹ |
| پخش پنجم: بررسی نمودارهای حرکت با شتاب ثابت | ۱۶ | ۷۲ |
| **فصل دوم: دینامیک** | | |
| پخش اول: نیرو و قانون اول نیوتون | ۱۸ | ۷۵ |
| پخش دوم: قانون دوم نیوتون | ۱۹ | ۷۶ |
| پخش سوم: قانون سوم نیوتون | ۲۰ | ۷۷ |
| پخش چهارم: نیروی وزن و نیروی مقاومت شاره | ۲۱ | ۷۸ |
| پخش پنجم: نیروی عمودی سطح و حرکت آسانسور | ۲۳ | ۸۰ |
| پخش ششم: نیروی اصطکاک | ۲۴ | ۸۲ |
| پخش هفتم: نیروی کشسانی فنر | ۲۶ | ۸۵ |
| پخش هشتم: نیروی کشش طناب | ۲۸ | ۸۷ |
| پخش نهم: تکانه و قانون دوم نیوتون | ۲۹ | ۸۷ |
| پخش دهم: نیروی گرانشی | ۳۰ | ۸۹ |
| **فصل سوم: نوسان و امواج** | | |
| پخش اول: نوسان دوره‌ای و حرکت هماهنگ ساده | ۳۲ | ۹۰ |
| پخش دوم: انرژی در حرکت هماهنگ ساده | ۳۵ | ۹۴ |
| پخش سوم: امواج مکانیکی | ۳۶ | ۹۶ |
| پخش چهارم: امواج الکترومغناطیسی | ۳۹ | ۱۰۰ |
| پخش پنجم: صوت و اثر دوپلر | ۴۰ | ۱۰۱ |
| پخش ششم: بازتاب موج | ۴۲ | ۱۰۴ |
| پخش هفتم: شکست موج | ۴۴ | ۱۰۶ |
| **فصل چهارم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای** | | |
| پخش اول: اثر فوتوالکتریک و فوتون | ۴۸ | ۱۰۹ |
| پخش دوم: طیف خطی و بررسی رشته خط‌های طیف گسیلی هیدروژن اتمی | ۴۹ | ۱۱۱ |
| پخش سوم: بررسی مدل‌های اتمی | ۵۰ | ۱۱۳ |
| پخش چهارم: طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی و موفقیت‌ها و نارسایی‌های مدل بور | ۵۲ | ۱۱۵ |
| پخش پنجم: لیزر | ۵۳ | ۱۱۶ |
| پخش ششم: ساختار هسته | ۵۴ | ۱۱۷ |
| پخش هفتم: پرتوزایی طبیعی و نیمه‌عمر | ۵۵ | ۱۱۸ |
| **ضمیمه: امتحانات نهایی** | | |
| امتحان شماره ۱: خرداد ۱۴۰۰ | ۱۲۳ | ۱۳۴ |
| امتحان شماره ۲: شهریور ۱۴۰۰ | ۱۲۵ | ۱۳۴ |
| امتحان شماره ۳: خرداد ۱۴۰۱ | ۱۲۷ | ۱۳۵ |
| امتحان شماره ۴: شهریور ۱۴۰۱ | ۱۲۹ | ۱۳۶ |
| امتحان شماره ۵: دی ۱۴۰۱ | ۱۳۱ | ۱۳۷ |

۲۵۲- همانند شکل روبه‌رو، نیروی $F = ۲۰\ N$ به جعبه‌ای به جرم $۵kg$ که روی میز افقی قرار دارد، وارد می‌شود. $(g = ۱۰\ N/kg)$ (خرداد ۱۴۰۰ تجربی)




الف) نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟

ب) واکنش نیروی عمودی سطح در چه جهتی است؟

۲۵۳- شخصی به جرم $۵۰\ kg$ درون آسانسوری که پایین می‌آید، ایستاده است. اگر از کف آسانسور، نیروی $۳۰۰\ N$ بر شخص وارد شود؛

الف) برایند نیروهایی که بر شخص وارد می‌شود چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$

ب) جهت و اندازهٔ شتاب آسانسور را تعیین کنید.

۲۵۴- شخصی به جرم $۵۰\ kg$ درون آسانسوری روی یک ترازوی فنری ایستاده است. وقتی آسانسور شتاب رو به پایین $۲\ m/s^۲$ دارد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲)$ (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)

۲۵۵- دانش‌آموزی به جرم $۵۰\ kg$ روی یک ترازوی فنری درون آسانسور ایستاده است. در هر یک از حالت‌های زیر ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$ (مطابق با تمرین کتاب درسی)

الف) آسانسور با سرعت ثابت حرکت کند.

ب) آسانسور با شتاب $۱/۲\ m/s^۲$ به طرف پایین شروع به حرکت کند.

۲۵۶- شخصی به جرم $۶۰\ kg$ درون آسانسوری روی یک نیروسنج ایستاده است. در هر یک از موارد زیر نیروسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟ $(g = ۹/۸\ N/kg)$ (خرداد ۹۸ ریاضی و دی ۹۸ ریاضی)

الف) آسانسور ساکن باشد.

ب) آسانسور با سرعت ثابت $۲\ m/s$ به طرف بالا حرکت کند.

پ) آسانسور از حال سکون با شتاب ثابت $۲/۲\ m/s^۲$ به طرف بالا حرکت کند.

۲۵۷- شخصی درون آسانسور ساکن روی ترازوی فنری ایستاده است و ترازو وزن او را $۶۰۰\ N$ نشان می‌دهد. در لحظهٔ شروع به حرکت آسانسور رو به بالا، ترازو عدد $۷۵۰\ N$ را نشان می‌دهد، شتاب حرکت آسانسور در این لحظه چه‌قدر است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$ (خرداد ۹۹ تجربی)

۲۵۸- شخصی به جرم $۸۰\ kg$ درون آسانسوری قرار دارد. در لحظه‌ای که آسانسور با شتاب ثابت $۲\ m/s^۲$ به صورت تندشونده رو به پایین حرکت می‌کند. بردار نیرویی که از طرف شخص به آسانسور وارد می‌شود، را تعیین کنید. $(g = ۱۰\ N/kg)$

## بخش ۶ نیـروی اصطکاک

صفحهٔ ۳۷ تا ۴۱ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۶ را در صفحهٔ ۸۲ ببینید.

جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید.

۲۵۹- نیروی اصطکاک بین دو جسم به علت ..... محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود.

۲۶۰- معمولاً ضریب اصطکاک ایستایی بین دو سطح از ضریب اصطکاک جنبشی ..... است.

۲۶۱- با افزایش نیروی عمودی تکیه‌گاه، نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ..... می‌یابد.

درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را تعیین کنید.

۲۶۲- نیروی اصطکاک همواره نیروی اتلافی محسوب می‌شود.

۲۶۳- نگه‌داشتن یک قلم در دست هنگام نوشتن بدون اصطکاک ممکن نیست. (شهریور ۱۴۰۱ ریاضی)

۲۶۴- نیروی اصطکاک همواره در جهت خلاف حرکت جسم به آن وارد می‌شود.

۲۶۵- نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم بستگی ندارد.

۲۶۶- ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بدون یکا هستند.

به سؤالات زیر پاسخ کوتاه دهید.

۲۶۷- ضریب اصطکاک ایستایی و ضریب اصطکاک جنبشی به چه عواملی بستگی دارند؟

۲۶۸- فرض کنید جسمی ساکن است. آیا نیروی اصطکاک می‌تواند به این جسم وارد شود؟

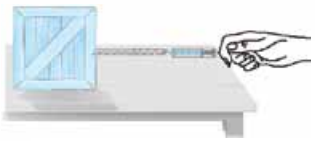
۲۶۹- شخصی روی یک سطح افقی، یک صندوق را به سمت غرب هل می‌دهد. در این عمل نیروهای اصطکاک وارد بر شخص و صندوق به ترتیب هر یک به کدام جهت است؟ (مطابق با تمرین کتاب درسی)

■ به سؤالات زیر به طور کامل پاسخ دهید.

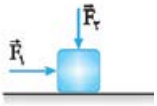
۲۷۰- آزمایش‌هایی طراحی کنید که: (مطابق با تمرین کتاب درسی)

- به وسیلهٔ آن بتوان ضریب اصطکاک جنبشی بین دو جسم را اندازه‌گیری کرد.
- نشان دهد نیروی اصطکاک ایستایی، بین یک جسم و سطحی که روی آن قرار دارد، بین بازهٔ صفر تا $f_{s,max}$ تغییر می‌کند.
- نشان دهد $f_{s,max}$، متناسب با $F_N$ است.
- نشان دهد نیروی اصطکاک جنبشی بین دو جسم به مساحت سطح تماس آن‌ها بستگی ندارد.

۲۷۱- شکل مقابل آزمایشی را نشان می‌دهد؛ هدف از انجام این آزمایش چیست؟ اگر جرم قطعه چوب را تغییر دهیم چه نتیجه‌ای در مورد $f_{s,max}$ می‌توان گرفت؟ (جسم در ابتدای آزمایش ساکن است.) (شهریور ۹۸ ریاضی)



۲۷۲- مطابق شکل، نیروی افقی $\vec{F}_1$ بر جعبه وارد می‌شود، اما جعبه هم‌چنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم $\vec{F}_2$ از صفر شروع به افزایش کند، کمیت‌های زیر چگونه تغییر می‌کنند؟ (خرداد ۹۸ ریاضی)



- اندازهٔ نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه
- اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه
- اندازهٔ بیشینهٔ اصطکاک ایستایی
- نیروی خالص وارد بر جسم

۲۷۳- مطابق شکل کتابی را با نیروی افقی $F$ به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم. با افزایش نیروی $F$ نیروهای زیر چه تغییری می‌کنند؟ (خرداد ۹۹ ریاضی، خرداد ۹۸ تجربی، دی ۹۹ تجربی و خرداد ۱۴۰۱ تجربی)

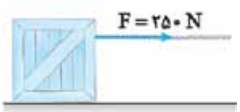
- نیروی اصطکاک ایستایی
- نیروی عمودی تکیه‌گاه
- نیرویی که دیوار به کتاب وارد می‌کند.

■ مسائل زیر را حل کنید.

۲۷۴- همانند شکل زیر، به جسمی به جرم $20\ kg$، نیروی افقی ثابت $F = 50\ N$ وارد می‌شود و جسم با شتاب ثابت $2\ m/s^2$ روی سطح افقی به طرف راست حرکت می‌کند. (شهریور ۱۴۰۰ تجربی)

- آیا نیروهای وارد بر جسم متوازن‌اند؟
- اندازه و جهت نیروی اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح را تعیین کنید.

۲۷۵- مطابق شکل جعبهٔ ساکنی به جرم $100\ kg$ را با نیروی ثابت افقی می‌کشیم. اگر ضریب اصطکاک ایستایی جعبه و سطح $0/4$ باشد، با محاسبه مشخص کنید جعبه ساکن می‌ماند یا شروع به حرکت می‌کند؟ $(g = 10\ m/s^2)$ (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)




۲۷۶- جعبه‌ای به جرم $20\ kg$ را روی یک سطح افقی به ضریب اصطکاک ایستایی $0/3$ با نیروی افقی $38\ N$ می‌کشیم. $(g = 10\ m/s^2)$ آیا جعبه حرکت می‌کند؟ چرا؟ (دی ۹۶ ریاضی)

- در این حالت نیروی اصطکاک بین جعبه با سطح چه‌قدر است؟

۲۷۷- در شکل روبه‌رو هنگامی که جسم $60\ kg$ با نیروی ثابت و افقی $300\ N$ کشیده می‌شود جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد، ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح چه‌قدر است؟ $(g = 10\ N/kg)$ (خرداد ۹۹ تجربی و شهریور ۹۸ تجربی)

۲۷۸- جعبهٔ ساکنی به جرم $40\ kg$ روی سطح افقی قرار دارد. ابتدا جعبه را با نیروی ثابت افقی $100\ N$ هل می‌دهیم؛ جعبه ساکن می‌ماند، هنگامی که نیروی افقی را به $120\ N$ می‌رسانیم، جعبه در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد. $(g = 10\ N/kg)$ (خرداد ۹۸ تجربی و مشابه دی ۱۴۰۰ ریاضی)

- ضریب اصطکاک ایستایی بین سطح و جعبه چه‌قدر است؟
- نیروی اصطکاک ایستایی در حالت اول چند نیوتون است؟

۲۷۹- به جسمی به جرم ۵ kg که بر روی سطح افقی قرار دارد، نیروی F را مطابق شکل وارد می‌کنیم و جسم از حال سکون با شتاب ثابت ۵ $m/s^2$ شروع به حرکت می‌کند، اگر نیروی اصطکاک جنبشی آن با سطح ۱۰ N باشد: $(g = 10\ N/kg)$ (خرداد ۹۹ خارج تجربی)

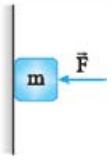
الف) ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح چه‌قدر است؟

ب) اندازهٔ نیروی F را محاسبه کنید.

۲۸۰- به جسمی به جرم ۲۰ kg، نیروی $F = 80\ N$ مطابق شکل اثر می‌کند و جسم بر روی سطح افقی به حرکت درمی‌آید. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح ۰/۲ باشد، شتاب حرکت جسم را حساب کنید. $(g = 10\ N/kg)$ (شهریور ۱۴۰۱ تجربی)

۲۸۱- در شکل روبه‌رو جرم جسم ۴ kg و ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح دیوار قائم ۰/۵ است. مقدار نیروی افقی F چند نیوتون باشد تا جسم در آستانهٔ حرکت رو به پایین قرار گیرد؟ $(g = 10\ N/kg)$ (دی ۹۸ خارج تجربی)

۲۸۲- مطابق شکل جسمی به جرم ۰/۵ kg را با نیروی $F = 20\ N$ به دیوار قائم فشرده‌ایم و جسم در آستانهٔ حرکت به طرف پایین است. $(g = 10\ N/kg)$ (خرداد ۹۵ ریاضی)



الف) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و دیوار چه‌قدر است؟

ب) نیروی قائم و رو به بالای $F'$ که باید بر جسم وارد شود تا جسم را در آستانهٔ حرکت به سمت بالا قرار دهد چند نیوتون است؟

۲۸۳- اتومبیلی به جرم ۱۵۰۰ kg با سرعت ثابت روی جادهٔ افقی در حال حرکت است. راننده ناگهان مانعی را می‌بیند. مدت‌زمان واکنش راننده ۰/۵ ثانیه است و اتومبیل در مدت‌زمان واکنش ۱۰ متر پیشروی می‌کند: (مطابق با تمرین کتاب درسی)

الف) سرعت اولیهٔ اتومبیل چند متر بر ثانیه است؟

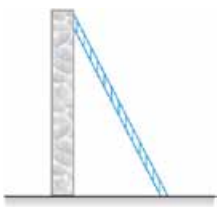
ب) اگر ۵ ثانیه پس از ترمزگرفتن اتومبیل متوقف شود، بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر اتومبیل چند نیوتون است؟

۲۸۴- قطعه‌چوبی را با سرعت ثابت $20\ m/s$ روی سطح افقی پرتاب می‌کنیم. (ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح معادل ۰/۴ است.) (مطابق تمرین کتاب درسی)

الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟

ب) اگر از یک قطعه‌چوب دیگر استفاده کنیم که جرم آن ۲ برابر قطعه‌چوب اول و ضریب اصطکاک جنبشی آن با سطح افقی اولی یکسان باشد و با همان سرعت پرتاب شود، مسافت پیموده‌شدهٔ آن چند برابر می‌شود؟

۲۸۵- در شکل مقابل، یک نردبان یکنواخت به جرم ۴۰ kg به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان ۰/۴۵ و نردبان در آستانهٔ سُرخوردن است، محاسبه کنید بزرگی نیرویی که سطح افقی به نردبان وارد می‌کند چند نیوتون است؟ $(g = 10\ N/kg)$ (مطابق با تمرین کتاب درسی)



## بخش ۷ نیـروی کشسـانی فنـر

صفحهٔ ۲۱ تا ۲۲ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۷ را در صفحهٔ ۸۵ ببینید.

درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را تعیین کنید.

۲۸۶- یکای ثابت فنر، نیوتون در متر است.

۲۸۷- نیروی کشسانی فنر وارد بر یک جسم همواره به سمت جسم است.

۲۸۸- نیروی کشسانی فنر با تغییر طول آن رابطهٔ عکس دارد.

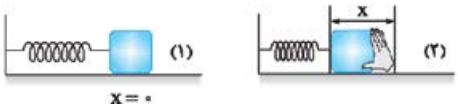
۲۸۹- هر چه طول فنر بیشتر باشد، سختی آن کم‌تر است.

به سؤالات زیر پاسخ کوتاه دهید.

۲۹۰- جهت نیروی فنر وارد بر جسم متصل به آن همواره به کدام سمت است؟

۲۹۱- ثابت فنر به چه عواملی بستگی دارد؟

۲۹۲- مطابق شکل، فنری را نسبت به حالت تعادل فشرده‌ایم. به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه دهید. (شهریور ۱۴۰۰ ریاضی)




الف) در شکل (۲)، نیروی کشسانی فنر به چه سمتی است؟ (چپ یا راست)

ب) اگر فنر را بیشتر فشرده کنیم، چه تأثیری در نیروی کشسانی فنر دارد؟

پ) ثابت فنر به چه عامل‌هایی بستگی دارد؟ (دو عامل)

۲۹۳- آزمایشی طراحی کنید که به وسیلهٔ آن بتوان ثابت یک فنر را اندازه‌گیری کرد. (مطابق با تمرین کتاب درسی)

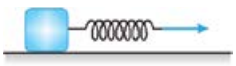
۲۹۴- جسمی به جرم m به انتهای فنر سبکی مطابق شکل آویزان است. (خرداد ۹۴ تجربی)

الف) نیروهای وارد بر جسم را رسم کنید.

ب) تعیین کنید واکنش هر یک از این نیروها، بر چه جسمی وارد می‌شود؟

■ مسائل زیر را حل کنید.

۲۹۵- مطابق شکل، جسمی به جرم $2/5\ kg$ را با شتاب $2\ m/s^2$ روی سطح افقی بدون اصطکاکی می‌کشیم. اگر طول فنر $5\ cm$ افزایش یابد، ثابت فنر را بر حسب واحد SI به دست آورید.



۲۹۶- طول یک فنر $20\ cm$ است. فنر را از یک نقطه می‌آویزیم و به انتهای آن وزنهٔ ۵۰۰گرمی وصل می‌کنیم. طول فنر $25\ cm$ می‌شود. $(g = 10\ N/kg)$ (خرداد ۱۴۰۰ تجربی)

الف) ثابت فنر چه‌قدر است؟

ب) اگر وزنهٔ ۳۰۰گرمی را به انتهای فنر وصل کنیم، طول فنر چند سانتی‌متر می‌شود؟

۲۹۷- فنری به طول $12\ cm$ را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به سر دیگر آن وزنهٔ $3/0$ کیلوگرمی وصل می‌کنیم، پس از رسیدن به تعادل، طول آن به ۱۴ سانتی‌متر می‌رسد، ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟ $(g = 10\ N/kg)$ (خرداد ۱۴۰۰ ریاضی)

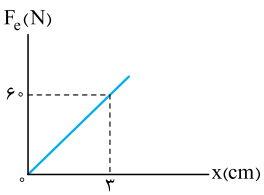
۲۹۸- فنری از سقف اتاق به طور عمود مطابق شکل روبه‌رو آویزان است. طول فنر $50\ cm$ و ثابت آن $200\ N/m$ است. اگر وزنه‌ای به جرم $5\ kg$ به آن آویزان کنیم، طول آن چه‌قدر می‌شود؟ $(g = 10\ N/kg)$

۲۹۹- در یک آزمایش برای تعیین ثابت فنر آن را مطابق شکل مقابل از نقطه‌ای آویخته و سپس وزنه‌ای به جرم ۲ کیلوگرم را به آن می‌آویزیم. اگر بر اثر آویختن وزنه و پس از تعادل، طول فنر ۱۰ سانتی‌متر زیاد شده باشد، ثابت فنر چند نیوتون بر متر بوده است؟ $(g = 10\ N/kg)$

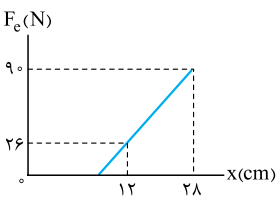
۳۰۰- وزنه‌ای به جرم $3\ kg$ را به فنری با ثابت $20\ N/cm$ می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور می‌آویزیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت و تندشوندهٔ $2\ m/s^2$ به طرف بالا حرکت کند، تغییر طول فنر چند سانتی‌متر می‌شود؟ $(g = 10\ m/s^2)$ (خرداد ۹۹ ریاضی، دی ۹۹ ریاضی و خرداد ۱۴۰۱ تجربی)

۳۰۱- فنری به طول آزاد $30\ cm$ و ثابت $200\ N/m$ به سقف آسانسوری متصل است. وزنه‌ای به جرم $2\ kg$ به آن آویزان می‌کنیم و آسانسور به صورت کندشونده با شتابی به بزرگی $2\ m/s^2$ بالا می‌رود. طول فنر به چند سانتی‌متر می‌رسد؟ $(g = 10\ m/s^2)$

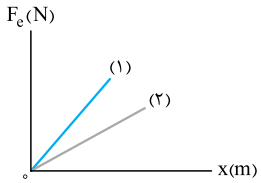
۳۰۲- در شکل روبه‌رو نمودار نیروی کشسانی برحسب تغییر طول فنر برای فنر رسم شده است. ثابت فنر $(k)$ چند نیوتون بر سانتی‌متر است؟ (شهریور ۱۴۰۰ تجربی)




۳۰۳- نمودار نیروی وارد بر فنری برحسب تغییر طول فنر به صورت شکل مقابل است، ثابت فنر و طول عادی فنر را در SI به دست آورید.



۳۰۴- نمودار نیروی کشسانی فنر برحسب تغییر طول برای دو فنر (۱) و (۲) مطابق شکل است.




الف) ثابت کدام فنر بزرگ‌تر است؟ چرا؟ (شهریور ۱۴۰۰ تجربی و مشابه شهریور ۱۴۰۱ تجربی)

ب) ثابت هر فنر به چه عواملی بستگی دارد؟ (دو مورد)

## بخش ۸ نیروی کشش طناب

صفحهٔ ۴۲ تا ۴۴ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۸ را در صفحهٔ ۸۷ ببینید.

■ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را تعیین کنید.

۳۰۵- اندازهٔ کشش طناب غیرکشسان با جرم ناچیز همواره در دو طرف آن با هم برابر است.

۳۰۶- اگر حرکت جسم متصل به طناب با جرم ناچیز شتابدار باشد، نیرویی که طناب به جسم وارد می‌کند با نیرویی که جسم به طناب وارد می‌کند، هم‌اندازه نیست.

■ به سؤالات زیر پاسخ کامل دهید.

۳۰۷- دو دانش‌آموز تلاش می‌کنند یک طناب را پاره کنند. ابتدا هر کدام یک طرف طناب را به سمت خود می‌کشند، ولی موفق نمی‌شوند. سپس یک سر طناب را به دیوار می‌بندند و با یکدیگر سر دیگر را می‌کشند. برای پاره‌کردن طناب کدام روش بهتر است؟

۳۰۸- چرا کسی که از طناب بالا می‌رود، برای حرکت به طرف بالا، طناب را پایین می‌کشد؟

۳۰۹- همانند شکل روبه‌رو جسمی را به نخی بسته و از سقف آویزان می‌کنیم. با انتقال شکل به پاسخ‌نامه، نیروهای وارد بر این جسم ساکن را رسم کنید. (شهریور ۱۴۰۰ تجربی)

۳۱۰- به وسیلهٔ یک طناب جسمی را به آرامی از سطح زمین بلند کرده، بالا می‌بریم و متوقف می‌کنیم.

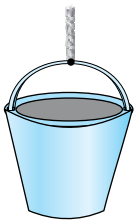
الف) اندازهٔ نیروی کشش طناب برابر با اندازهٔ چه نیرویی است؟

ب) وزنه را چگونه حرکت دهیم تا اندازهٔ نیروی کشش طناب کم‌تر از مقدار قسمت (الف) و بیشتر از صفر باشد؟

۳۱۱- مطابق شکل یک کره توسط کابلی از دیوار بدون اصطکاکی آویزان است. نیروهای وارد بر کره را رسم کنید و بنویسید که واکنش هر کدام از این نیروها بر چه جسمی وارد می‌شود؟ (شهریور ۹۱ تجربی)

■ مسائل زیر را حل کنید.

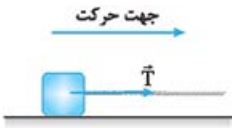
۳۱۲- شخصی یک سطل محتوی مصالح به جرم ۲۰ kg را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشد. اگر تندی حرکت رو به بالای سطل ثابت باشد، نیروی کشش طناب چند نیوتون است؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود، $g = 10\ N/kg$) (شهریور ۹۹ تجربی)



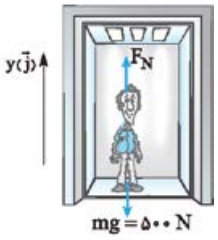
۳۱۳- کارگری یک سطل محتوی مصالح ساختمانی به جرم ۱۶ kg را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشد، اگر شتاب رو به بالای سطل $1/2\ m/s^2$ باشد، نیروی کشش طناب چند نیوتون است؟ ($g = 10\ m/s^2$، از مقاومت هوا صرف نظر شود.) (مطابق با تمرین کتاب درسی)

۳۱۴- یک خودروی باری با طناب افقی محکمی یک خودروی سواری را می‌کشد، نیروی اصطکاک جنبشی و مقاومت هوا در برابر حرکت خودروی سواری، ۲۰۰ N و ۴۰۰ N است. اگر سرعت خودرو ثابت باشد، نیروی کشش طناب چند نیوتون است؟ (دی ۱۴۰۰ تجربی)

۳۱۵- مطابق شکل، یک جسم به جرم ۸۰۰ kg در سطح افقی به ضریب اصطکاک جنبشی ۰/۴ در حرکت است. اگر نیروی کشش طناب ۵۶۰۰ N باشد، شتاب حرکت جسم را به دست آورید. ($g = 10\ N/kg$) (شهریور ۱۴۰۰ تجربی)

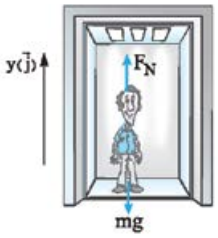


**۲۵۵.** الف) در حرکت با سرعت ثابت، شتاب صفر است. پس:



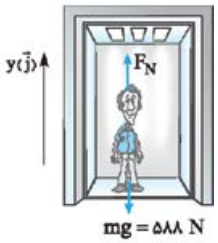

$$\vec{a} = 0$$
$$\Rightarrow \vec{F}_{net(y)} = 0$$
$$\Rightarrow (F_N)\vec{j} + (-500)\vec{j} = 0$$
$$\Rightarrow F_N = 500\ N$$

ب) چون آسانسور شروع به حرکت کرده است، شتاب آن در جهت حرکت است، پس شتاب به سمت پایین است.



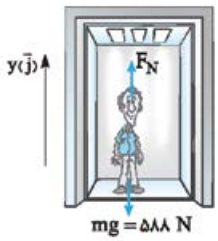

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$
$$\Rightarrow (F_N)\vec{j} + (-500)\vec{j}$$
$$= 50(-1/2)\vec{j}$$
$$\Rightarrow F_N = 440\ N$$

**۲۵۶.** (الف) و (ب): در هر دو حالت (الف) و (ب) چون سرعت آسانسور ثابت است پس شتاب برابر صفر و برایند نیروها صفر است. بنابراین:



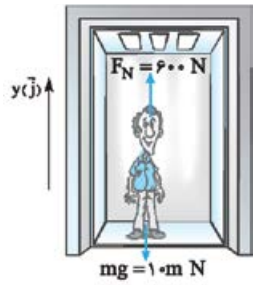

$$\vec{F}_{net} = 0$$
$$\Rightarrow (F_N)\vec{j} + (-588)\vec{j} = 0$$
$$\Rightarrow F_N = 588\ N$$

پ) چون آسانسور از حال سکون حرکت کرده است حرکت آن تندشونده و شتاب آن هم‌جهت با جهت حرکت آن است. پس شتاب به سمت بالا است.



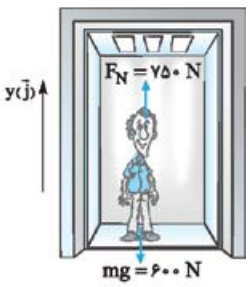

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$
$$\Rightarrow (F_N)\vec{j} + (-588)\vec{j}$$
$$= 60(+2/2)\vec{j}$$
$$\Rightarrow F_N = 720\ N$$

**۲۵۷.** ابتدا که آسانسور ساکن است، عدد ترازو هم‌اندازه با وزن شخص است. بنابراین جرم شخص برابر است با:



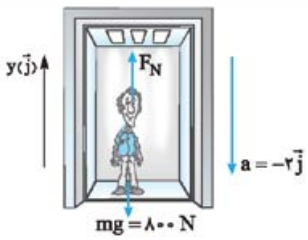

$$\vec{a} = 0$$
$$\Rightarrow F_{net} = 0$$
$$\Rightarrow (+600)\vec{j} + (-10m)\vec{j} = 0$$
$$\Rightarrow m = 60\ kg$$

در حالت دوم $F_N = 750\ N$ است. طبق قانون دوم نیوتون بردار شتاب آسانسور را به دست می‌آوریم:




$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$
$$\Rightarrow (+750)\vec{j} + (-600)\vec{j}$$
$$= 60\vec{a}$$
$$\Rightarrow \vec{a} = (+2/5\ m/s^2)\vec{j}$$

**۲۵۸.** قانون دوم نیوتون را با توجه به شکل برای شخص می‌نویسیم:




$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$
$$\Rightarrow (F_N)\vec{j} + (-800)\vec{j}$$
$$= 80(-2)\vec{j}$$
$$\Rightarrow \vec{F}_N = 640\ N\ \vec{j}$$

واکنش نیروی سطح را خواسته است که طبق قانون سوم نیوتون برابر است با:

$$\vec{F}'_N = -\vec{F}_N = -640\ N\ \vec{j}$$

## فصل ۲ بخش ۶ نیروی اصطکاک

صفحهٔ ۳۷ تا ۴۱ کتاب درسی

● **نیروی اصطکاک:** نیرویی است که در برابر حرکت یک جسم نسبت به سطحی که با آن تماس دارد، مقاومت می‌کند.

**نکته**

۱ نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، زبری و نرمی آن‌ها و ... بستگی دارد.

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

۳ نیروی اصطکاک به دو دستهٔ الف) نیروی اصطکاک ایستایی و ب) نیروی اصطکاک جنبشی تقسیم می‌شود.

۴ نیروی اصطکاک عمدتاً به عنوان نیروی اتلافی شناخته می‌شود، با وجود این در زندگی روزمره لازم است؛ مثلاً برای راه‌رفتن نیروی اصطکاک لازم است.

● **محاسبهٔ نیروی اصطکاک:**

● با استفاده از جدول زیر بزرگی و جهت نیروی اصطکاک را تعیین می‌کنیم.

| نوع نیروی اصطکاک | نماد | مواقع حضور نیرو | جهت نیرو | روش محاسبه |
|---|---|---|---|---|
| اصطکاک ایستایی | $f_s$ | به جسم نیرو یا نیروهایی وارد می‌شود، اما جسم نسبت به سطح تماس ساکن باقی می‌ماند. | در خلاف جهت برایند نیروهای موازی سطح | قانون دوم نیوتون |
| اصطکاک ایستایی بیشینه | $f_{s,max}$ | به جسم نیرو یا نیروهایی وارد می‌شود اما در آستانهٔ حرکت می‌باشد. | در خلاف جهت برایند نیروهای موازی سطح | الف) قانون دوم نیوتون<br>ب) $f_{s,max} = \mu_s F_N$ |
| اصطکاک جنبشی | $f_k$ | جسم نسبت به سطح تماس در حال حرکت است. | در خلاف جهت حرکت جسم نسبت به سطح | $f_k = \mu_k F_N$ |

**نکته ۱** $\mu_s$ و $\mu_k$ به ترتیب ضریب اصطکاک ایستایی و ضریب اصطکاک جنبشی نام دارند. این دو ضریب به عواملی مانند جنس دو سطح، زبری و نرمی دو سطح بستگی دارد.

۲ نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس جسم با سطح بستگی ندارد.

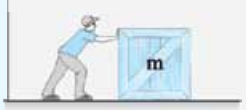
۳ ضریب اصطکاک ایستایی معمولاً بزرگ‌تر از ضریب اصطکاک جنبشی است.

۴ هنگامی که نمی‌دانیم جسمی حرکت می‌کند یا نه، باید برایند نیروهای در راستای سطح را با نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه مقایسه کنیم. اگر برایند نیروها بزرگ‌تر از $f_{s,max}$ بود جسم حرکت می‌کند و در غیر این صورت جسم ساکن باقی می‌ماند.

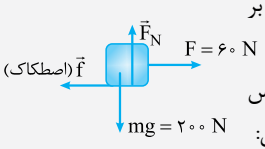
**مثال** **در شکل زیر شخصی با نیروی افقی ۶۰ N جسم ساکن ۲۰ کیلوگرمی را روی سطح افقی هل می‌دهد. ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی جسم با سطح به ترتیب ۰/۴ و ۰/۲ است. ($g = 10\ N/kg$)**

**الف) در این حالت بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر جسم چند نیوتون است؟**

**ب) اگر نیروی افقی شخص به ۱۲۰ N برسد، بزرگی شتاب جسم چند متر بر مربع ثانیه خواهد شد؟**




✓ **پاسخ:** الف) نمودار نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم.




جسم در راستای قائم شتابی ندارد، پس برایند نیروهای قائم برابر صفر است؛ یعنی:

$$F_N - mg = 0 \Rightarrow F_N = mg = 200\ N$$

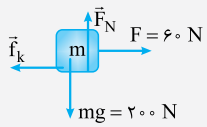
چون نمی‌دانیم جسم حرکت می‌کند یا خیر، ابتدا $f_{s,max}$ را حساب می‌کنیم:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = 0/4 \times 200 = 80\ N$$

چون نیروی شخص کوچک‌تر از $f_{s,max}$ است، پس جسم حرکت نمی‌کند. پس شتاب جسم برابر صفر است و نیروی اصطکاک طبق قانون دوم نیوتون برابر است با:

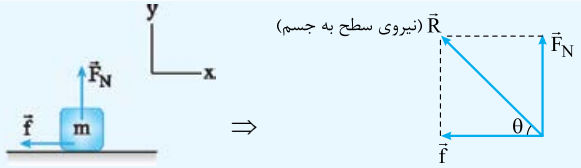
$$F_{net(x)} = 0 \Rightarrow F - f_s = 0 \Rightarrow f_s = F = 60\ N$$

ب) اگر نیروی شخص برابر ۱۲۰ N باشد، چون این نیرو بزرگ‌تر از نیروی اصطکاک بیشینه است، جسم حرکت می‌کند و نیروی اصطکاک وارد بر جسم، نیروی اصطکاک جنبشی است. نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم و برایند نیروهای افقی را برابر ma قرار می‌دهیم.




$$a_y = 0 \Rightarrow F_N = mg = 200\ N$$
$$f_k = \mu_k F_N = 0/2 \times 200 = 40\ N$$
$$F_{net(x)} = ma \Rightarrow F - f_k = ma$$
$$\Rightarrow 120 - 40 = 20 \times a \Rightarrow a = 4\ m/s^2$$

● **نیروی سطح** ($\vec{R}$)، از طرف سطح در تماس با جسم، به جسم نیروی عمودی سطح ($\vec{F}_N$) و نیروی اصطکاک ($\vec{f}$) وارد می‌شود. برایند این دو نیرو را **نیروی سطح** ($\vec{R}$) می‌نامیم.




$$\vec{R} = (-\vec{f})\vec{i} + (F_N)\vec{j}\ ,\ R = \sqrt{f^2 + F_N^2}$$

اگر اصطکاک وارد بر جسم ایستایی باشد، f همان $f_s$ خواهد بود و اگر جسم در حال حرکت باشد، اصطکاک وارد بر جسم $f_k$ خواهد بود.

**نکته** زاویهٔ نیروی سطح ($\vec{R}$) با سطح ($\theta$) از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

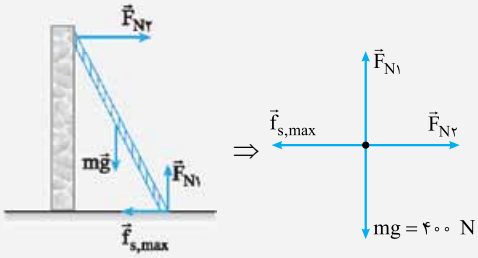
$$\tan\theta = \frac{F_N}{f}$$

**مثال** **مطابق شکل نردبانی به جرم ۴۰ kg به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین پای نردبان و سطح افقی ۰/۷۵ باشد و نردبان در آستانهٔ سرخوردن باشد، مطلوب است: ($g = 10\ N/kg$)**

**الف) بزرگی نیرویی که سطح افقی به نردبان وارد می‌کند.**

**ب) بزرگی نیرویی که دیوار قائم به نردبان وارد می‌کند.**

✓ **پاسخ:** نیروهای وارد بر نردبان به صورت شکل زیر است:




الف) چون نردبان حرکت نمی‌کند، شتاب قائم و افقی آن صفر است. پس:

$$F_{N_1} = mg = 400\ N$$

نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه را حساب می‌کنیم:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = 0/75 \times 400 = 300\ N$$

نیروی سطح افقی ($\vec{R}$) برابر است با:

$$R = \sqrt{F_{N_1}^2 + f_{s,max}^2} = \sqrt{400^2 + 300^2} = 500\ N$$

ب) چون نردبان ساکن است، پس شتاب افقی آن نیز صفر است و داریم:

$$F_{N_2} = f_{s,max} = 300\ N$$

$F_{N_2}$ همان نیروی دیوار به نردبان است.

## پاسخ سؤالات

۲۵۹. ناهمواری‌های میکروسکوپی

۲۶۰. بیشتر

۲۶۱. افزایش

۲۶۲. نادرست؛ نیروی اصطکاک عمدتاً یک نیروی اتلافی محسوب می‌شود اما در بسیاری موارد مفید است.

۲۶۳. درست

۲۶۴. نادرست؛ وقتی راه می‌رویم، نیروی اصطکاک وارد بر پای ما به سمت جلو است.

۲۶۵. درست

۲۶۶. درست

۲۶۷. جنس سطح تماس دو جسم و میزان صافی و زبری سطح آن‌ها.

۲۶۸. بله، اگر نیرویی به جسم وارد شود و آن نیرو از نیروی اصطکاک آستانهٔ حرکت کم‌تر باشد با این‌که جسم حرکت نمی‌کند ولی به آن نیروی اصطکاک وارد می‌شود که از جنس اصطکاک ایستایی است.

۲۶۹. به ترتیب نیروی اصطکاک وارد بر شخص به سمت غرب و نیروی اصطکاک وارد بر صندوق به سمت شرق خواهد بود.

۲۷۰. الف) نیروسنجی را به جسمی متصل کرده و آن را به آرامی از روی سطح بلند می‌کنیم. وقتی جسم ساکن شد، عدد نیروسنج وزن جسم را نمایش می‌دهد. حال نیروسنج متصل به جسم را موازی سطح و به آرامی به گونه‌ای می‌کشیم که جسم روی سطح حرکت با سرعت ثابت کند و نیروسنج نیروی ثابتی را نشان دهد. حاصل تقسیم عدد نیروسنج بر وزن جسم، ضریب اصطکاک جنبشی بین دو سطح است.

ب) جسمی را روی سطح افقی مانند میز به نیروسنج متصل کرده و با کشیدن فنر در راستای افقی نیروی وارد بر جسم را به آرامی افزایش می‌دهیم تا جایی که جسم در آستانهٔ لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی که نیروسنج نشان می‌دهد را یادداشت می‌کنیم، این عدد برابر $f_{s,max}$ است.

پ) وزن جسمی را اندازه‌گیری کرده و آن را روی یک سطح افقی قرار می‌دهیم، نیروسنجی به جسم متصل کرده و آن را به آرامی موازی سطح می‌کشیم، نیرو را به آرامی افزایش می‌دهیم تا جسم شروع به حرکت کند. نیرویی که نیروسنج درست قبل از حرکت نمایش می‌دهد، همان $f_{s,max}$ است. حال به ترتیب یک، دو و ... وزنه برابر با وزن جسم را روی آن قرار می‌دهیم و مراحل قبل را تکرار می‌کنیم. در هر حالت نسبت $\frac{f_{s,max}}{F_N}$ مقدار ثابتی خواهد بود.

ت) جسم مکعب‌مستطیل‌شکلی را روی سطح افقی قرار داده و نیروسنجی را به آن متصل می‌کنیم، نیروسنج را به آرامی موازی سطح می‌کشیم تا جسم با سرعت ثابت حرکت کند و نیروسنج عدد ثابتی را نشان دهد. حال مکعب‌مستطیل را از وجه دیگر (با مساحت متفاوت) روی سطح قرار داده و مراحل قبل را تکرار می‌کنیم. در هر حالت عدد نیروسنج ثابت است. پس $f_k$ به مساحت سطح بستگی ندارد.

۲۷۱. برای محاسبهٔ ضریب اصطکاک ایستایی از این آزمایش استفاده می‌کنیم. اگر جرم جسم را تغییر دهیم $f_{s,max}$ نیز تغییر می‌کند و نتیجه می‌گیریم که $f_{s,max}$ با نیروی عمودی سطح متناسب است.

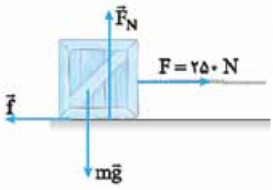
۲۷۲. الف) افزایش می‌یابد. ب) ثابت می‌ماند.
پ) افزایش می‌یابد. ت) ثابت می‌ماند.

۲۷۳. الف) ثابت می‌ماند. ب) افزایش می‌یابد.
پ) افزایش می‌یابد.

۲۷۴. الف) خیر
ب) به طرف چپ

$$F_{net} = ma \Rightarrow ۵۰ - f_k = ۲۰ \times ۲$$
$$\Rightarrow f_k = ۱۰ \text{ N}$$

۲۷۵. ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. سپس نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه را حساب می‌کنیم:




$$a_y = ۰ \Rightarrow F_N = mg = ۱۰۰۰ \text{ N}$$
$$f_{s,max} = \mu_s F_N = ۰/۴ \times ۱۰۰۰ = ۴۰۰ \text{ N}$$

چون نیروی پیشران کم‌تر از $f_{s,max}$ است، پس جسم حرکت نمی‌کند.

$$F = ۲۵۰ \text{ N} < f_{s,max} = ۴۰۰ \text{ N} \Rightarrow \text{جسم ساکن می‌ماند}$$

۲۷۶. الف)

$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$
$$\xrightarrow{F_N = mg} f_{s,max} = \mu_s mg = ۰/۳ \times ۲۰ \times ۱۰ = ۶۰ \text{ N}$$

چون $f_{s,max} > F$، پس جسم ساکن می‌ماند.

ب) نیروی اصطکاک برابر $F = ۳۸ \text{ N}$ است، داریم:

$$F - f_s = ۰ \Rightarrow f_s = F = ۳۸ \text{ N}$$

۲۷۷. طبق داده‌های مسئله داریم:

$$F_{net} = ma \xrightarrow{a=۰} F - f_{s,max} = ۰$$
$$\Rightarrow f_{s,max} = F = ۳۰۰ \text{ N}$$
$$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{F_N = mg} ۳۰۰ = \mu_s \times ۶۰۰ \Rightarrow \mu_s = ۰/۵$$

۲۷۸. الف) طبق داده‌های مسئله داریم:

$$F_{net} = ma \xrightarrow{a=۰} F - f_{s,max} = ۰$$
$$\xrightarrow{F_N = mg} ۱۲۰ - \mu_s mg = ۰$$
$$\Rightarrow ۱۲۰ - \mu_s \times ۴۰ \times ۱۰ = ۰ \Rightarrow \mu_s = \frac{۱۲۰}{۴۰۰} = ۰/۳$$

ب)

$$F - f_s = ma \xrightarrow{a=۰} F - f_s = ۰$$
$$\Rightarrow F = f_s \Rightarrow f_s = ۱۰۰ \text{ N}$$

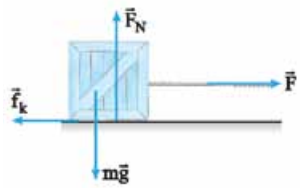
۲۷۹. الف) طبق داده‌های مسئله داریم:

$$f_k = \mu_k F_N \xrightarrow{F_N = mg} ۱۰ = \mu_k mg$$
$$\Rightarrow ۱۰ = \mu_k \times ۵ \times ۱۰ \Rightarrow \mu_k = ۰/۲$$

ب)

$$F_{net} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow F - ۱۰ = ۵ \times ۵$$
$$\Rightarrow F = ۳۵ \text{ N}$$

۲۸۰. ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم و در راستای قائم و راستای افقی قانون دوم نیوتون را می‌نویسیم:




راستای قائم: $a_y = ۰$

$$\Rightarrow F_N = mg = ۲۰۰ \text{ N}$$
$$f_k = \mu_k F_N = ۰/۲ \times ۲۰۰ = ۴۰ \text{ N}$$

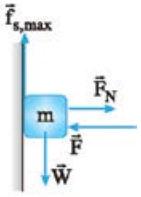
راستای افقی: $F_{net} = ma \Rightarrow F - f_k = ma$

$$\Rightarrow ۸۰ - ۴۰ = ۲۰ \times a \Rightarrow a = ۲ \text{ m/s}^2$$

۲۸۱. چون برایند نیروها در راستای x و y برابر صفر است، داریم:

$$F_{net} = ma \xrightarrow{a=۰} f_{s,max} - mg = ۰$$
$$f_{s,max} = mg \Rightarrow f_{s,max} = ۴۰ \text{ N}$$
$$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{F_N = F} ۴۰ = ۰/۵ \times F$$
$$\Rightarrow F = \frac{۴۰}{۰/۵} = ۸۰ \text{ N}$$

**۲۸۲.** الف) با توجه به اطلاعات در راستای x و y، داریم:

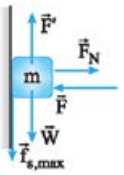


$$\begin{cases} F_{(net)x} = ma_x \xrightarrow{a_x=0} F_N - F = 0 \\ F_N = F \Rightarrow F_N = 20\ N \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F_{(net)y} = ma_y \xrightarrow{a_y=0} f_{s,max} - mg = 0 \\ f_{s,max} = mg = 0/5 \times 10 = 5\ N \end{cases}$$

$$\mu_s F_N = 5 \Rightarrow \mu_s \times 20 = 5 \Rightarrow \mu_s = \frac{5}{20} = 0/25$$

ب)



$$F_{(net)y} = ma_y$$

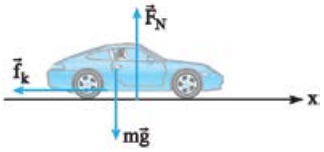
$$\xrightarrow{a_y=0} F' - (mg + f_{s,max}) = 0$$

$$\Rightarrow F' = f_{s,max} + mg \Rightarrow F' = 5 + 5 = 10\ N$$

**۲۸۳.** الف)

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10}{0/5} = 20\ m/s$$

ب) هنگام ترمزگرفتن تنها نیروی افقی وارد بر اتومبیل نیروی اصطکاک است.



$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{0 - 20\vec{i}}{5} = -4\ m/s^2\ \vec{i}$$

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow -f_k \vec{i} = m\vec{a} \Rightarrow -f_k \vec{i} = 1500 \times (-4)\vec{i}$$

$$\Rightarrow f_k = 6000\ N$$

**۲۸۴.** الف) طبق قانون دوم نیوتون داریم:

در راستای قائم: $F_{(net)y} = ma_y = 0 \Rightarrow F_N - mg = 0$

$$\Rightarrow F_N = mg$$

در راستای افقی: $F_{(net)x} = ma_x \Rightarrow 0 - f_k = ma_x$

$$\Rightarrow -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma_x$$

$$\Rightarrow a_x = -\mu g = -(0/4)(10\ m/s^2) = -4\ m/s^2$$

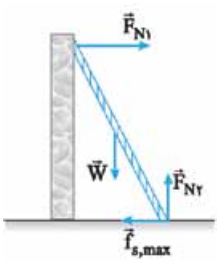
شتاب جسم در خلاف جهت حرکت است.

حال با استفاده از معادلهٔ مستقل از زمان، جابه‌جایی قطعه‌چوب را تا نقطهٔ توقف آن به دست می‌آوریم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - (20)^2 = 2(-4)(\Delta x) \Rightarrow \Delta x = 50\ m$$

ب) با توجه به قسمت (الف) می‌دانیم که شتاب حرکت جسم مستقل از جرم قطعه‌چوب و برابر با $-4\ m/s^2$ است، بنابراین جابه‌جایی قطعه‌چوب در این حالت برابر با جابه‌جایی در مرحلهٔ (الف) می‌باشد، یعنی داریم: $\Delta x_2 = \Delta x_1 = 50\ m$

**۲۸۵.** با توجه به نیروهای وارد بر نردبان، داریم:



$$\vec{F}_{(net)y} = 0$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{N2} - W = 0$$

$$\Rightarrow F_{N2} = W = mg$$

$$\Rightarrow F_{N2} = 40 \times 10 = 400\ N$$

$$f_{s,max} = \mu_s F_{N2} = 0/45 \times 400 = 180\ N$$

به کمک برایند نیروهای افقی هم می‌توانستیم $f_{s,max}$ را محاسبه کنیم:

$$F_{(net)x} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{N1} - f_{s,max} = 0 \Rightarrow F_{N1} = f_{s,max} = 180\ N$$

بنابراین نیرویی که سطح افقی بر نردبان وارد می‌کند برایند نیروی $\vec{F}_{N2}$ و $\vec{f}_{s,max}$ خواهد بود (نیروی سطح R)، داریم:

$$R = \sqrt{F_{N2}^2 + f_{s,max}^2} \Rightarrow R = \sqrt{(400)^2 + (180)^2} \simeq 438/6\ N$$

## فصل ۲ بخش ۷

## نیروی کشسانی فنر

صفحهٔ ۴۱ تا ۴۲ کتاب درسی

### نیروی کشسانی فنر ($F_e$)

اگر فنری فشرده یا کشیده شود، فنر نیرویی به سمت نقطهٔ تعادل وارد می‌کند که نیروی کشسانی فنر نامیده می‌شود. اندازهٔ نیروی کشسانی فنر از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$F_e = k\,x \leftarrow \text{اندازهٔ نیروی کشسانی فنر (N)}$$

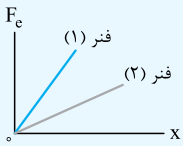
ثابت فنر (N/m) — اندازهٔ فشرده یا کشیده شدن فنر (m)

**نکته**

۱ جهت نیروی فنر وارد بر جسم متصل به آن همواره به سمت وضعیت تعادل فنر است.

۲ ثابت فنر از مشخصات فنر است و به **اندازه، شکل و جنس** ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

۳ نمودار نیروی فنر برحسب تغییر طول فنر به صورت شکل مقابل است. هر چه شیب نمودار بیشتر باشد، ثابت فنر بیشتر است.




$k_1 > k_2$

۴ یکای دیگر ثابت فنر، نیوتون بر سانتی‌متر است که رابطهٔ آن با یکای SI به صورت زیر است:

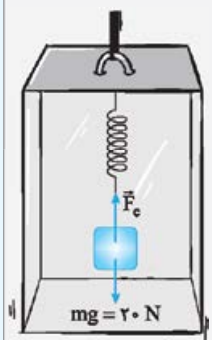
$$N/m \xrightarrow[\times 100]{\div 100} N/cm$$

**مثال** **فنری با ثابت $2\ N/cm$ از سقف آسانسوری آویزان است. وزنه‌ای به جرم $2\ kg$ را از فنر آویزان می‌کنیم. در هر یک از حالات زیر تغییر طول فنر را برحسب متر به دست بیاورید. $(g = 10\ N/kg)$**

**الف) آسانسور ساکن است.**

**ب) آسانسور از حال سکون با شتاب $2\ m/s^2$ به سمت بالا شروع به حرکت می‌کند.**

✓ **پاسخ:** الف) نیروهای وارد بر جسم به صورت شکل مقابل است. چون آسانسور ساکن است، شتاب برابر صفر است.




$$a = 0 \Rightarrow F_{net} = 0$$

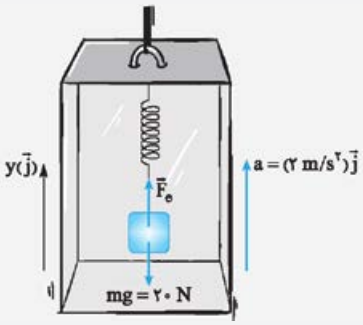
$$\Rightarrow F_e = mg = 20\ N$$

با استفاده از رابطهٔ $F_e = kx$، تغییر طول فنر را حساب می‌کنیم:

$$F_e = kx \Rightarrow 20 = 200 \times x$$

$$\Rightarrow x = 0/1\ m$$

ب) نیروهای وارد بر جسم به صورت شکل مقابل است. چون آسانسور از حال سکون به سمت بالا حرکت می‌کند، حرکت آسانسور و جسم تندشونده است و شتاب نیز به سمت بالا است. پس:




$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow (F_e)\vec{j} + (-۲۰)\vec{j} = ۲(+۲)\vec{j}$

$\Rightarrow F_e - ۲۰ = ۲\times ۲ \Rightarrow F_e = ۲۴\ N$

با استفاده از رابطهٔ $F_e = kx$، تغییر طول فنر را حساب می‌کنیم:

$F_e = kx \Rightarrow ۲۴ = ۲۰۰\times x \Rightarrow x = ۰/۱۲\ m$

## پاسخ سؤالات

**۲۸۶.** نادرست؛ یکای ثابت فنر نیوتون بر متر است.

**۲۸۷.** نادرست؛ نیروی کشسانی فنر وارد بر جسم همواره به سمت نقطهٔ تعادل فنر است.

**۲۸۸.** نادرست؛ نیروی کشسانی فنر با اندازهٔ تغییر طول آن رابطهٔ مستقیم دارد.

**۲۸۹.** درست

**۲۹۰.** نیروی فنر همواره به سمت نقطهٔ تعادل فنر است.

**۲۹۱.** ثابت فنر به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده است بستگی دارد.

**۲۹۲.** الف) راست ب) افزایش می‌یابد.

پ) اندازه، شکل و جنس فنر

**۲۹۳.** فنر را به طور قائم آویزان می‌کنیم و طول آن را اندازه می‌گیریم. جسمی با وزن معلوم را به انتهای فنر آویزان کرده و به آرامی پایین می‌آوریم. تغییر طول فنر در این حالت را اندازه می‌گیریم. جسم ساکن است و نیروی خالص وارد بر آن صفر و نیروی وزن جسم برابر نیروی کشسانی فنر است. (از رابطهٔ $F_e = k\Delta x$ ثابت فنر را محاسبه می‌کنیم.)

**۲۹۴.** الف) همانند شکل روبه‌رو، نیروی وزن و فنر را رسم می‌کنیم:

ب) واکنش نیروی وزن به کرهٔ زمین وارد می‌شود و واکنش نیروی کشسانی فنر از جسم به فنر وارد می‌شود.

**۲۹۵.** با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$F_{(net)x} = ma_x \Rightarrow F_e = ma = ۲/۵\times ۲ = ۵\ N$

$F_e = kx \Rightarrow ۵ = k(۰/۰۵) \Rightarrow k = \frac{۵}{۰/۰۵} = ۱۰۰\ N/m$

**۲۹۶.** الف) با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$F_{net} = ma = ۰ \Rightarrow F_e = W = mg$

$\Rightarrow F_e = ۰/۵\times ۱۰ = ۵\ N$

$\Rightarrow F_e = k\Delta x \Rightarrow ۵ = k\times(۰/۲۵ - ۰/۲۰)$

$\Rightarrow k = \frac{۵}{۰/۰۵} = ۱۰۰\ N/m$

ب) $F_e = W = k\Delta x \Rightarrow ۰/۳\times ۱۰ = ۱۰۰\Delta x$

$\Rightarrow \Delta x = \frac{۳}{۱۰۰} = ۰/۰۳\ m = ۳\ cm$

$\Delta x = x_۲ - x_۱ = ۳\ cm \Rightarrow x_۲ - ۲۰ = ۳ \Rightarrow x_۲ = ۲۳\ cm$

**۲۹۷.** با توجه به اطلاعات مسئله داریم: $F_{net} = ۰ \Rightarrow k\Delta x = mg$

$\Rightarrow k(۱۴-۱۲)\times ۱۰^{-۲} = ۰/۳\times ۱۰$

$\Rightarrow k = \frac{۳}{۲\times ۱۰^{-۲}} = ۱۵۰\ N/m$

**۲۹۸.** با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$F_{برایند} = ma = ۰ \Rightarrow F_e - W = ۰$

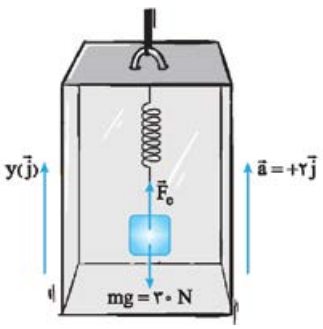
$\Rightarrow F_e = W \Rightarrow k\Delta x = mg \Rightarrow ۲۰۰\Delta x = ۵\times ۱۰$

$\Rightarrow \Delta x = ۰/۲۵\ m = ۲۵\ cm \Rightarrow x_۲ = x_۱ + \Delta x = ۵۰ + ۲۵ = ۷۵\ cm$

**۲۹۹.** چون جسم در حال تعادل است، پس نیروی خالص وارد بر جسم صفر خواهد شد، داریم: $F_e - mg = ۰ \Rightarrow F_e = mg \Rightarrow k\Delta x = mg$

$\xrightarrow[m=۲\ kg]{\Delta x = ۱۰\ cm = ۰/۱\ m} ۰/۱k = ۲\times ۱۰ \Rightarrow k = ۲۰۰\ N/m$

**۳۰۰.** چون حرکت آسانسور تندشونده است بردار شتاب هم‌جهت با جهت حرکت و به سمت بالا است. طبق قانون دوم نیوتون نیروی فنر برابر است با:




$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$

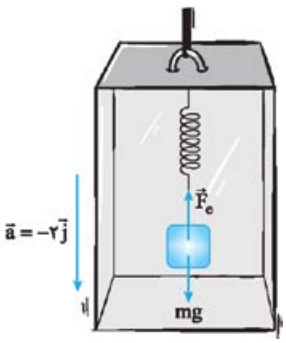
$\Rightarrow (F_e)\vec{j} + (-۳۰)\vec{j} = ۳(+۲)\vec{j}$

$\Rightarrow F_e = ۳۶\ N$

حالا تغییر طول فنر را حساب می‌کنیم:

$F_e = k\Delta x \Rightarrow ۳۶ = ۲۰\times \Delta x \Rightarrow \Delta x = ۱/۸\ cm$

**۳۰۱.** نیروهای وارد بر وزنه را رسم می‌کنیم. چون آسانسور کندشونده بالا می‌رود، جهت شتاب آن به سمت پایین است. پس طبق قانون دوم نیوتون، اندازهٔ نیروی فنر برابر است با:




$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$

$\Rightarrow (F_e)\vec{j} + (-mg)\vec{j} = m\vec{a}$

$\Rightarrow (F_e)\vec{j} - ۲۰\vec{j} = ۲(-۲)\vec{j} \Rightarrow F_e = ۱۶\ N$

تغییر طول فنر را حساب می‌کنیم:

$F_e = kx \Rightarrow ۱۶ = ۲۰۰\times x \Rightarrow x = \frac{۸}{۱۰۰}\ m = ۸\ cm$

چون جهت نیروی فنر به سمت بالا است، یعنی فنر کشیده شده است؛ پس طول نهایی فنر برابر است با: $L_۲ = L_۱ + x = ۳۰ + ۸ = ۳۸\ cm$

**۳۰۲.** با توجه به اطلاعات روی نمودار، داریم:

$F_e = k\Delta x \Rightarrow ۶۰ = k(۳) \Rightarrow k = ۲۰\ N/cm$

**۳۰۳.** شیب نمودار نیروی کشسانی فنر برحسب طول فنر ثابت است. داریم:

$k = \text{شیب نمودار} = \frac{۹۰-۲۶}{۲۸-۱۲} = \frac{۶۴}{۱۶} = ۴\ N/cm = ۴۰۰\ N/m$

همچنین برای محاسبهٔ طول عادی فنر داریم:

$$F_e = k\Delta x \Rightarrow ۲۶ = ۴۰۰\times(\frac{۱۲}{۱۰۰} - L_۰) = ۴۸ - ۴۰۰L_۰$$

$$\Rightarrow L_۰ = \frac{۴۸-۲۶}{۴۰۰} = ۰/۰۵\ m$$

۳۰۴. الف) فنر (۱) چون شیب بیشتری دارد.

ب) اندازه ـ شکل ـ جنس فنر

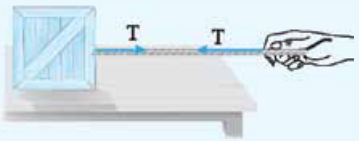
## فصل ۲ بخش ۸

### نیروی کشش طناب

صفحهٔ ۴۲ تا ۴۴ کتاب درسی

#### نیروی کشش طناب ($T$)

طناب با جرم ناچیز و با صرف نظر از کش‌آمدن آن، به عنوان رابط دو جسم عمل می‌کند و هر دو جسم را با نیروی $T$ می‌کشد. اندازهٔ نیروی کشش طناب $(T)$ با استفاده از قانون دوم نیوتون به دست می‌آید.

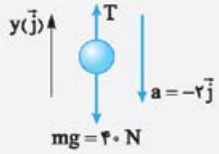



**مثال** **جسمی به وزن ۴۰ N را توسط طنابی با جرم ناچیز با شتابی پایین‌سو به بزرگی $۲\ m/s^۲$ جابه‌جا می‌کنیم. اندازهٔ نیروی کشش طناب چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$**

✓ پاسخ: ابتدا جرم جسم را حساب می‌کنیم:

$$mg = ۴۰ \Rightarrow m\times ۱۰ = ۴۰ \Rightarrow m = ۴\ kg$$

نیروهای وارد بر جسم به صورت شکل روبه‌رو است. شتاب جسم رو به پایین است. طبق قانون دوم نیوتون اندازهٔ نیروی کشش نخ برابر است با:




$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow (T)\vec{j} + (-۴۰)\vec{j} = ۴(-۲)\vec{j}$$

$$\Rightarrow T = ۳۲\ N$$

## پاسخ سؤالات

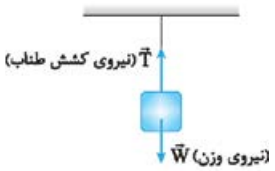
۳۰۵. درست

۳۰۶. نادرست؛ طبق قانون سوم نیوتون این دو نیرو همواره برابرند.

۳۰۷. در حالت اول کششی که در نخ ایجاد می‌شود برابر $\vec{F}$ (در هر طرف) است ولی اگر طناب را به دیوار ببندند باعث ایجاد کشش $۲F$ (در هر طرف) در طناب می‌شوند و می‌توانند طناب را پاره کنند.

۳۰۸. وقتی فردی از طناب بالا می‌رود، طناب را به پایین می‌کشد. عکس‌العمل این نیرو از طرف طناب، یک نیروی کشش است که به فرد وارد می‌شود و به سمت بالاست و سبب بالارفتن فرد از طناب می‌شود.

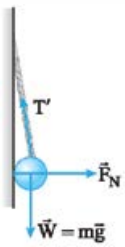
۳۰۹.




۳۱۰. الف) نیروی وزن (چون نیروها متوازن‌اند.)

ب) جسم باید با شتابی کم‌تر از شتاب سقوط آزاد به پایین بیاید.

۳۱۱. نیروهای وزن، عمودی سطح و کشش طناب (نخ) بر جسم وارد می‌شود.




واکنش نیروی وزن ⟵ به زمین

واکنش نیروی عمودی سطح ⟵ به دیوار

واکنش نیروی کشش طناب (نخ) ⟵ به طناب (نخ)

۳۱۲. چون سرعت جسم ثابت است، طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$F_{net} = ma$$

$$T - mg = ma \xrightarrow{a=۰} T = mg$$

$$\Rightarrow T = ۲۰\times ۱۰ \Rightarrow T = ۲۰۰\ N$$

۳۱۳. با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$F_{net} = T - mg = ma \Rightarrow T - (۱۶\times ۱۰) = ۱۶\times ۱/۲$$

$$\Rightarrow T = ۱۶۰ + ۱۹/۲ \Rightarrow T = ۱۷۹/۲\ N$$

۳۱۴. چون سرعت جسم ثابت است، شتاب و برایند نیروها صفر است. طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$F_{net} = ma$$

$$T - mg = ma \xrightarrow{a=۰} T - (f_D + f_k) = ۰$$

$$\Rightarrow T = f_D + f_k \Rightarrow T = ۴۰۰ + ۲۰۰ \Rightarrow T = ۶۰۰\ N$$

۳۱۵. با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$f_k = \mu_k F_N \xrightarrow{(F_N = mg)} f_k = \mu_k mg$$

$$\Rightarrow f_k = ۰/۴\times ۸۰۰۰ = ۳۲۰۰\ N$$

$$T - f_k = ma \Rightarrow ۵۶۰۰ - ۳۲۰۰ = ۸۰۰a \Rightarrow a = ۳\ m/s^۲$$

۳۱۶. الف) در مرحلهٔ اول $f_{s,max}$ را محاسبه و با $F_{پیشران}$ مقایسه می‌کنیم:

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

$$\xrightarrow{F_N = mg} f_{s,max} = ۰/۴\times ۱۰۰\times ۱۰ = ۴۰۰\ N$$

چون $T > f_{s,max}$ شده، پس جعبه حرکت می‌کند.

ب)

$$F_{net} = ma$$

$$T - f_k = ma \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N} ۴۴۰ - (۰/۳\times ۱۰۰۰) = ۱۰۰a$$

$$\Rightarrow a = ۱/۴\ m/s^۲$$

## فصل ۲ بخش ۹

### تکانه و قانون دوم نیوتون

صفحهٔ ۴۴ تا ۴۶ کتاب درسی

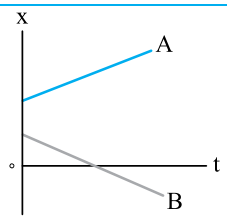
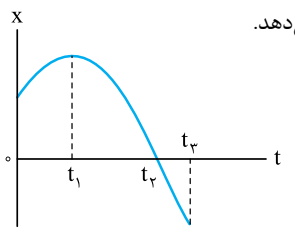
**تکانه:** حاصل‌ضرب جرم جسم در بردار سرعت آن، تکانه نامیده می‌شود.

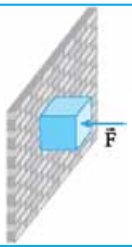
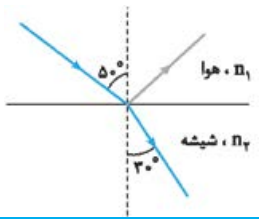
$$\vec{p} = m\vec{v}$$

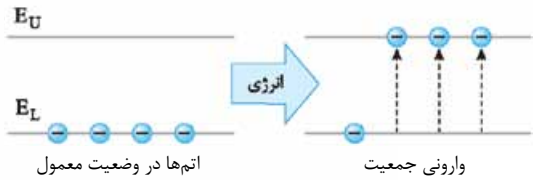
**نکته** ۱ تکانه یک کمیت **برداری** است که هم‌جهت با بردار **سرعت** می‌باشد.

۲ یکای تکانه در SI، کیلوگرم × متر بر ثانیه $(kg.\frac{m}{s})$ است.

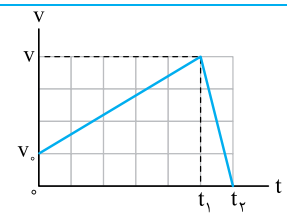
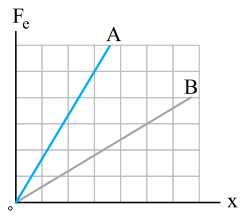
| | | |
|---|---|---|
| ۱۸ | واژهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ‌نامه بنویسید.<br>الف) طیف گسیلی یک لامپ حاوی مقداری گاز کم‌فشار و رقیق که به ولتاژ بالا وصل است، طیفی (پیوسته ـ خطی) است.<br>ب) خواص شیمیایی هر اتم را تعداد (پروتون‌های ـ نوترون‌های) هسته تعیین می‌کنند.<br>پ) نیروی الکتروستاتیکی بین دو پروتون درون هسته، (بلندبُرد ـ کوتاه‌بُرد) است.<br>ت) انرژی لازم برای جداکردن نوکلئون‌های یک هسته را انرژی (یونش الکترون ـ بستگی هسته‌ای) می‌نامند.<br>ث) هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر با یک حالت مانا با انرژی کم‌تر یک فوتون (جذب ـ تابش) می‌شود. | ۱/۲۵ |
| ۱۹ | نیمه‌عمر یک نمونهٔ پرتوزا ۴ روز است. پس از گذشت چند روز تعداد هسته‌های پرتوزای این نمونه به $\frac{۱}{۶۴}$ تعداد هسته‌های پرتوزای اولیه می‌رسد؟ | ۱/۲۵ |
| | «موفق باشید» **جمع نمرات** | ۲۰ |

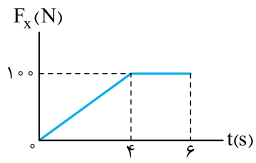
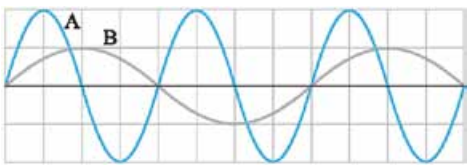
| ردیف | امتحان نهایی: فیزیک ۳ — رشته: علوم تجربی — تاریخ امتحان: خرداد ۱۴۰۱ | نمره |
|---|---|---|
| | امتحان شمارهٔ ۳ — پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه — مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه | |
| ۱ | با توجه به واژه‌های داده‌شده، گزاره‌های زیر را کامل کنید. (یک واژه اضافه است.)<br>تکانه ـ نرده‌ای ـ جابه‌جایی ـ شتاب ـ هم‌نوع<br>الف) مسافت، کمیتی ..... است.<br>ب) مساحت سطح بین نمودار سرعت ـ زمان و محور زمان در هر بازهٔ زمانی، برابر با اندازهٔ ..... در آن بازه است.<br>پ) نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می‌شوند و ..... هستند.<br>ت) حاصل‌ضرب جرم جسم در سرعت آن ..... جسم است. | ۱ |
| ۲ | نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B که با سرعت ثابت در راستای محور x حرکت می‌کنند به صورت شکل روبه‌رو است.<br>  <br>الف) جهت حرکت هر متحرک را مشخص کنید.<br>ب) آیا ممکن است این دو متحرک به هم برسند؟ | ۰/۵<br>۰/۲۵ |
| ۳ | معادلهٔ سرعت ـ زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، در SI به صورت $v = -۲t + ۲$ است. اگر متحرک در لحظهٔ $t_۰ = ۰\ s$ در مکان $x_۰ = ۱\ m$ باشد؛<br>الف) معادلهٔ مکان ـ زمان این متحرک را بنویسید.<br>ب) سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $t_۰ = ۰\ s$ تا $t = ۳\ s$ چند متر بر ثانیه است؟ | ۰/۷۵<br>۰/۷۵ |
| ۴ | شکل مقابل نمودار مکان ـ زمان جسمی را که روی محور x با شتاب ثابت حرکت می‌کند نشان می‌دهد.<br>  <br>الف) در کدام لحظه متحرک بیشترین فاصله را از مبدأ محور دارد؟<br>ب) جهت حرکت متحرک چند بار تغییر کرده است؟<br>پ) در بازهٔ زمانی ۰ s تا $t_۱$، حرکت تندشونده است یا کندشونده؟<br>ت) در کدام بازهٔ زمانی، متحرک به مبدأ محور نزدیک می‌شود؟<br>ث) شتاب متحرک در جهت محور x است یا خلاف جهت محور x؟ | ۱/۲۵ |
| ۵ | واژهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید.<br>الف) اگر جسمی با سرعت ثابت حرکت کند، نیروهای وارد بر جسم متوازن (هستند ـ نیستند).<br>ب) هنگام حرکت جسم در راستای قائم به طرف بالا، جهت نیروی مقاومت هوا به طرف (بالا ـ پایین) است.<br>پ) اگر بر ماه نیرویی وارد نشود، ماه باید به صورت (مستقیم ـ دایره‌ای) حرکت کند. | ۰/۷۵ |
| ۶ | فنری با ثابت $۲۰\ N/cm$ از سقف یک آسانسور آویزان است. اگر جسمی به جرم $۲\ kg$ از انتهای فنر آویزان شده و آسانسور با شتاب ثابت $۲\ m/s^۲$ از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند، تغییر طول فنر چند سانتی‌متر است؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$ | ۱ |

| | | |
|---|---|---|
| ۷ | مانند شکل روبه‌رو، جسمی را با نیروی عمودی $\vec{F}$ به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم. توضیح دهید تأثیر نیروی $\vec{F}$ بر هر یک از کمیت‌های زیر چگونه است؟<br>الف) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جسم<br>ب) اندازهٔ نیروی عمودی سطح<br>  | ۰/۵<br>۰/۵ |
| ۸ | ماهواره‌ای روی مدار تقریباً دایره‌ای در ارتفاع $h = ۱۶۰۰\ km$ از سطح زمین، به دور زمین می‌چرخد. شتاب گرانشی وارد بر ماهواره در این فاصله، چند برابر شتاب گرانشی وارد به آن در سطح زمین است؟ $(R_e = ۶۴۰۰\ km)$ | ۱ |
| ۹ | درستی یا نادرستی هر یک از گزاره‌های زیر را با واژهٔ «درست» یا «نادرست» در پاسخنامه مشخص کنید.<br>الف) با افزایش ثابت فنر در سامانهٔ جرم ـ فنر (با جرم یکسان) دورهٔ تناوب نوسان‌ها کوتاه‌تر می‌شود.<br>ب) نوسان تاب بدون هُل‌دادن، یک نوسان نامیرا است.<br>پ) در امواج دایره‌ای ایجادشده بر سطح آب، فاصلهٔ بین دو برآمدگی مجاور برابر یک طول موج است.<br>ت) بیشترین بسامد در طیف امواج الکترومغناطیسی، متعلق به امواج رادیویی است.<br>ث) امواج صوتی هنگام انتشار در هوا، عرضی هستند.<br>ج) با حرکت یک چشمهٔ صوتی، فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی چشمه، بیشتر از پشت آن می‌شود. | ۱/۵ |
| ۱۰ | دامنهٔ نوسان یک نوسانگر جرم ـ فنر در حرکت هماهنگ ساده $۰/۱\ m$ و سختی فنر آن $۱۰۰\ N/m$ است. انرژی مکانیکی نوسانگر هنگام نوسان روی یک سطح افقی بدون اصطکاک، چند ژول است؟ | ۰/۷۵ |
| ۱۱ | در یک طناب تحت کشش با چگالی خطی $۰/۲\ kg/m$، تندی انتشار موج $۵\ m/s$ است. نیروی کشش طناب را به دست آورید. | ۰/۷۵ |
| ۱۲ | الف) امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش در یک نقطه، کانونی می‌شوند. از این سازوکار در چه وسایلی استفاده می‌شود؟ (۲ مورد)<br>ب) مانند شکل روبه‌رو، تپی را در یک ریسمان کشیدهٔ بلند که یک سر آن بر تکیه‌گاهی ثابت شده است روانه می‌کنیم. بازتاب این تپ را در پاسخنامه رسم کنید.<br> | ۰/۵<br>۰/۵ |
| ۱۳ | یک موج صوتی با توان $۱/۶\times۱۰^{-۴}\ W$ از صفحه‌ای با مساحت $۴\ m^۲$ در راستای عمود بر صفحه می‌گذرد. شدت صوت عبوری از این صفحه چه‌قدر است؟ | ۰/۷۵ |
| ۱۴ | در شکل روبه‌رو موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط باز می‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود.<br>الف) زاویهٔ بازتابش چند درجه است؟<br>ب) ضریب شکست شیشه را حساب کنید. $(\sin ۵۰^\circ \simeq ۰/۷۵, \sin ۳۰^\circ = ۰/۵, n_۱ = ۱)$<br>  | ۰/۲۵<br>۰/۷۵ |
| ۱۵ | موارد زیر را تعریف کنید.<br>الف) پژواک ب) پاشندگی نور پ) تابش گرمایی | ۱/۵ |
| ۱۶ | در آزمایش فوتوالکتریک، فوتون‌هایی با طول موج $۲۴۸\ nm$ بر سطح یک فلز تابش می‌شود. انرژی هر فوتون چند الکترون‌ولت است؟ $(hc = ۱۲۴۰\ eV.nm)$ | ۰/۷۵ |
| ۱۷ | در هر یک از پرسش‌های زیر، گزینهٔ درست را انتخاب کنید و در پاسخنامه بنویسید.<br>الف) در اتم هیدروژن، هنگام گذار الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر؛<br>۱) یک فوتون جذب می‌شود. ۲) یک فوتون گسیل می‌شود. ۳) اتم برانگیخته می‌شود.<br>ب) کدام‌یک از پرتوهای زیر، بیشترین نفوذ را در ورقهٔ سربی دارند؟<br>۱) پرتو گاما ۲) پرتو آلفا ۳) پرتو بتا<br>پ) کدام مورد دربارهٔ نیروی هسته‌ای درست است؟<br>۱) بلندبُرد است. ۲) کوتاه‌بُرد است. ۳) رانشی است. | ۰/۷۵ |

| | | |
|---|---|---|
| ۱۸ | سومین طول موج در رشتهٔ پاشن $(n'=3)$ هیدروژن اتمی را به دست آورید و تعیین کنید که این طول موج در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد. $(R=0/01(nm)^{-1})$ | ۱ |
| ۱۹ | شکل روبه‌رو دو مرحله از فرایند ایجاد باریکهٔ لیزر را به طور طرحواره نشان می‌دهد.<br>الف) منظور از عبارت «اتم‌ها در وضعیت معمول» چیست؟<br>ب) منظور از «وارونی جمعیت» چیست؟<br>  | ۰/۲۵<br>۰/۲۵ |
| ۲۰ | الف) معادلهٔ واپاشی روبه‌رو را کامل کنید. (هستهٔ دختر با نماد $^{A}_{Z}Y$ نوشته شود.) $^{222}_{86}Rn \rightarrow \cdots + ^{4}_{2}\alpha$<br>ب) نیمه‌عمر یک هستهٔ پرتوزا ۴ ساعت است. پس از گذشت ۱۶ ساعت، چه کسری از مادهٔ اولیه باقی می‌ماند؟ | ۰/۵<br>۱ |
| | «موفق باشید» | جمع نمرات ۲۰ |

| ردیف | امتحان نهایی: فیزیک ۳ | رشته: علوم تجربی | تاریخ امتحان: شهریور ۱۴۰۱ |
|---|---|---|---|
| نمره | امتحان شمارهٔ ۴ | پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه | مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه |

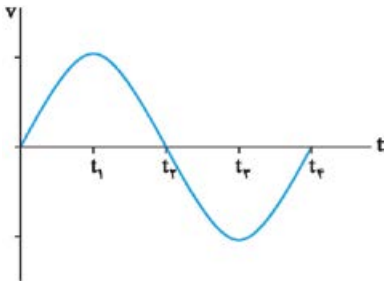
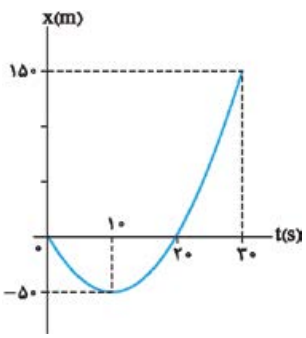
| | | |
|---|---|---|
| ۱ | درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با علامت‌های (د) یا (ن) در پاسخ‌برگ مشخص کنید:<br>الف) نمودار مکان ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت به صورت خط راست است.<br>ب) در لحظه‌ای که متحرک از مبدأ مکان عبور می‌کند، جهت بردار مکان تغییر می‌کند.<br>پ) مسافت طی‌شده توسط متحرک، کمیتی نرده‌ای است.<br>ت) در حرکت بر روی خط راست، اگر شتاب حرکت ثابت بماند، اندازهٔ سرعت نیز ثابت می‌ماند. | ۱ |
| ۲ | با توجه به نمودار سرعت ـ زمان داده‌شده که مربوط به متحرکی است که بر محور x حرکت می‌کند، در جمله‌های زیر عبارت درست را از درون پرانتز انتخاب کنید و به پاسخ‌برگ منتقل کنید.<br>الف) در بازهٔ زمانی صفر تا $t_1$ حرکت متحرک (تندشونده ـ کندشونده) است.<br>ب) در بازهٔ زمانی $t_1$ تا $t_2$ متحرک در (خلاف جهت ـ جهت) محور x حرکت می‌کند.<br>پ) در بازهٔ زمانی صفر تا $t_2$ اندازهٔ سرعت متوسط متحرک با تندی متوسط متحرک برابر (است ـ نیست.)<br>ت) اندازهٔ شتاب حرکت در بازهٔ زمانی صفر تا $t_1$ (بیشتر ـ کم‌تر) از شتاب حرکت در بازهٔ زمانی $t_1$ تا $t_2$ است.<br>  | ۱ |
| ۳ | معادلهٔ مکان ـ زمان دو متحرک در SI به صورت $x_A = 2t - 4$ و $x_B = -3t + 6$ می‌باشد.<br>الف) در چه لحظه‌ای دو متحرک به هم می‌رسند؟<br>ب) نمودار مکان ـ زمان آن‌ها را در یک دستگاه مختصات به طور دقیق رسم کنید. | ۰/۵<br>۰/۵ |
| ۴ | خودرویی با سرعت $20\ m/s$ در حال حرکت است. وقتی به فاصلهٔ $37/5$ متری مانعی می‌رسد، راننده به محض دیدن مانع ترمز می‌گیرد و سرعت خودرو با شتاب ثابت کاهش می‌یابد و با سرعت $10\ m/s$ به مانع برخورد می‌کند. (زمان واکنش راننده ناچیز فرض شود.)<br>الف) شتاب خودرو پس از ترمزگرفتن چه‌قدر بوده است؟<br>ب) اندازهٔ سرعت متوسط خودرو از لحظهٔ ترمزگرفتن تا لحظهٔ برخورد به مانع چه‌قدر است؟ | ۰/۵<br>۰/۵ |
| ۵ | به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه بدهید.<br>الف) چرا در ترمزهای ناگهانی، سرنشینان خودرو رو به جلو پرتاب می‌شوند؟<br>ب) در چه شرایطی، چتربازی که در حال سقوط است، به تندی حدی می‌رسد؟<br>پ) دو عامل مؤثر بر ضریب اصطکاک جنبشی را بنویسید.<br>ت) در شکل مقابل، نمودار نیرو برحسب تغییر طول را برای دو فنر A و B مشاهده می‌کنید. ثابت فنر کدام‌یک بیشتر است؟<br>ث) نمودار نیروی گرانشی وارد بر یک ماهواره را برحسب فاصله از سطح زمین به طور کیفی رسم کنید.<br>  | ۰/۵<br>۰/۵<br>۰/۵<br>۰/۲۵<br>۰/۵ |

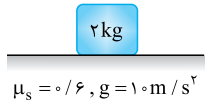
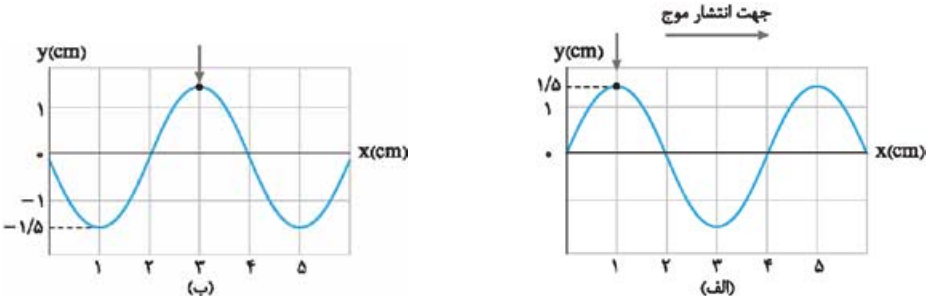
| | | |
|---|---|---|
| ۶ | به جسمی به جرم $۲۰\ kg$، نیروی $F = ۸۰\ N$ مطابق شکل اثر می‌کند و جسم بر روی سطح افقی به حرکت درمی‌آید. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح $۰/۲$ باشد، شتاب حرکت جسم را حساب کنید. $(g = ۱۰\ N/kg)$ | ۱ |
| ۷ | شکل مقابل نمودار نیروی خالص برحسب زمان برای جسمی به جرم $۱۰۰\ kg$ که در لحظهٔ $t = ۰\ s$ بر سطح افقی، در حال سکون است را نشان می‌دهد. جسم پس از اعمال نیرو، روی محور x شروع به حرکت می‌کند. اندازهٔ سرعت آن در لحظهٔ $t = ۶\ s$ چند متر بر ثانیه است؟   | ۱ |
| ۸ | معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر به صورت $x = ۰/۴\cos ۱۰\pi t$ می‌باشد.<br>الف) بسامد نوسان را حساب کنید. ۰/۵<br>ب) تندی بیشینهٔ نوسانگر را حساب کنید. ۰/۵<br>پ) اگر جرم نوسانگر $۴۰۰\ g$ باشد، انرژی مکانیکی آن را حساب کنید. $(\pi = ۳)$ ۰/۵ | |
| ۹ | جمله‌های زیر را با عبارت‌های مناسب کامل کنید:<br>الف) اگر آونگ ساده‌ای را از سطح زمین به سطح ماه انتقال دهیم، دورهٔ نوسان آونگ ساده ..... می‌یابد.<br>ب) به نوسانی که در آن به نوسانگر یک نیروی خارجی متناوب وارد می‌شود، ..... گفته می‌شود.<br>پ) شتاب نوسانگر در نقطهٔ تعادل ..... است.<br>ت) بسامد زاویه‌ای نوسانگر جرم ـ فنر با جذر ..... نسبت وارون دارد. | ۱ |
| ۱۰ | نمودار جابه‌جایی ـ مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند، به صورت زیر است. با توجه به نمودار به سؤالات پاسخ دهید:<br>الف) طول موج A چند برابر طول موج B است؟ ۰/۲۵<br>ب) تندی انتشار موج A چند برابر تندی انتشار موج B است؟ ۰/۲۵<br>پ) دامنهٔ صوت A چند برابر دامنهٔ صوت B است؟ ۰/۲۵<br>ت) با محاسبه نشان دهید بسامد صوت A چند برابر بسامد صوت B است. ۰/۵<br>   | |
| ۱۱ | با توجه به عبارت‌های ستون اول، از ستون دوم یک عبارت مرتبط با هر کدام از آن‌ها انتخاب کنید. (در ستون دوم دو مورد اضافه است.) ۱ | |

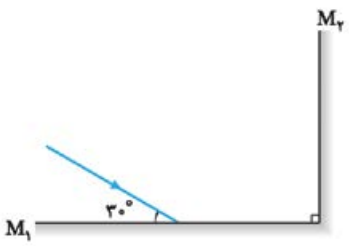
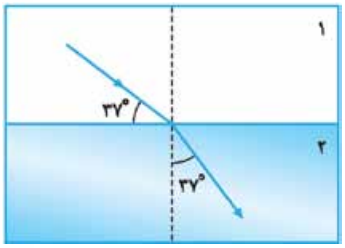
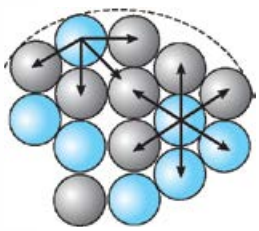
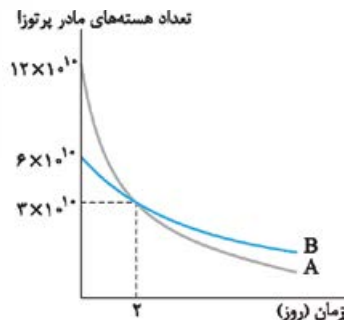
| ستون اول | ستون دوم |
|---|---|
| الف) موج عرضی | ۱) فراصوت |
| ب) رادار دوپلری | ۲) شکست موج |
| پ) سراب | ۳) پرتو گاما |
| ت) فاصلهٔ دو تراکم متوالیِ موج | ۴) بسامد موج |
| | ۵) بازتاب موج |
| | ۶) طول موج |

| | | |
|---|---|---|
| ۱۲ | الف) با شنیدن هر تُنِ موسیقی، دو ویژگی صوت را می‌توان از هم متمایز ساخت. این دو ویژگی را نام ببرید. ۰/۵<br>ب) شدت یک صوت $۱۰^{-۶}\ W/m^۲$ است. تراز شدت این صوت چند دسی‌بل است؟ $(I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\ W/m^۲)$ ۰/۵ | |
| ۱۳ | پرتو نوری از هوا وارد یک محیط شفاف می‌شود. اگر زاویهٔ تابش $۵۳^\circ$ و زاویهٔ شکست در محیط شفاف $۳۷^\circ$ باشد؛<br>الف) تندی نور در محیط شفاف چه‌قدر است؟ $(c = ۳\times ۱۰^۸\ m/s)$ ۰/۷۵<br>ب) بسامد نور هنگام عبور از مرز محیط چگونه تغییر می‌کند؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶, \sin ۵۳^\circ = ۰/۸)$ ۰/۲۵ | |

| | | |
|---|---|---|
| ۱۴ | به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه بدهید:<br>الف) بر کلاهک برق‌نمایی با بار منفی یک مرتبه نور فروسرخ و مرتبهٔ دیگر نور فرابنفش می‌تابانیم. در هر حالت، انحراف ورقه‌های آن چگونه تغییر می‌کند؟<br>ب) آیا افزایش طول موج نور، لزوماً باعث کاهش انرژی هر فوتون آن می‌شود؟ برای پاسخ خود توضیح مناسبی بنویسید.<br>پ) چرا هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند؟ | ۰/۵<br>۰/۵<br>۰/۵ |
| ۱۵ | انرژی فوتونی $۲\ eV$ است.<br>الف) طول موج این پرتو را حساب کنید.<br>ب) تعیین کنید این پرتو در چه ناحیه‌ای از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد. $(hc = ۱۲۴۰\ eV.nm)$ | ۰/۵<br>۰/۲۵ |
| ۱۶ | الکترون در اتم هیدروژن،گذاری از تراز $n_U = ۴$ به تراز $n_L = ۱$ انجام می‌دهد.<br>الف) در این فرایند، اتم فوتون گسیل می‌کند یا جذب می‌کند؟<br>ب) انرژی فوتون جذب‌شده یا گسیل‌شده، چند الکترون‌ولت است؟ $(E_R = ۱۳/۶\ eV)$ | ۰/۲۵<br>۰/۷۵ |
| ۱۷ | معادلهٔ واپاشی زیر را کامل کنید. (به جای نماد هستهٔ ایجادشده در بخش الف، از Y استفاده کنید.)<br>الف) $^{۱۵}_{۸}O \rightarrow e^{+} + \cdots$ ب) $^{۲۳۱}_{۹۱}Pa \rightarrow \cdots + ^{۲۲۷}_{۸۹}Ac$<br>پ) $^{۲۳۱}_{۹۰}Th^{*} \rightarrow \cdots + ^{۲۳۱}_{۹۰}Th$ | ۰/۷۵ |
| ۱۸ | پس از ۱۵ دقیقه، $\frac{۷}{۸}$ هسته‌های یک نمونهٔ مس پرتوزا به فلز دیگری تبدیل می‌شود. نیمه‌عمر این نمونهٔ مس چند دقیقه است؟ | ۱ |
| | «موفق باشید» **جمع نمرات** | ۲۰ |

| امتحان نهایی: **فیزیک ۳** | رشته: **علوم تجربی** | تاریخ امتحان: **دی ۱۴۰۱** | |
|---|---|---|---|
| ردیف | **امتحان شمارهٔ ۵** | **پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه** | **مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه** | نمره |
| ۱ | نمودار سرعت ـ زمان متحرکی در شکل مقابل نشان داده شده است. درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با کلمات «درست» یا «نادرست» در پاسخنامه مشخص کنید.<br>الف) در بازهٔ زمانی $t_۲$ تا $t_۴$ بردار شتاب در جهت محور x است.<br>ب) در بازهٔ زمانی $t_۱$ تا $t_۲$ حرکت کندشونده است.<br>پ) در لحظهٔ $t_۲$ شتاب صفر است. |  | ۰/۷۵ |
| ۲ | سرعت متحرکی در لحظهٔ $t = ۰\ s$ به صورت $\vec{v}_۰ = (۱۰\ m/s)\vec{i}$ و شتاب ثابت آن $\vec{a} = (-۱\ m/s^۲)\vec{i}$ است. در بازهٔ زمانی صفر تا $۲۰\ s$، تندی حرکت آن چگونه تغییر می‌کند؟ | | ۱ |
| ۳ | نمودار مکان ـ زمان متحرکی که در امتداد محور x با شتاب ثابت در حرکت می‌باشد، به صورت سهمی شکل مقابل است.<br>الف) معادلهٔ مکان ـ زمان این متحرک را بنویسید.<br>ب) مسیر حرکت متحرک در امتداد محور x را رسم کنید. |  | ۱/۵<br>۰/۲۵ |
| ۴ | چتربازی در هوای گرم و در امتداد قائم چتر خود را باز می‌کند و در ارتفاع ۶۰۰متری سطح زمین به تندی حدی خود که $۵\ m/s$ است می‌رسد. چند ثانیه طول می‌کشد تا چترباز به سطح زمین برسد؟ | | ۰/۵ |

| | | |
|---|---|---|
| ۵ | به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:<br>الف) در شکل مقابل، جسم بر روی سطح افقی ساکن است. نیروی اصطکاک جسم با سطح چند نیوتون است؟ (با ذکر دلیل)<br>  <br>ب) شخصی به جرم ۶۰ kg روی یک ترازوی فنری، داخل آسانسور ایستاده است. اگر ترازو عدد ۵۰۰ N را نشان دهد، در این صورت کدام گزینه صحیح است؟<br>۱) حرکت آسانسور کندشونده رو به پایین است.<br>۲) حرکت آسانسور تندشونده رو به بالا است.<br>۳) حرکت آسانسور می‌تواند تندشونده رو به پایین یا کندشونده رو به بالا باشد. | ۰/۵<br>۰/۲۵ |
| ۶ | اگر مطابق شکل مکعب چوبی را با تندی ۲۰ m/s افقی پرتاب کنیم، پس از طی مسافت ۴۰ m متوقف می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی سطح با جسم چه‌قدر است؟ $(g = ۱۰ m/s^۲)$<br> | ۱/۵ |
| ۷ | مطابق شکل فنر سبکی از سقف آویزان است. اگر فنر را بکشیم تا طول آن ۱۲ cm شود، نیروی کشسانی فنر ۲ N است و اگر فنر را فشرده کنیم تا طول آن ۷ cm شود، نیروی کشسانی فنر ۳ N می‌شود. طول عادی فنر چند سانتی‌متر است؟<br> | ۱ |
| ۸ | اگر به اندازهٔ شعاع کرهٔ زمین از سطح زمین دور شویم، شتاب گرانشی چند متر بر مربع ثانیه می‌شود؟ (اندازهٔ شتاب گرانشی در سطح زمین را $۱۰ m/s^۲$ فرض کنید.) | ۱ |
| ۹ | الف) دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم ـ فنر با جذر ..... به طور مستقیم متناسب است.<br>ب) اگر ناظر به طرف چشمهٔ صوت حرکت کند، در مقایسه با ناظر ساکن، بسامد صوتی که می‌شنود ..... می‌یابد.<br>پ) موج صوتی در ..... منتشر نمی‌شود.<br>ت) ارتفاع صوت ..... است که گوش انسان درک می‌کند. | ۱ |
| ۱۰ | با طراحی آزمایشی، چگونگی اندازه‌گیری شتاب گرانشی را به کمک یک آونگ ساده شرح دهید. | ۱ |
| ۱۱ | به پرسش‌های زیر پاسخ بدهید.<br>الف) چرا رنگ‌های نور سفید پس از عبور از منشور از هم جدا می‌شوند؟<br>ب) یک کاربرد از مکان‌یابی پژواکی را بنویسید. | ۰/۵<br>۰/۲۵ |
| ۱۲ | معادلهٔ مکان ـ زمان یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = ۰/۲ \cos ۲۰\pi t$ است. $(\cos\frac{\pi}{۳} = \frac{۱}{۲}, \pi^۲ = ۱۰)$<br>الف) در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۶۰} s$ اندازهٔ شتاب نوسانگر چند متر بر مربع ثانیه است؟<br>ب) اگر جرم نوسانگر ۲۰ g باشد، انرژی مکانیکی آن چند ژول است؟ | ۰/۷۵<br>۰/۷۵ |
| ۱۳ | شکل (الف) مربوط به نقش یک موج مکانیکی در یک محیط در لحظهٔ $t_۱ = ۰ s$ است و در لحظهٔ $t_۲ = ۰/۱ s$ برای اولین بار شکل موج به صورت شکل (ب) می‌شود. بیشینهٔ تندی هر ذره از محیط انتشار موج در SI چه‌قدر است؟ $(\pi = ۳)$<br>  | ۱/۲۵ |

| | | |
|---|---|---|
| ۱۴ | الف) در شکل مقابل مسیر پرتو نور را رسم کنید و زاویهٔ بازتابش از آینهٔ $M_2$ را حساب کنید.<br>  | ۰/۵ |
| | ب) در شکل مقابل نور از هوا وارد محیط شفاف ۲ شده است. اگر تندی نور در هوا $۳\times۱۰^{۸}\ m/s$ باشد، تندی نور در محیط ۲ چه‌قدر است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶, \sin ۵۳^\circ = ۰/۸)$<br>  | ۰/۷۵ |
| ۱۵ | به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.<br>الف) در آزمایش فوتوالکتریک برای یک فلز معین، تغییر هر یک از موارد زیر باعث چه تغییری در نتیجهٔ آزمایش می‌شود؟<br>۱) افزایش بسامد نور فرودی در بسامدهای بزرگ‌تر از بسامد آستانه. | ۰/۵ |
| | ۲) افزایش شدت نور فرودی در یک بسامد معین، بزرگ‌تر از بسامد آستانه.<br>ب) دو ویژگی از ویژگی‌های گسیل القایی را بنویسید. | ۰/۵ |
| | پ) تصویر زیر نوکلئون‌های یک هسته را نشان می‌دهد. کدام‌یک از موارد زیر را می‌توانیم از مشاهدهٔ این تصویر نتیجه‌گیری کنیم؟<br>  <br>۱) نیروی هسته‌ای قوی‌تر از نیروی گرانشی است.<br>۲) نیروی هسته‌ای کوتاه‌برد است. | ۰/۲۵ |
| | ت) معادلهٔ واپاشی‌های زیر را کامل کنید.<br>۱) $^{۲۱۱}_{۸۲}Pb \rightarrow {}^{۲۱۱}_{۸۳}Bi + \cdots$<br>۲) $^{۲۳۸}_{۹۲}U \rightarrow {}^{۲۳۴}_{۹۰}Th + \cdots$ | ۰/۵ |
| ۱۶ | الکترونی در دومین حالت برانگیختهٔ اتم هیدروژن قرار دارد. انرژی الکترون در این حالت چند الکترون‌ولت است؟ $(E_R = ۱۳/۶\ eV)$ | ۰/۵ |
| ۱۷ | کوتاه‌ترین طول موج در رشتهٔ بالمر $(n' = ۲)$ هیدروژن اتمی را حساب کنید و بنویسید این طول موج در کدام گسترهٔ طول موج‌های الکترومغناطیسی قرار دارد. $(R = ۰/۰۱\ nm^{-۱})$ | ۱ |
| ۱۸ | از یک لامپ که نوری با طول موج ۶۶۰ nm گسیل می‌کند، در هر دقیقه $۲\times۱۰^{۲۱}$ فوتون گسیل می‌شود. توان تابشی مفید لامپ چند وات است؟ $(c = ۳\times۱۰^{۸}\ m/s, h = ۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\ J.s)$ | ۰/۷۵ |
| ۱۹ | نمودار تعداد هسته‌های مادر دو مادهٔ پرتوزا برحسب زمان مطابق شکل مقابل است. با توجه به شکل نیمه‌عمر مادهٔ A چند برابر نیمه‌عمر مادهٔ B است؟<br>  | ۱ |
| | «موفق باشید» | جمع نمرات ۲۰ |