برگی از درخت المپیاد فیزیک

المپیادهای فیزیک در ایران

(مرحله اول)

از دوره‌ی ۲۳ تا کنون

گردآوری و تألیف:

محمدتقی نصیری

حسن نصیری

انتشارات خوشخوان

درخت المپیاد درختی است که توسط
انتشارات خوشخوان کاشته شده و هریک
از کتاب های این پروژه برگی از آن است.
وظیفه ما نگهداری و آبیاری این درخت است. امیدواریم
باعنایات حضرت حق این درخت، تنومند شده
و به بار واقعی بنشیند. فراموش نکنید که بار و میوه ی
این درخت شما
عزیزان می باشید.
التماس دعا

پروژه‌ی درخت المپیاد

اعتقاد بر این است که شروع فعالیت‌های المپیاد به صورت حرفه‌ای، باید از ابتدای دوره‌ی دبیرستان شروع شود. اکثر المپیادهای علمی در زمستان سال سوم دبیرستان تعیین تکلیف می‌شوند. بنابراین از شروع دبیرستان تا اواسط سال سوم حدوداً ۸ ترم تحصیلی می‌شود (با احتساب فصل و ترم تابستان) که لازم است برنامه‌ریزی دقیقی برای این چند ترم انجام شود.

انتشارات خوشخوان این برنامه‌ریزی را در قالب پروژه‌ی درخت المپیاد انجام داده است که هر شاخه از درخت، مبحثی از آن المپیاد و هر برگ از آن شاخه شماره‌ای از آن مبحث می‌باشد.

به عنوان مثال اپتیک (۱) کتابی است که در یک ترم تحصیلی در یک کلاس ممتاز می‌توان برای داوطلبان المپیاد فیزیک تدریس کرد.

با عنایات حضرت حق و با کمک تنی چند از همکاران گرامی کتب مربوط به این درخت در هر رشته‌ای از المپیاد معرفی خواهد شد.

منتظر پیشنهادات و نظرات شما سروران هستیم.

گروه المپیاد

انتشارات خوشخوان

مسابقه ها، کنکورها و المپیادهای علمی همایش هایی هستند که کم وبیش در سرتاسر دنیای پهناور به صورت داخلی وبین المللی برگزار می شود وسال به سال به تنوع، جذبه وعظمت آن ها افزوده می‌شود. یکی ازاین همایش های باشکوه که هرسال درچندین رشته درسطح دانش آموزان سنوات آخر دوره متوسطه برگزار می‌شود المپیادهای علمی می باشد که قدیمی ترین آن المپیاد ریاضی بوده و ازسال ۱۹۵۹ آغاز و تا به حال ادامه داشته است.

در حال حاضر نتیجه ی کسب شده در المپیادهای علمی برای هر کشوری یکی از شاخص های قدرت علمی آن کشورمحسوب شده و نفرات ممتاز این المپیادها به راحتی جذب دانشگاه ها وآکادمی های ممتاز جهان شده وپس ازگذشت سنواتی چند به موفقیت های چشم‌گیری نایل می شوند چنانچه بسیاری از دانشمندان حال حاضر در رشته های مختلف از جمله شیمی، فیزیک، IT و ... در سال های نه چندان دور از مدال آوران این المپیادها بوده اند.

جمهوری اسلامی ایران برای اولین باردر سال ۱۳٦٦ در المپیاد ریاضی جهان که در کشورکوبا برگزار می شد شرکت کرده و باکسب یک مدال برنز به مقام ۲٦ جهان نائل آمد که تعجب همگان را برانگیخت چراکه درآن سال ایران درگیرجنگ تحمیلی بوده و جهانیان به غیر از جنگ و درگیری چیزی از ایران سراغ نداشتند و درخشش دانش آموزان ایران در آن سال و سنوات بعد نگاه ها را به سمت ایران معطوف کرده وچشم خفته آن ها را تا حدود زیادی بیدارکرد. همانطورکه از رسانه های گروهی مطلع شده اید درتمام المپیادهای علمی تیم اعزامی کشورعزیزمان درسنوات گذشته جزء کشورهای برتر بوده وضمن کسب مدال های رنگارنگ رتبه های بسیار درخشانی ازجمله رتبه اول را حائز شده اند.

نحوه گزینش نفرات اعزامی به المپیادهای جهانی تا حدود زیادی مشابه یکدیگرند به این صورت که درابتدا درمسابقه ای سراسری تحت عنوان مرحله اول که معمولاً به صورت پرسش های چندگزینه ای مطرح می شود حدوداً هزارنفر پذیرفته شده و در رقابتی معمولاً تشریحی که مرحله ی دوم نامیده می شود شرکت می کنند. دراین مرحله در هر رشته حدوداً چهل نفر پذیرفته شده و دردوره ی تابستانی درباشگاه دانش پژوهان جوان که متولی برگزاری تمام المپیاد های علمی می باشد شرکت کرده و پس ازگذراندن این دوره مرحله ی سوم آزمون برگزار شده و عده ای (در حدود ده نفر) مدال طلا، عده ای مدال نقره و عده ای دیگر مدال برنز

کسب می کنند(دراین مرحله معمولاً همه‌ی افراد شرکت کننده دردوره مدال کسب می کنند) دارندگان مدال طلا حدود یک سال در آن باشگاه آموزش دیده و پس از آن اعضاء تیم اعزامی شناسایی می شوند. دارندگان مدال طلا همگی بدون کنکور و در رشته و دانشگاه دلخواه خود پذیرفته شده و ادامه ی تحصیل می دهند اما دارندگان مدال های نقره و برنز همانند سایر داوطلبان در کنکور سراسری شرکت کرده و برای کسب رتبه دلخواه جهت پذیرفته شدن در رشته ودانشگاه مورد علاقه خود رقابت می کنند با این تفاوت که این افراد سهمیه‌ی ویژه ای در پذیرفته شدن در رشته ودانشگاه مورد علاقه ی خود دارند که جزئیات آن در سایت باشگاه دانش پژوهان جوان تشریح شده است.

متأسفانه درسال های اخیر در بعضی از مدارس افرادی مثلاً لباس کارشناسی به تن کرده و علیه فعالیت های المپیاد جبهه می گیرند و ادعا می کنند فعالیت برای المپیادهای علمی مانع موفقیت درکنکور سراسری بوده و هرچه دانش آموز به سمت المپیاد سوق پیدا کند ازکنکورفاصله گرفته و در صورت عدم کسب مدال طلا (که بسیار محتمل است) آینده ی خود را تباه کرده است درحالی که با تحقیقی که درسال های گذشته انجام شده است فعالیت درزمینه المپیادهای علمی نه تنها مانع فعالیت برای کنکور نیست بلکه مسیرفعالیت برای کسب رتبه مناسب درکنکور را بسیار هموارتر می سازد به عنوان مثال می توانید تمام مدال آوران نقره و برنز ویا حتی آن هایی که در مرحله اول پذیرفته شده ولی به دوره تابستانی راه پیدا نکرده اند را دریک رشته شناسایی کرده و موفقیت های تحصیلی آن ها را در دانشگاه ها جویا شوید که نگارنده ی این متن بارها این تحقیق را انجام داده و به مثبت بودن آن یقین پیدا کرده است.

به هرحال ادعا این است که فعالیت دانش آموز دریک رشته از رشته های المپیاد فواید بسیاری دارد که به تعدادی ازآن ها به صورت گذرا اشاره می شود:

۱. همان طورکه خداوند به بشرتن سالم داده و انتظار می رود با ورزش ها و نرمش های مناسب ازاین نعمت خدادادی محافظت شود به هردانش آموزی نیزاستعدادی داده است که باید شکوفا وبهره ور شود. اغلب باشگاه های کشور اعم ازخصوصی و دولتی داوطلب زیادی در رشته های متفاوت ورزشی دارند که مشغول فعالیت دریکی از رشته های ورزشی مانند کشتی، تکواندو، بدن سازی و ... می باشند که وقتی ازآن افراد راجع به اهدافشان ازاین فعالیت سؤال می شود سالم نگه داشتن بدن را عنوان داشته وانتخاب شدن درتیم ملی را درنهایت عنوان می کنند. چه بسا افرادی که در این رشته ها فعالیت می کنندو هرگز به تیم ملی راه پیدا

نمی کنند که وقتی ازاین افراد راجع به موفقیت هایشان سؤال می شود هرگزخود را ناموفق معرفی نمی کنند و همین که توانسته اند از بدن سالم خود به روش مناسب محافظت کنند را پیروزی بزرگی می‌دانند بنابرین فعالیت دریکی اززمینه های المپیاد چه در نهایت به کسب مدال منجر شود و یا نشود همین که استعداد خدادادی پرورش می یابد موفقیتی است بس بزرگ.

۲. کتب درسی به اذعان اکثر کارشناس ها و اساتید سال به سال ساده تر شده و برای عموم دانش آموزان دلچسب هستند ولی برای دانش آموزان ممتاز و تیزهوش به هیچ عنوان اغناکننده نمی باشند لذا لازم است این سری ازدانش آموزان فعالیت ویژه ای را در رشته‌ی مورد علاقه‌ی خود داشته باشند تا احساس کنند این فعالیت ها برای آن ها اغناکننده است.

۳. فعالیت های المپیادی که درنهایت به حل سؤالات پیچیده و عمیق در رشته ی مربوطه می شود باعث می شود تا فرد به تمام مسائل جامعه و پیش آمده درزندگی به دید یک مسأله ی المپیاد نگاه کرده و درحل آن نسبت به سایر رقبا موفق تر باشند. تحقیقات نشان می دهد افرادی که با علاقه و اشتیاق حداقل یکی ازشاخه های المپیاد را دنبال می کنند (نه به نیت کسب مدال بلکه به نیت پرورش ذهن) نسبت به سایر افراد در زندگی موفق ترند.

٤. زیربنای اکثر دروس پیش دانشگاهی در دروس المپیاد بنا نهاده می شود بنابرین افرادی که به سبک المپیادی دروس خود را مطالعه می کنند در دوره پیش دانشگاهی با پایه ی بسیار قوی تری با دروس مواجه می شوند و نسبت به رقبای خود راحت تر ازعهده آن ها برمی آیند.

٥. با توجه به مصوبه های موجود، کسب مدال دریکی ازالمپیاد های علمی(حتی مدال برتر) باعث اعطای امتیازهای ویژه ای برای داوطلبان کنکور در ورود به دانشگاه های سراسری می شود که جزئیات آن درسایت های معتبرمخصوصاً سایت باشگاه دانش پژوهان جوان موجود است.

٦. همچنین با توجه به مصوبه های موجود اکثر داوطلبان المپیادها به عضویت نهادهای مختلف ازجمله بنیاد ملی نخبگان درمی آیند که با رجوع به سایت های مرتبط با این نهادها و بنیادها امتیازات تعلق یافته به اعضاء را مشاهده خواهید کرد.

انتشارات خوشخوان مفتخراست از بدو تأسیس به فکرتدوین و تألیف منابعی مناسب برای دانش آموزان ممتاز و داوطلبان المپیاد بوده است که خوشبختانه با یاری خداوند متعال وبا بهره گیری ازاساتید مجربی که خود درسنواتی نه چندان دورمدال آوریکی ازالمپیادهای علمی بوده اند، کتب متعددی به بازار عرضه شده است که مورد توجه داوطلبان قرارگرفته است. بعد ازکسب تجربیات لازم به این نتیجه رسیده ایم که لازم است کتبی به صورت کار تدوین وتألیف شود که درآن هرکتاب مخصوص یک ترم تحصیلی باشد. این پروژه به نام درخت المپیاد نام گرفته است و هرکتاب ازاین پروژه که دراختیار دارید برگی از آن درخت خواهد بود.

بدیهی است انجام چنین پروژه ی عظیمی نظر و همت دسته جمعی می طلبد لذا لازم است ازتمام دوستان و همکارانی که ما را در انجام این پروژه یاری نموده اند، تشکر و قدردانی نمایم و در نهایت نیز ازعوامل زحمت کش انتشارات اعم ازمشاورین، حروف چین ها، طراحان وکارمندان وکارگران عزیزکمال امتنان را دارم.

با تشکر

رسول حاجی زاده مدیر انتشارات خوشخوان

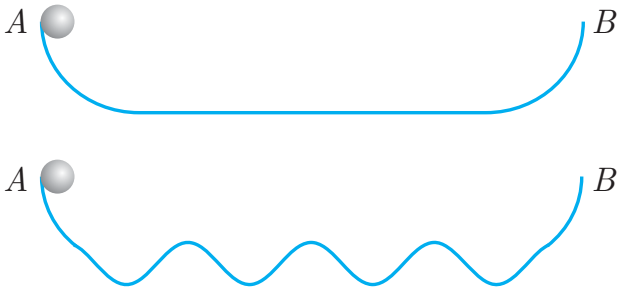
این مجموعه ناچیز تقدیم به شهدای مدافع حرم و خانواده‌های فداکارشان

به نام خدای دانایی «ن وَالْقَلَمِ وَمَا يَسْطُرُونَ...»

شاید فکر کردن، یکی از سخت‌ترین کارهای دنیا باشد! و معمولاً کارهای سخت، بسیار پربها هستند. مسابقه المپیاد فرصتی را فراهم آورده تا دانش‌آموزان علاوه بر یادگیری روابط ریاضی و فیزیک، مدتی از وقت خود را صرف تفکر بر روی یک مسئله کرده و خلاقیت خود را پرورش دهند. صرف‌نظر از قبولی یا عدم قبولی در هر یک از مراحل این مسابقه، تلاش برای پیروزی در چنین رقابت بزرگی باعث رشد و پیشرفت شرکت‌کننده خواهد شد.

گاهی اوقات دانش‌آموزان می‌پرسند که چرا باید خودمان را به سختی بیندازیم و در این رقابت شرکت کنیم؟ اما نوئل کانت جمله معروفی دارد که می‌گوید: «کبوتر سبک‌بال که در پرواز خود، هوا را می‌شکافد و مقاومت آن را احساس می‌کند، گمان می‌برد که پرواز در خلا آسان‌تر است!» باید به این نکته توجه کرد که رویارویی با مشکلات و سختی‌ها باعث پیشرفت و تکامل انسان می‌شود. شاید گمان کنید که در مسیر راست و بدون پستی و بلندی زودتر به هدف می‌رسید؛ اما بیایید این موضوع را با یک مسئله فیزیک بررسی کنیم، شاید نظرتان نسبت به زندگی تغییر کند!

به نظر شما گلوله از کدام مسیر زودتر به نقطه B می‌رسد؟



مسلماً هیچ کتابی عاری از نقص نیست و با وجود دقت فراوان در نگارش و ویرایش این کتاب احتمالاً ایرادهایی در آن باقی مانده است. ازاین‌رو، از شما عزیزانی که این کتاب را می‌خوانید، تقاضا دارم هرگونه انتقاد، پیشنهاد، غلط نگارشی و یا علمی را از طریق پست الکترونیکی اینجانب nasiri87@yahoo.com و یا آیدی تلگرام بنده @mt_nasiri اطلاع دهید تا در چاپ‌های بعدی منظور گردد.

با آرزوی موفقیت برای شما عزیزان

محمدتقی نصیری

حسن نصیری

فصل	عنوان	شماره دوره										تعداد متوسط ۱۰ دوره آخر
		۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	
نور هندسی	سایه، روشنایی، نجوم	۱	۰	۰	۲	۲	۰	۱	۰	۰	۲	۰/۸
	آینه ها	۰	۱	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۳	۱/۹
	شکست نور، عدسی	۲	۰	۳	۲	۴	۳	۶	۴	۳	۲	۲/۹
منطق فیزیکی	کمیتها، تحلیل ابعادی، تخمین	۶	۳	۴	۱	۵	۳	۱	۱	۳	۲	۲/۹
مکانیک	حرکت یک بعدی	۷	۵	۸	۳	۲	۴	۴	۲	۲	۰	۳/۷
	حرکت دو بعدی	۵	۴	۲	۳	۰	۲	۳	۳	۳	۳	۲/۸
	حرکت دایره ای	۲	۱	۰	۰	۰	۵	۳	۱	۰	۱	۱/۳
	بردارها، حرکت مقید	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰/۴
	دینامیک تکانه، گرانش	۷	۶	۹	۸	۲	۶	۳	۶	۴	۴	۵/۵
	دینامیک دایره ای	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۲	۰	۰/۵
	کار و انرژی و توان	۴	۱	۲	۲	۰	۱	۲	۱	۰	۰	۱/۳
	نوسان و موج	۰	۰	۴	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۰	۱/۲
الکتریسیته و مغناطیس	کولن، میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی	۴	۲	۳	۱	۳	۳	۴	۲	۴	۴	۳
	خازن	۲	۱	۳	۰	۲	۲	۱	۰	۰	۱	۱/۲
	جریان، مقاومت، مدار، توان الکتریکی	۲	۱	۳	۰	۴	۴	۱	۴	۲	۱	۲/۲
	میدان مغناطیسی، بار سیم	۱	۲	۱	۱	۰	۳	۲	۲	۳	۲	۱/۷
	القای مغناطیسی	۰	۰	۴	۱	۰	۰	۳	۰	۱	۰	۰/۹
خواص ماده	چگالی و فشار	۰	۲	۲	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰/۷
گرما	دما، گرما، انبساط	۰	۲	۲	۰	۲	۰	۰	۱	۱	۱	۰/۹
	انتقال گرما	۲	۴	۰	۰	۲	۱	۱	۱	۰	۲	۱/۳
ترمودینامیک	قانون گازها	۰	۱	۲	۱	۰	۲	۰	۱	۱	۲	۱
	ترمودینامیک	۲	۰	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۳	۱	۱/۶
سیالات	استاتیک سیالات	۰	۲	۱	۳	۰	۳	۰	۰	۰	۲	۱/۱
	دینامیک سیالات	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰/۴
فیزیک نوین		۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۳	۳	۲	۱/۱
جمع		۴۹	۳۸	۵۶	۳۳	۳۷	۵۱	۴۵	۴۰	۳۷	۳۵	۴۲

فهرست مطالب

فصل ۱ بیست و سومین دوره ۱

۱.۱ بیست و سومین دوره المپیاد فیزیک ۲
۲.۱ مسئله‌های کوتاه ۱۴
۳.۱ پاسخ کلیدی المپیاد فیزیک دوره ۲۳ ۱۶
۴.۱ پاسخ تشریحی المپیاد فیزیک دوره ۲۳ ۱۷
۵.۱ پاسخ تشریحی مسئله‌های کوتاه ۳۶

فصل ۲ بیست و چهارمین دوره ۴۱

۱.۲ بیست و چهارمین دوره المپیاد فیزیک ۴۲
۲.۲ مسئله‌های کوتاه ۵۴
۳.۲ پاسخ کلیدی المپیاد فیزیک دوره ۲۴ ۵۷
۴.۲ پاسخ تشریحی المپیاد فیزیک دوره ۲۴ ۵۸
۵.۲ پاسخ تشریحی مسئله‌های کوتاه ۷۸

فصل ۳ بیست و پنجمین دوره ۸۳

۱.۳ بیست و پنجمین دوره المپیاد فیزیک ۸۴
۲.۳ پاسخ کلیدی المپیاد فیزیک دوره ۲۵ ۹۱
۳.۳ پاسخ تشریحی المپیاد فیزیک دوره ۲۵ ۹۲

فصل ۴ بیست و ششمین دوره ۱۱۵

۱.۴ بیست و ششمین دوره المپیاد فیزیک ۱۱۶
۲.۴ مسئله‌های کوتاه ۱۲۹
۳.۴ پاسخ کلیدی المپیاد فیزیک دوره ۲۶ ۱۳۲
۴.۴ پاسخ تشریحی المپیاد فیزیک دوره ۲۶ ۱۳۳
۵.۴ پاسخ تشریحی مسئله‌های کوتاه ۱۵۶

فصل ۵ بیست و هفتمین دوره ۱۶۳

۱.۵ بیست و هفتمین دوره المپیاد فیزیک ۱۶۴
۲.۵ مسئله‌های کوتاه ۱۷۶
۳.۵ پاسخ کلیدی المپیاد فیزیک دوره ۲۷ ۱۷۹
۴.۵ پاسخ تشریحی المپیاد فیزیک دوره ۲۷ ۱۸۰
۵.۵ پاسخ تشریحی مسئله‌های کوتاه ۱۹۹

فصل ۶ بیست و هشتمین دوره ۲۰۵

۱.۶ بیست و هشتمین دوره المپیاد فیزیک ۲۰۶
۲.۶ مسئله‌های کوتاه ۲۱۷
۳.۶ پاسخ کلیدی المپیاد فیزیک دوره ۲۸ ۲۲۰
۴.۶ پاسخ تشریحی المپیاد فیزیک دوره ۲۸ ۲۲۱
۵.۶ پاسخ مسئله‌های کوتاه ۲۴۲

فصل ۷ بیست و نهمین دوره ۲۴۹

۱.۷ بیست و نهمین دوره المپیاد فیزیک ۲۵۰
۲.۷ مسئله‌های کوتاه ۲۶۱
۳.۷ پاسخ کلیدی المپیاد فیزیک دوره ۲۹ ۲۶۲
۴.۷ پاسخ تشریحی المپیاد فیزیک دوره ۲۹ ۲۶۳
۵.۷ پاسخ تشریحی مسئله‌های کوتاه ۲۸۲

فصل ۸ سی‌اُمین دوره ۲۸۵

۱.۸ سی‌اُمین دوره المپیاد فیزیک ۲۸۶
۲.۸ مسئله‌های کوتاه ۲۹۶
۳.۸ پاسخ کلیدی المپیاد فیزیک دوره ۳۰ ۲۹۸
۴.۸ پاسخ تشریحی المپیاد فیزیک دوره ۳۰ ۲۹۹
۵.۸ پاسخ تشریحی مسئله‌های کوتاه ۳۲۰

سؤالات مرحله اول بیست و سومین دوره‌ی المپیاد فیزیک ایران سال ۱۳۸۸

تعداد سؤالات		مدت آزمون (دقیقه)
چند گزینه‌ای	مسئله کوتاه	
۳۲	۷	۲۴۰

۱.۱ بیست و سومین دوره‌ی المپیاد فیزیک

۱ دو ظرف استوانه‌ای رسانای گرما در نظر بگیرید که دهانه‌ی هرکدام با یک پیستون بدون اصطکاک بسته شده، و در هرکدام مقدار یکسانی گاز کامل در شرایط مشابه قرار دارد. روی پیستون ظرف اول یک کیسه‌ی شن می‌گذاریم، به طوری که پیستون پایین می‌رود و حجم گاز به کم‌ترین مقدار V می‌رسد. پس از مدت کوتاهی، پیش از آن‌که حجم تغییر کند، فشار گاز P_a و دمای آن T_a می‌شود. روی پیستون ظرف دوم آن‌قدر شن را دانه‌دانه و به آرامی می‌گذاریم تا حجم گاز در این ظرف همان V شود. در این حالت فشار گاز P_b و دمای آن T_b است. فرض کنید طی این دو فرآیند، سیستم همواره نزدیک به تعادل ترمودینامیکی بوده است. کدام گزینه درست است؟ (+۴, −۱)

الف) $P_a > P_b$ و $T_a = T_b$

ب) $P_a > P_b$ و $T_a > T_b$

ج) $P_a = P_b$ و $T_a > T_b$

د) $P_a < P_b$ و $T_a < T_b$

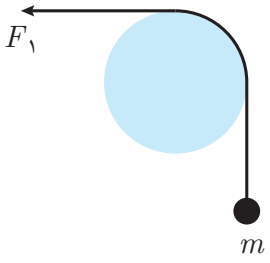
ه) $P_a = P_b$ و $T_a = T_b$

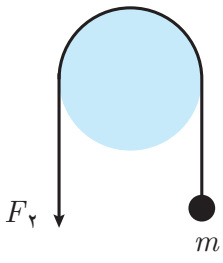
۲ مطابق شکل به یک سر نخی که از روی قطعه چوبی به شکل یک استوانه رد شده وزنه‌ی m آویخته و به سر دیگر نخ نیروی F_1 وارد شده است به طوری که وزنه در حال تعادل و در آستانه‌ی بالا آمدن است. نخ با چوب اصطکاک دارد به طوری که $F_1 - mg = f_1$. فرض کنید نخ را 90° دیگر روی چوب می‌اندازیم، به طوری که نیروی F_2 در راستای قائم و رو به پایین قرارگیرد. در این حالت $F_2 - mg = f_2$ و جسم در آستانه‌ی بالا آمدن است. نسبت $\frac{f_2}{f_1}$ کدام است؟ (+۲, −۱)

الف) ۱

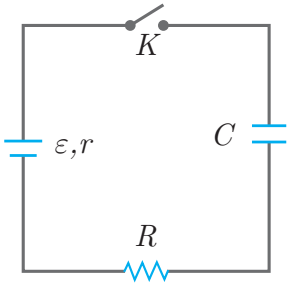
ب) ۲

ج) بیش از ۲





۳ در مدار نشان داده شده در شکل خازن در ابتدا خالی است. در فاصله‌ی زمانی بسته شدن کلید تا پر شدن خازن چه مقدار انرژی در مقاومت R تلف شده است؟ ظرفیت خازن C، مقاومت داخلی مولد r، و نیروی محرکه‌ی مولد ε است. (+۳, −۱)

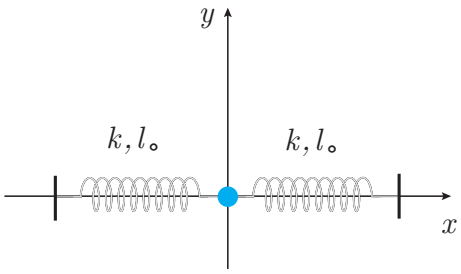


الف) $\frac{C\varepsilon^2 R}{r+R}$ ب) $\frac{1}{2}C\varepsilon^2$

ج) $\frac{C\varepsilon^2 R}{2(r+R)}$ د) $\frac{C\varepsilon^2 R^2}{2(r+R)^2}$

۴ مطابق شکل، جسمی به دو فنر مشابه با ثابت k و طول آزاد l_0 متصل است. طرف دوم هر یک از فنرها به دیوارهای ثابت متصل است. فاصله‌ی دو دیواره $2l_0$ است. این مجموعه در صفحه‌ی افقی xy است. جسم را در امتداد محور y به اندازه‌ی a جابه‌جا می‌کنیم، طوری که a بسیار کوچک‌تر از l_0 است ($a \ll l_0$). اندازه‌ی برآیند نیروی وارد بر جسم کدام است؟

(راهنمایی: اگر $|\varepsilon|$ خیلی کوچک‌تر از ۱ باشد، داریم: $(1+\varepsilon)^\alpha \simeq 1+\alpha\varepsilon$) (+۳, −۱)



الف) ka ب) $\frac{k}{l_0}a^2$

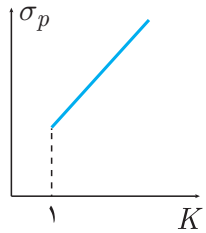
ج) $\frac{k}{l_0^2}a^3$ د) $\frac{k}{l_0^3}a^4$

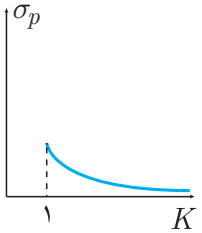
۵ جسمی از حال سکون روی یک سطح شیب‌دار به طرف پایین حرکت می‌کند. ضریب اصطکاک بین جسم و سطح شیب‌دار μ است. زاویه‌ی شیب سطح θ است. $\tan 2\theta$ چقدر باشد تا جسم فاصله‌ی افقی d را در کوتاه‌ترین زمان طی کند؟ (+۳, −۱)

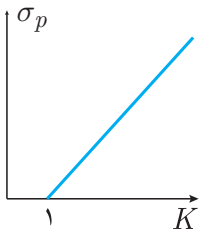
الف) $-\frac{1}{\mu}$ ب) $-\frac{1}{2\mu}$ ج) μ د) -2μ

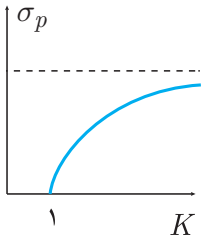
۶ خازن تختی را که عایق بین صفحه‌های آن هوا است، به یک باتری وصل کرده و سپس جدا می‌کنیم. روی صفحه‌های خازن بارهای $+q$ و $-q$ قرار می‌گیرد. در این حال یک تیغه‌ی عایق با ثابت دی‌الکتریک K بین دو صفحه قرار می‌دهیم، طوری که همه‌ی فضای خالی بین دو صفحه را پر می‌کند و بارهای صفحه‌های خازن تغییر نمی‌کند. تیغه‌ی عایق در میدان الکتریکی بین دو صفحه قطبیده (پلاریزه)

می‌شود. می‌توان قطبیده شدن تیغه‌ی عایق را به این شکل مدل‌سازی کرده که گویا دو بار $+q_p$ و $-q_p$ روی دو طرف تیغه‌ی عایق، کنار صفحه‌های خازن ایجاد شده است (بار $+q_p$ کنار صفحه‌ی منفی خازن، و بار $-q_p$ کنار صفحه‌ی مثبت خازن). چگالی سطحی بار فرضی $+q_p$ روی سطح تیغه‌ی عایق را با σ_p نشان می‌دهیم. نمودار σ_p بر حسب K کدام است؟ (+۳, −۱)

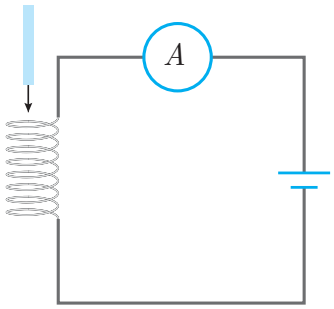
الف)


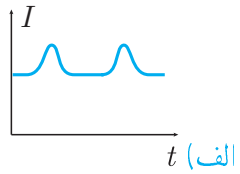
ب)


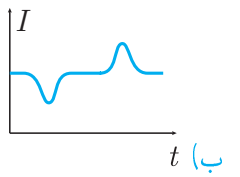
ج)


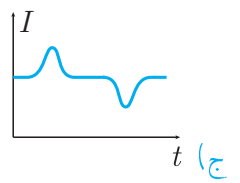
د)


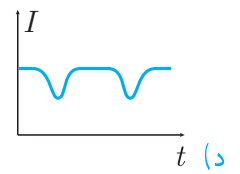
۷ یک میله‌ی آهنی با سرعت ثابت از وسط یک سیم‌پیچ متصل به باتری عبور می‌کند. آمپرمتر جریان I را نشان می‌دهد. نمودار $I(t)$ (جریان بر حسب زمان) کدام است؟ (+۳, −۱)



الف)


ب)


ج)


د)


۸ یک انسان بالغ در یک شبانه‌روز تقریباً به چقدر اکسیژن نیاز دارد؟ (+۲, −۱)

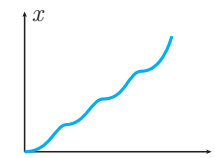
الف) ۱۰ g　　ب) ۱kg　　ج) ۱۰۰ kg

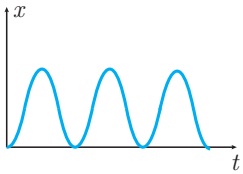
۹ فاصله‌ی یک جسم از یک عدسی واگرا N برابر فاصله‌ی کانونی عدسی است. نسبت طول جسم به طول تصویر کدام گزینه است؟ (+۳, −۱)

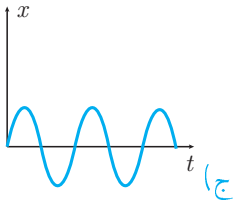
الف) $N-۱$　　ب) N

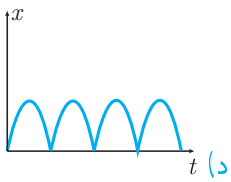
ج) $N+۱$　　د) $\frac{N+۱}{۲}$

۱۰ ذره‌ای در لحظه‌ی $t = 0$ از نقطه‌ی $x = 0$ و با سرعت $v = 0$ در امتداد محور x شروع به حرکت می‌کند و شتاب آن $a = A\sin(\omega t)$ است، که در آن A و ω دو ثابت مثبت‌اند. منحنی مکان ـ زمان متحرک کدام‌یک از شکل‌های زیر است؟ (+۳, −۱)

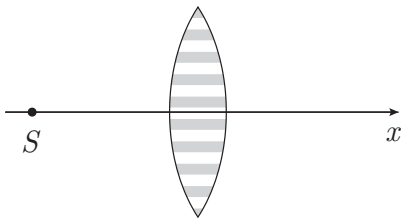
الف)


ب)


ج)


د)


۱۱ مطابق شکل یک عدسی از دو نوع شیشه با ضریب شکست مختلف ساخته شده است. لایه‌هایی که در شکل خاکستری‌اند از یک نوع شیشه و لایه‌هایی که در شکل سفید اند از نوع دیگر اند. منبع نقطه‌ای تک‌رنگ S روی محور نوری این عدسی و در سمت چپ آن است. از شکست نور در مرز بین دو نوع شیشه صرف نظر کنید. پرده‌ای عمود بر محور نوری این عدسی در سمت راست عدسی است. این پرده از نزدیک عدسی در جهت محور x حرکت می‌کند. (+۳, −۱)



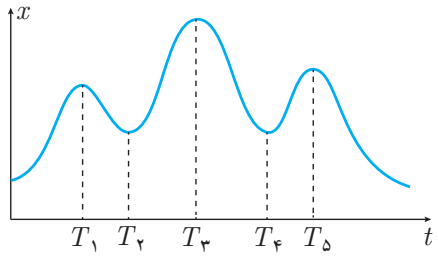
الف) طی حرکت پرده فقط یک مکان وجود دارد که روی پرده یک نقطه‌ی روشن دیده می‌شود.

ب) طی حرکت پرده فقط یک مکان وجود دارد که روی پرده یک لکه‌ی روشن دیده می‌شود.

ج) طی حرکت پرده دو مکان وجود دارد که روی پرده فقط یک نقطه‌ی روشن دیده می‌شود.

د) طی حرکت پرده دو مکان وجود دارد که روی پرده لکه‌ی روشنی داریم که در این دو جا شدت روشنایی در مرکز لکه بیشینه است.

۱۲ سرعت متوسط متحرکی بین زمان $t = 0$ و $t = T$ را با $\overline{v}(0, T)$ نمایش می‌دهیم. منحنی مکان ـ زمان متحرکی که روی خط راستی حرکت می‌کند به صورت زیر است. اندازه‌ی $\overline{v}(0, T)$ به ازای $T = T_0$ بیش‌ترین مقدار است. T_0 در نزدیکی کدام زمان است؟ (+۴, −۱)



الف) T_1

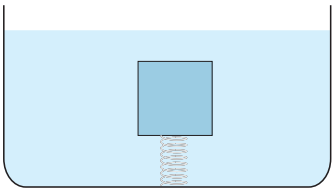
ب) T_2 و T_4

ج) T_1 و T_5

د) T_3

ه) T_5

۱۳ درون ظرفی مقداری آب ریخته‌ایم. چگالی آب ρ_0 است. جسمی به جرم M و چگالی ρ_1 ($\rho_1 < \rho_0$) به وسیله‌ی فنری که به کف ظرف متصل شده، نگه داشته شده است. فنر کشیده می‌شود ولی جسم از آب بیرون نمی‌آید. نیرویی که آب به کف ظرف وارد می‌کند W_1 است. اگر به جای جسم قبلی جسم دیگری با همان جرم ولی چگالی بیش‌تر ρ_2 ($\rho_2 > \rho_0$) را به فنر ببندیم، فنر فشرده می‌شود ولی نه آن‌قدر که به کف ظرف بچسبد. در این حالت نیرویی که آب به کف ظرف وارد می‌کند W_2 است. کدام گزینه درست است؟ در دو حالت مقدار آب یکسان است. (+۲, −۱)

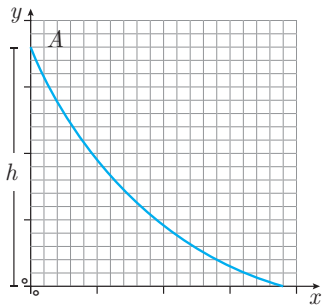


الف) $W_2 > W_1$

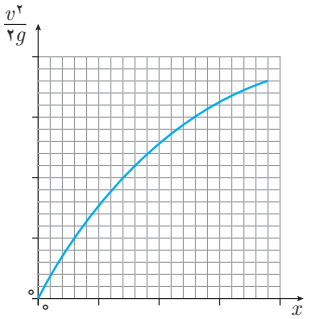
ب) $W_2 = W_1$

ج) $W_2 < W_1$

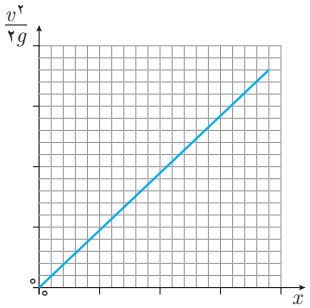
۱۴ شکل زیر میله‌ی باریکی را نشان می‌دهد. شتاب گرانش در امتداد $-y$ است. مهره‌ی تسبیحی روی میله از نقطه‌ی $A = (0, h)$، با سرعت اولیه‌ی صفر رها می‌شود. اصطکاک ناچیز است. نمودار تغییرات $\frac{v^2}{2g}$ بر حسب x کدام‌یک از شکل‌های زیر است؟ (v سرعت لحظه‌ای ذره است.) (+۳, −۱)



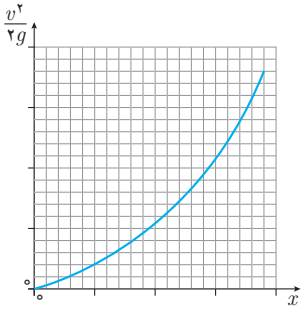
الف)



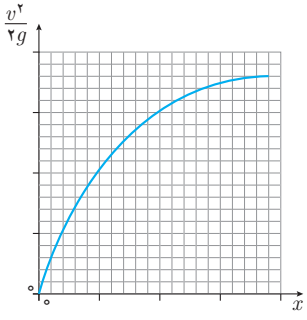
ب)



ج)



د)



۱۵ برای یک تخم‌مرغ معمولی متوسط، جرم تخم‌مرغ را با M و جرم پوسته‌ی آن را با m نشان می‌دهیم. کدام گزینه درست است؟ (راهنمایی: چگالی پوسته را تقریباً ۳ برابر چگالی آب بگیرید. تخم‌مرغ را به شکل کره و ضخامت پوسته را ۰٫۳mm بگیرید.) (+۳, −۱)

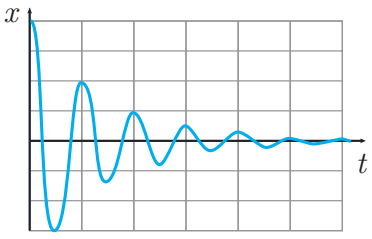
الف) $M \simeq ۶۰\text{g}$ و $m \simeq ۲۰\text{g}$

ب) $M \simeq ۶۰\text{g}$ و $m \simeq ۶\text{g}$

ج) $M \simeq ۲۰۰\text{g}$ و $m \simeq ۶\text{g}$

د) $M \simeq ۲۰۰\text{g}$ و $m \simeq ۲۰\text{g}$

۱۶ جسمی به جرم m را به فنری به ثابت K وصل کرده‌ایم و از حالت تعادل ($x = ۰$) خارج و سپس رها می‌کنیم. جسم شروع به نوسان می‌کند. در لحظه‌ای که جسم در مکان x است و سرعت آن v است، انرژی آن $\frac{۱}{۲}mv^۲ + \frac{۱}{۲}Kx^۲$ است. منحنی مکان ـ زمان جسم را در شکل می‌بینید. به علت وجود اصطکاک این حرکت میرا است و دامنه‌ی حرکت با گذشت زمان کوچک می‌شود. در یک سیکل جسم از بیشینه فاصله از نقطه‌ی تعادل شروع می‌کند و پس از دو بار گذشتن از حالت تعادل به دورترین نقطه‌ی ممکن از آن می‌رود. در هر نوسان بخشی از انرژی تلف می‌شود. نسبت انرژی تلف شده در سیکل دوم به انرژی تلف شده در سیکل اول چقدر است؟ (+۳, −۱)



الف) ۱

ب) $\frac{۱}{۲}$

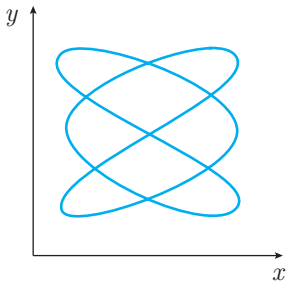
ج) $\frac{۳}{۴}$

د) $\frac{۱}{۴}$

۱۷ ذره‌ای در صفحه‌ی xy بر روی مسیری که در شکل نشان داده شده حرکت می‌کند. معادله‌ی حرکت این ذره به شکل زیر است.

$$x = A_۱ + B_۱\cos(۲\pi f_۱ t + \alpha_۱) \quad , \quad y = A_۲ + B_۲\cos(۲\pi f_۲ t + \alpha_۲)$$

به بیان دیگر، تصویر این ذره روی هر یک از محورهای x و y مثل یک نوسانگر ساده با بسامدهای $f_۱$ و $f_۲$ است. نسبت $\frac{f_۱}{f_۲}$ چیست؟ (+۳, −۱)



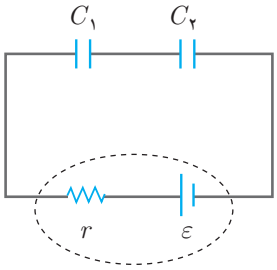
الف) $\frac{۱}{۲}$

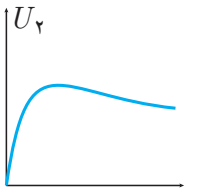
ب) $\frac{۲}{۳}$

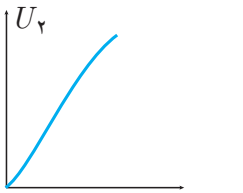
ج) $\frac{۳}{۲}$

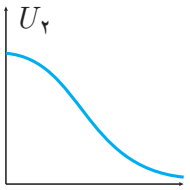
د) $\frac{۲}{۱}$

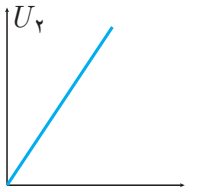
۱۸ در مدار نشان داده شده در شکل r ،ε و C_1 مقادیر ثابتی هستند. با تغییر C_2 انرژی ذخیره شده در خازن ۲، که آن را با U_2 نشان می‌دهیم، تغییر می‌کند. نمودار U_2 بر حسب C_2 کدام است؟ (+۳, −۱)



الف)


ب)


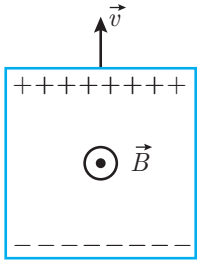
ج)


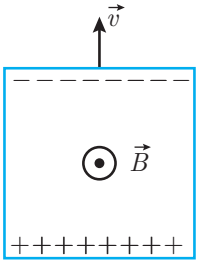
د)


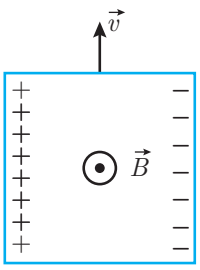
۱۹ $60\,cm^2$ آب را روی کف زمین اتاقی به ابعاد $3m \times 4m \times 5m$ می‌ریزیم. پس از مدتی همه‌ی آب تبخیر می‌شود. فاصله‌ی متوسط بین دو مولکول مجاور آب پس از گذشتن زمان طولانی از تبخیر تقریباً چند برابر می‌شود؟ (+۳, −۱)

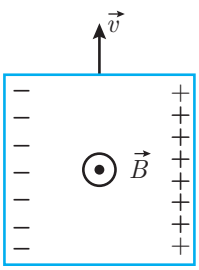
الف) ۱۰ برابر　　ب) ۱۰۰ برابر　　ج) ۱۰۰۰ برابر　　د) ۱۰۰۰۰ برابر

۲۰ یک رسانای مسطح مربع شکل با سرعت v در یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. کدام‌یک از شکل‌های زیر توزیع بار الکتریکی روی رسانا را به درستی نشان می‌دهد؟ جهت میدان مغناطیسی بر صفحه‌ی کاغذ عمود و رو به شما است. (+۳, −۱)

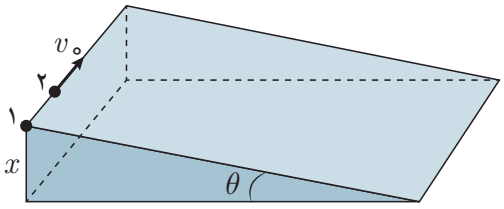
الف)


ب)


ج)


د)


۲۱ دو ذره‌ی مشابه را کنار هم روی سطح شیب‌داری با شیب θ و ارتفاع h قرار داده‌ایم. ذره‌ی ۱ را رها می‌کنیم و هم‌زمان ذره‌ی ۲ را با سرعت اولیه‌ی افقی v_0، مطابق شکل پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک بین این ذرات و سطح شیب‌دار را μ ($\mu < \tan\theta$) بگیرید. کدام گزینه در مورد زمان رسیدن این دو ذره به پایین سطح شیب‌دار درست است؟ (+۳, −۱)



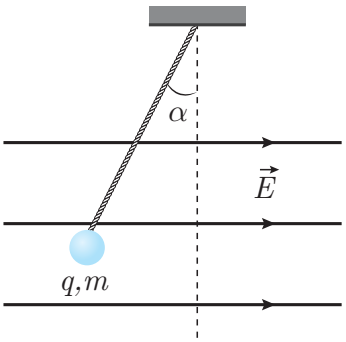
الف) ذره‌ی ۱ حتماً زودتر می‌رسد.

ب) ذره‌ی ۲ حتماً زودتر می‌رسد.

ج) دو ذره حتماً هم‌زمان می‌رسند.

د) در صورتی که $v_0 < \sqrt{2gh}$ باشد (g شتاب گرانش است) ذره‌ی ۱، و در غیر این صورت ذره‌ی ۲ حتماً زودتر می‌رسد.

۲۲ شکل زیر آونگی با بار الکتریکی مثبت q و وزن mg را نشان می‌دهد که در یک میدان الکتریکی یکنواخت و افقی $\vec{E}$ قرار دارد. آونگ را مقداری از امتداد قائم (امتداد خط‌چین) خارج می‌کنیم و در حالت نشان داده شده در شکل ساکن نگه می‌داریم، طوری که نخ آونگ کشیده شده است. آونگ را رها می‌کنیم. گلوله‌ی آونگ روی خط راست حرکت می‌کند و نخ آونگ شل می‌شود. کدام گزینه در مورد زاویه‌ی α که در شکل نشان داده شده صحیح است؟ (+۳, −۱)



الف) $\alpha > \text{Arctan}(\frac{qE}{mg})$

ب) $\alpha > \text{Arctan}(\frac{mg}{qE})$

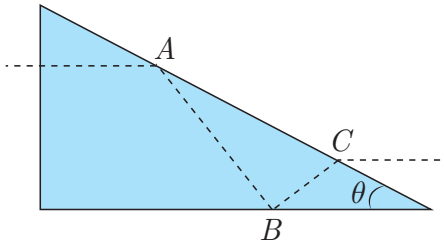
ج) $\alpha < \text{Arctan}(\frac{qE}{mg})$

د) $\alpha < \text{Arctan}(\frac{mg}{qE})$

۲۳ جسم کوچکی روی محور اصلی یک آینه‌ی مقعر، در فاصله‌ی p از آینه و در حال نزدیک شدن به آینه است. سرعت جسم نسبت به آینه v_0 است. تصویر حقیقی این جسم روی محور اصلی آینه، در فاصله‌ی q از آینه، و در حال دور شدن از آینه است. سرعت تصویر نسبت به آینه v_1 است. p، q، v_0 و v_1 همگی مثبت‌اند. کدام گزینه درست است؟ (+۳, −۱)

الف) $v_1 = (\frac{p}{q})^2 v_0$ ب) $v_1 = (\frac{q}{p})^2 v_0$ ج) $v_1 = (\frac{p}{q}) v_0$ د) $v_1 = (\frac{q}{p}) v_0$

۲۴ مقطع یک منشور، مثلث قائم‌الزاویه و ضریب شکست آن n است. مطابق شکل پرتویی عمود بر وجه منشور می‌تابد. این پرتو پس از بازتابش کلی از نقاط A و B به نقطه‌ی C می‌رسد و از آن نقطه موازی پرتوی تابیده از آن خارج می‌شود. زاویه‌ی θ چقدر است؟ (+۳, −۱)



فرمول‌های زیر ممکن است به درد بخورند.

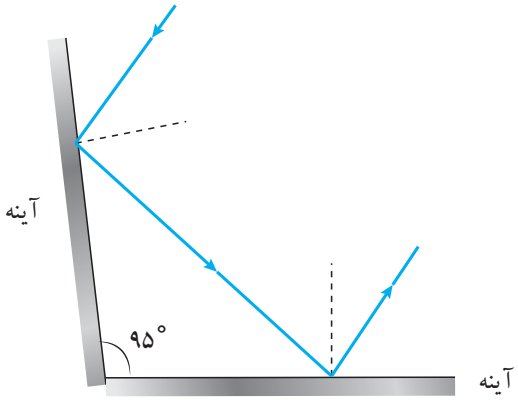
$$\cos(A+B)=\cos A\cos B-\sin A\sin B$$

$$\sin(A+B)=\sin A\cos B+\cos A\sin B$$

الف) $\text{Arccos}\,\frac{۱}{n}$ ب) $\text{Arcsin}\,\frac{۱}{n}$ ج) $\text{Arccos}\,\frac{۱}{۲}\sqrt{۳+\frac{۱}{n}}$

د) $\text{Arcsin}\,\frac{۱}{۲}\sqrt{۳+\frac{۱}{n}}$ ه) $\text{Arccos}\,\sqrt{۳+\frac{۱}{n}}$

۲۵ در شکل زیر همه‌ی پرتوها در یک صفحه‌اند. با ثابت نگه داشتن آینه‌ها پرتوی تابیده را در همین صفحه ۳° می‌چرخانیم. زاویه‌ی میان پرتوی تابیده بر آینه‌ی اول و پرتوی بازتابیده از آینه‌ی دوم را زاویه‌ی انحراف می‌نامیم. این زاویه چند درجه تغییر می‌کند؟ (+۳, −۱)



الف) ۰° ب) ۳°

ج) ۶° د) ۹°

۲۶ مقداری گاز کامل به حجم اولیه‌ی V و فشار اولیه‌ی P فرآیندی را می‌پیماید. این فرآیند در صفحه‌ی PV یک خط راست با شیب m $(m<۰)$ است. در طول این فرآیند انرژی درونی: (+۳, −۱)

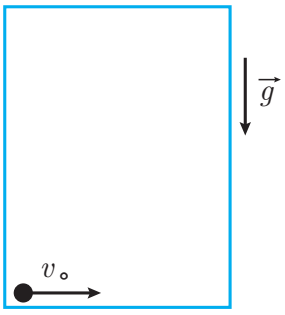
الف) به ازای هر مقدار m دائماً کم می‌شود.

ب) به ازای هر مقدار m ابتدا زیاد و سپس کم می‌شود.

ج) به ازای هر مقدار m دائماً زیاد می‌شود.

د) به ازای بعضی مقادیر m، دائماً کم می‌شود؛ به ازای بعضی مقادیر m، دائماً زیاد می‌شود؛ و به ازای بعضی مقادیر m ابتدا زیاد و سپس کم می‌شود.

۲۷ آسانسوری با شتاب ثابت a حرکت می‌کند. جسم کوچکی با سرعت اولیه‌ی v_0 روی کف آسانسور به حرکت درمی‌آید. به علت اصطکاک این جسم پس از پیمودن مسافتی می‌ایستد. اگر شتاب آسانسور رو به پایین باشد جسم پس از پیمودن مسافت S_1 می‌ایستد، و اگر شتاب آسانسور رو به بالا باشد و همین آزمایش را تکرار کنیم، جسم پس از پیمودن مسافت S_2 می‌ایستد. کدام گزینه مقدار a را نشان می‌دهد؟ g شتاب گرانش و μ ضریب اصطکاک است؟ (+۳, −۱)



الف) $a = g(\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2})$

ب) $a = \mu g(\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2})$

ج) $a = g(\frac{S_1 + S_2}{S_1 - S_2})$

د) $a = \mu g(\frac{S_1 + S_2}{S_1 - S_2})$

۲۸ ذره‌ای از روی سطح زمین با سرعت اولیه‌ی v_0 با زاویه‌ی θ نسبت به افق پرتاب می‌شود و روی زمین فرود می‌آید. نقطه‌ی پرتاب و فرود هم‌ترازند. مساحت سطح قائم بین منحنی مسیر و زمین را S می‌نامیم. کدام گزینه درست است؟ (g شتاب گرانش زمین است.) (+۳, −۱)

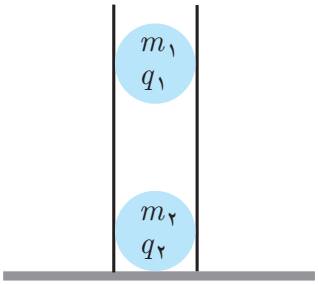
الف) $S = \frac{2}{3}\frac{v_0^2}{\sqrt{g}}\cos\theta\sin^3\theta$

ب) $S = \frac{1}{3}\frac{v_0^3}{g}\cos^3\theta\sin\theta$

ج) $S = \frac{2}{3}\frac{v_0^4}{g^2}\cos\theta\sin^3\theta$

د) $S = \frac{1}{3}\frac{v_0^5}{g^3}\cos^3\theta\sin\theta$

۲۹ دو گلوله به جرم m_1 و m_2 و بار الکتریکی q_1 و q_2، مطابق شکل در لوله‌ی قائمی قرار دارند. گلوله‌ای که پایین است روی سطح میز است و گلوله‌ی بالایی با آن تماس ندارد. اصطکاک بین گلوله‌ها و لوله ناچیز است. نیرویی که گلوله‌ی پایینی به میز وارد می‌کند چقدر است؟ (+۳, −۱)



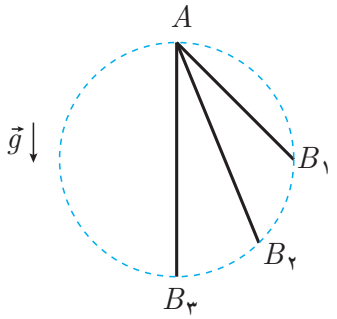
الف) $m_2 g$

ب) $(m_1 + m_2)g$

ج) $\frac{m_1 q_1 + m_2 q_2}{q_1 + q_2} g$

د) $\frac{m_1 q_2 + m_2 q_1}{q_1 + q_2} g$

۳۰ سه میله‌ی باریک AB_1، AB_2 و AB_3 را مطابق شکل در نظر بگیرید. نقاط A، B_1، B_2 و B_3 روی یک دایره‌ی قائم هستند و A بالاترین نقطه‌ی دایره است. سه مهره، مثل مهره‌های تسبیح، هم‌زمان از نقطه‌ی A روی این سه میله شروع به سُر خوردن می‌کنند. اصطکاکی در کار نیست. این سه مهره در زمان‌های T_1، T_2 و T_3 به نقاط B_1، B_2 و B_3 می‌رسند. کدام گزینه درست است؟ (+۲, −۱)



الف) $T_3 < T_2 < T_1$

ب) $T_1 = T_2 = T_3$

ج) $T_1 < T_2 < T_3$

۳۱ طول و عرض یک مستطیل با خط‌کشی با دقت ۱mm اندازه‌گیری شده و این مقادیر گزارش شده است:

$$a = ۲۰\,\text{mm} \pm ۱\,\text{mm} \quad , \quad b = ۱۰\,\text{mm} \pm ۱\,\text{mm}$$

کدام گزینه مساحت مستطیل را به درستی نشان می‌دهد؟ (+۳, −۱)

الف) $۲۰۰\,\text{mm}^۲ \pm ۱\,\text{mm}^۲$

ب) $۲۰۰\,\text{mm}^۲ \pm ۱۰\,\text{mm}^۲$

ج) $۲۰۰\,\text{mm}^۲ \pm ۲۰\,\text{mm}^۲$

د) $۲۰۰\,\text{mm}^۲ \pm ۳۰\,\text{mm}^۲$

۳۲ وقتی گلوله‌ی ساکنی منفجر می‌شود، به تعداد بسیار زیادی تکه تقسیم می‌شود. فرض کنید همه‌ی این تکه‌ها با سرعت U در جهت‌های مختلف فضا از نقطه‌ی انفجار دور می‌شوند. فرض کنید گلوله‌ای در لحظه‌ی رها شدن از ارتفاع h منفجر می‌شود. بیش‌ترین اختلاف زمان ممکن بین رسیدن اولین و آخرین تکه به زمین چقدر است؟ g شتاب گرانش است. (+۳, −۱)

الف) $\dfrac{۲U}{g}$

ب) $\dfrac{۲\sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g}$

ج) $\dfrac{U + \sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g}$

د) $\dfrac{-U + \sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g}$

پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه، توضیح زیر را به دقت بخوانید.

در این مسئله‌ها باید پاسخ را بر حسب واحدهای مورد نظر (مثلاً **میلی‌آمپر**، **متر**، **کیلوگرم**، **دقیقه** و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، با دو رقم به‌دست آورید. سپس خانه‌های مربوط به رقم‌های این عدد را در پاسخ‌نامه سیاه کنید. توجه کنید که رقم یکان عدد در ستون یکان، و رقم دهگان در ستون دهگان علامت زده شود.

مثال. فرض کنید ظرفیت خازنی بر حسب **میکروفاراد** خواسته شده باشد و شما عدد $۲۶٫۷\mu F$ را به‌دست آورده باشید. ابتدا آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا عدد ۲۷ میکروفاراد به‌دست آید. سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخ‌نامه وارد کنید.

هر مسئله ۱۰ نمره دارد. پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.

دهگان	یکان
۱	۱
۲	۲
۳	۳
۴	۴
۵	۵
۶	۶
۷	۷
۸	۸
۹	۹
۰	۰

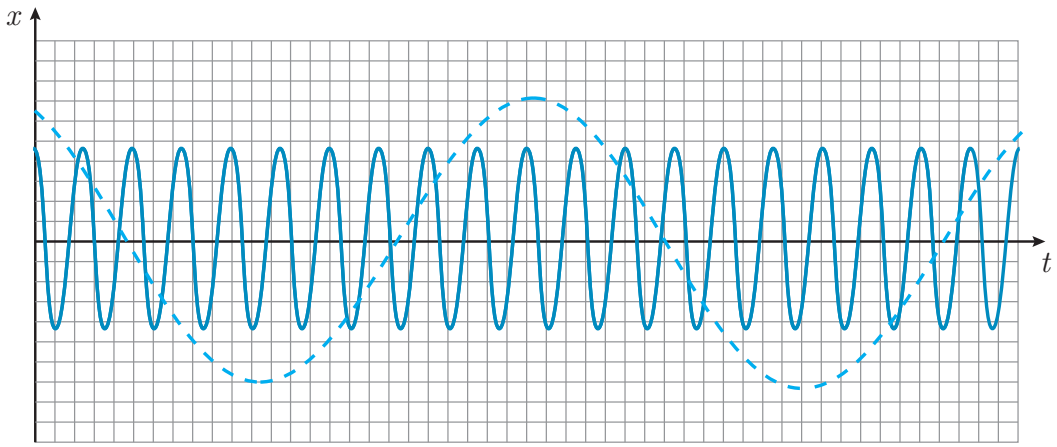
۲.۱ مسئله‌های کوتاه

۱ شخصی در فاصله‌ی x از یک دوربین عکاسی است و عکسی از او گرفته می‌شود. فاصله‌ی کانونی عدسی دوربین از x خیلی کوچک‌تر است. سپس این شخص به اندازه‌ی یک متر از دوربین دور می‌شود و عکس دیگری از او گرفته می‌شود. دو عکس را با ابعاد مساوی چاپ می‌کنیم. دیده می‌شود که قد این شخص در عکس اول $10\,\text{cm}$ و در عکس دوم $8\,\text{cm}$ است. فاصله‌ی x چند متر است؟

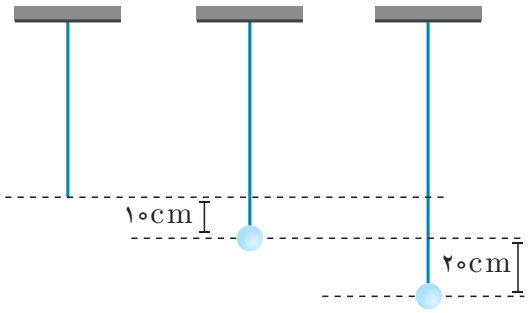
۲ در ارتفاع $h = 50\,\text{cm}$ از سطح حوض، لوله‌ی آبی افقی است و مقطع آن دایره‌ای به قطر $D = 1\,\text{cm}$ است. آب از لوله بیرون می‌آید و در فاصله‌ی افقی $R = 80\,\text{cm}$ به حوض می‌رسد. شتاب گرانش $g = 10\,\text{m/s}^2$ است. آهنگ خروج آب از دهانه‌ی لوله، بر حسب $10\,\text{ml/s}$ چقدر است؟ (ml یعنی میلی‌لیتر)

۳ هواپیمایی از نقطه‌ای روی خط استوا شروع به حرکت می‌کند. روی نصف‌النهار به اندازه‌ی $5000\,\text{km}$ به سمت شمال می‌رود. بعد به سمت شرق می‌پیچد و $5000\,\text{km}$ به شرق می‌رود (یعنی دقیقاً در امتداد یک مدار ثابت). بعد به جنوب می‌پیچد و $5000\,\text{km}$ در امتداد نصف‌النهار به جنوب می‌رود تا دوباره به استوا برسد. بعد به غرب می‌پیچد و $5000\,\text{km}$ در امتداد استوا حرکت می‌کند. در این‌جا فرود می‌آید. فاصله‌ی نقطه‌ی شروع پرواز با نقطه‌ی فرود روی خط استوا بر حسب $100\,\text{km}$ چقدر است؟ (محیط زمین $40000\,\text{km}$ است.)

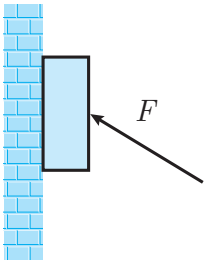
۴ در شکل زیر نمودار مکان ـ زمان برای دو نوسان‌گر داده شده است. نوسان‌گر ۱ با خط پُر، و نوسان‌گر ۲ با خط‌چین کشیده شده است. محور افقی زمان است. بسامد نوسان‌گر اول f_1 و بسامد نوسان‌گر دوم f_2 است. نسبت $\frac{f_1}{f_2}$ چند است؟



۵ یک انتهای کش لاستیکی بلند سبکی به سقف متصل است و کش در امتداد قائم آویزان است. وزنه‌ای به جرم ۵۰۰ گرم را به انتهای آن می‌بندیم و وزنه را به آرامی پایین می‌آوریم تا کاملاً آویخته شود. در این حالت طول کش نسبت به حالت نخست ۱۰cm افزوده شده است. اکنون وزنه را ۲۰cm دیگر پایین می‌کشیم و در این حالت آن را رها می‌کنیم. بیش‌ترین ارتفاعی که وزنه از این‌جا بالا می‌رود چند سانتی‌متر است؟ کش در حالت کشیدگی مانند فنر عمل می‌کند.



۶ کتابی به جرم ۲kg را با نیروی F به دیوار قائمی فشار می‌دهیم به طوری که کتاب نه به پایین و نه به بالا می‌لغزد. ضریب اصطکاک ایستایی بین کتاب و دیوار ۰٫۷۵ و شتاب گرانش ۱۰ m/s^2 است. کم‌ترین مقدار نیروی F چند نیوتن است؟



۷ حلقه‌ای به جرم ۰٫۲kg دور یک استوانه به جرم ۱٫۰ kg است. اصطکاک جنبشی بین این حلقه و استوانه ۱N است. استوانه چنان قرارگرفته که محور آن قائم است و فاصله‌ی قاعده‌ی پایینی آن تا سطح زمین ۱٫۸m است. در حالی که حلقه و استوانه نسبت به هم ساکن‌اند، مجموعه را رها می‌کنیم. استوانه با همان سرعتی که به زمین می‌رسد به سمت بالا برمی‌گردد. بعد از برخورد استوانه با زمین، حلقه شروع به سُر خوردن روی استوانه می‌کند. بعد از چند ثانیه حلقه نسبت به استوانه ساکن می‌شود؟ ($g = ۱۰\,\mathrm{m/s^2}$)

۳.۱ پاسخ کلیدی مرحله اول المپیاد فیزیک دوره ۲۳

توجه: پاسخ سوالاتی که با علامت ستاره (*) مشخص شده‌اند در توضیحات ذکر شده است.

پاسخنامه کلیدی المپیاد فیزیک دوره:	توضیحات:	کد دفترچه:
بیست و سوم	سؤال ۳۱: گزینه های (ج) و(د) صحیح می باشند. مسئله سوم: ۲۰، ۲۱ و ۲۲ صحیح است. مسئله چهارم: ۱۰، ۱۱ و ۱۲ صحیح است.	۲ ۱

سؤالات چندگزینه‌ای

۳۱* ۳ ۴	۱۶ ۴	۱ ۲	۱ ۲
۳۲ ۱	۱۷ ۳	۲ ۳	۲ ۳
۳۳	۱۸ ۱	۳ ۳	۳ ۳
۳۴	۱۹ ۲	۴ ۳	۴ ۳
۳۵	۲۰ ۴	۵ ۱	۵ ۱
۳۶	۲۱ ۲	۶ ۴	۶ ۴
۳۷	۲۲ ۲	۷ ۲	۷ ۲
۳۸	۲۳ ۲	۸ ۲	۸ ۲
۳۹	۲۴ ۳	۹ ۳	۹ ۳
۴۰	۲۵ ۱	۱۰ ۱	۱۰ ۱
۴۱	۲۶ ۴	۱۱ ۴	۱۱ ۴
۴۲	۲۷ ۱	۱۲ ۱	۱۲ ۱
۴۳	۲۸ ۳	۱۳ ۳	۱۳ ۳
۴۴	۲۹ ۲	۱۴ ۱	۱۴ ۱
۴۵	۳۰ ۲	۱۵ ۲	۱۵ ۲

مسئله های کوتاه

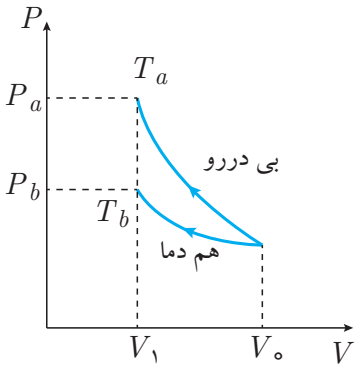
مسئله دهم		مسئله نهم		مسئله هشتم		مسئله هفتم		مسئله ششم		مسئله پنجم		مسئله چهارم*		مسئله سوم*		مسئله دوم		مسئله اول	
یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷
۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۵	۰	۰

۴.۱ پاسخ تشریحی مرحله اول المپیاد فیزیک دوره ۲۳

۱ الف ✓ ج د

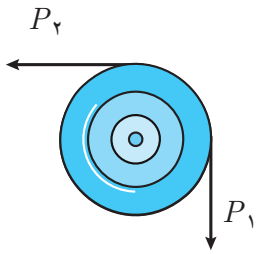
در ظرف اول به دلیل این‌که فرآیند سریع انجام می‌شود می‌توان آن را فرآیند بی‌دررو در نظر گرفت، اما در ظرف دوم فرآیند بسیار آرام انجام می‌شود و ظرف رسانای گرما است؛ بنابراین یک فرآیند هم‌دما می‌باشد. همان طور که در نمودار $P-V$ نشان داده شده است، در انقباض هم‌دما سیستم گرما از دست داده و دمای کم‌تری نسبت به فرآیند بی‌دررو مشابه دارد؛ بنابراین:

$$P_a > P_b \ , \ T_a > T_b$$



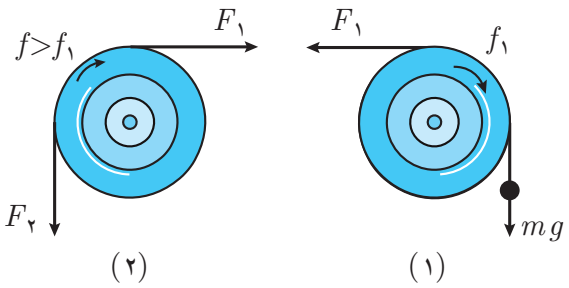
۲ الف ب ✓ د

راه حل اول با توجه به این‌که نیروی اصطکاک متناسب با نیروی عمود بر سطح N است و با توجه به شکل، برآیند نیروی عمود بر سطح و نیروی اصطکاک برابر با برآیند نیروی P_1 و P_2 است؛ بنابراین هر چه اندازه‌ی P_1 و P_2 بیش‌تر شود نیروی اصطکاک نیز بیش‌تر می‌شود.

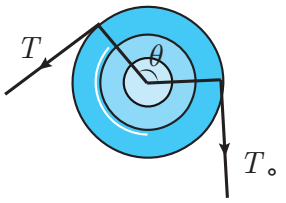


بیایید برای حالت دوم نخ را به دو قسمت تقسیم کنیم. قسمت اولِ نخ، مانند حالت اول است؛ اما قسمت دومِ نخ به جای نیروی mg، نیروی F_1 قرار گرفته که از mg بزرگ‌تر می‌باشد؛ در نتیجه برای قسمت دوم نخ می‌توان گفت نیروی اصطکاک f نیز بیش‌تر از f_1 است؛ بنابراین:

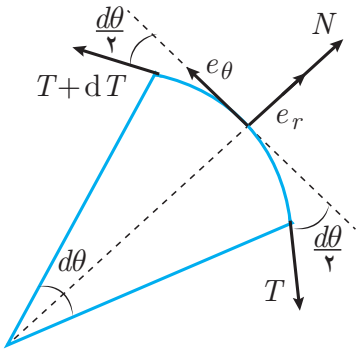
$$f_2 = f + f_1 > 2f_1 \Rightarrow \frac{f_2}{f_1} > 2$$



راه حل دوم می‌توان با نوشتن معادله‌ی تعادل برای یک المان کوچک از طناب نیروی اصطکاک را بر حسب زاویه‌ی طناب به دور چوب به‌دست آورد.



$$\sum F_r = ۰$$
$$\Rightarrow (T+dT)\sin\frac{d\theta}{۲} + T\sin\frac{d\theta}{۲} = N$$
$$\Rightarrow N = T\,d\theta \qquad (I)$$



$$\sum F_\theta = ۰$$
$$\Rightarrow (T+dT)\cos\frac{d\theta}{۲} - T\cos\frac{d\theta}{۲} - \mu N = ۰$$
$$\Rightarrow dT = \mu N$$
$$\xrightarrow{(I)} dT = \mu T\,d\theta$$
$$\Rightarrow \frac{dT}{T} = \mu d\theta \qquad (II)$$

برای زاویه‌ی کوچک $(\frac{d\theta}{۲})$ می‌دانیم:

$$\sin(\frac{d\theta}{۲}) \simeq \frac{d\theta}{۲} \quad , \quad \cos(\frac{d\theta}{۲}) \simeq ۱$$

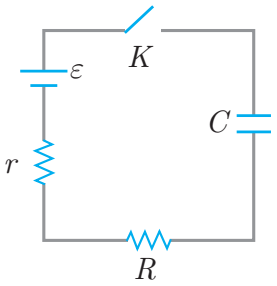
با انتگرال‌گیری از دو طرف معادله (II) داریم:

$$\int \frac{dT}{T} = \int \mu d\theta \Rightarrow T = T_۰ e^{\mu\Delta\theta}$$
$$\frac{f_۲}{f_۱} = \frac{mg(e^{\mu\pi}-۱)}{mg(e^{\frac{\mu\pi}{۲}}-۱)} = e^{\frac{\mu\pi}{۲}} + ۱ > ۲$$

۳ الف ب ✓ د

ابتدا مقدار بار الکتریکی عبورکرده از مدار را محاسبه می‌کنیم که همان بار ذخیره شده در خازن می‌باشد:

$$q = CV$$



حال اگر انرژی وارد شده به مدار از طریق باتری را از انرژی ذخیره شده در خازن کم کنیم مقدار انرژی تلف شده در مقاومت‌های r و R به‌دست می‌آید.

$$Q = qV - \frac{۱}{۲}CV^۲ = \frac{۱}{۲}CV^۲$$

در مقاومت‌های سری جریان عبوری از مقاومت‌ها برابر است.

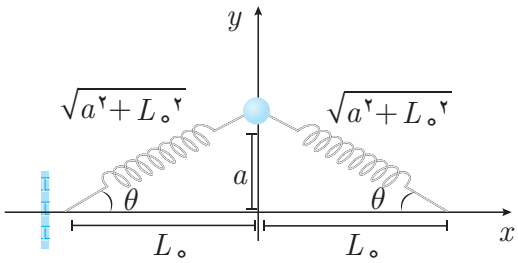
با توجه به رابطه‌ی $P = rI^۲$ تلفات در مقاومت‌های سری متناسب با مقدار مقاومت آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین:

$$Q_R = \frac{R}{R+r} \times Q \Rightarrow Q_R = \frac{C\varepsilon^۲ R}{۲(R+r)}$$

۴ الف ب ✓ د

طبق قانون هوک نیروی کشش هر فنر برابر است با:

$$F = K(\sqrt{a^۲ + L_۰^۲} - L_۰) = KL_۰\left(\sqrt{۱ + (\frac{a}{L_۰})^۲} - ۱\right)$$



طبق راهنمایی سؤال داریم:

$$\left(۱ + (\frac{a}{L_۰})^۲\right)^{\frac{۱}{۲}} \simeq ۱ + \frac{۱}{۲}(\frac{a}{L_۰})^۲ \Rightarrow F = \frac{Ka^۲}{۲L_۰}$$

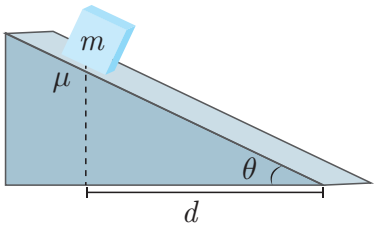
برآیند نیروهای وارد بر جسم در جهت y به صورت زیر محاسبه می‌شود.

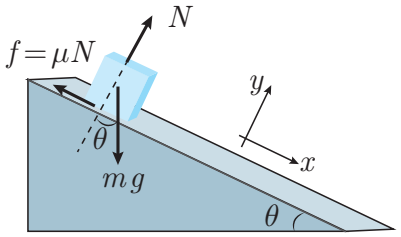
$$\sum F_y = ۲(F\sin\theta) = ۲F\frac{a}{\sqrt{a^۲ + L_۰^۲}} \simeq \frac{۲Fa}{L_۰}$$

$$\Rightarrow \sum F_y = \frac{Ka^۳}{L_۰^۲}$$

۵ الف ✓ ب ج د

در شکل زیر نیروهای وارد بر جسم نشان داده شده است.





قانون دوم نیوتن را در دو راستای x و y می‌نویسیم.

$$\left.\begin{aligned}\sum F_x = ma_x \Rightarrow mg\sin\theta - \mu N = ma_x\\ \sum F_y = 0 \Rightarrow N = mg\cos\theta\end{aligned}\right\} \Rightarrow a_x = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$$

معادله‌ی مکان ـ زمان را در راستای سطح شیب‌دار می‌نویسیم.

$$\frac{d}{\cos\theta} = \frac{1}{2}a_x t^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2d}{g(\sin\theta\cos\theta - \mu\cos^2\theta)}$$

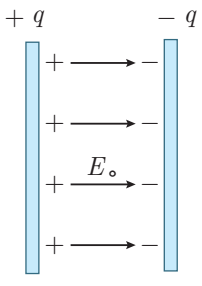
اگر t^2 کمینه شود t نیز کمینه می‌شود؛ هم‌چنین اگر مخرج کسر بیشینه شود کل کسر کمینه می‌شود؛ بنابراین تنها کافی است مشتق مخرج کسر را نسبت به θ برابر با صفر قرار دهیم.

$$\cos^2\theta - \sin^2\theta + 2\mu\sin\theta\cos\theta = 0$$

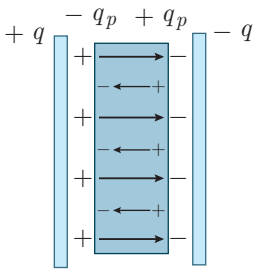
$$\Rightarrow \cos 2\theta + \mu\sin 2\theta = 0 \Rightarrow \tan 2\theta = -\frac{1}{\mu}$$

۶ الف ب ج ✓

از روابط خازن که در کتاب فیزیک ۳ آمده است داریم:



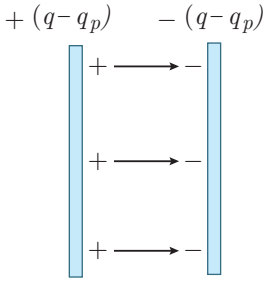
$$q = CV$$



$$q = KCV' \quad (I)$$

که در آن V' ولتاژ دو سر خازن بعد از قرار دادن دی‌الکتریک می‌باشد.

طبق صورت سؤال می‌توان فرض کرد که بار $+q_p$ کنار صفحه‌ی منفی خازن و بار $-q_p$ کنار صفحه‌ی مثبت خازن القا شده است. در این حالت می‌توان خازن را مانند حالت اول در نظر گرفت، با این تفاوت که بار روی صفحات خازن برابر با $(q-q_p)$ و $-(q-q_p)$ می‌باشد، بنابراین:

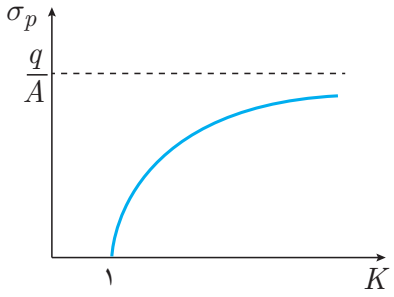


$$\Rightarrow q - q_p = CV' \qquad (II)$$

از رابطه‌ی (I) و (II) داریم:

$$q_p = q(1 - \frac{1}{k}) \Rightarrow \sigma_p = \frac{q_p}{A} = \frac{q}{A}(1 - \frac{1}{k})$$

کافی است مقدار σ_p را در $k = 1$ و $k \to \infty$ حساب کنیم.

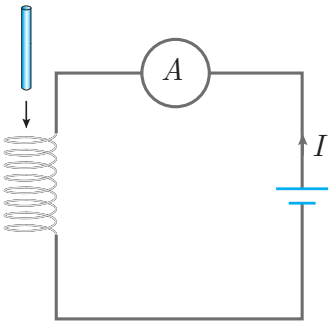


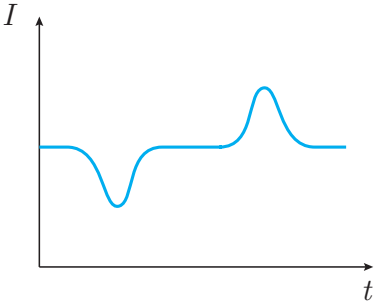
$$k = 1 \Rightarrow \sigma_p = 0$$
$$k \to \infty \Rightarrow \sigma_p = \frac{q}{A}$$

بنابراین تنها گزینه‌ی (د) می‌تواند صحیح باشد.

۷ الف ✓ ج د

هنگام ورود میله‌ی آهنی به سیم‌پیچ، میدان مغناطیسی درون سیم‌پیچ تقویت می‌شود. طبق قانون لنز، جریان به گونه‌ای تغییر می‌کند که با افزایش میدان مغناطیسی مخالفت کند؛ یعنی جریان I کاهش می‌یابد. هنگام خروج میله‌ی آهنی از سیم‌پیچ، میدان مغناطیسی درون سیم‌پیچ کاهش می‌یابد. بنابر قانون لنز، جریان به گونه‌ای تغییر می‌کند که با کاهش میدان مغناطیسی مخالفت کند، یعنی I افزایش می‌یابد؛ بنابراین:





۸ الف ✓ ج د

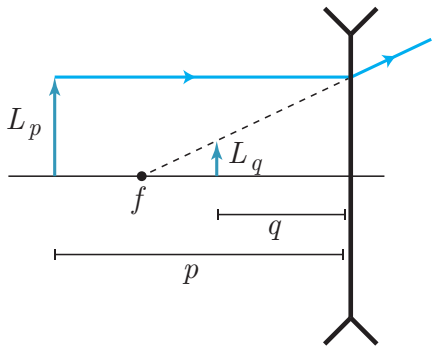
انسان تقریباً هر ۵ ثانیه، یک بار نفس می‌کشد و هر بار تقریباً ۰٫۳ لیتر هوا را تنفس می‌کند. چگالی هوا تقریباً $۱\frac{kg}{m^۳}$ و ۲۰ درصد آن اکسیژن است؛ بنابراین مقدار اکسیژن مورد نیاز انسان در یک شبانه‌روز برابر است با:

$$m_{O_۲} = \eta \times \rho \times V = \frac{۲۰}{۱۰۰} \times ۱ \times \left(۰٫۳ \times ۱۰^{-۳} \times \frac{۳۶۰۰ \times ۲۴}{۵}\right) \simeq ۱kg$$

✓ **نکته ۱.** برای محاسبه‌ی این‌که در هر بار تنفس، چند لیتر هوا وارد شش‌ها می‌شود کافی است چند بار نفس خود را در یک کیسه‌ی فریزر، خالی کنید. خواهید دید هر سه بار نفس کشیدن تقریباً یک لیتر هوا در کیسه جمع می‌شود، یعنی در هر بار تنفس تقریباً به ۰٫۳ لیتر هوا نیاز است.

۹ الف ب ✓ د

از روابط عدسی‌ها می‌دانیم که نسبت طول جسم به طول تصویرش برابر با نسبت فاصله‌ی جسم از عدسی، p، به فاصله‌ی تصویرش از عدسی، q، می‌باشد. عدسی مقعر بوده و تصویر جسم مجازی است؛طبق روابط عدسی‌ها داریم:



$$\begin{cases} \frac{۱}{p} - \frac{۱}{q} = -\frac{۱}{f} \\ p = Nf \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} + \frac{۱}{Nf} \Rightarrow q = \frac{N}{N+۱} f$$

$$\Rightarrow \frac{L_p}{L_q} = \frac{p}{q} = \frac{Nf}{\frac{Nf}{N+۱}} = N + ۱$$

۱۰ ✓ ب ج د

همان طورکه می‌دانیم شتاب، مشتق سرعت می‌باشد؛ یعنی اگر بخواهیم از شتاب به سرعت برسیم باید عکس مشتق (انتگرال) را انجام دهیم؛ بنابراین:

$$a = \frac{dV}{dt} = A\sin(\omega t) \overset{\int}{\Rightarrow} V = -\frac{A}{\omega}\cos(\omega t) + C_۱$$

که در آن $C_۱$ ثابت انتگرال‌گیری است و از مقدار اولیه‌ی سرعت به‌دست می‌آید.

$$V_{(t=۰)} = ۰ \Rightarrow -\frac{A}{\omega} + C_۱ = ۰ \Rightarrow C_۱ = \frac{A}{\omega}$$

$$\Rightarrow V = -\frac{A}{\omega}\cos(\omega t) + \frac{A}{\omega}$$

نکته ۲. برای این‌که اطمینان پیدا کنیم که سرعت را درست محاسبه کرده‌ایم کافی است از آن یک بار مشتق بگیریم و با رابطه‌ی اولیه‌ی شتاب مقایسه کنیم.

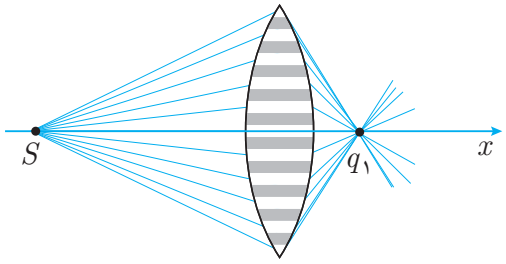
حال همین کار را برای پیدا کردن جابه‌جایی از رابطه‌ی سرعت انجام می‌دهیم؛ بنابراین:

$$V = \frac{dx}{dt} = -\frac{A}{\omega}\cos(\omega t) + \frac{A}{\omega} \xrightarrow{\int} x = -\frac{A}{\omega^2}\sin(\omega t) + \frac{A}{\omega}t + C_2$$
$$x_{(t=0)} = 0 \Rightarrow C_2 = 0 \Rightarrow x = -\frac{A}{\omega^2}\sin(\omega t) + \frac{A}{\omega}t$$

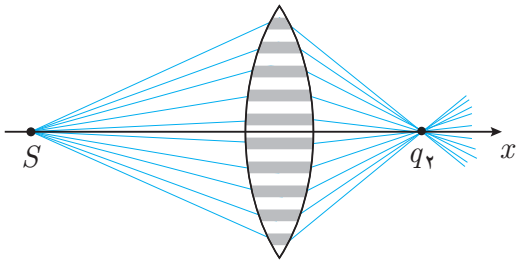
یعنی معادله‌ی مکان ـ زمان یک خط با شیب $\frac{A}{\omega}$ است که روی آن یک منحنی $\sin(\omega t)$ سوار شده است.

۱۱ الف ب ج ✓

مجموعه‌ی لایه‌های سفید مانند یک عدسی می‌باشند که تصویر S را در نقطه‌ی q_1 تشکیل می‌دهد.



مجموعه‌ی لایه‌های خاکستری نیز مانند یک عدسی دیگر می‌باشند که تصویر S را در نقطه‌ی q_2 تشکیل می‌دهد.



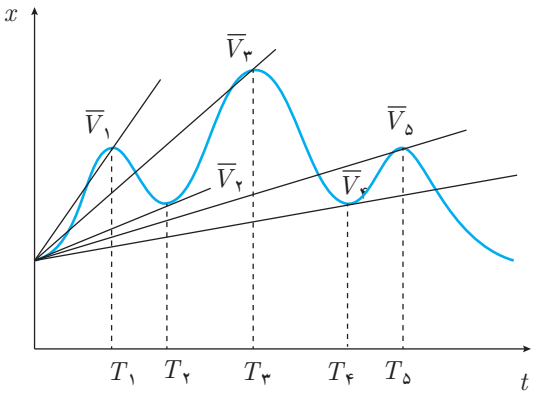
بنابراین طی حرکت پرده، بر روی آن لکه‌ی روشنی ایجاد می‌شود که در نقاط q_1 و q_2 شدت روشنایی در مرکز این لکه بیشینه خواهد شد.

۱۲ ✓ ب ج د

طبق تعریف، سرعت متوسط به شکل زیر بیان می‌شود.

$$\overline{V} = \frac{x_۲ - x_۱}{t_۲ - t_۱}$$

به عبارت دیگر شیب منحنی مکان ـ زمان بین دو نقطه‌ی $(t_۱, x_۱)$ و $(t_۲, x_۲)$، سرعت متوسط بین این دو نقطه می‌باشد. مطابق شکل بیش‌ترین شیب در فاصله‌ی $(۰, T)$ مربوط به زمان $T = T_۱$ است.



۱۳ الف ب ✓ د

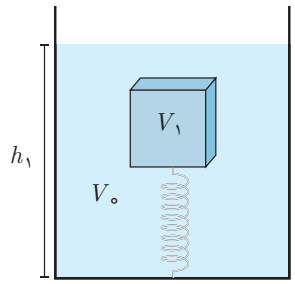
نیرویی که آب به کف ظرف وارد می‌کند به مساحت و فشار آب در کف ظرف مربوط است؛ بنابراین:

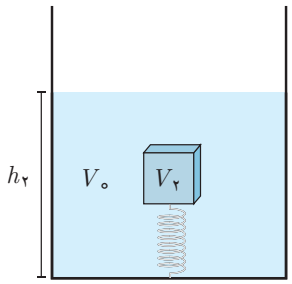
$$W = PA = (P_۰ + \rho_۰ gh)A$$

که در آن A مساحت کف ظرف و h ارتفاع آب است.

چون جرم هر دو جسم برابر و چگالی جسم دوم بیش‌تر است، جسم دوم حجم کم‌تری از آب را اشغال می‌کند.

$$\left.\begin{array}{l} M = \rho_۱ V_۱ = \rho_۲ V_۲ \\ \rho_۱ < \rho_۲ \end{array}\right\} \Rightarrow V_۲ < V_۱$$



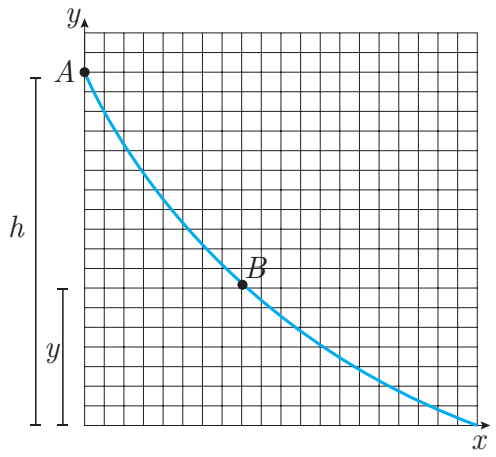


حجم آب ثابت است، از طرفی چون جسم دوم حجم کم‌تری از آب را اشغال کرده، ارتفاع آب در حالت دوم کم‌تر می‌باشد، بنابراین:

$$\left.\begin{array}{l} h_۲ < h_۱ \\ W = (P_۰ + \rho_۰ gh)A \end{array}\right\} \Rightarrow W_۲ < W_۱$$

۱۴ ✓ ب ج د

معادله‌ی انرژی را بین نقطه‌ی A و نقطه‌ای به ارتفاع y می‌نویسیم:



$$E_A = E_B$$
$$\Rightarrow mgh = \frac{۱}{۲}mV^۲ + mgy$$
$$\Rightarrow \frac{V^۲}{۲g} = h - y$$

از $\frac{V^۲}{۲g}$ نسبت به x مشتق می‌گیریم، داریم:

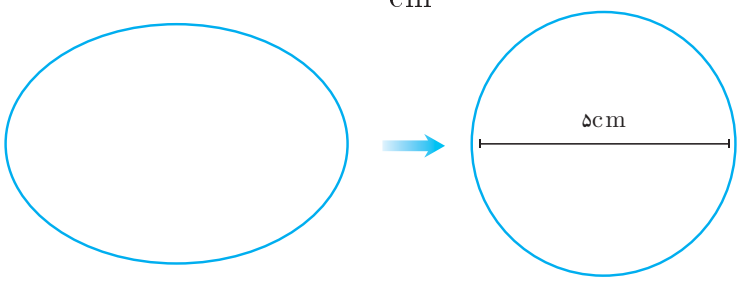
$$\frac{d(\frac{V^۲}{۲g})}{dx} = -\frac{dy}{dx}$$

یعنی شیب منحنی $(x, \frac{V^۲}{۲g})$ قرینه‌ی شیب منحنی (x, y) می‌باشد. بنابراین شیب منحنی $(x, \frac{V^۲}{۲g})$ باید مثبت و در حال کاهش باشد؛ پس گزینه‌ی (الف) صحیح است.

✓ **نکته ۳.** در گزینه‌ی (د) شیب منحنی در انتهای مسیر برابر با صفر است در حالی که در نمودار فوق شیب در انتهای مسیر صفر نمی‌باشد، بنابراین گزینه‌ی (د) نادرست است.

۱۵ ✓ الف ج د

تخم‌مرغ را می‌توان با کره‌ای به قطر ۵cm تقریب زد، از طرفی تخم‌مرغ تقریباً در آب غوطه‌ور می‌شود؛ بنابراین چگالی آن نزدیک چگالی آب است. $(\rho_W = ۱\frac{g}{cm^۳})$

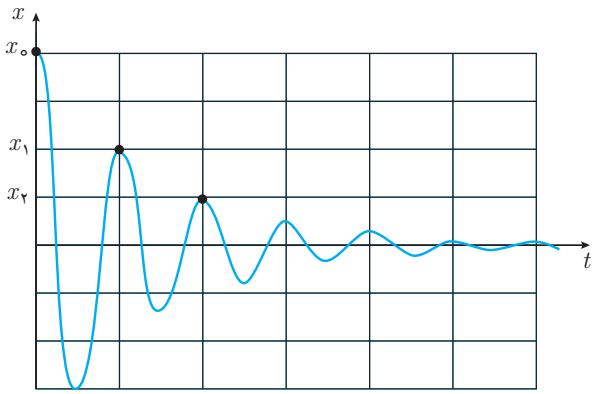


$$M = \rho_e V_e = \rho_W \times \frac{۴}{۳}\pi r^۳ = ۱ \times \frac{۴}{۳}\pi(۲/۵)^۳ = ۶۵g$$
$$m = \rho_s V_s = ۳\rho_w \times ۴\pi r^۳ \Delta r = ۳ \times ۱ \times ۴\pi \times (۲/۵)^۲ \times ۰/۳ = ۷g$$

روش دوم: یک شانه تخم‌مرغ تقریباً بین ۱٫۵ تا ۲ کیلوگرم است و در هر شانه ۳۰ تخم‌مرغ وجود دارد؛ بنابراین هر دانه تقریباً ۶۰ گرم است.

۱۶ الف ب ج ✓

زمانی که جسم به بیشینه‌ی فاصله از نقطه‌ی تعادل در هر سیکل می‌رسد، سرعت آن صفر می‌شود و انرژی آن برابر با $\frac{۱}{۲}kx^۲$ است. اختلاف انرژی بین هر دو نقطه از مسیر برابر با انرژی تلف شده بین آن دو نقطه می‌باشد؛ بنابراین:



$$W_{f_۱} = \frac{۱}{۲}kx_۱^۲ - \frac{۱}{۲}kx_۰^۲ = \frac{۱}{۲}k\left((۲a)^۲ - (۴a)^۲\right) = \frac{-۱۲ka^۲}{۲}$$

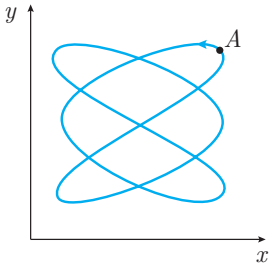
$$W_{f_۲} = \frac{۱}{۲}kx_۲^۲ - \frac{۱}{۲}kx_۱^۲ = \frac{۱}{۲}k\left(a^۲ - (۲a)^۲\right) = \frac{-۳ka^۲}{۲}$$

$$\Rightarrow \frac{W_{f_۲}}{W_{f_۱}} = \frac{۱}{۴}$$

که در آن a طول هر واحد محور x و W_f کار نیروی اصطکاک می‌باشد.

۱۷ الف ب ✓ د

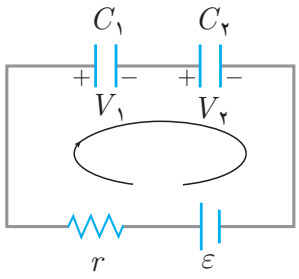
بسامد f به این معنا است که یک نوسان‌گر در یک ثانیه چند بار از ماکزیمم یا می‌نیمم خود عبور کرده است. اگر از نقطه‌ی A بر روی شکل شروع به حرکت کنیم خواهیم دید که سه بار از بیشینه‌ی x و دو بار از بیشینه‌ی y عبور می‌کنیم تا دوباره به نقطه‌ی A برسیم. اگر این مسیر را در τ ثانیه طی کنیم داریم:



$$\left.\begin{aligned} f_۱ &= \frac{۳}{\tau} \\ f_۲ &= \frac{۲}{\tau} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{f_۱}{f_۲} = \frac{۳}{۲}$$

۱۸ ✓ ب ج د

با نوشتن رابطه‌ی ولتاژ در حلقه نشان داده شده در مدار داریم:



$$\varepsilon - V_1 - V_2 = 0$$
$$\varepsilon - \frac{q}{C_1} - \frac{q}{C_2} = 0$$
$$\Rightarrow q = \frac{C_1 C_2 \varepsilon}{C_1 + C_2} \qquad (I)$$

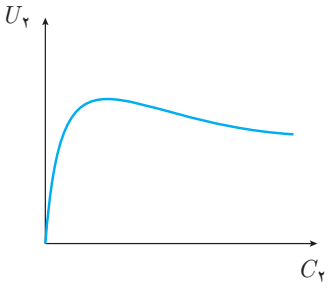
که در آن q، بار ذخیره شده در هر خازن است. هنگامی که خازن شارژ می‌شود جریان عبوری از مدار صفر خواهد شد، بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت، V_2، صفر است.

$$\left.\begin{matrix} V_r = Ir \\ I = 0 \end{matrix}\right\} \Rightarrow V_r = 0$$

انرژی ذخیره شده در خازن C_2 برابر است با:

$$U_2 = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C_2} \xrightarrow{(I)} U_2 = \frac{C_1^2 \varepsilon^2}{2}\frac{C_2}{(C_1 + C_2)^2}$$

اگر مقادیر حدی C_2 (صفر و بی‌نهایت) را بررسی کنیم داریم:



$$C_2 = 0 \Rightarrow U_2 = 0$$
$$C_2 \to \infty \Rightarrow U_2 = 0$$

بنابراین U_2 از صفر شروع شده، افزایش می‌یابد و سپس به صفر میل می‌کند.

۱۹ الف ✓ ج د

برای حل این سؤال نیازی به دانستن چگالی آب، تعداد مولکول‌های آب در هر لیتر و ... نیست؛ تنها کافی است بدانیم که رابطه‌ی حجم با طول، توان سه است؛ یعنی اگر فاصله‌ی بین مولکول‌های یک ماده a برابر شود، حجم آن a^3 برابر می‌شود.

$$\frac{d_{gas}}{d_{liquid}} = \left(\frac{V_{gas}}{V_{liquid}}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{3 \times 4 \times 5}{60 \times 10^{-6}}\right)^{\frac{1}{3}} = 100$$

در رابطه‌ی بالا d_{gas} و d_{liquid} به ترتیب فاصله‌ی مولکول‌های آب در حالت گاز و مایع می‌باشد.

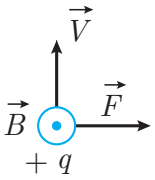
✓ **نکته ٤.** رابطه‌ی حجم با طول توان سه است، یعنی اگر ابعاد جسم a برابر شود حجم آن a^3 برابر می‌شود و رابطه‌ی مساحت با طول، توان دو است، یعنی اگر ابعاد جسم a برابر شود مساحت آن a^2 برابر می‌شود.

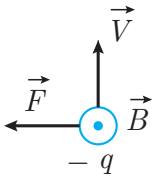
۲۰ الف ب ج ✓

نیروی وارد بر بار الکتریکی q که با سرعت $\vec{V}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت می‌کند از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

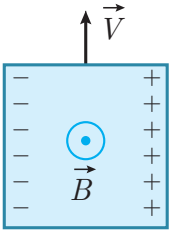
$$\vec{F} = q\vec{V} \times \vec{B}$$

طبق قانون دست راست داریم:



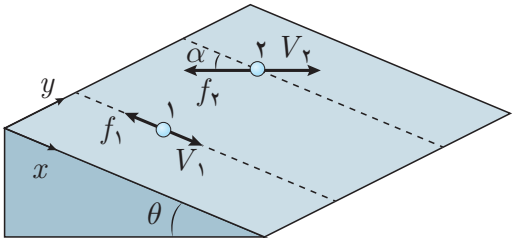


بنابراین الکترون‌های آزاد به سمت چپ جسم حرکت کرده و بارِ سمت راست جسم، مثبت می‌شود.



۲۱ الف ✓ ج د

راه حل اول نیروی اصطکاک همواره در خلاف جهت حرکت نسبی می‌باشد. به عبارت دیگر جهت آن همواره در خلاف جهت سرعت نسبی است.



با نوشتن قانون دوم نیوتن برای جسم ۱ داریم:

$$\left.\begin{array}{l}\sum F_{1x} = ma_{1x} \Rightarrow mg\sin\theta - f_1 = ma_x \\ \sum F_{1z} = 0 \Rightarrow N_1 = mg\cos\theta\end{array}\right\} \Rightarrow a_{1x} = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$$

با نوشتن قانون دوم نیوتن برای جسم ۲ داریم:

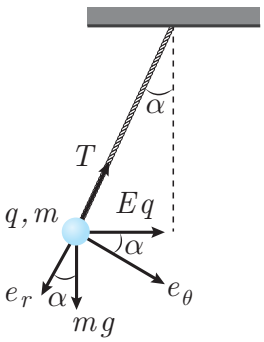
$$\left.\begin{array}{l}\sum F_{2x} = ma_{2x} \Rightarrow mg\sin\theta - f_2\cos\alpha = ma_{2x} \\ \sum F_{2z} = 0 \Rightarrow N_2 = mg\cos\theta\end{array}\right\}$$

$$\Rightarrow a_{2x} = g(\sin\theta - \mu\cos\theta\cos\alpha)$$

همان طورکه دیده می‌شود شتاب ذره ۲ در جهت x بیش‌تر از ذره‌ی ۱ است؛ بنابراین ذره‌ی ۲ زودتر به پایین سطح شیب‌دار می‌رسد.

راه حل دوم نیروی عمود بر سطح $(N = mg\cos\theta)$ دو جسم و در نتیجه نیروی اصطکاک وارد بر هرکدام با هم برابر است $(f = \mu N)$. چون مؤلفه‌ی نیروی اصطکاک در راستای سطح شیب‌دار برای جسم ۲ $(f\cos\alpha)$، کم‌تر از جسم ۱ است؛ بنابراین شتاب جسم ۲ در راستای سطح شیب‌دار بیش‌تر از جسم ۱ بوده و زودتر به پایین سطح شیب‌دار می‌رسد.

۲۲ الف ✓ ج د



در حالتی که نخ آونگ شل می‌شود، کشش آن صفر است و شتاب گلوله در راستای شعاعی منفی می‌باشد؛ بنابراین:

$$\left.\begin{array}{l}a_r = \ddot{r} - r\omega^2 \\ \omega = 0\end{array}\right\} \Rightarrow a_r = \ddot{r} < 0$$

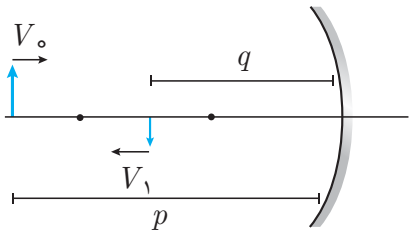
با رسم نیروهای وارد بر آونگ و نوشتن قانون دوم نیوتن برای آن داریم:

$$\sum F_r = ma_r \Rightarrow mg\cos\alpha - Eq\sin\alpha = ma_r < 0$$

$$\Rightarrow Eq\sin\alpha > mg\cos\alpha \Rightarrow \tan\alpha > \frac{mg}{Eq} \Rightarrow \alpha > \text{Arctan}(\frac{mg}{Eq})$$

۲۳ الف ✓ ج د

آینه مقعر و تصویر آن حقیقی است، طبق روابط آینه‌ها داریم:



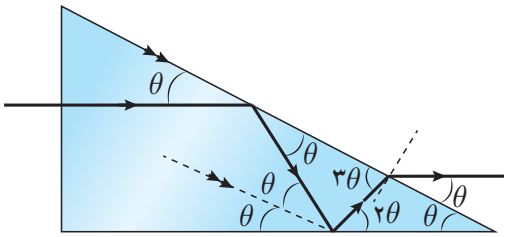
$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

از رابطه بالا نسبت به زمان مشتق می‌گیریم:

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{-\frac{dp}{dt}}{p^2}+\dfrac{-\frac{dq}{dt}}{q^2}=0\\ V_0=-\dfrac{dp}{dt}\\ V_1=\dfrac{dp}{dt}\end{array}\right\}\Rightarrow \frac{V_0}{p^2}-\frac{V_1}{q^2}=0\Rightarrow V_1=\frac{q^2}{p^2}V_0$$

۲۴ الف ب ✓ د

با توجه به قضیه‌ی خطوط موازی و مورب و برابر بودن زاویه‌ی تابش و بازتابش، تمام زوایای روی شکل به‌دست می‌آید. با نوشتن رابطه‌ی اسنل ـ دکارت برای پرتو خروجی داریم:



$$n\times\sin\left(\frac{\pi}{2}-3\theta\right)=\sin\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)$$
$$\Rightarrow n\cos(3\theta)=\cos\theta$$
$$\Rightarrow n(4\cos^3\theta-3\cos\theta)=\cos\theta$$
$$\Rightarrow \cos\theta=\frac{1}{2}\sqrt{3+\frac{1}{n}}$$

✓ **نکته ۵.** با توجه به روابط داده شده در مسئله داریم:

$$\cos 3\theta=\cos 2\theta\cos\theta-\sin 2\theta\sin\theta$$
$$\Rightarrow \cos 3\theta=(\cos^2\theta-\sin^2\theta)\cos\theta-(2\sin\theta\cos\theta)\sin\theta$$

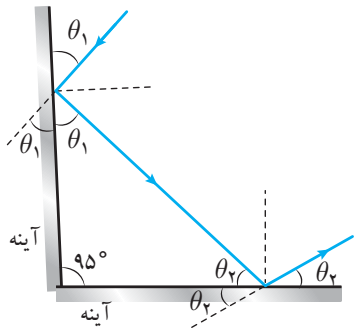
از طرفی می‌دانیم $\sin^2\theta=1-\cos^2\theta$ است؛ بنابراین:

$$\cos 3\theta=(2\cos^2\theta-1)\cos\theta-2\cos\theta(1-\cos^2\theta)$$
$$\Rightarrow \cos 3\theta=4\cos^3\theta-3\cos\theta$$

۲۵ ✓ الف ب ج د

می‌دانیم زاویه‌ی تابش و بازتابش با هم برابر است.

برای محاسبه‌ی زاویه‌ی میان پرتو تابیده بر آینه‌ی اول و پرتو بازتابیده از آینه‌ی دوم کافی است، زاویه‌ی انحراف در آینه‌ی اول و دوم را حساب کرده و آن‌ها را با یکدیگر جمع کنیم.

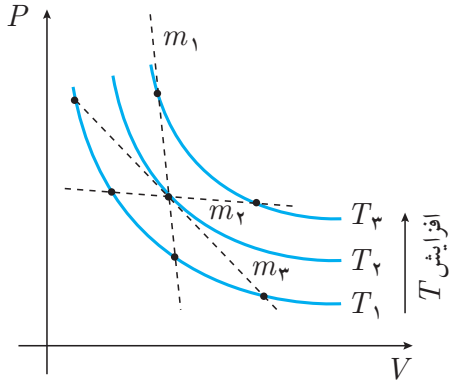


$$\left.\begin{array}{l}\gamma = 2\theta_1 + 2\theta_2 \\ \theta_1 + \theta_2 = 180^\circ - 95\end{array}\right\} \Rightarrow \gamma = 170^\circ$$

همان طور که دیده می‌شود زاویه‌ی انحراف γ، به θ_1 بستگی ندارد؛ بنابراین با تغییر آن تغییر نمی‌کند.

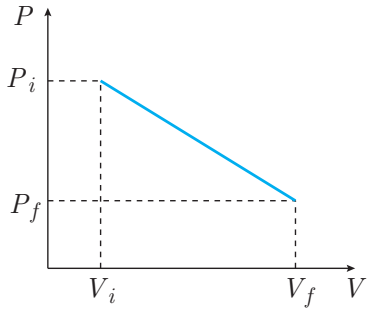
۲۶ الف ب ج ✓

راه حل اول اگر در نمودار $P-V$ نشان داده شده، چند منحنی دما ثابت رسم کنیم می‌توان دید، بسته به مقدار m، امکان رخ دادن هر حالتی وجود دارد؛ یعنی انرژی درونی گاز به ازای بعضی از مقادیر $(m = m_1)$، دائماً کم می‌شود؛ به ازای بعضی مقادیر $(m = m_2)$، دائماً زیاد می‌شود و به ازای بعضی مقادیر $(m = m_3)$، ابتدا زیاد و سپس کم خواهد شد.



✓ **نکته ۶.** انرژی درونی گاز کامل، تنها تابع دما می‌باشد؛ یعنی با افزایش دما، افزایش و با کاهش دما، کاهش می‌یابد.

راه حل دوم با توجه به نمودار $P-V$، معادله‌ی خط فرآیند ذکر شده در صورت سؤال عبارتست از:

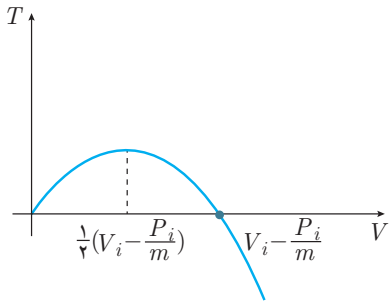


$$P = m(V - V_i) + P_i$$

طبق قانون گاز کامل داریم:

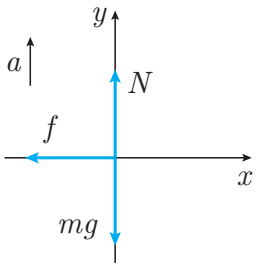
$$PV = nRT \Rightarrow nRT$$
$$= mV^2 + (P_i - mV_i)V$$

$m < 0$ است؛ در نتیجه معادله‌ی (V,T) یک سهمی با تقعر رو به پایین می‌باشد. بسته به این‌که فرآیند درکدام قسمت منحنی قرار گیرد، هر یک از سه حالت می‌تواند رخ دهد.



۲۷ ✓ ب ج د

دیاگرام آزاد را برای جسم رسم کرده و قانون دوم نیوتن را برای آن می‌نویسیم. اگر شتاب آسانسور رو به بالا باشد داریم:



$$\begin{cases} \sum F_x = ma_x \ : \ -N\mu = ma_x \\ \sum F_y = ma_y \ : \ N - mg = ma \end{cases}$$

$$\Rightarrow a_x = -\mu(g+a)$$

اگر شتاب آسانسور رو به پایین باشد داریم:

$$a_x = -\mu(g-a)$$

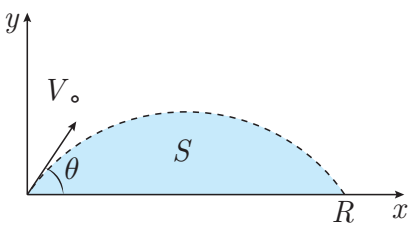
جسم با سرعت اولیه‌ی V_0 و شتاب a_x شروع به حرکت کرده و در انتها می‌ایستد. از معادله‌ی مستقل از زمان داریم:

$$0 - V_0^2 = 2a_xS \Rightarrow \begin{cases} V_0^2 = 2\mu(g-a)S_1 \\ V_0^2 = 2\mu(g+a)S_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow (g-a)S_1 = (g+a)S_2 \Rightarrow a = g(\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2})$$

۲۸ الف ب ✓ د

راه حل اول می‌توان بدون حل مسئله با استفاده از تحلیل ابعادی جواب درست را پیدا کرد. دیمانسیون مساحت زیر نمودار سرعت و شتاب گرانش زمین به صورت زیر است:



$$[S] = m^2 \ , \ [V_0] = \frac{m}{s} \ , \ [g] = \frac{m}{s^2}$$

از تحلیل ابعادی داریم:

$$[S] = [V_\circ]^\alpha [g]^\beta$$
$$\Rightarrow m^۲ = (\frac{m}{s})^\alpha (\frac{m}{s^۲})^\beta = m^{\alpha+\beta} s^{-\alpha-۲\beta}$$

توان هر یک از دیمانسیون‌ها را در دو طرف معادله، نظیر به نظیر برابر قرار می‌دهیم؛ بنابراین:

$$\begin{cases} \alpha + \beta = ۲ \\ -\alpha - ۲\beta = \circ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = ۴ \\ \beta = -۲ \end{cases} \Rightarrow S \propto \frac{V_\circ^۴}{g^۲}$$

راه حل دوم با نوشتن معادله‌ی مکان ـ زمان در راستای x و y داریم:

$$\left.\begin{aligned} x &= (V_\circ \cos\theta)t \\ y &= -\frac{۱}{۲} g t^۲ + (V_\circ \sin\theta)t \end{aligned}\right\} \Rightarrow y = -\frac{۱}{۲}\frac{g}{V_\circ^۲ \cos^۲\theta} x^۲ + x\tan\theta$$

هنگامی که $y = \circ$ شود، $x = R$ خواهد شد. طبق روابط بالا داریم:

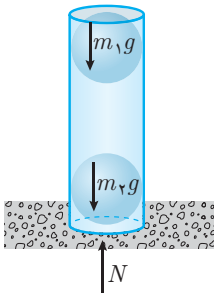
$$R = \frac{۲V_\circ^۲ \sin\theta\cos\theta}{g}$$

با محاسبه‌ی انتگرال زیر، مساحت زیر نمودار به‌دست خواهد آمد.

$$S = \int_\circ^R y\,dx = \int_\circ^R \left(-\frac{۱}{۲}\frac{g}{V_\circ^۲\cos^۲\theta}x^۲ + x\tan\theta\right)dx$$
$$= \left(\frac{-x^۳ g}{۶V_\circ^۲\cos^۲\theta} + \frac{x^۲\tan\theta}{۲}\right)\Big|_\circ^R$$
$$S = \frac{-\left(\frac{۲V_\circ^۲\sin\theta\cos\theta}{g}\right)^۳ g}{۶V_\circ^۲\cos^۲\theta} + \frac{\left(\frac{۲V_\circ^۲\sin\theta\cos\theta}{g}\right)^۲\tan\theta}{۲}$$
$$= \frac{۲}{۳}\frac{V_\circ^۴}{g^۲}\sin^۳\theta\cos\theta$$

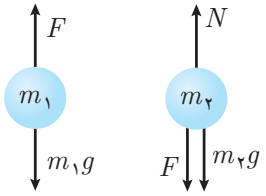
۲۹ الف ✓ ج د

راه حل اول اگر دو جسم را یک سیستم در نظر بگیریم، نیروهای الکتروستاتیکی نیروهای داخلی محسوب می‌شوند. نیروی وزن دو گلوله و نیروی تکیه‌گاه، نیروهای خارجی وارد به سیستم می‌باشند، برای این که سیستم در حال تعادل باشد باید برآیند نیروهای خارجی وارد بر آن صفر شود؛ بنابراین:



$$\sum F = 0 \Rightarrow N = m_1 g + m_2 g$$

راه حل دوم دیاگرام آزاد را برای دو جسم رسم می‌کنیم. با نوشتن معادله‌ی تعادل برای هر یک از اجسام داریم:

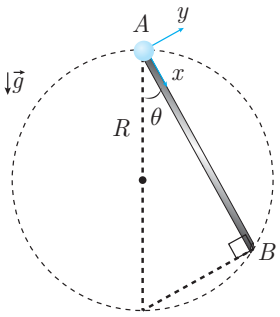


$$\begin{cases} \sum F_1 = 0 \Rightarrow F = m_1 g \\ \sum F_2 = 0 \Rightarrow N = F + m_2 g \end{cases}$$

$$\Rightarrow N = (m_1 + m_2) g$$

۳۰ الف ✓ ج د

زمان رسیدن مهره از A تا B را بر حسب زاویه‌ی θ محاسبه می‌کنیم، مطابق شکل داریم:



$$\overline{AB} = 2R\cos\theta$$

$$\sum F_x = ma_x$$

$$\Rightarrow mg\cos\theta = ma_x \Rightarrow a_x = g\cos\theta$$

با استفاده از معادله‌ی مکان ـ زمان، زمان رسیدن گلوله به انتهای مسیر به‌دست می‌آید:

$$\overline{AB} = \frac{1}{2} a_x t^2 \Rightarrow 2R\cos\theta = \frac{1}{2}(g\cos\theta)t^2$$

$$\Rightarrow t = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$$

همان طور که مشاهده می‌شود زمان رسیدن گلوله به نقطه‌ی B مستقل از زاویه‌ی θ است؛ بنابراین:

$$T_۱ = T_۲ = T_۳$$

۳۱ الف ب ج ✓

در حالت کلی اگر $a = a_۰ + \varepsilon_a$ و $b = b_۰ + \varepsilon_b$ باشد داریم:

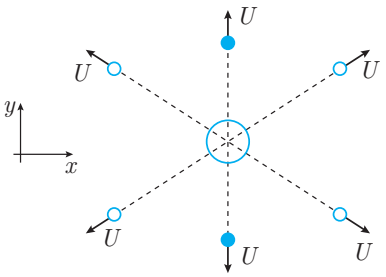
$$S = ab = (a_۰ + \varepsilon_a)(b_۰ + \varepsilon_b) = a_۰b_۰ + a_۰\varepsilon_b + b_۰\varepsilon_a + \varepsilon_a\varepsilon_b$$

به دلیل کوچک بودن $\varepsilon_a\varepsilon_b$ می‌توان از آن صرف‌نظر کرد؛ بنابراین:

$$S = a_۰b_۰ + a\varepsilon_b + b\varepsilon_a$$

$$S = ۲۰ \times ۱۰ \pm ۲۰ \times ۱ \pm ۱۰ \times ۱ = ۲۰۰\,\text{mm} \pm ۳۰\,\text{mm}$$

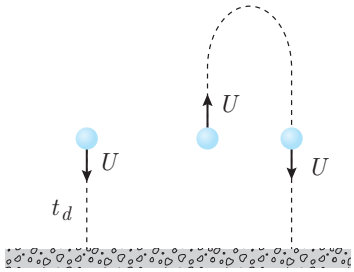
۳۲ الف ✓ ج د



راه حل اول بیش‌ترین اختلاف زمان ممکن، بین دو تکه‌ای است که در راستای قائم به سمت بالا و پایین پرتاب شده‌اند؛ بنابراین:

$$\left.\begin{aligned} -h = -\frac{۱}{۲}gt_d^۲ - Ut_d \Rightarrow t_d = \frac{-U + \sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g} \\ -h = -\frac{۱}{۲}gt_u^۲ + Ut_u \Rightarrow t_u = \frac{U + \sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g} \end{aligned}\right\} \Rightarrow t_u - t_d = \frac{۲U}{g}$$

راه حل دوم تکه‌ای که به سمت بالا پرتاب می‌شود بعد از برگشتن به نقطه‌ی پرتاب، مانند تکه‌ای است که از آن نقطه به سمت پایین پرتاب شده است؛ بنابراین اختلاف زمان رسیدن آن‌ها به زمین، دو برابر زمان رسیدن به نقطه‌ی اوج گلوله می‌باشد.

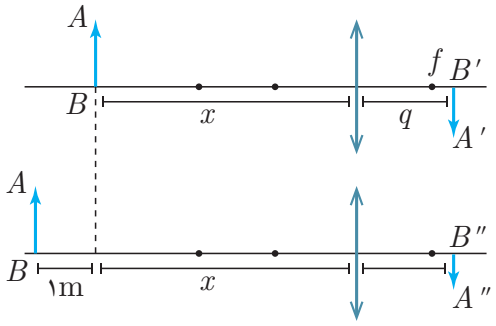


$$\Delta t = ۲ \times \frac{U}{g}$$

۵.۱ پاسخ تشریحی مسئله‌های کوتاه

۱ پاسخ ۴ است.

فاصله‌ی کانونی عدسی، از فاصله‌ی شخص تا دوربین عکاسی بسیار کوچک‌تر است ($f \ll x$)؛ بنابراین طبق روابط عدسی‌ها تصویر تقریباً روی کانون عدسی تشکیل می‌شود.



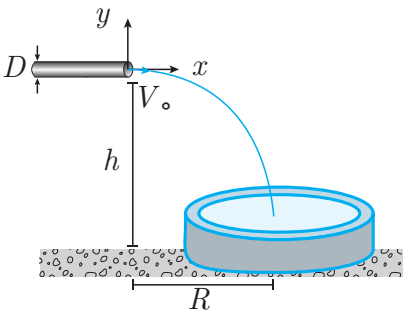
$$\left.\begin{array}{l} \frac{۱}{x}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f} \\ x \gg f \end{array}\right\} \Rightarrow q \simeq f$$

از رابطه‌ی بزرگ‌نمایی در عدسی داریم:

$$\left.\begin{array}{l} m_۱=\frac{q_۱}{p_۱}=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \Rightarrow \frac{f}{x}=\frac{۱۰}{\overline{AB}} \\ m_۲=\frac{q_۲}{p_۲}=\frac{\overline{A''B''}}{\overline{AB}} \Rightarrow \frac{f}{x+۱}=\frac{۸}{\overline{AB}} \end{array}\right\} \Rightarrow ۱۰x=۸(x+۱) \Rightarrow x=۴\,\mathrm{m}$$

۲ پاسخ ۲۰ است.

معادله‌ی مکان ـ زمان آب را بین دو نقطه‌ی خروج از لوله تا برخورد با حوض می‌نویسیم.



$$\left.\begin{array}{l} x: R=V_۰ t \\ y: -h=-\frac{۱}{۲}gt^۲ \end{array}\right\} \Rightarrow V_۰=R\sqrt{\frac{g}{۲h}}$$

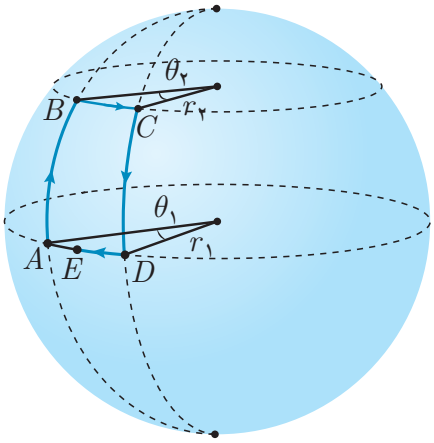
با داشتن سرعت خروج آب از لوله و مساحت دهانه‌ی خروجی لوله، آهنگ خروج آب به‌دست می‌آید:

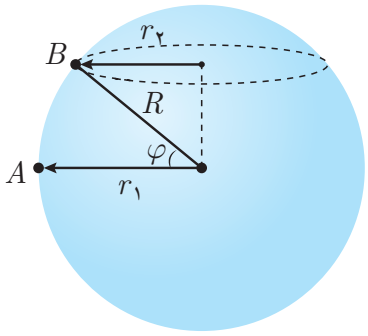
$$Q=V_۰A=R\sqrt{\frac{g}{۲h}}\times\frac{\pi D^۲}{۴}=۰/۸\times\sqrt{\frac{۱۰}{۲\times ۰/۵}}\times\frac{\pi\times ۱۰^{-۴}}{۴}$$

$$\simeq ۲\times ۱۰^{-۴}\,\mathrm{m}^۳=۲۰\times(۱۰\,\frac{\mathrm{ml}}{\mathrm{s}})$$

۳ پاسخ‌های ۲۰، ۲۱ و ۲۲ قابل قبول هستند.

هدف پیدا کردن فاصله‌ی نقطه‌ی A تا E است. هواپیما به ترتیب از نقطه‌ی A به B ، C، D و E می‌رود.





با استفاده از داده‌های مسئله زاویه‌ی φ را به‌دست می‌آوریم.

$$\left.\begin{array}{l} ۲\pi R = ۴۰۰۰۰ \Rightarrow R = \dfrac{۲۰۰۰۰}{\pi} \\ \overset{\frown}{AB} = ۵۰۰۰ \\ \varphi = \dfrac{\overset{\frown}{AB}}{R} \end{array}\right\} \Rightarrow \varphi = \frac{۵۰۰۰}{\frac{۲۰۰۰۰}{\pi}} = \frac{\pi}{۴}$$

مطابق شکل منحنی $\overset{\frown}{AB}$ و $\overset{\frown}{CD}$ بر روی نصف‌النهار قرار دارند، بنابراین زاویه‌ی $\theta_۱$ و $\theta_۲$ با هم برابرند. از روابط هندسی داریم:

$$\left.\begin{array}{l} r_۲ = R\cos\varphi \\ \theta_۲ = \dfrac{\overset{\frown}{BC}}{r_۲} \end{array}\right\} \Rightarrow \theta_۲ = \frac{\overset{\frown}{BC}}{R\cos\varphi}$$

$$\left.\begin{array}{l} \overset{\frown}{AD} = r_۱ \times \theta_۱ \\ \theta_۱ = \theta_۲ \ , \ r_۱ = R \end{array}\right\} \Rightarrow \overset{\frown}{AD} = R\theta_۲ = \frac{\overset{\frown}{BC}}{\cos\varphi}$$

با جایگذاری اطلاعات داده شده در مسئله داریم:

$$\overset{\frown}{AD} = \frac{۵۰۰۰}{\frac{\sqrt{۲}}{۲}} = ۵۰\sqrt{۲} \times (۱۰۰\,\mathrm{km}) = ۷۰{,}۷ \times (۱۰۰\,\mathrm{km})$$

$$\overset{\frown}{AE} = \overset{\frown}{AD} - \overset{\frown}{DE} = ۷۰{,}۷ - ۵۰ = ۲۰{,}۷ \simeq ۲۱ \times (۱۰۰\,\mathrm{km})$$

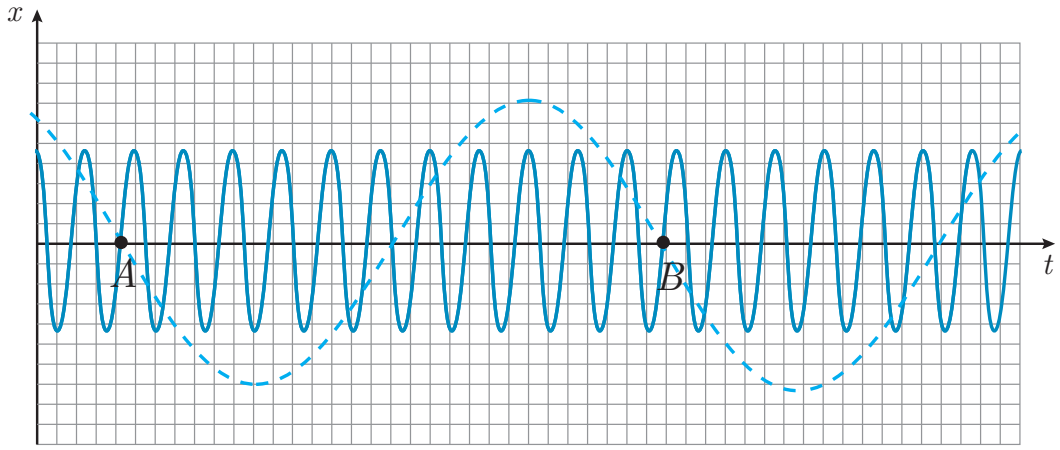
کمیته‌ی علمی المپیاد فیزیک، پاسخ‌های ۲۰، ۲۱ و ۲۲ را به عنوان پاسخ صحیح پذیرفته است.

٤ پاسخ‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ قابل قبول هستند.

تعداد نوسان‌های کامل یک نوسانگر در واحد زمان را بسامد نوسانگر می‌گویند؛ بنابراین اگر یک نوسانگر n نوسان کامل را در مدت τ ثانیه انجام دهد، بسامد آن برابر است با:

$$f = \frac{n}{\tau}$$

مطابق شکل در یک نوسان کامل نوسانگر ۲ (از نقطه‌ی A تا B)، نوسانگر ۱ یازده نوسان کامل انجام داده است. اگر نوسانگر ۲، این یک نوسان را در τ ثانیه انجام داده باشد، داریم:



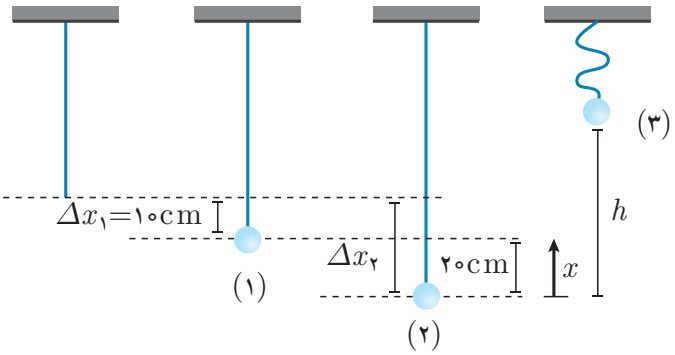
$$\left.\begin{array}{l} f_۲ = \dfrac{۱}{\tau} \\ f_۱ = \dfrac{۱۱}{\tau} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{f_۱}{f_۲} = ۱۱$$

کمیته‌ی علمی المپیاد فیزیک، پاسخ‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را به عنوان پاسخ صحیح پذیرفته است.

۵ پاسخ ۴۵ است.

در حالت (۱) جسم در حال تعادل است؛ بنابراین نیروی وزن و کشش کش با هم برابرند.

$$mg = k\Delta x_۱ \Rightarrow k = \frac{۰/۵ \times ۱۰}{۰/۱} = ۵۰\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$$



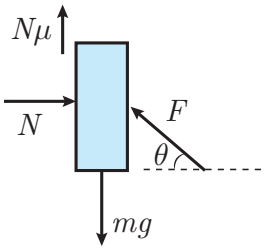
حال بین بیشینه کشیدگی کش و بیشینه ارتفاع وزنه، معادله‌ی انرژی می‌نویسیم. داریم:

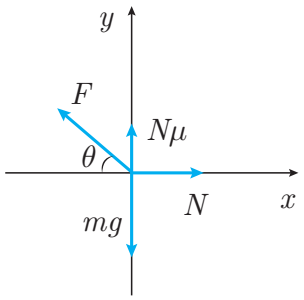
$$E_2 = E_3 \Rightarrow \frac{1}{2}k\Delta x_2^2 = mgh$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 50 \times (0/3)^2 = 0/5 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0/45\text{m} = 45\text{cm}$$

۶ پاسخ ۱۶ است.

دیاگرام آزاد جسم را رسم می‌کنیم. (چون جسم در آستانه‌ی لغزش است، نیروی اصطکاک برابر با μN می‌باشد.)





برای جسم معادله‌ی تعادل را می‌نویسیم:

$$\left.\begin{aligned} \sum F_x = 0 \Rightarrow -F\cos\theta + N = 0 \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow F\sin\theta + \mu N - mg = 0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow F = \frac{mg}{\mu\cos\theta + \sin\theta} \qquad (I)$$

برای به‌دست آوردن کمینه‌ی F کافی است مخرج کسر بیشینه شود؛ بنابراین از مخرج کسر نسبت به θ مشتق گرفته و برابر صفر قرار دهیم.

$$\frac{dF}{d\theta} = 0 \Rightarrow -\mu\sin\theta + \cos\theta = 0$$

$$\Rightarrow \tan\theta = \frac{4}{3} \Rightarrow \begin{cases} \cos\theta = \frac{3}{5} \\ \sin\theta = \frac{4}{5} \end{cases}$$

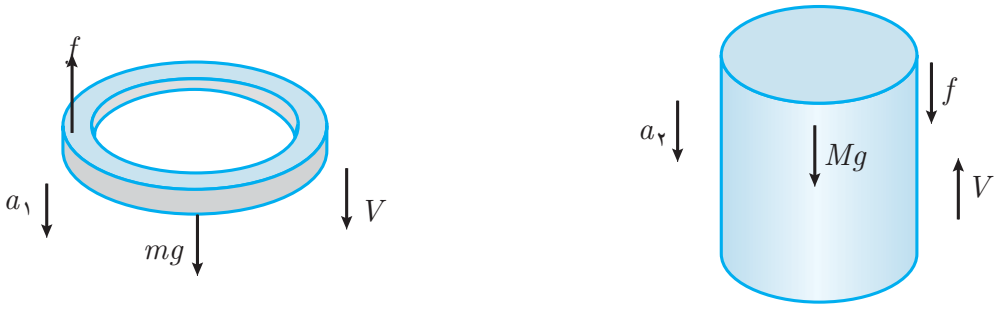
$$(I) \Rightarrow F = \frac{۲ \times ۱۰}{\frac{۳}{۴} \times \frac{۳}{۵} + \frac{۴}{۵}} = ۱۶\text{N}$$

۷ پاسخ ۲ است.

سرعت استوانه و حلقه در لحظه‌ی برخورد با زمین برابر است با:

$$V = \sqrt{۲gh} = \sqrt{۲ \times ۱۰ \times ۱٫۸} = ۶\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

بعد از برخورد، سرعت حلقه و استوانه به ترتیب رو به پایین و بالا می‌باشد و مقدار آن، همان سرعت در لحظه‌ی برخورد است. نیروهای وارد بر دو جسم را رسم می‌کنیم.



با نوشتن قانون دوم نیوتن برای استوانه و حلقه داریم:

$$\sum F = ma \Rightarrow \begin{cases} mg - f = ma_۱ \Rightarrow a_۱ = g - \dfrac{F}{m} & (I) \\ Mg + f = Ma_۲ \Rightarrow a_۲ = g + \dfrac{F}{m} & (II) \end{cases}$$

زمانی حلقه نسبت به استوانه ساکن می‌شود که سرعت مطلق هر دو برابر شود؛ بنابراین:

$$\left.\begin{aligned} V_۱ &= a_۱ t + V \\ V_۲ &= a_۲ t - V \end{aligned}\right\} \xrightarrow{V_۱ = V_۲} a_۱ t + V = a_۲ t - V \Rightarrow t = \frac{۲V}{a_۲ - a_۱}$$

$$(I),(II) \Rightarrow t = \frac{۲V}{\frac{f}{M} + \frac{f}{m}} = \frac{۲ \times ۶}{\frac{۱}{۱} + \frac{۱}{۰٫۲}} = ۲\text{s}$$