ساختار کتاب

کتاب شب امتحان **فیزیک ۱ تجربی (دهم)** از ۴ قسمت اصلی تشکیل شده است که به صورت زیر است:

۱- آزمون‌های نوبت اول: آزمون‌های شمارهٔ ۱ تا ۳ این کتاب مربوط به مباحث نوبت اول است که خودش به دو قسمت تقسیم می‌شود:

الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده: آزمون‌های شمارهٔ ۱ و ۲ را فصل به فصل طبقه‌بندی کرده‌ایم. بنابراین شما به راحتی می‌توانید پس از خواندن هر فصل از درس‌نامه تعدادی سؤال را بررسی کنید. حواستان باشد این آزمون‌ها هم، ۲۰نمره‌ای و مثل یک آزمون کامل هستند.

ب) آزمون طبقه‌بندی‌نشده: آزمون شمارهٔ ۳ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم تا یک آزمون نوبت اول مشابه آزمونی را که معلمتان از شما خواهد گرفت، ببینید.

۲- آزمون‌های نوبت دوم: آزمون‌های شمارهٔ ۴ تا ۱۲ از کل کتاب و مطابق امتحان پایان سال طرح شده‌اند. این قسمت هم، خودش به ۲ بخش تقسیم می‌شود:

الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده: آزمون‌های شمارهٔ ۴ تا ۷ را که برای نوبت دوم طرح شده‌اند هم طبقه‌بندی کرده‌ایم. با این کار باز هم می‌توانید پس از خواندن هر فصل تعدادی سؤال مرتبط را پاسخ دهید. هر کدام از این آزمون‌ها هم، ۲۰ نمره دارند در واقع در این بخش، شما ۴ آزمون کامل را می‌بینید.

ب) آزمون‌های طبقه‌بندی‌نشده: آزمون‌های شمارهٔ ۸ تا ۱۲ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم؛ پس، در این بخش با ۵ آزمون نوبت دوم، مشابهِ آزمون پایان سال معلمتان مواجه خواهید شد.

۳- پاسخ‌نامهٔ تشریحی آزمون‌ها: در پاسخ تشریحی آزمون‌ها تمام آن‌چه را که شما باید در امتحان بنویسید تا نمرهٔ کامل کسب کنید، برایتان نوشته‌ایم.

۴- درس‌نامهٔ کامل شب امتحانی: این قسمت برگ برندهٔ شما نسبت به کسانی است که این کتاب را نمی‌خوانند در این قسمت تمام آن‌چه را که شما برای گرفتن نمرهٔ عالی در امتحان فیزیک (۱) تجربی نیاز دارید، تنها در ۱۹ صفحه آورده‌ایم، بخوانید و لذتش را ببرید!

فهرست

	نوبت	آزمون	پاسخ‌نامه
آزمون شمارهٔ ۱ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۳	۲۷
آزمون شمارهٔ ۲ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۵	۲۸
آزمون شمارهٔ ۳ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۷	۲۹
آزمون شمارهٔ ۴ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۹	۳۰
آزمون شمارهٔ ۵ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۱	۳۲
آزمون شمارهٔ ۶ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۳	۳۳
آزمون شمارهٔ ۷ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۵	۳۵
آزمون شمارهٔ ۸ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۱۷	۳۶
آزمون شمارهٔ ۹ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۱۹	۳۸
آزمون شمارهٔ ۱۰ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۱	۳۹
آزمون شمارهٔ ۱۱ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۳	۴۰
آزمون شمارهٔ ۱۲ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۵	۴۲
درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان			۴۵

فیزیک (۱)	رشتهٔ علوم تجربی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	
ردیف	آزمون شمارهٔ ۳	نوبت اول پایهٔ دهم دورهٔ متوسطهٔ دوم		نمره

۱ عبارات مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کرده و به پاسخ‌برگ منتقل کنید. — ۱/۵

الف) در اندازه‌گیری ۲۱/۴۰ میلی‌متر که توسط یک کولیس صورت گرفته است خطای اندازه‌گیری (۰/۰۵ ـ ۰/۰۰۵) میلی‌متر است.

ب) یک دماسنج دیجیتال (رقمی) اتومبیل دمای داخل خودرو را $24/3\ ^\circ C$ نشان می‌دهد خطای اندازه‌گیری (۰/۱ ـ ۰/۰۵) درجهٔ سلسیوس است.

پ) اگر تندی جسمی دو برابر شود انرژی جنبشی آن (چهار برابر ـ دو برابر) می‌شود.

ت) کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییرات انرژی (پتانسیل گرانشی ـ مکانیکی)

ث) تراکم‌ناپذیری مایعات به علت نیروی (هم‌چسبی ـ دگرچسبی) است.

ج) اگر مایعی به آهستگی سرد شود جامد (بلورین ـ بی‌شکل) تشکیل می‌شود.

۲ درستی یا نادرستی عبارات زیر را تعیین کنید. — ۱

الف) انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم به مبدأ پتانسیل انتخاب‌شده بستگی ندارد.

ب) فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع و جامد تقریباً یکسان است.

پ) انرژی مکانیکی همواره پایسته است.

ت) حرکت براونی به علت حرکت کاتوره‌ای و نامنظم مولکول‌های شاره است.

۳ الف) کمیت فیزیکی را تعریف کنید. — ۰/۵

ب) کمیت‌های فیزیکی براساس نوع یکایشان به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید. — ۰/۵

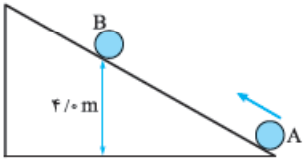
۴ برای خالی‌کردن آب یک استخر می‌خواهیم از پمپ استفاده کنیم. سه پمپ A، B و C که به ترتیب سرعت تخلیهٔ آب توسط آن‌ها $0/30\ L/s$، $0/42\ m^3/h$ و $10^4\ cm^3/min$ است در اختیار داریم. کدام پمپ زودتر آب استخر را تخلیه می‌کند؟ (هر لیتر 10^{-3} سانتی‌متر مکعب و 10^{-3} متر مکعب است.) — ۱/۵

۵ مدل‌سازی چیست؟ برای آن یک مثال بزنید. — ۱/۵

۶ یک قطعه فلز به چگالی $9/0\ g/cm^3$ را در یک ظرف پر از الکل می‌اندازیم؛ در نتیجه $20/0\ g$ الکل بیرون می‌ریزد. جرم قطعه فلز را محاسبه کنید. — ۱/۵

$\rho_{\text{الکل}} = 0/80\ g/cm^3$

۷ جسمی به جرم $0/50\ kg$ را از پایین سطح شیب‌داری (نقطهٔ A) با انرژی جنبشی $K_1 = 100/0\ J$ به سمت بالای سطح پرتاب می‌کنیم. این جسم تا نقطهٔ B بالا می‌رود و سپس با انرژی جنبشی $K_2 = 60/0\ J$ به محل پرتاب بازمی‌گردد. $(g \simeq 10/0\ m/s^2)$



الف) کار نیروی وزن در مسیر رفت چه‌قدر است؟ — ۰/۵

ب) کار نیروی اصطکاک در مسیر رفت چه‌قدر است؟ — ۰/۵

پ) کل کار انجام‌شده روی جسم در رفت و برگشت چند ژول است؟ — ۰/۵

۸ توپی را با چه سرعتی در راستای قائم از سطح زمین به سمت بالا پرتاب کنیم تا سرعتش در ارتفاع ۵/۰ متری سطح زمین برابر با $8/0\ m/s$ باشد؟ (از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید و شتاب گرانش زمین $10/0\ m/s^2$ فرض شود.) — ۱/۵

۹ گلوله‌ای از ارتفاع h رها می‌شود. با ذکر دلیل پاسخ دهید در هر یک از حالات (الف) و (ب) در کدام ناحیه (نیمهٔ مسیر، پایین‌تر از نیمهٔ مسیر و یا بالاتر از نیمهٔ مسیر) انرژی جنبشی و پتانسیل جسم با هم برابر خواهد بود.

الف) اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر شود. — ۰/۷۵

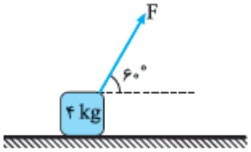
ب) اگر مقاومت هوا بر جسم اثر کند. — ۰/۷۵

۱۰ الف) بازده را تعریف کنید. — ۰/۵

ب) در شکل مقابل بازدهٔ سامانه و انرژی تلف‌شده را محاسبه کنید. — ۰/۷۵

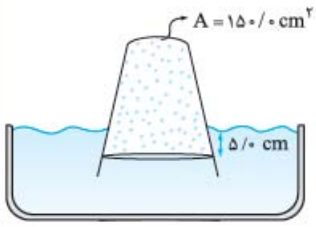
پ) دو چرخ‌گوشت برقی با توان ورودی مشابه به طور هم‌زمان شروع به کار می‌کنند. پس از مدتی کارکردن متوجه می‌شویم یکی از آن‌ها بیشتر از دیگری گرم شده است. بازدهٔ کدام چرخ‌گوشت بیشتر است؟ چرا؟ — ۰/۷۵

۱۱ در شکل زیر نیروی $F = 90/0\ N$ جسم را از حال سکون به حرکت درمی‌آورد. اگر نیروی اصطکاک $\frac{1}{5}$ نیروی وزن باشد پس از طی مسافت ۵/۰۰ متر انرژی جنبشی جسم را محاسبه کنید. $(g \simeq 10/0\ \frac{m}{s^2}$ و $\cos 60^\circ = 0/500)$ — ۱/۵



۱۲ ثابت کنید اختلاف فشار بین دو نقطه از یک مایع ساکن از رابطهٔ $\Delta P = \rho g h$ به دست می‌آید که در آن h اختلاف عمق آن دو نقطه است. — ۱/۵

۱۳ در اثر موئینگی چرا آب تا ارتفاع معینی بالا می‌رود و پس از آن دیگر ارتفاع آب در لولهٔ موئین ثابت می‌ماند؟ — ۱

فیزیک (۱)	رشتهٔ علوم تجربی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	
ردیف	آزمون شمارهٔ ۳	نوبت اول پایهٔ دهم دورهٔ متوسطهٔ دوم		نمره
۱۴	یک لیوان فلزی سبک با وزن ناچیز با سطح مقطع $۱۵۰/۰\ cm^۲$ را به طور وارونه روی سطح آب یک ظرف قرار داده و به سمت پایین فشار می‌دهیم. وقتی اختلاف سطح آب در زیر لیوان و در ظرف ۵ سانتی‌متر می‌شود چه نیرویی بر انتهای لیوان وارد کنیم تا لیوان به بالا نجهد؟ ($\rho_{آب} = ۱/۰۲\times۱۰^۳ kg/m^۳$ و $g \approx ۹/۸۰\ m/s^۲$) 			۱/۵
	موفق باشید		جمع نمرات	۲۰

فیزیک (۱)	رشتهٔ علوم تجربی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com

ردیف	آزمون شمارهٔ ۵	نوبت دوم پایهٔ دهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

فصل اول

۱ خطای اندازه‌گیری یک کولیس $\pm 0/01\ mm$ است:

الف) دقت این کولیس چند میلی‌متر است؟ ۰/۲۵

ب) با ذکر دلیل بیان کنید کدام‌یک از عددهای زیر می‌تواند نتیجهٔ اندازه‌گیری با این کولیس باشد: ۰/۷۵

۱) $234/4\times10^{-2}\ cm$ ۲) $2/45\ mm$ ۳) $2/44\times10^{4}\ \mu m$

۲ درستی یا نادرستی عبارات زیر را تعیین کنید. ۱

الف) در دمای یکسان چگالی یک میخ آهنی با چگالی یک تیرآهن تفاوتی ندارد.

ب) مرتبهٔ بزرگی عدد ۵۲ برابر 10^{2} است.

پ) «اصول» طیف وسیعی از پدیده‌های فیزیکی را توصیف می‌کند.

ت) تندی کمیتی برداری است.

۳ مجسمهٔ کوچکی به جرم (g) ۴۲ از نقره به چگالی $10/5\ g/cm^{3}$ ساخته شده است. حجم آن را حساب کنید. ۰/۵

فصل دوم

۴ عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید. ۱/۲۵

الف) (انرژی پتانسیل ــ تغییر انرژی پتانسیل) گرانشی یک سامانه به مبدأ پتانسیل انتخاب‌شده بستگی ندارد.

ب) در تغییر طول فنر توسط یک جسم، منفی کار (نیروی جسم ــ نیروی فنر) برابر با تغییر انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم ــ فنر است.

پ) اگر کل کار انجام‌شده روی یک جسم مثبت باشد (انرژی جنبشی ــ انرژی پتانسیل) جسم افزایش می‌یابد.

ت) اصطلاح «تلف‌شدن انرژی» برای وقتی به کار می‌رود که صورتی از انرژی به انرژی (جنبشی ــ درونی) تبدیل شود.

ث) آهنگ انجام کار (انرژی ــ توان) نامیده می‌شود.

۵ سعید و حمید که جرم‌های یکسان دارند به ایستگاه ۵ تله‌کابین توچال می‌روند. اما سعید پیاده و حمید با استفاده از تله‌کابین به مقصد می‌رسند. کار نیروی وزن روی این دو نفر را با ذکر دلیل مقایسه کنید. ۰/۷۵

۶ یک بالابر با بازدهٔ ٪۴۰/۰ با صرف $50/0\ kJ$ انرژی، یک قطعه فلزی را با تندی ثابت تا ارتفاع ۱۰/۰ متر بالا می‌برد:

الف) جرم قطعهٔ فلزی را محاسبه کنید. ۱

ب) اگر در این ارتفاع قطعه فلز ناگهان رها شده و با سرعت $12/0\ m/s$ به زمین برخورد کند، کار نیروی مقاومت هوا را محاسبه کنید. ۱

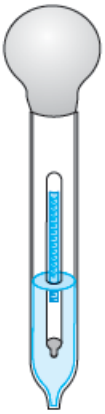
$(g \simeq 9/80\ m/s^{2})$

فصل سوم

۷ هر یک از علت‌های ذکرشده در ستون «ب» سبب پدیده‌هایی می‌شوند که در ستون «الف» نوشته شده‌اند. تعیین کنید علت هر پدیده کدام است؟ (یکی از پدیده‌ها اضافه است.) ۱

الف	ب
الف) پدیدهٔ پخش	۱- نیروی هم‌چسبی
ب) پدیدهٔ کشش سطحی	۲- نیروی دگرچسبی
پ) ترشدن سطوح	۳- حرکت نامنظم مولکول‌ها
ت) نیروی شناوری	۴- تفاوت فشار در عمق‌های مختلف
ث) بالارفتن نوشابه از نی هنگام آشامیدن	

۸ وسیله‌ای که در شکل مقابل می‌بینید یکی از وسایل اندازه‌گیری در فیزیک است.



الف) این وسیله کدام کمیت فیزیکی را اندازه می‌گیرد؟ ۰/۵

ب) این وسیله برای اندازه‌گیری کمیت موردنظر از کدام اصل فیزیکی استفاده می‌کند؟ توضیح دهید. ۱

فیزیک (۱)	رشتهٔ علوم تجربی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	
ردیف	آزمون شمارهٔ ۵	نوبت دوم پایهٔ دهم دورهٔ متوسطهٔ دوم		نمره
۹	درون ظرفی استوانه‌ای به مساحت قاعدهٔ $۱/۵\times۱۰^{۲}$ سانتی‌متر مربع تا ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر مایعی به چگالی $۱/۲\times۱۰^{۳}\,kg/m^{۳}$ می‌ریزیم: $(g\approx ۱۰\,m/s^{۲})$ الف) فشار و نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع را محاسبه کنید. ب) اگر ۶/۰ کیلوگرم از همان مایع به ظرف اضافه کنیم فشار و نیروی وارد بر کف ظرف چه‌قدر زیاد می‌شود؟				۱ ۱
۱۰	فشار پیمانه‌ای در سیاهرگ حدود ۱/۰۰ سانتی‌متر جیوه است. برای آن‌که محلول سرم درون رگ نفوذ کند ظرف محتوی سرم حداقل باید در چه ارتفاعی از محل ورود محلول به رگ نصب شود؟ $(g\simeq ۱۰/۰\,m/s^{۲}\,,\ \rho_{محلول}=۱/۰۳\times۱۰^{۳}\,kg/m^{۳}\,,\ \rho_{جیوه}=۱۳/۵\times۱۰^{۳}\,kg/m^{۳})$				۱/۵
	فصل چهارم			
۱۱	الف) روش‌های انتقال گرما را فقط نام ببرید. ب) اگر جاذبهٔ زمین وجود نداشته باشد کدام روش انتقال گرما اتفاق نمی‌افتد؟ چرا؟			۰/۷۵ ۰/۷۵
۱۲	کوتاه پاسخ دهید. الف) سه عامل مؤثر بر میزان انبساط طولی: .....، .....، ..... ب) دو عامل مؤثر بر نقطهٔ ذوب مواد: .....، ..... پ) سه عامل مؤثر بر آهنگ رسانش گرمایی: .....، .....،				۲
۱۳	برای ذوب ۱/۰۰ کیلوگرم مس $۲۰\,^{\circ}C$ چند کیلوگرم زغال باید سوزانده شود؟ (دمای ذوب مس $۱۰۸۰\,^{\circ}C$ و گرمای ویژهٔ مس $۴/۰\times۱۰^{۲}\,J/kg.K$ و انرژی زغال $۳۷/۲\,kJ/kg$ در نظر گرفته شود. فرض کنید ٪۶۰ از انرژی گرمایی حاصل از زغال به مس می‌رسد.) $(L_{F_{مس}}=۱/۳۴\times۱۰^{۵}\,J/kg)$				۱/۷۵
۱۴	در یک سیلندر به سطح مقطع ۰/۸ متر مربع که با یک پیستون مسدود شده است ۶۴/۰ لیتر گاز آرمانی در فشار ۲۰ بار (Bar) موجود است. اگر پیستون را ۳/۰ سانتی‌متر پایین بیاوریم. فشار گاز را در حالت جدید محاسبه کنید. (دما ثابت فرض شود.)				۱/۵
۱۵	اگر دمای یک میلهٔ فلزی را $۵۰۰\,^{\circ}C$ افزایش دهیم، ۱/۰ درصد طول اولیه‌اش منبسط می‌شود. ضریب انبساط طولی میله را محاسبه کنید.				۰/۷۵
	موفق باشید			جمع نمرات	۲۰

۱- الف) ۰/۰۵

نکته در اندازه‌گیری با کولیس اگر دقت ۰/۱ میلی‌متر (و خطا ۰/۰۵ میلی‌متر) باشد مورد اندازه‌گیری شده با احتساب رقم حدسی تا صدم میلی‌متر بیان می‌شود. اگر دقت کولیس ۰/۰۲ میلی‌متر (و خطا ۰/۰۱ میلی‌متر) باشد عدد اندازه‌گیری‌شده تا صدم میلی‌متر بیان می‌شود اما کوچک‌ترین رقم بیان شده (عدد سمت راست) باید زوج باشد و در نهایت اگر دقت کولیس ۰/۰۵ میلی‌متر (و خطا ۰/۰۲۵ میلی‌متر) باشد عدد اندازه‌گیری شده تا صدم میلی‌متر بیان می‌شود اما کوچک‌ترین رقم بیان شده (عدد سمت راست) باید صفر یا پنج باشد. با این توضیحات عدد داده شده (۲۱/۴۰mm) می‌تواند حاصل اندازه‌گیری با هر یک از این سه کولیس باشد اما در داخل پرانتز فقط خطای مربوط به کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر (یعنی ۰/۰۵ میلی‌متر) آمده است و خطای ۰/۰۰۵ میلی‌متر مربوط به هیچ‌کدام از این سه کولیس نیست. (صفحه‌های ۱۵ تا ۱۷)

ب) در وسایل اندازه‌گیری رقمی (دیجیتال) خطای اندازه‌گیری یک واحد از آخرین رقم اندازه‌گیری‌شده می‌باشد پس خطای اندازه‌گیری ۰/۱ درجهٔ سلسیوس است. (صفحهٔ ۱۴)

پ) چون انرژی جنبشی با مجذور تندی متناسب است پس با دو برابر شدن تندی، انرژی جنبشی چهار برابر می‌شود. (صفحهٔ ۳۰)

ت) کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی (صفحهٔ ۴۲)

ث) وقتی مولکول‌های مایعات بیش از حد معینی به هم نزدیک شوند، نیروی هم‌چسبی به صورت یک نیروی دافعه مانع نزدیک‌ترشدن مولکول‌ها و متراکم‌شدن مایع می‌شود. (صفحهٔ ۶۸)

ج) جامد بلورین (صفحهٔ ۶۲)

۲- الف) نادرست ـ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی به مبدأ پتانسیل انتخاب‌شده بستگی ندارد. (صفحهٔ ۴۲)

ب) درست (صفحهٔ ۶۳)

پ) نادرست ـ انرژی مکانیکی فقط در صورتی پایسته است که نیروهایی نظیر نیروهای اتلافی بر جسم وارد نشوند. (صفحهٔ ۴۷)

ت) درست (صفحهٔ ۶۴)

۳- الف) هر ویژگی از یک پدیده که بتوانیم آن را اندازه بگیریم کمیت نامیده می‌شود. (صفحهٔ ۶)

ب) دو دسته ۱) کمیت‌های اصلی ۲) کمیت‌های فرعی (صفحهٔ ۷)

۴- برای آن‌که پمپ‌ها را با هم مقایسه کنیم و تشخیص دهیم کدام پمپ سریع‌تر آب استخر را تخلیه می‌کند باید یکای سرعت تخلیهٔ هر سه پمپ را یکسان کنیم مثلاً سرعت تخلیهٔ یکی از پمپ‌ها لیتر بر ثانیه است و ما دو عدد دیگر را نیز برحسب لیتر بر ثانیه می‌نویسیم:

$$A = ۳۰\ L/s$$

$$B: ۴۲\ m^۳/h = ۴۲\frac{m^۳}{h}\times\frac{۱۰^۳L}{m^۳}\times\frac{h}{۳۶۰۰(s)}$$

$$= \frac{۴۲\times۱۰^۳}{۳۶۰۰}L/s \simeq ۱۱/۶\ L/s$$

$$C: ۱۰^۴\ cm^۳/min = ۱۰^۴\frac{cm^۳}{min}\times\frac{L}{۱۰^۳cm^۳}\times\frac{min}{۶۰(s)}$$

$$= \frac{۱۰^۴}{۶۰\times۱۰^۳}L/s = \frac{۱}{۶}L/s$$

پس: سرعت تخلیهٔ C < سرعت تخلیهٔ B < سرعت تخلیهٔ A

(صفحه‌های ۱۰ و ۱۱)

۵- در فیزیک به فرایندی مدل‌سازی گویند که در طی آن یک پدیدهٔ فیزیکی آن‌قدر ساده می‌شود که امکان بررسی و تحلیل آن به وجود آید. مثلاً در نظر نگرفتن مقاومت هوا در حرکت توپ یا در نظر نگرفتن تغییرات شتاب گرانش با ارتفاع در بررسی پرتاب یک گلوله یا تراکم‌ناپذیر فرض‌کردن یک شاره هنگام بررسی ویژگی‌های شاره‌ها. (صفحهٔ ۵)

۶- ابتدا حجم الکل بیرون‌ریخته را محاسبه می‌کنیم:

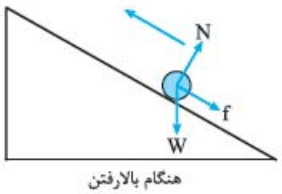
$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۰/۸۰\ g/cm^۳ = \frac{۲۰/۰\ g}{V} \Rightarrow V = \frac{۲۰/۰\ g}{۰/۸۰\ g/cm^۳} = ۲۵\ cm^۳$$

حجم قطعه فلز با حجم الکل بیرون‌ریخته برابر است پس:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۹/۰\ g/cm^۳ = \frac{m}{۲۵\ cm^۳}$$

$$\Rightarrow m = (۹/۰\ g/cm^۳)\times(۲۵\ cm^۳) \simeq ۲/۲\times۱۰^۲(g)$$ (صفحهٔ ۲۲)

۷- الف) کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی پس:



هنگام بالارفتن

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U = -(mg\Delta h)$$
$$= -(۰/۵۰\,kg)\times(۱۰/۰\,m/s^۲)\times(۴/۰\,m)$$
$$\Rightarrow W_{\text{وزن}} = -۲۰\,(J)$$

(صفحهٔ ۴۲)

ب) طبق قضیهٔ کار ـ انرژی داریم:

$$W_{\text{وزن}} + W_{\text{اصطکاک}} + W_N = \underbrace{K_B}_{۰} - K_A$$

$$(-۲۰\,J) + W_{\text{اصطکاک}} + ۰ = -۱۰۰/۰\,J \Rightarrow W_{\text{اصطکاک}} = -۸۰\,J$$

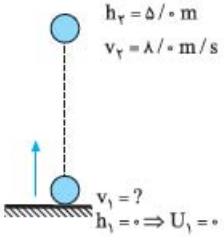
(صفحهٔ ۳۷)

پ) در کل مسیر رفت و برگشت داریم:

$$W_{\text{کل}} = \Delta K \Rightarrow W_{\text{کل}} = (۶۰/۰\,J) - (۱۰۰/۰\,J) = -۴۰/۰\,(J)$$

(صفحهٔ ۳۷)

۸- چون اتلاف انرژی نداریم انرژی مکانیکی پایسته می‌ماند:



$$E_۲ = E_۱ \Rightarrow K_۲ + U_۲ = \underbrace{K_۱}_{۰} + U_۱$$
$$\frac{۱}{۲}m v_۲^۲ + mgh_۲ = \frac{۱}{۲}m v_۱^۲$$

چون m در همهٔ جملات مشترک است می‌توانیم آن را حذف کنیم یعنی جواب مسئله به جرم توپ بستگی ندارد. در ادامه:

$$\frac{۱}{۲}\times(۸/۰\,m/s)^۲ + (۱۰/۰\,m/s^۲)\times(۵/۰\,m) = \frac{۱}{۲}v_۱^۲$$
$$۳۲ + ۵۰ = \frac{۱}{۲}v_۱^۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}v_۱^۲ = ۸۲ \Rightarrow v_۱ = \sqrt{۱۶۴}\,(m/s) \simeq ۱۲/۸\,(m/s)$$

(صفحهٔ ۴۷، صفحهٔ ۵۹ سؤال ۱۷)

۹- الف) اگر انرژی تلف نشود هر اندازه از انرژی پتانسیل گرانشی کاسته شود به انرژی جنبشی جسم افزوده می‌گردد، پس وقتی انرژی پتانسیل گرانشی نصف شود (یعنی در نیمهٔ مسیر) انرژی پتانسیل گرانشی با انرژی جنبشی برابر می‌شود. (صفحهٔ ۴۷)

ب) اگر اتلاف انرژی داشته باشیم بخشی از انرژی پتانسیل کاهش‌یافته به انرژی جنبشی و بخش دیگر به انرژی درونی تبدیل می‌شود. در نیمهٔ مسیر نیمی از انرژی پتانسیل جسم کاهش می‌یابد اما همهٔ این انرژی به جنبشی تبدیل نمی‌شود پس در نیمهٔ مسیر هنوز انرژی پتانسیل گرانشی از انرژی جنبشی بیشتر است پس باز هم باید از انرژی پتانسیل گرانشی کاسته و به انرژی جنبشی افزوده شود تا این دو انرژی برابر شوند پس جسم باز هم باید پایین بیاید در نتیجه در پایین‌تر از نیمهٔ مسیر امکان برابرشدن انرژی پتانسیل گرانشی و جنبشی وجود دارد. (صفحهٔ ۵۰)

۱۰- الف) نسبت کار مفید یک سامانه به انرژی ورودی را بازده می‌نامند. (صفحهٔ ۵۳)

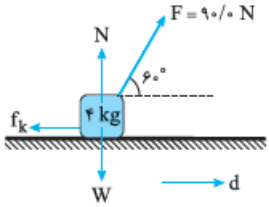
ب)
$$\text{بازده} = \frac{\text{کار مفید}}{\text{انرژی ورودی}}\times ۱۰۰ = \frac{۳۰۰\,J}{۵۰۰\,J}\times ۱۰۰ = ٪۶۰/۰$$

$$\text{انرژی غیرمفید} = (۵۰۰\,J) - (۳۰۰\,J) = ۲۰۰\,(J)$$

(صفحهٔ ۵۳)

پ) وقتی یک چرخ گوشت بیشتر گرم می‌شود، یعنی به ازای یک انرژی ورودی یکسان چرخ گوشتی که بیشتر گرم شده است انرژی غیرمفید بیشتر و در نتیجه کار مفید کم‌تری داشته است پس بازدهٔ آن کم‌تر است. (صفحهٔ ۵۳)

۱۱- ابتدا کار تک‌تک نیروها را به دست می‌آوریم:



$$W_F = Fd\cos\alpha$$
$$= (۹۰/۰\,N)\times(۵/۰۰\,m)\times\underbrace{\cos۶۰^\circ}_{۰/۵۰۰} = ۲۲۵\,(J)$$

اما بزرگی نیروی اصطکاک:

$$\text{اصطکاک}\ f_k = \frac{۱}{۵}W = \frac{۱}{۵}\times(۴/۰۰\,kg)\times(۱۰/۰\,m/s^۲) = ۸/۰۰\,(N)$$

و اکنون کار نیروی اصطکاک:

$$W_{f_k} = f_k d\cos\alpha = (۸/۰۰\,N)\times(۵/۰۰\,m)\times\underbrace{\cos۱۸۰^\circ}_{-۱/۰۰} = -۴۰/۰\,(J)$$

از طرف دیگر کار نیروهای وزن و عمودی سطح صفر است:

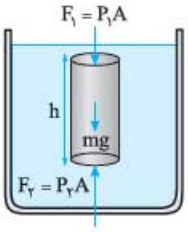
$$W_N = W_W = ۰ \Rightarrow$$ چون بر جابه‌جایی عمودند

اکنون رابطهٔ کار ـ انرژی را می‌نویسیم:

$$W_F + W_{f_k} + \underbrace{W_N}_{۰} + \underbrace{W_W}_{۰} = K_۲ - \underbrace{K_۱}_{۰}$$
$$(۲۲۵\,J) + (-۴۰/۰\,J) = K_۲ \Rightarrow K_۲ = ۱۸۵\,(J)$$

(صفحه‌های ۳۴ و ۳۷)

۱۲- بخشی از یک شارهٔ ساکن را در نظر می‌گیریم چون این بخش از شاره ساکن است باید نیروهای وارد بر آن متوازن باشند. نیروهای وارد بر این بخش از شاره روی شکل نشان داده شده‌اند پس می‌توانیم بنویسیم:

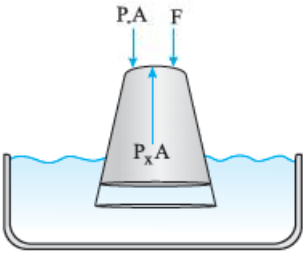


$$F_۱ + mg = F_۲$$
$$P_۱A + mg = P_۲A$$
$$P_۱A + (\rho v)g = P_۲A$$
$$P_۱A + \rho(Ah)g = P_۲A$$
$$\Rightarrow \Delta P = \rho gh$$
$$P_۱ + \rho gh = P_۲ \Rightarrow P_۲ - P_۱ = \rho gh$$

(صفحه‌های ۷۳ و ۷۴)

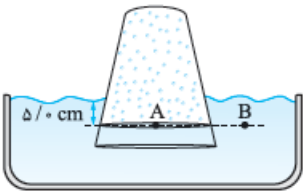
۱۳- زیرا نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه برای بالاکشیدن آب در لوله بر نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب و هم‌چنین وزن مایع بالاآمده غلبه می‌کند. اندازهٔ نیروهای بین مولکولی (دگرچسبی و هم‌چسبی) ثابت است اما وزن مایع بالاآمده با افزایش ارتفاع آب افزایش می‌یابد. این افزایش ارتفاع آب تا جایی ادامه می‌یابد که نیروهای بین مولکولی (دگرچسبی و هم‌چسبی) با وزن مایع بالاآمده متوازن می‌شوند. پس از این لحظه دیگر ارتفاع آب در لولهٔ موئین افزایش نمی‌یابد و ثابت می‌ماند. (صفحه‌های ۷۱ و ۷۲)

۱۴- اگر لیوان را در نظر بگیریم نیروهای نشان داده‌شده در شکل بر انتهای لیوان وارد می‌شوند نیروی F توسط دست ما، نیروی $P_۰A$ توسط فشار هوای محیط و نیروی P_xA توسط فشار هوای محبوس داخل لیوان. برای آن‌که لیوان به بالا نجهد باید این نیروها متوازن باشند یعنی:



$$P_۰A + F = P_xA \Rightarrow P_xA - P_۰A = F \Rightarrow (P_x - P_۰)A = F \quad (۱)$$

عبارت $P_x - P_۰$ در واقع فشار پیمانه‌ای هوای محبوس داخل لیوان است که با توجه به شکل مقابل و اصل برابری فشار در نقاط هم‌تراز از یک مایع می‌توانیم آن را محاسبه کنیم:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_x = \rho gh + P_۰$$
$$\Rightarrow P_x - P_۰ = \rho gh = (۱/۰۲\times۱۰^۳\,kg/m^۳)\times(۹/۸۰\,m/s^۲)\times(۵/۰\times۱۰^{-۲}\,m)$$
$$\Rightarrow P_x - P_۰ \simeq ۵/۰\times۱۰^۲\,(Pa)$$

اینک با قراردادن فشار پیمانه‌ای هوای درونی لیوان در رابطهٔ (۱):

$$F = (۵/۰\times۱۰^۲\,Pa)\times(۱۵۰/۰\times۱۰^{-۴}\,m^۲) \Rightarrow F = ۷/۵\,(N)$$

(صفحه‌های ۷۳ و ۷۴)

آزمون شمارهٔ ۵ (نوبت دوم)

۱- الف) خطای این کولیس ۰/۰۱ میلی‌متر است پس دقت این کولیس برابر است با:

$$۲\times ۰/۰۱\,(mm) = ۰/۰۲\,(mm)$$ (صفحه‌های ۱۴ و ۱۷)

ب) چون دقت این کولیس ۰/۰۲ میلی‌متر است کوچک‌ترین رقم اندازه‌گیری شده توسط این کولیس باید صدم میلی‌متر و هم‌چنین زوج باشد. با این توضیح گزینه ۲ قطعاً نمی‌تواند نتیجه اندازه‌گیری با این کولیس باشد، زیرا رقم صدم میلی‌متر آن فرد است اما برای بررسی دو گزینه دیگر آن‌ها را به میلی‌متر تبدیل می‌کنیم:

$$۱)\ ۲۳۴/۴\times ۱۰^{-۲}\,(cm) = ۲۳۴/۴\times ۱۰^{-۲}\times (۱۰\ mm)$$

$$= ۲۳۴/۴\times ۱۰^{-۱} mm = ۲۳/۴۴\ mm$$

دقت این عدد از مرتبه صدم میلی‌متر است و رقم صدم میلی‌متر نیز زوج است پس این عدد می‌تواند نتیجه اندازه‌گیری با این کولیس باشد. حالا گزینه سوم را هم به میلی‌متر تبدیل می‌کنیم:

$$۳)\ ۲/۴۴\times ۱۰^{۴}\,\mu m = ۲/۴۴\times ۱۰^{۴}\,\cancel{\mu m}\times \frac{۱۰^{-۶}\,\cancel{m}}{\cancel{\mu m}}\times \frac{mm}{۱۰^{-۳}\,\cancel{m}}$$

$$= ۲/۴۴\times ۱۰^{۴}\times ۱۰^{-۶}\times ۱۰^{+۳} mm = ۲/۴۴\times ۱۰^{۱} mm = ۲۴/۴\ mm$$

دقت عدد به دست آمده دهم میلی‌متر است پس نمی‌تواند نتیجهٔ اندازه‌گیری با کولیسی باشد که دقت آن ۰/۰۲ میلی‌متر است. (صفحه‌های ۱۴ تا ۱۷)

۲- الف) درست چگالی یک ماده به جنس ماده و دما بستگی دارد وقتی دما یکسان است با فرض این‌که هم میخ و هم تیرآهن از یک نوع ماده هستند پس چگالی یکسان دارند. (صفحهٔ ۲۲)

ب) درست

$$۵۲ = \underbrace{۵/۲}_{۱۰^{۱}}\times ۱۰ \approx ۱۰^{۲}$$ (صفحهٔ ۱۹)

پ) نادرست ـ اصول دامنه محدودی از پدیده‌ها را توصیف می‌کنند. (صفحهٔ ۲)

ت) نادرست ـ تندی اندازهٔ سرعت یک جسم در هر لحظه است و جهت ندارد پس کمیتی نرده‌ای است. (صفحهٔ ۶)

۳-

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۱۰/۵\ g/cm^{۳} = \frac{۴۲\ g}{V}$$

$$\Rightarrow V = \frac{۴۲\ g}{۱۰/۵\ g/cm^{۳}} = ۴/۰\ cm^{۳}$$ (صفحهٔ ۲۲)

۴- الف) تغییر انرژی پتانسیل (صفحهٔ ۴۳)

ب) نیروی فنر (صفحهٔ ۴۵)

پ) انرژی جنبشی ـ طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی $W_t = \Delta K$ (صفحهٔ ۳۷)

ت) درونی (صفحهٔ ۴۹)

ث) توان (صفحهٔ ۵۱)

۵- کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی $(W_{وزن} = -\Delta U)$ در این جابه‌جایی انرژی پتانسیل گرانشی سعید و حمید به یک اندازه افزایش یافته است پس کار نیروی وزن بر روی هر دو یکسان است.

نکته به طور کلی کار نیروی وزن به مسیر جابه‌جایی بستگی ندارد و فقط به ارتفاع اولیه و نهایی وابسته است. (صفحه‌های ۴۲ و ۴۳)

۶- الف) ابتدا کار نیروی واردشده از طرف بالابر را برحسب جرم محاسبه می‌کنیم. چون تندی ثابت است از رابطهٔ کار ـ انرژی داریم:

$$W_F + W_{mg} = \underbrace{\Delta k}_{۰} \Rightarrow W_F = -W_{mg} = -(-\Delta U) = \Delta U$$

$$\Rightarrow W_F = Mg\Delta h = M\times (۹/۸۰\ m/s^{۲})\times (۱۰/۰\ m)$$

$$\Rightarrow W_F = ۹۸/۰\,M(J)$$

اینک رابطهٔ بازده را می‌نویسیم:

$$\text{بازده} = \frac{\text{کار خروجی}}{\text{انرژی مصرفی}}\times ۱۰۰ \Rightarrow ۴۰/۰ = \frac{۹۸/۰\,M(J)}{۵۰/۰\times ۱۰^{۳}(J)}\times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow ۲۰/۰\times ۱۰^{۳}(J) = ۹۸/۰\,M(J) \Rightarrow M = \frac{۲۰/۰\times ۱۰^{۳}}{۹۸/۰} \approx ۰/۲۰۴\times ۱۰^{۳}(kg)$$

$$\Rightarrow m \approx ۲۰۴\ (kg)$$

(صفحه‌های ۳۷، ۴۲ و ۵۳)

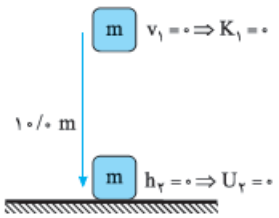
ب) کار نیروی مقاومت هوا برابر است با تغییر انرژی مکانیکی قطعه آهن پس:

$$W_f = E_۲ - E_۱ = (K_۲ + \underbrace{U_۲}_{۰}) - (\underbrace{K_۱}_{۰} + U_۱) = \frac{۱}{۲}mv_{۲}^{۲} - mgh_۱$$

$$\Rightarrow W_f = [\frac{۱}{۲}\times (۰/۲۰۴\times ۱۰^{۳}kg)\times (۱۲/۰\ m/s)^{۲}]$$

$$-[(۰/۲۰۴\times ۱۰^{۳}kg)\times (۹/۸۰\ m/s^{۲})\times (۱۰/۰\ m)]$$

$$\Rightarrow W_f = (۱۴/۷\times ۱۰^{۳}J) - (۲۰/۰\times ۱۰^{۳}J) = -۵/۳\times ۱۰^{۳}(J)$$



(صفحهٔ ۵۰)

۷- الف) پدیدهٔ پخش ⟵ حرکت نامنظم مولکول‌ها (صفحهٔ ۶۳)

ب) پدیدهٔ کشش سطحی ⟵ نیروی هم‌چسبی (صفحهٔ ۶۹)

پ) ترشدن سطوح ⟵ نیروی دگرچسبی (صفحهٔ ۷۰)

ت) نیروی شناوری ⟵ تفاوت فشار در عمق‌های مختلف (صفحهٔ ۸۱)

۸- الف) چگالی یک شاره (صفحهٔ ۸۳)

ب) از اصل ارشمیدس استفاده می‌کند. شاره‌ای که قرار است چگالی آن تعیین شود به درون محفظه کشیده می‌شود و کپسول شناور و مدرجی که درون محفظه قرار دارد درون شاره غوطه‌ور می‌شود و هر چه چگالی شاره بیشتر باشد بخش کم‌تری از کپسول داخل شاره می‌شود. با مشخص‌شدن مقدار فرورفتن کپسول در شاره چگالی شاره مشخص می‌شود. (صفحه‌های ۸۲ و ۸۳)

۹- الف) فشار ناشی از مایع در کف ظرف برابر است با:

$$P = \rho gh = (۱/۲\times ۱۰^{۳}kg/m^{۳})\times (۱۰\ m/s^{۲})\times (۸۰\times ۱۰^{-۲}m) = ۹/۶\times ۱۰^{۳}(Pa)$$

و اما برای محاسبهٔ نیروی وارد بر کف ابتدا مساحت کف ظرف را به متر مربع تبدیل می‌کنیم.

$$A = ۱/۵\times ۱۰^{۲}\,\cancel{cm^{۲}}\times \frac{(۱۰^{-۲}m)^{۲}}{\cancel{cm^{۲}}} = ۱/۵\times ۱۰^{۲}\times ۱۰^{-۴}m^{۲} = ۱/۵\times ۱۰^{-۲}m^{۲}$$

و اکنون:

$$F = PA = (۹/۶\times ۱۰^{۳}Pa)\times (۱/۵\times ۱۰^{-۲}m^{۲}) = ۱/۴\times ۱۰^{۲}(N)$$

(صفحه‌های ۷۳ و ۷۴)

ب) اگر ۶/۰ کیلوگرم مایع به ظرف اضافه کنیم ابتدا باید محاسبه کنیم که افزودن این مقدار مایع چند سانتی‌متر ارتفاع مایع در ظرف را افزایش می‌دهد برای این کار ابتدا حجم این مقدار مایع را محاسبه می‌کنیم.

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow V=\frac{m}{\rho}=\frac{(۶/۰\ kg)}{(۱/۲\times۱۰^{۳}kg/m^{۳})}=۵/۰\times۱۰^{-۳}(m^{۳})$$

اکنون چون ظرف استوانه‌ای‌شکل است ارتفاع مایع افزوده‌شده را محاسبه می‌کنیم:

$$V=Ah\Rightarrow(۵/۰\times۱۰^{-۳}m^{۳})=(۱/۵\times۱۰^{-۲}m^{۲})\times h$$

$$\Rightarrow h=\frac{۵/۰\times۱۰^{-۳}(m^{۳})}{۱/۵\times۱۰^{-۲}(m^{۲})}\simeq۳/۳\times۱۰^{-۱}(m)$$

و حالا ابتدا افزایش فشار را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta P=\rho g\Delta h=(۱/۲\times۱۰^{+۳}kg/m^{۳})\times(۱۰\ m/s^{۲})\times(۳/۳\times۱۰^{-۱}m)$$

$$=۴/۰\times۱۰^{۳}(Pa)$$

و در نهایت افزایش نیرو به دست می‌آید:

$$\Delta F=\Delta P\times A=(۴/۰\times۱۰^{۳}Pa)\times(۱/۵\times۱۰^{-۲}m^{۲})=۶/۰\times۱۰(N)$$

نکته در قسمت «ب» سؤال (۹) به روش دیگری هم می‌توانیم عمل کنیم. البته روشی که ذکر می‌شود فقط در مورد ظروفی درست است که سطح مقطع آن‌ها در تمام ارتفاع ظرف یکسان باشد مثل ظروف استوانه‌ای، مکعبی و ...

اما روش دوم: در این‌گونه ظروف نیروی وارد بر کف ظرف با وزن مایع برابر است پس می‌توانیم بگوییم افزایش نیروی وارد بر کف ظرف با وزن مایع اضافه‌شده برابر است. پس:

$$\Delta F=mg=(۶/۰\ kg)\times(۱۰\ m/s^{۲})=۶۰(N)$$

و سپس می‌توانیم افزایش فشار را از رابطهٔ زیر به دست آوریم:

$$\Delta F=\Delta P\times A\Rightarrow\Delta P=\frac{\Delta F}{A}=\frac{۶۰\ N}{۱/۵\times۱۰^{-۲}m^{۲}}=۴/۰\times۱۰^{۳}Pa$$

(صفحه‌های ۲۲، ۷۳ و ۷۴)

۱۰- ارتفاع مایع سرم باید به اندازه‌ای باشد که فشار ناشی از ستون مایع سرم درون لوله‌های رابط حداقل با فشار خون در سیاهرگ برابر باشد. (در غیر این صورت به جای ورود سرم به رگ، خون وارد شلنگ سرم می‌شود) اما قبل از هر چیز ابتدا فشار پیمانه‌ای سیاهرگ را برحسب پاسکال محاسبه می‌کنیم:

$$P=\rho gh=(۱۳/۵\times۱۰^{۳}kg/m^{۳})\times(۱۰/۰\ m/s^{۲})\times(۱/۰۰\times۱۰^{-۲}m)$$

$$\Rightarrow P=۱/۳۵\times۱۰^{۳}(Pa)$$

همان‌طور که گفته شد فشار ناشی از وزن ستون مایع سرم در لولهٔ رابط باید با فشار پیمانه‌ای خون در سیاهرگ برابر باشد پس: $P=\rho gh$

$$(۱/۳۵\times۱۰^{۳}Pa)=(۱/۰۳\times۱۰^{۳}kg/m^{۳})\times(۱۰/۰\ m/s^{۲})\times h$$

$$\Rightarrow h=\frac{۱/۳۵\times۱۰^{۳}(Pa)}{(۱/۰۳\times۱۰^{۳}kg/m^{۳})\times(۱۰/۰\ m/s^{۲})}=۰/۱۳۱(m)$$

(صفحهٔ ۷۴)

۱۱- الف) ۱- رسانش ۲- همرفت ۳- تابش (صفحه‌های ۱۲۵، ۱۲۷ و ۱۳۰)

ب) روش همرفت زیرا در همرفت وقتی شاره‌ای گرم و سبک می‌شود (چگالی آن کم می‌شود) بالا می‌رود و شارهٔ سنگین‌تر جای آن را می‌گیرد و اما سبکی و سنگینی وقتی معنا دارند که جاذبه و وزن وجود داشته باشد. (صفحه‌های ۱۲۷ و ۱۲۸)

۱۲- الف) سه عامل مؤثر بر میزان انبساط طولی ⟵ ۱- جنس ماده ۲- طول اولیه ۳- میزان تغییر دما (صفحهٔ ۱۰۰)

ب) دو عامل مؤثر بر نقطهٔ ذوب مواد ⟵ ۱- جنس ماده ۲- فشار وارد بر ماده (صفحهٔ ۱۱۷)

پ) سه عامل مؤثر بر آهنگ رسانش گرمایی ⟵ ۱- جنس ماده ۲- سطح مقطع ۳- اختلاف دما (صفحه‌های ۱۲۵ و ۱۲۶)

۱۳- ابتدا باید محاسبه کنیم که برای ذوب یک کیلوگرم مس چند ژول گرما نیاز است. گرمای موردنیاز ابتدا باید مس را از ۲۰°C به ۱۰۸۰°C (یعنی نقطهٔ ذوب مس) برساند و سپس آن را ذوب کند:

$$\text{مس مذاب}\ ۱۰۸۰\ ^{\circ}C\xleftarrow[Q_۲]{\text{تغییر حالت}}\text{مس}\ ۱۰۸۰\ ^{\circ}C\xleftarrow[Q_۱]{\text{تغییر دما}}\text{مس}\ ۲۰\ ^{\circ}C$$

$$Q_{\text{کل}}=Q_۱+Q_۲=mc\Delta\theta+mL_F$$

$$=(۱/۰۰\ kg)\times(۴/۰\times۱۰^{۲}J/kg.^{\circ}C)\times(۱۰۶۰\ ^{\circ}C)$$

$$+(۱/۰۰\ kg)\times(۱/۳۴\times۱۰^{۵}J/kg)$$

$$=(۴/۲\times۱۰^{۵}J)+(۱/۳۴\times۱۰^{۵}J)=۵/۵\times۱۰^{۵}(J)=۵/۵\times۱۰^{۲}\ kJ$$

همان‌طور که در مسئله آمده است انرژی زغال $۳۷/۲\ kJ/kg$ است. اما تنها ۶۰٪ این انرژی به مس می‌رسد یعنی: $۳۷/۲\ (kJ/kg)\times\frac{۶۰}{۱۰۰}=۲۲/۳\ kJ/kg$

اکنون با یک تناسب ساده پاسخ به دست می‌آید.

$$\frac{\text{جرم زغال (kg)}}{\text{انرژی (kJ)}}\quad\frac{۱/۰۰}{۲۲/۳}=\frac{x}{۵/۵\times۱۰^{۲}}\Rightarrow x=\frac{(۵/۵\times۱۰^{۲}kJ)\times(۱/۰۰\ kg)}{(۲۲/۳\ kJ)}$$

$$\Rightarrow x\simeq۲۵\ (kg)$$

(صفحه‌های ۱۱۰ و ۱۱۸)

۱۴- ابتدا با توجه به معلوم‌بودن حجم گاز و سطح مقطع سیلندر، ارتفاع گاز محبوس را به دست می‌آوریم: $V=Ah\Rightarrow۶۴/۰\times۱۰^{-۳}m^{۳}=(۰/۸۰\ m^{۲})\times h$

$$\Rightarrow h=\frac{۶۴/۰\times۱۰^{-۳}m^{۳}}{۰/۸۰\ m^{۲}}=۸۰\times۱۰^{-۳}m=۸/۰\times۱۰^{-۲}m=۸/۰\ cm$$

اگر پیستون ۳/۰ سانتی‌متر پایین‌تر بیاید ارتفاع استوانه ۵/۰ سانتی‌متر می‌شود. چون دما ثابت است رابطهٔ بویل ماریوت را می‌نویسیم: $P_۱V_۱=P_۲V_۲\Rightarrow P_۱(Ah_۱)=P_۲(Ah_۲)$

چون مساحت مقطع یکسان است از دو طرف تساوی حذف می‌شود.

$$P_۱h_۱=P_۲h_۲\Rightarrow(۲۰\ bar)\times(۸/۰\ cm)=P_۲\times(۵/۰\ cm)$$

$$\Rightarrow P_۲=\frac{(۲۰\ bar)\times(۸/۰\ cm)}{(۵/۰\ cm)}=۳۲\ (bar)$$

(صفحهٔ ۱۳۷)

۱۵-

$$\begin{cases}\Delta\theta=۵۰۰\ (^{\circ}C)\\ \Delta\ell=۰/۰۱۰\ \ell_۱\\ \alpha=?\end{cases}\Rightarrow\Delta\ell=\ell_۱\alpha\Delta\theta$$

$$۰/۰۱۰\ell_۱=\ell_۱\alpha\times(۵۰۰\ ^{\circ}C)$$

$$\alpha=\frac{۰/۰۱۰}{۵۰۰}=۰/۲۰\times۱۰^{-۴}(\frac{۱}{^{\circ}C})$$

(صفحهٔ ۱۰۰)

درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان

فصل ۱: فیزیک و اندازه‌گیری

آشنایی با فیزیک

فیزیک‌دان‌ها برای توضیح پدیده‌ها از **قانون‌ها**، **مدل‌ها** و **نظریه‌های فیزیکی** استفاده می‌کنند و قانون‌ها، مدل‌ها و نظریه‌ها نیز به طور مداوم توسط **آزمایش** بررسی می‌شوند. بنابراین ممکن است با گذشت زمان برخی از نظریه‌ها و مدل‌ها تغییر کنند. **آزمون‌پذیری** و **اصلاح مداوم نظریه‌های فیزیکی** نقطهٔ قوت علم فیزیک است. به عنوان مثال، نظریهٔ اتمی در مورد ساختار اتم در طول سال‌ها در اثر مشاهدات و آزمایش‌های جدید دچار تغییرات زیادی شد و مدل‌های مختلفی در مورد ساختمان اتم توسط دانشمندان مطرح شد.

قانون و اصل: دانشمندان برای توصیف پدیده‌های گوناگون طبیعی از «قانون» یا «اصل» استفاده می‌کنند.

تفاوت اصل و قانون: «قانون» دامنهٔ وسیعی از پدیده‌های فیزیکی را توصیف می‌کند، مثل قانون پایستگی انرژی؛ اما «اصل» در دامنهٔ محدودتری از پدیده‌های طبیعی معتبر است و عمومیت کم‌تری دارد؛ مثل اصل پاسکال.

مدل‌سازی: ساده‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی برای بررسی و تحلیل آن را مدل‌سازی می‌گوییم. مثل صرف‌نظر کردن از مقاومت هوا در حرکت توپ یا چشم‌پوشی از حرکت دورانی توپ.

اندازه‌گیری، کمیت، یکا

برای شناخت و بررسی پدیده‌های فیزیکی باید اندازه‌گیری انجام دهیم. در واقع اندازه‌گیری، اساس تجربه و آزمایش است و در فیزیک تا وقتی کمیت‌های مربوط به یک پدیده را اندازه نگیریم، اطلاعات قابل توجهی دربارهٔ آن پدیده نداریم.

هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت، «**کمیت**» نامیده می‌شود و برای اندازه‌گیری یک کمیت نیاز به «**یکا**»های مناسب اندازه‌گیری داریم. **یکاهای مناسب** اندازه‌گیری باید دو ویژگی داشته باشند:

۱ **در شرایط مختلف تغییر نکنند.** ۲ **در همه‌جا قابل بازتولید باشند.**

کمیت‌های عددی (اسکالر) و برداری

الف) کمیت اسکالر: هر کمیتی که با یک **عدد** و **یکای** مربوط به آن توصیف شود **کمیت عددی** یا **اسکالر** می‌نامیم. مثلاً وقتی جرم جسمی را به صورت ۲kg بیان می‌کنیم، جرم آن جسم را به طور کامل بیان کرده‌ایم و یا وقتی زمان یک رویداد را ۳۵s می‌نویسیم، این بازهٔ زمانی به طور کامل مشخص شده است، پس کمیت‌هایی مثل جرم و زمان کمیت‌های نرده‌ای هستند.

ب) کمیت برداری: هر کمیتی که برای توصیف آن، علاوه بر **عدد** و **یکا** لازم است **جهت** آن را نیز مشخص کنیم، **کمیت برداری** نامیده می‌شود. مثلاً وقتی می‌گوییم متحرکی ۱۰ m جابه‌جا شد، برای درک این جابه‌جایی نیازمند هستیم تا جهت جابه‌جایی را نیز بدانیم و یا وقتی می‌گوییم بر جسمی نیروی ۵۰N وارد شده، اگر جهت نیروی واردشده معلوم نگردد، پیش‌بینی حرکت جسم ممکن نیست؛ پس کمیت‌هایی مثل جابه‌جایی و نیرو کمیت‌های برداری هستند.

کمیت‌های اصلی و فرعی

الف) کمیت‌های اصلی: کمیت‌هایی که یکای آن‌ها به طور مستقل از سایر یکاها تعریف شده و مورد توافق بین‌المللی قرار گرفته است را **کمیت‌های اصلی** می‌نامیم. یکای این کمیت‌ها را نیز **یکای اصلی** می‌گوییم.

نکته ۷ کمیت اصلی عبارت‌اند از: **جرم، طول، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی، مقدار ماده** و **شدت روشنایی**.

ب) کمیت‌های فرعی: کمیت‌هایی را که یکای آن‌ها برحسب یکاهای اصلی بیان می‌شود **کمیت‌های فرعی** می‌گوییم.

نکته **همه‌ی کمیت‌های فیزیکی به‌جز ۷ کمیتی که در نکتهٔ قبل بیان شد، کمیت فرعی هستند؛ مثل تندی یا انرژی.**

- مجموعهٔ یکاهایی که بیشتر دانشمندان در سراسر جهان آن‌ها را به کار می‌برند، **دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)** نامیده می‌شود.

برخی از یکاهای اصلی در دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) به صورت زیر تعریف شده‌اند:

متر: یکای استاندارد طول، متر (m) است. بنا بر قرارداد یک متر عبارت است از:

۱ یک ده میلیونیم فاصلهٔ استوا تا قطب

۲ فاصلهٔ میان دو خط نازک بر روی میله‌ای از جنس پلاتین و ایریدیوم در دمای صفر درجهٔ سلسیوس

۳ مسافت طی‌شده توسط نور در مدت $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلأ

کیلوگرم: یکای استاندارد جرم، کیلوگرم (kg) است. یک کیلوگرم جرم استوانه‌ای از جنس آلیاژ پلاتین و ایریدیوم است.

ثانیه: یکای استاندارد زمان، ثانیه (s) است. یک ثانیه $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ هر شبانه‌روز است.

پیشوندهای SI

- برای بیان اعدادی که از یکای استاندارد تعیین‌شده بسیار بزرگ‌تر یا بسیار کوچک‌تر هستند، از پیشوندهایی استفاده می‌کنیم که با ضرب آن یکا در توان‌های صحیح ۱۰، آن یکاها را بزرگ‌تر یا کوچک‌تر می‌کنند.
- برخی از این پیشوندها در جدول زیر آمده‌اند:

پیشوندهای بزرگ‌ساز			پیشوندهای کوچک‌ساز		
پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد	ضریب
هکتو	h	$۱۰^{۲}$	سانتی	c	$۱۰^{-۲}$
کیلو	k	$۱۰^{۳}$	میلی	m	$۱۰^{-۳}$
مگا	M	$۱۰^{۶}$	میکرو	μ	$۱۰^{-۶}$
گیگا	G	$۱۰^{۹}$	نانو	n	$۱۰^{-۹}$
ترا	T	$۱۰^{۱۲}$	پیکو	p	$۱۰^{-۱۲}$

نکته **اگر اندازهٔ یک کمیت برحسب یکای معینی داده شده باشد، برای آن‌که اندازهٔ آن کمیت را برحسب یکای دیگری به دست آوریم، باید اندازهٔ کمیت را در ضریب تبدیل آن دو یکا ضرب کنیم.**

ضریب تبدیل در واقع یک کسر است که صورت و مخرج آن با هم برابر است و در نتیجه مقدار آن برابر واحد است و مقدار کمیت را تغییر نمی‌دهد. مثلاً برای تبدیل یکای kg به g از ضریب تبدیل $\frac{۱۰^{۳}\,g}{kg}$ استفاده می‌کنیم.

مثال ۱: تبدیل واحدهای خواسته‌شده را انجام دهید:

الف) $۷۲\ km/h = ?\ m/s$

ب) $۰/۰۰۷\ kg = ?\ mg$

پ) $۱۶۰۰\ cm^{۲} = ?\ km^{۲}$

پاسخ

الف) $۷۲\frac{km}{h}\times\frac{۱۰^{۳}\,m}{km}\times\frac{h}{۳۶۰۰\,s}=\frac{۷۲\times۱۰^{۳}}{۳۶۰۰}\frac{m}{s}=۲۰\frac{m}{s}$

$$۰/۰۰۷\ \text{kg} \times \frac{۱۰^{۳}\ \text{g}}{\text{kg}} \times \frac{\text{mg}}{۱۰^{-۳}\ \text{g}} = ۰/۰۰۷ \times \frac{۱۰^{۳}}{۱۰^{-۳}}\ \text{mg}$$

$$= ۰/۰۰۷ \times ۱۰^{۳} \times ۱۰^{۳}\ \text{mg} = ۰/۰۰۷ \times ۱۰^{۶}\ \text{mg}$$

$$۱۶۰۰\ \text{cm}^{۲} \times \frac{(۱۰^{-۲}\ \text{m})^{۲}}{\text{cm}^{۲}} \times \frac{\text{km}^{۲}}{(۱۰^{۳}\ \text{m})^{۲}}$$

$$= ۱۶۰۰\ \text{cm}^{۲} \times \frac{۱۰^{-۴}\ \text{m}^{۲}}{\text{cm}^{۲}} \times \frac{\text{km}^{۲}}{۱۰^{۶}\ \text{m}^{۲}} = ۱۶۰۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰^{-۶}\ \text{km}^{۲}$$

$$= ۱۶۰۰ \times ۱۰^{-۱۰}\ \text{km}^{۲}$$

نماد علمی

برای بیان مقادیر بسیار بزرگ یا بسیار کوچک، آن عدد را به صورت حاصل‌ضرب عددی بزرگ‌تر از (یا مساوی با) یک و کوچک‌تر از ۱۰ در توان‌های صحیحی از ده می‌نویسیم. این روش نمایش اعداد را نماد علمی می‌گوییم.

$a \times ۱۰^{b}$ ← عدد صحیح مثبت یا منفی

$۱ \le a < ۱۰$

برای نوشتن اعداد به صورت نماد علمی از الگوی زیر استفاده می‌کنیم:

۱ اگر عدد از ده بزرگ‌تر بود، با حرکت ممیز به سمت چپ، عدد را آن‌قدر کوچک می‌کنیم تا عددی بین ۱ و ۱۰ حاصل شود. سپس به تعداد ارقامی که عدد را کوچک کرده‌ایم، توان مثبت برای عدد ده قرار می‌دهیم.

نمونه

$۶۱۰۴/۷ \Rightarrow ۶/۱۰۴۷ \times ۱۰^{+۳}$

$۷۰۰ \Rightarrow ۷/۰۰ \times ۱۰^{+۲}$

۲ اگر عدد از ۱ کوچک‌تر بود، با حرکت ممیز به سمت راست آن‌قدر عدد را بزرگ می‌کنیم تا عددی بین یک و ده حاصل شود سپس به تعداد ارقامی که عدد را بزرگ کرده‌ایم، برای ده توان منفی قرار می‌دهیم.

نمونه

$۰/۰۰۰۸۴۰ \Rightarrow ۰/۰۰۰۸ \,/\, ۴۰ \Rightarrow ۸/۴۰ \times ۱۰^{-۴}$

$۰/۱۲ \Rightarrow ۰/۱ \,/\, ۲ \Rightarrow ۱/۲ \times ۱۰^{-۱}$

مثال ۲ **در مثال قبل جواب‌های نهایی را به صورت نماد علمی بنویسید.**

پاسخ

الف) $۲۰\ \text{m/s} = ۲/۰ \times ۱۰\ \text{m/s}$

ب) $۰/۰۰۷ \times ۱۰^{۶}\ \text{mg} = ۷ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{۶}\ \text{mg} = ۷ \times ۱۰^{۳}\ \text{mg}$

پ) $۱۶۰۰ \times ۱۰^{-۱۰}\ \text{km}^{۲} = ۱/۶ \times ۱۰^{۳} \times ۱۰^{-۱۰}\ \text{km}^{۲} = ۱/۶ \times ۱۰^{-۷}\ \text{km}^{۲}$

خطا و دقت اندازه‌گیری

در فیزیک همواره اندازه‌گیری با خطا همراه است. با راهکارهای زیر می‌توان دقت اندازه‌گیری را افزایش و خطای آن را کاهش داد:

۱) استفاده از وسیلهٔ اندازه‌گیری دقیق‌تر: هر وسیلهٔ اندازه‌گیری دقت یا حساسیت مشخصی دارد. در ابزارهای اندازه‌گیریِ درجه‌بندی‌شده کوچک‌ترین درجه‌بندی آن ابزار و در وسایل اندازه‌گیری رقمی (دیجیتال) یک واحد از آخرین رقمی را که اندازه‌گیری شده است، به عنوان دقت اندازه‌گیری وسیله در نظر می‌گیریم.

مثلاً در خط‌کشی که برحسب میلی‌متر مدرج شده است، دقت اندازه‌گیری یک میلی‌متر است و یا در یک دماسنج دیجیتال که تا یک دهم درجهٔ سلسیوس را اندازه می‌گیرد، دقت اندازه‌گیری ۰/۱ درجهٔ سلسیوس است؛ پس هر چه در اندازه‌گیری از ابزاری با دقت بیشتر بهره ببریم، نتیجهٔ اندازه‌گیری دقت بیشتر و خطای کم‌تری خواهد داشت.

۲) مهارت شخص اندازه‌گیر: اگر فردی که اندازه‌گیری را انجام می‌دهد مهارت بیشتری در رعایت اصول اندازه‌گیری (مثل زاویهٔ دید مناسب هنگام خواندن وسایل مدرج) داشته باشد، نتیجهٔ اندازه‌گیری به مقدار واقعی نزدیک‌تر خواهد بود.

۳) افزایش تعداد دفعات اندازه‌گیری: برای کاهش خطای اندازه‌گیری می‌توان یک اندازه‌گیری را چند بار انجام داد و در نهایت، میانگین اعداد به دست آمده را به عنوان نتیجهٔ اندازه‌گیری در نظر گرفت.

نکته **در این روش، اعدادی را که نسبت به سایر اندازه‌گیری‌ها تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشند از میانگین‌گیری حذف می‌کنیم.**

گزارش نتیجهٔ اندازه‌گیری: بعد از هر اندازه‌گیری باید عدد اندازه‌گیری‌شده را به همراه خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری به صورت زیر گزارش کنیم:

(خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری) ± (عدد اندازه‌گیری‌شده)

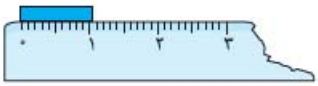
الف- عدد اندازه‌گیری‌شده: پس از هر اندازه‌گیری اعدادی را که مستقیماً توسط وسیله، اندازه‌گیری شده است و یا احتمالاً توسط شخص اندازه‌گیرنده حدس زده شده است به عنوان نتیجهٔ اندازه‌گیری ثبت می‌کنیم.

نکته **کلیهٔ ارقامی را که توسط وسیله اندازه گرفته می‌شود و یا توسط اندازه‌گیرنده حدس زده می‌شود، «ارقام بامعنا» می‌نامیم.**

نکته **همواره رقم سمت راست هر اندازه‌گیری را «رقم مشکوک» یا «غیرقطعی» می‌نامیم.**

نکته **رقم مشکوک یا غیرقطعی ممکن است توسط وسیلهٔ اندازه‌گیری، اندازه گرفته شده باشد (مثلاً در دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتال (رقمی)) و یا توسط شخص اندازه‌گیرنده حدس زده شود (مثلاً در وسایل اندازه‌گیری درجه‌بندی شده).**

نمونه در شکل زیر، طولی را که خط‌کش اندازه می‌گیرد می‌توانیم به صورت ۱۰/۵ mm گزارش کنیم. این اندازه‌گیری شامل سه رقم بامعناست که در آن عدد ۵ غیرقطعی است و توسط اندازه‌گیرنده حدس زده شده است؛ زیرا دقت خط‌کش تنها تا میلی‌متر است و این خط‌کش نمی‌تواند دهم میلی‌متر را مستقیماً اندازه بگیرد.



ب- خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری: خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری به روش زیر محاسبه می‌شود:

۱ **وسایل اندازه‌گیری درجه‌بندی‌شده:** در این‌گونه وسایل، مثبت و منفی نصف دقت اندازه‌گیری وسیله (کوچک‌ترین درجه‌بندی وسیله) به عنوان خطای اندازه‌گیری وسیله در نظر گرفته می‌شود، یعنی:

خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری = $\pm\frac{۱}{۲}$ × دقت وسیله

نمونه در یک خط‌کش میلی‌متری خطای وسیله برابر است با:

$\pm\frac{۱}{۲} \times ۱\ \text{mm} = \pm ۰/۵\ \text{mm}$

۲ **وسایل اندازه‌گیری رقمی (دیجیتال):** در این‌گونه وسایل، مثبت و منفی یک واحد از آخرین رقمی که توسط وسیله اندازه گرفته شده است، به عنوان خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود؛ یعنی:

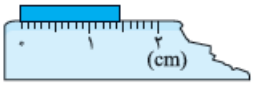
خطای وسیله ± = دقت وسیله

نمونه در یک کرنومتر دیجیتال که تا صدم ثانیه را اندازه می‌گیرد، خطای اندازه‌گیری $\pm ۰/۰۱\ \text{s}$ است.

نکته مهم هنگام گزارش نتیجهٔ اندازه‌گیری باید تعداد ارقام اعشاری عدد اندازه‌گیری‌شده با تعداد ارقام اعشاری خطای اندازه‌گیری برابر باشد. اگر چنین نبود، خطای اندازه‌گیری را به تعداد ارقام اعشاری عدد اندازه‌گیری‌شده به سمت بالا گرد می‌کنیم.

مثال ۳ **در هر یک از شکل‌های زیر، اندازهٔ موردنظر را گزارش کنید.**

الف)



پاسخ

خطای وسیله: $\pm\frac{۱}{۲} \times \frac{۱}{۱۰}\ \text{cm} = \pm ۰/۰۵\ \text{cm} = \pm ۰/۵\ \text{mm}$

سه رقم بامعنا

$\overbrace{۱/۴۳} \pm ۰/۰۵\ \text{cm}$

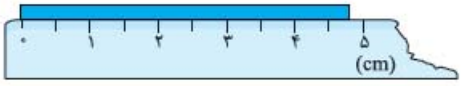
↓ رقم مشکوک

و یا برحسب میلی‌متر:

سه رقم بامعنا

$\overbrace{۱۴/۳} \pm ۰/۵\ \text{mm}$

↓ رقم مشکوک



پاسخ خطای وسیله: $\pm\frac{1}{2}\times 0/5\ (cm) = \pm 0/25\ (cm) = \pm 2/5\ (mm)$

در این مثال می‌توان عدد اندازه‌گیری‌شده را به صورت ۴/۸ cm نوشت که در آن رقم ۸ حدسی است. چون نتیجهٔ اندازه‌گیری تا یک رقم اعشار بیان شده است، خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری نیز به کرانِ بالا گرد می‌شود تا تعداد ارقام اعشاری دو عدد یکسان شود یعنی:

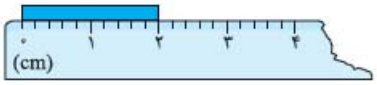
$$0/25\ (cm) \approx 0/3\ (cm) \Rightarrow \overbrace{4/8}^{\text{دو رقم بامعنا}} \pm 3\ cm$$

(رقم مشکوک)

و اگر بخواهیم پاسخ را برحسب میلی‌متر بنویسیم:

$$2/5\ (mm) \approx 3\ (mm) \Rightarrow \overbrace{48}^{\text{دو رقم بامعنا}} \pm 3\ mm$$

(رقم مشکوک)



پاسخ خطای وسیله: $\pm\frac{1}{2}\times\frac{2}{10}\ cm = \pm 0/1\ cm = \pm 1\ mm$

$$\overbrace{2/0}^{\text{دو رقم بامعنا}}\ cm \pm 0/1\ cm$$

(رقم مشکوک)

و یا برحسب میلی‌متر:

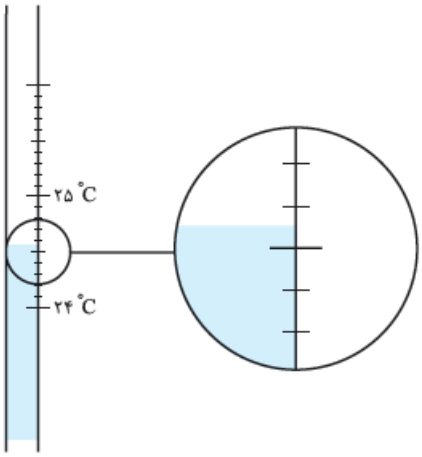
$20\ mm \pm 1\ mm$

پاسخ خطای وسیله: $\pm 0/01\ s$

چون وسیله دیجیتال (رقمی) است، یک واحد از آخرین رقمی که دستگاه اندازه گرفته است، به عنوان خطای وسیله در نظر گرفته می‌شود.

$$\overbrace{12/35}^{\text{۴ رقم بامعنا}}\ s \pm 0/01\ s$$

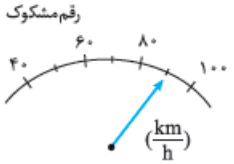
(رقم مشکوک)



پاسخ خطای وسیله: $\pm\frac{1}{2}\times 0/1\ °C = \pm 0/05\ °C$

$$\overbrace{24/58}^{\text{۴ رقم بامعنا}}\ °C \pm 0/05\ °C$$

(رقم مشکوک)



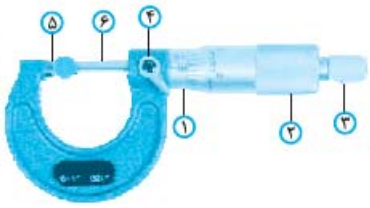
پاسخ خطای وسیله: $\pm\frac{1}{2}\times 10\ \frac{km}{h} = \pm 5\ \frac{km}{h}$

$$\overbrace{90}^{\text{۲ رقم بامعنا}}\ \frac{km}{h} \pm 5\ \frac{km}{h}$$

(رقم مشکوک)

کولیس و ریزسنج

کولیس و **ریزسنج** از ابزارهای متداول اندازه‌گیری طول هستند که دارای دقت بالایی می‌باشند. اجزای مختلف این دو وسیله در شکل نشان داده شده است:



دقت کولیس‌ها معمولاً ۰/۱، ۰/۰۲ و یا ۰/۰۵ میلی‌متر است. دقت ریزسنج‌ها نیز ۰/۰۱ میلی‌متر می‌باشد. جدول زیر به طور خلاصه دقت، خطا و نحوهٔ گزارش اعداد اندازه‌گیری‌شده توسط این دو وسیله را نشان می‌دهد:

نام وسیله	کولیس			ریزسنج
دقت	۰/۱ mm	۰/۰۲ mm	۰/۰۵ mm	۰/۰۱ mm
خطا	$\pm\frac{1}{2}\times 0/1\ mm = \pm 0/05\ mm$	$\pm\frac{1}{2}\times 0/02\ mm = \pm 0/01\ mm$	$\pm\frac{1}{2}\times 0/05\ mm = \pm 0/025 mm$	$\pm\frac{1}{2}\times 0/01\ mm = \pm 0/005\ mm$
توضیح	نتیجهٔ اندازه‌گیری با این کولیس با احتساب یک رقم حدسی تا صدم میلی‌متر است.	نتیجهٔ اندازه‌گیری با این کولیس تا صدم میلی‌متر است که در آن رقم مشکوک حتماً زوج است.	نتیجهٔ اندازه‌گیری با این کولیس تا صدم میلی‌متر است که در آن رقم مشکوک صفر یا پنج است.	نتیجهٔ اندازه‌گیری با این وسیله با احتساب یک رقم حدسی تا هزارم میلی‌متر است.
مثال	۱۶/۴۰ mm ۳۱/۲۷ mm	۱۷/۰۰ mm ۴۱/۷۶ mm	۳۸/۵۰ mm ۷/۰۵ mm	۲۷/۴۳۳ mm ۳۱/۲۷۰ mm
گزارش به همراه خطا	۱۶/۴۰ mm ± ۰/۰۵ mm ۳۱/۲۷ mm ± ۰/۰۵ mm	۱۷/۰۰ mm ± ۰/۰۱ mm ۴۱/۷۶ mm ± ۰/۰۱ mm	۳۸/۵۰ mm ± ۰/۰۳ mm * ۷/۰۵ mm ± ۰/۰۳ mm *	۲۷/۴۳۳ mm ± ۰/۰۰۵ mm ۳۱/۲۷۰ mm ± ۰/۰۰۵ mm

* خطای کولیس با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر برابر است با ۰/۰۲۵ میلی‌متر. اما برای آن‌که تعداد ارقام اعشاری خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری با تعداد ارقام اعشاری عدد اندازه‌گیری‌شده یکسان شود آن را به سمت بالا گرد می‌کنیم، یعنی: $0/025\ mm \simeq 0/03\ mm$

نکته **امروزه کولیس‌ها و ریزسنج‌های رقمی (دیجیتال) نیز به کار گرفته می‌شود که در این ابزار مانند سایر وسایل رقمی، خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری یک واحد از آخرین رقم اندازه‌گیری‌شده توسط وسیله می‌باشد.**

تخمین

در موارد زیر به جای اندازه‌گیری دقیق یک کمیت می‌توانیم مقدار آن را تخمین بزنیم:

۱) دقت بالا در محاسبات مهم نباشد.

۲) زمان کافی برای محاسبهٔ دقیق وجود نداشته باشد.

۳) برخی از اطلاعات مورد نیاز را برای محاسبهٔ دقیق در اختیار نداشته باشیم.