ساختار کتاب

کتاب شب امتحان **فیزیک ۱ ریاضی (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) ریاضی نیاز دارید، تنها در ۲۷ 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	۳۱
آزمون شمارهٔ ۵ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۱	۳۲
آزمون شمارهٔ ۶ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۳	۳۴
آزمون شمارهٔ ۷ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۵	۳۶
آزمون شمارهٔ ۸ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۱۷	۳۷
آزمون شمارهٔ ۹ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۱۹	۳۸
آزمون شمارهٔ ۱۰ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۱	۴۰
آزمون شمارهٔ ۱۱ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۳	۴۱
آزمون شمارهٔ ۱۲ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۵	۴۳
درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان			۴۶

فیزیک (۱)	رشتهٔ: ریاضی	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 یک اندازه‌گیری توسط کولیس، مقدار ۲۱/۴۰ میلی‌متر گزارش شده است. خطای کولیس (۰/۰۵ ــ ۰/۰۰۵) میلی‌متر است.

ب) اگر تندی جسمی دو برابر شود، انرژی جنبشی آن (چهار برابر ــ دو برابر) می‌شود.

پ) کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییرات (انرژی پتانسیل گرانشی ــ انرژی مکانیکی).

ت) اگر مایعی به آهستگی سرد شود، جامد (بلورین ــ بی‌شکل) تشکیل می‌شود.

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

ج) هر چه قطر لولهٔ مویین کم‌تر باشد، ارتفاع ستون جیوه در آن (کم‌تر ــ بیشتر) است.

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

الف) یک دماسنج دیجیتال (رقمی) اتومبیل، دمای داخل خودرو را $۲۴/۳^{\circ}C$ نشان می‌دهد. خطای این دماسنج $\pm ۰/۰۵^{\circ}C$ است.

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

پ) فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع و جامد تقریباً یکسان 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 $۳۰\,L/s$، $۴۲\,m^3/h$ و $۱۰^4\,cm^3/min$ است، در اختیار داریم. کدام پمپ زودتر آب استخر را تخلیه می‌کند؟ (هر لیتر ۱۰^3 سانتی‌متر مکعب و ۱۰^{-3} متر مکعب است.) — ۱/۵

۵ شکل مقابل، یک دماسنج پزشکی را نشان می‌دهد.

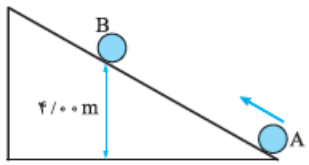
الف) خطای اندازه‌گیری در این دماسنج را تعیین کنید. — ۰/۵

ب) عددی که دماسنج نشان می‌دهد را به شکل صحیح گزارش کنید. — ۰/۵

۶ یک قطعه فلز به چگالی $۹/۰\,g/cm^3$ را در یک ظرف پر از الکل می‌اندازیم. در نتیجه $۲۰/۰\,g$ الکل بیرون می‌ریزد. جرم قطعه‌فلز را محاسبه کنید. — ۱

$(\rho_{\text{الکل}} = ۰/۸۰\,g/cm^3)$

۷ جسمی به جرم $۰/۵۰۰\,kg$ را از پایین سطح شیب‌داری (نقطهٔ A) با انرژی جنبشی $K_1 = ۱۰۰/۰\,J$ به سمت بالای سطح پرتاب می‌کنیم. این جسم تا نقطهٔ B بالا می‌رود و سپس با انرژی جنبشی $K_2 = ۶۰/۰\,J$ به محل پرتاب برمی‌گردد:



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؟ $(g = ۱۰/۰\,m/s^2)$ — ۰/۵

۸ توپی را با چه سرعتی در راستای قائم به سمت بالا پرتاب کنیم تا سرعتش در ارتفاع $۵/۰\,m$ بالاتر از نقطهٔ پرتاب برابر با $۸/۰\,m/s$ باشد؟ (از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید و شتاب گرانش زمین $۱۰/۰\,m/s^2$ فرض شود.) — ۱/۵

۹ گلوله‌ای از ارتفاع h رها می‌شود. در هر کدام از شرایط ذکرشده در الف و ب با دلیل بیان کنید؛ 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؟

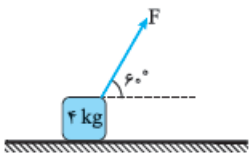
الف) مقاومت هوا وجود نداشته باشد. — ۰/۷۵

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

۱۰ الف) بازده را تعریف کنید. — ۰/۵

ب) در شکل مقابل، بازده سامانه و انرژی تلف‌شده را محاسبه کنید. — ۰/۵

۱۱ در شکل زیر، نیروی $F = ۹۰/۰\,(N)$ جسم را از حال سکون به حرکت درمی‌آورد. اگر نیروی اصطکاک $\frac{۱}{۵}$ نیروی وزن باشد، پس از طی مسافت $۵/۰۰\,m$ انرژی جنبشی جسم را محاسبه کنید. $(\cos ۶۰^{\circ} = ۰/۵۰۰)$ — ۱/۵

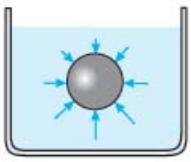


۱۲ ثابت کنید اختلاف فشار بین دو نقطه از یک مایع ساکن از رابطهٔ $\Delta P = \rho g h$ به دست می‌آید که در آن h اختلاف عمق آن دو نقطه است. — ۱/۵

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

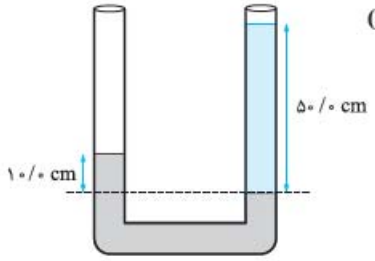
۱۳ الف) شکل مقابل، جسم غوطه‌ور در شاره‌ای را نشان می‌دهد. این شکل به کدام پدیدهٔ فیزیکی اشاره می‌کند؟ توضیح دهید. **۱**

ب) به وسیلهٔ یک مانومتر آزمایشی طرح کنید که نشان دهد فشار در یک شارهٔ معین به عمق بستگی دارد. **۰/۵**



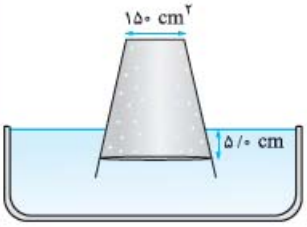
۱۴ در یک شاخهٔ لولهٔ U شکل که محتوی جیوه است، تا ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر مایعی می‌ریزیم. اختلاف ارتفاع جیوه در دو طرف لولهٔ U شکل ۱۰cm می‌شود. چگالی مایع را محاسبه کنید. **۱/۵**

$(\rho_{\text{جیوه}} = ۱/۳۵\times۱۰^{۴}\,kg/m^{۳})$



۱۵ یک لیوان فلزی 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، ۵/۰ سانتی‌متر می‌شود چه نیرویی بر انتهای لیوان وارد کنیم تا لیوان به بالا نجهد؟ **۱/۵**

$(\rho_{\text{آب}} = ۱/۰۲\times۱۰^{۳}\,kg/m^{۳}\ ,\ g = ۹/۸۰\,m/s^{۲})$



جمع نمرات	موفق باشید	۲۰

فیزیک (۱)	رشتهٔ: ریاضی	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 تفاوت ندارد.

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

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

ت) تندی کمیتی برداری است.

فصل دوم

۳ الف) سعید و حمید جرم یکسانی دارند. آن‌ها از یک نقطه در پایین کوه توچال به سمت ایستگاه پنج حرکت می‌کنند؛ اما سعید پیاده و حمید با تله‌کابین به ایستگاه پنج می‌رسند. کار نیروی وزن روی این دو نفر را با ذکر دلیل مقایسه کنید. ۰/۷۵

ب) (انرژی پتانسیل ــ تغییر انرژی پتانسیل) گرانشی یک سامانه، به مبدأ پتانسیل انتخاب‌شده بستگی ندارد. ۰/۲۵

۴ یک بالابر با بازده ٪۴۰/۰ با صرف $50/0\ kJ$ انرژی، یک قطعهٔ فلزی را با تندی ثابت تا ارتفاع $10/0\ m$ بالا می‌برد: $(g \simeq 9/80\ m/s^2)$

الف) جرم قطعهٔ فلزی را محاسبه کنید. ۱

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

فصل سوم

۵ 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 مولکول‌های شاره
ت) نیروی شناوری	۴- تفاوت فشار در عمق‌های مختلف یک شاره
ث) بالارفتن نوشابه از نی هنگام نوشیدن	

۶ درون ظرفی استوانه‌ای به مساحت قاعدهٔ $1/5\times10^{2}$ سانتی‌متر مربع، تا ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر مایعی به چگالی $1/2\times10^{3}\ kg/m^3$ می‌ریزیم:

الف) فشار و نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع را محاسبه کنید. ۱

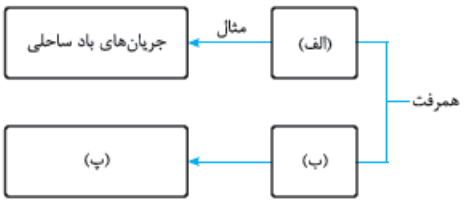
ب) اگر ۶/۰ کیلوگرم دیگر از همان مایع به ظرف اضافه کنیم، فشار و نیروی وارد بر کف ظرف چه‌قدر زیاد می‌شود؟ $(g \simeq 10\ m/s^2)$ ۱

فصل چهارم

۷ الف) اگر جاذبهٔ زمین وجود نداشته باشد، کدام روش انتقال گرما اتفاق نمی‌افتد؟ ۰/۵

ب) سه عامل مؤثر بر آهنگ رسانش گرمایی در یک میله را بنویسید. ۰/۷۵

پ) نمودار مفهومی مقابل را کامل کنید. ۰/۷۵



۸ الف) دو عامل مؤثر بر نقطهٔ ذوب مواد را بنویسید. ۰/۵

ب) برای ذوب $1/00\ kg$ مس $20\ ^\circ C$ چند کیلوگرم زغال باید سوزانده شود؟ دمای ذوب مس $1080\ ^\circ C$، گرمای ویژهٔ مس $4/0\times10^{2}\ \frac{J}{kg.K}$ و انرژی زغال $37/2\ kJ/kg$ است. فرض کنید ٪۶۰ از انرژی گرمایی حاصل از زغال به مس می‌رسد. ۲

$(L_F \text{ مس} = 1/34\times10^{5}\ J/kg)$

۹ در یک سیلندر به سطح مقطع $0/80$ متر مربع که با یک پیستون مسدود شده است، $64/0$ 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

فیزیک (۱)	رشتهٔ: ریاضی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	
ردیف	آزمون شمارهٔ ۵	نوبت دوم پایهٔ دهم دورهٔ متوسطهٔ دوم		نمره

فصل پنجم

۱۰ مقداری گاز آرمانی در یک استوانه که با یک پیستون مسدود شده است را در نظر بگیرید.

الف) چگونه می‌توانیم انبساطی هم‌فشار روی گاز انجام دهیم. ۰/۵

ب) علامت‌های W و Q را برای این فرایند تعیین کنید. ۰/۵

پ) نمودارهای $P-T$ و $V-T$ آن را رسم کنید. ۰/۵

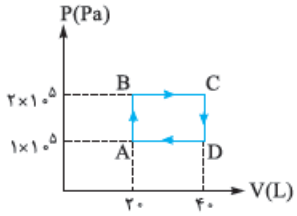
۱۱ ۱/۲۰ مول گاز آرمانی تک‌اتمی در دمای $177\ ^\circ C$ و حجم V_1 موجود است. اگر گاز را با یک انبساط بی‌دررو به حجم V_2 برسانیم، دمای گاز ۵۰ درجهٔ سلسیوس کاهش می‌یابد: $(C_V \simeq 12/50\ \frac{J}{mol.K})$

الف) انرژی درونی گاز چند ژول کاهش پیدا می‌کند؟ ۰/۷۵

ب) اگر همین گاز را طی یک انبساط هم‌دما به حجم V_2 برسانیم، فشار نهایی گاز چند برابر فشار نهایی گاز در فرایند بی‌دررو خواهد شد؟ ۰/۷۵

پ) نمودار $P-V$ این دو فرایند را به طور کیفی رسم کنید. ۰/۵

۱۲ چرخهٔ مقابل مربوط به مقداری گاز آرمانی تک‌اتمی است:



الف) در کدام نقطه گاز بیشترین دما و در کدام نقطه گاز کم‌ترین دما را دارد؟ ۰/۵

ب) اگر این چرخه مربوط به یک ماشین گرمایی باشد، بیشترین بازده ممکن را برای این ماشین گرمایی محاسبه کنید. ۰/۷۵

پ) کار کل مبادله‌شده در چرخه را محاسبه کنید. ۰/۷۵

ت) اندازهٔ تغییر انرژی درونی در فرایندهای AB و CD را با ذکر دلیل مقایسه کنید. ۰/۵

	موفق باشید	جمع نمرات	۲۰

آزمون شمارهٔ ۳ (نوبت اول)

۱- الف) ۰/۰۵ (صفحهٔ ۱۷)

نکته در اندازه‌گیری با کولیس اگر دقت ۰/۱ میلی‌متر (و خطا ۰/۰۵ میلی‌متر) باشد مورد اندازه‌گیری‌شده 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 بیان‌شده (عدد سمت راست) باید زوج باشد و در نهایت اگر دقت کولیس ۰/۰۵ میلی‌متر (و خطا ۰/۰۲۵ میلی‌متر) باشد عدد اندازه‌گیری‌شده تا صدم میلی‌متر بیان می‌شود اما کوچک‌ترین رقم بیان‌شده (عدد سمت راست) باید صفر یا پنج باشد. با این توضیحات عدد داده‌شده (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.

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

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

ت) بلورین (صفحهٔ ۶۲)

ث) وقتی مایعی را متراکم می‌کنیم، مولکول‌های مایع بیش از حد معینی به هم نزدیک می‌شوند. در این حالت نیروی هم‌چسبی دافعه بوده و مانع نزدیک‌ترشدن مولکول‌ها به هم می‌شود، درنتیجه مایعات متراکم نمی‌شوند. (صفحهٔ ۶۸)

ج) کم‌تر (صفحهٔ ۷۱)

۲- الف) نادرست ـ در وسایل اندازه‌گیری رقمی (دیجیتال) یک واحد از آخرین رقم اندازه‌گیری‌شده به عنوان خطا در نظر گرفته می‌شود که در این‌جا یک دهم درجهٔ سلسیوس می‌باشد. (صفحهٔ ۱۴)

ب) نادرست ـ انرژی پتانسیل گرانشی به مبدأ بستگی دارد و تنها تغییر انرژی پتانسیل گرانشی مستقل از مبدأ انتخاب‌شده، است. (صفحهٔ ۴۳)

پ) درست ـ این ویژگی (فاصلهٔ ذرات سازنده) تقریباً در مایعات و جامدات یکسان است. (صفحهٔ ۶۳)

ت) درست (صفحهٔ ۶۴)

۳- الف) به هر چیزی که بتوان اندازه گرفت، کمیت گویند. (صفحهٔ ۶)

ب) به 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:

$$B: ۴۲\ m^۳/h = ۴۲\ \frac{\cancel{m^۳}}{\cancel{h}} \times \frac{۱۰^۳ L}{\cancel{m^۳}} \times \frac{\cancel{h}}{۳۶۰۰(s)} = \frac{۴۲\times۱۰^۳}{۳۶۰۰} L/s \simeq ۱۱/۶ L/s$$

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

$$= \frac{۱۰^۴}{۶۰\times۱۰^۳} L/s = \frac{۱}{۶} L/s \simeq ۰/۱۷ L/s$$

پس: سرعت تخلیهٔ A > سرعت تخلیهٔ B > سرعت تخلیهٔ C (صفحه‌های ۱۰ - ۱۱)

۵- الف) در این دماسنج پزشکی کمینهٔ درجه‌بندی $\frac{۱}{۱۰}$ درجهٔ سیلسیوس است، پس خطای اندازه‌گیری نصف این مقدار است، یعنی:

$$\text{خطای اندازه‌گیری} = \frac{۱}{۲}\times\frac{۱}{۱۰}\,^\circ\text{C} = \frac{۱}{۲۰}\,^\circ\text{C} = \frac{۵}{۱۰۰}\,^\circ\text{C} = ۰/۰۵\,^\circ\text{C}$$

(صفحهٔ ۱۴)

ب) جیوهٔ لولهٔ دماسنج از ۳۶/۵ درجهٔ سیلسیوس گذشته اما هنوز به ۳۶/۶ درجهٔ سلسیوس، نرسیده، پس صدم درجهٔ سلسیوس را باید حدس بزنیم. مثلاً می‌توانیم بنویسیم $۳۶/۵۸\,^\circ\text{C}$، پس اندازه‌گیری را به صورت مقابل گزارش می‌کنیم: $۳۶/۵۸\,^\circ\text{C} \pm ۰/۰۵\,^\circ\text{C}$

(صفحه‌های ۱۴ - ۱۵)

۶- ابتدا حجم الکل بیرون ریخته‌شده را محاسبه می‌کنیم:

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

$$\Rightarrow V = \frac{۲۰/۰\,g}{۰/۸۰\,g/cm^۳} = ۲۵\,(cm^۳)$$

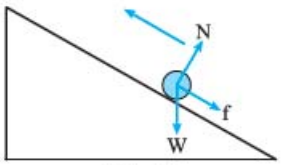
حجم قطعه فلز با حجم الکل بیرون ریخته‌شده برابر است، پس:

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

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

(صفحهٔ ۲۲)

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



هنگام بالارفتن

$$W_{وزن} = -\Delta U = -(mg\Delta h)$$

$$= -(۰/۵۰۰\,kg)\times(۱۰/۰\,m/s^۲)\times(۴/۰۰\,m)$$

$$\Rightarrow W_{وزن} = -۲۰/۰\,(J)$$

ب) طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

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

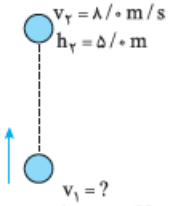
$$(-۲۰/۰\,J) + W_{اصطکاک} + ۰ = -۱۰۰/۰\,J \Rightarrow W_{اصطکاک} = -۸۰/۰\,(J)$$

پ) در کل مسیر رفت و برگشت داریم:

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

(صفحه‌های ۳۷ و ۴۲)

۸- چون اتلاف انرژی نداریم انرژی مکانیکی پایسته می‌ماند:



$$E_۲ = E_۱ \Rightarrow K_۲ + U_۲ = K_۱ + \underbrace{U_۱}_{۰}$$

$$\frac{۱}{۲}\cancel{m}v_۲^۲ + \cancel{m}gh_۲ = \frac{۱}{۲}\cancel{m}v_۱^۲$$

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)

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

ب) اگر اتلاف انرژی داشته باشیم، بخشی از انرژی پتانسیلِ کاهش‌یافته به انرژی جنبشی و بخشی به انرژی درونی تبدیل می‌شود. در نیمهٔ مسیر، نیمی از انرژی پتانسیل جسم کاهش می‌یابد، اما همهٔ این انرژی به جنبشی تبدیل نمی‌شود، پس باز هم باید از انرژی پتانسیل کاسته و به انرژی جنبشی افزوده شود تا این دو انرژی برابر شوند، پس جسم باز هم باید پایین بیاید؛ در نتیجه در نقطه‌ای پایین‌تر از نیمهٔ مسیر، امکان برابرشدن انرژی پتانسیل گرانشی و انرژی جنبشی وجود دارد. (صفحه‌های ۴۷ تا ۵۰)

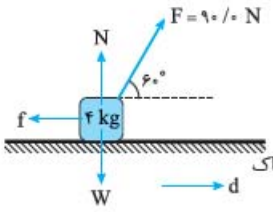
۱۰- الف) نسبت کار مفید یک سامانه به انرژی ورودی آن را بازده می‌نامند.

ب)
$$\text{بازده} = \frac{\text{کار مفید}}{\text{انرژی ورودی}}\times۱۰۰ = \frac{۳۰۰\,J}{۵۰۰\,J}\times۱۰۰ = ٪۶۰/۰$$

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

(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:

$$f_k = \frac{۱}{۵}W$$

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

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

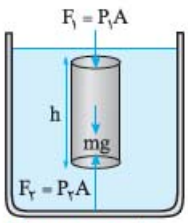
اکنون رابطهٔ کار ـ انرژی جنبشی را می‌نویسیم:

$$W_F + W_{f_k} + \underbrace{W_N}_{۰} + \underbrace{W_W}_{۰} = K_۲ - \underbrace{K_۱}_{۰}$$

$$(۲۲۵\,J) + (-۴۰/۰\,J) = K_۲ \Rightarrow K_۲ = ۱۸۵\,J$$

(صفحه‌های ۳۴ تا 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:



$$F_۱ + mg = F_۲$$

$$P_۱A + mg = P_۲A$$

$$P_۱A + (\rho V)g = P_۲A$$

$$P_۱\cancel{A} + \rho(\cancel{A}h)g = P_۲\cancel{A}$$

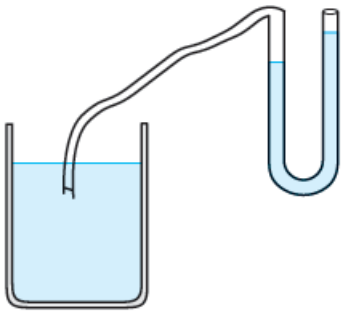
$$\Rightarrow P_۱ + \rho gh = P_۲ \Rightarrow P_۲ - P_۱ = \rho gh$$

$$\Rightarrow \Delta P = \rho gh$$

(صفحه‌های ۷۳ - ۷۴)

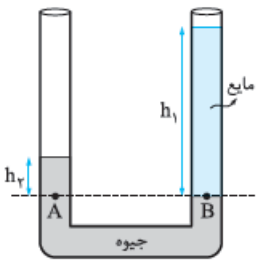
۱۳- الف) این شکل به نیروی شناوری و اصل ارشمیدس اشاره می‌کند. به علت اختلاف عمق قسمت‌های مختلف این جسم کروی، نیروهایی که از طرف شاره از پایین به بالا بر جسم وارد می‌شوند، بزرگ‌تر از نیروهایی هستند که از طرف شاره رو به پایین بر آن وارد می‌شوند، درنتیجه برآیند نیروهای وارد بر جسم از طرف شارهٔ بالا سو است که این همان نیروی شناوری است. (صفحهٔ ۸۱)

ب) به یک شاخهٔ مانومتر، یک شلنگ پلاستیکی منعطف وصل می‌کنیم و شلنگ را در یک شاره به سمت پایین می‌بریم. مشاهده می‌شود هرچه دهانهٔ شلنگ در عمق‌های بیشتر قرار می‌گیرد، اختلاف ارتفاع مایع در دو طرف لولهٔ U شکل مانومتر بیشتر می‌شود و این به معنای فشار بیشتر در شاخه است که به عمق شاره مرتبط است.



(صفحهٔ ۷۸)

۱۴- دو نقطهٔ A و B هم‌ترازند و مایع زیر آن‌ها یکسان است، پس هم‌فشارند. پس می‌نویسیم:



$$P_B = P_A \Rightarrow \rho_۱gh_۱ + \cancel{P_۰} = \rho_۲gh_۲ + \cancel{P_۰}$$

$$\Rightarrow \rho_۱gh_۱ = \rho_۲gh_۲$$

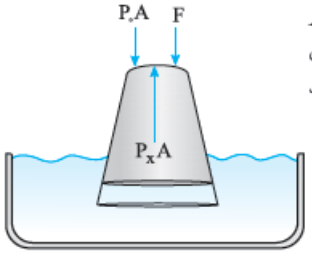
$$\Rightarrow \rho_۱\times(۵۰/۰\,cm)$$

$$= (۱/۳۵\times۱۰^۴\,kg/m^۳)\times(۱۰/۰\,cm)$$

$$\rho_۱ = ۰/۲۷۰\times۱۰^۴\,kg/m^۳$$

(صفحهٔ ۷۴ - ۷۵)

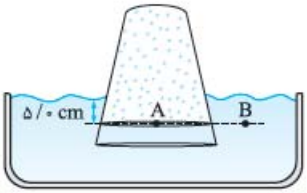
۱۵- اگر لیوان را در نظر بگیریم نیروهای نشان داده‌شده در شکل بر انتهای لیوان وارد می‌شوند نیروی F توسط دست ما، نیروی $P_۰A$ توسط فشار هوای محیط و نیروی P_xA توسط فشار هوای محبوس داخل لیوان. برای آن‌که لیوان به بالا نجهد باید این نیروها متوازن باشند یعنی:



$$P_۰A + F = P_xA \Rightarrow P_xA - P_۰A = F$$

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

عبارت $P_x - P_0$ 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:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_x = \rho gh + P_0$$

$$\Rightarrow P_x - P_0 = \rho gh$$

$$= (۱/۰۲\times۱۰^{۳}\,kg/m^{۳})\times(۹/۸۰\,m/s^{۲})\times(۵/۰\times۱۰^{-۲}\,m)$$

$$\Rightarrow P_x - P_0 \simeq ۵/۰\times۱۰^{۲}\,(Pa)$$

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

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

(صفحه‌های ۷۳، ۷۴، ۷۸)

آزمون شمارهٔ ۵ (نوبت دوم)

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

$$۲\times ۰/۰۱(mm)=۰/۰۲(mm)$$

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 گزینهٔ ۲ قطعاً نمی‌تواند نتیجهٔ اندازه‌گیری با این کولیس باشد، زیرا رقم صدم میلی‌متر آن فرد است. اما برای بررسی دو گزینهٔ دیگر آن‌ها را به میلی‌متر تبدیل می‌کنیم:

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

$$=۲۳۴/۴\times ۱۰^{-۱}mm=۲۳/۴۴mm$$

دقت این عدد از مرتبهٔ صدم میلی‌متر است و رقم صدم میلی‌متر نیز زوج است پس این عدد می‌تواند نتیجهٔ اندازه‌گیری با این کولیس باشد حالا گزینهٔ سوم را هم به میلی‌متر تبدیل می‌کنیم:

$$۳)۲/۴۴\times ۱۰^{۴}\mu m=۲/۴۴\times ۱۰^{۴}\,\mu\!\not{m}\times\frac{۱۰^{-۶}\,\not{m}}{\not{\mu m}}\times\frac{mm}{۱۰^{-۳}\,\not{m}}$$

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

$$=۲/۴۴\times ۱۰^{۱}mm=۲۴/۴mm$$

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) چگالی یک ماده فقط به جنس ماده و دمای آن بستگی دارد. پس جمله درست است. (صفحهٔ ۲۲)

ب) برای تعیین مرتبهٔ بزرگی، ابتدا عدد ۵۲ را به صورت $۵/۲\times ۱۰^{۱}$ می‌نویسیم از طرفی چون ۵/۲ از ۵ بزرگ‌تر است مرتبهٔ بزرگی آن را $۱۰^{۱}$ در نظر می‌گیریم آن‌گاه:

$$۵۲=۵/۲\times ۱۰^{۱}\sim ۱۰^{۱}\times ۱۰^{۱}\sim ۱۰^{۲}$$

پس جمله درست است. (صفحهٔ ۱۹)

پ) نادرست: اصول فیزیکی معمولاً دامنهٔ محدودی از پدیده‌ها را توضیح می‌دهند. (صفحهٔ ۲)

ت) نادرست (صفحهٔ ۶)

۳- الف) کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی، در این جابه‌جایی انرژی پتانسیل سعید و حمید به یک اندازه افزایش یافته است پس کار نیروی وزن بر روی هر دو یکسان است. (صفحهٔ ۴۲)

نکته به طور کلی کار نیروی وزن به مسیر جابه‌جایی بستگی ندارد و فقط به ارتفاع اولیه و نهایی وابسته است.

ب) تغییر انرژی پتانسیل گرانشی به مبدأ انتخاب‌شده بستگی ندارد. (صفحهٔ ۴۳)

۴- ابتدا کار نیروی واردشده از طرف بالابر را محاسبه می‌کنیم چون تندی ثابت است، از رابطهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

$$W_F+W_{mg}=\not{\Delta K}\Rightarrow W_F=-W_{mg}=-(-\Delta U)=\Delta U$$

$$\Rightarrow W_F=Mg\Delta h=M\times(۹/۸۰\,m/s^{۲})\times(۱۰/۰\,m)=۹۸/۰\,M$$

اینک رابطهٔ بازده را می‌نویسیم:

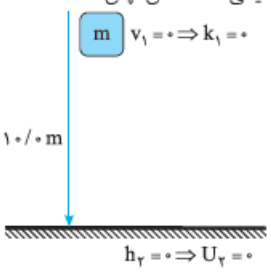
$$\text{بازده}=\frac{\text{کار خروجی}}{\text{انرژی مصرفی}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۴۰/۰=\frac{۹۸/۰\,M}{۵۰/۰\times ۱۰^{۳}}\times ۱۰۰$$

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

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

(ترکیبی از صفحه‌های ۳۷، ۴۲ و ۵۳)

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



$$W_f=E_۲-E_۱$$

$$=(K_۲+\not{U_۲})-(\not{K_۱}+U_۱)$$

$$=\frac{۱}{۲}mv_۲^{۲}-mgh_۱$$

$$W_f = [\frac{1}{2}\times(0/204\times10^{-3}\,kg)\times(12/0\,m/s)^2] - [(0/204\times10^{-3}\,kg)\times(9/80\,m/s^2)\times(10/0\,m)]$$

$$\Rightarrow W_f \simeq (14/7\times10^{-3}\,J) - (20/0\times10^{-3}\,J) = -5/3\times10^{-3}\,(J)$$

(صفحهٔ ۱۴ تا ۱۷)

۵- 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)

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

$$P = \rho gh = (1/2\times10^{3}\,kg/m^3)\times(10\,m/s^2)\times(80\times10^{-2}\,m)$$

$$= 9/6\times10^{3}\,(Pa)$$

و اما نیروی وارد بر کف: ابتدا مساحت کف ظرف را به متر مربع تبدیل می‌کنیم:

$$A = 1/5\times10^{2}\,\cancel{cm^2}\times\frac{(10^{-2}\,m)^2}{\cancel{cm^2}} = 1/5\times10^{2}\times10^{-4}\,m^2 = 1/5\times10^{-2}\,m^2$$

$$F = PA = (9/6\times10^{3}\,Pa)\times(1/5\times10^{-2}\,m^2) = 1/4\times10^{2}\,(N)$$

(صفحه‌های ۷۳ - ۷۴)

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

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{6/0\,kg}{1/2\times10^{3}\,kg/m^3} = 5/0\times10^{-3}\,m^3$$

اکنون با توجه به این‌که ظرف استوانه‌ای شکل است، ارتفاع مایع افزوده‌شده را محاسبه می‌کنیم:

$$V = Ah \Rightarrow (5/0\times10^{-3}\,m^3) = (1/5\times10^{-2}\,m^2)\times h$$

$$\Rightarrow h = \frac{5/0\times10^{-3}\,m^3}{1/5\times10^{-2}\,m^2} \simeq 3/3\times10^{-1}\,(m)$$

اکنون افزایش فشار را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta P = \rho g\Delta h = (1/2\times10^{+3}\,kg/m^3)\times(10\,m/s^2)\times(3/3\times10^{-1}\,m)$$

$$= 4/0\times10^{3}\,(Pa)$$

و حالا افزایش نیرو: $\Delta F = \Delta P\times A = (4/0\times10^{3}\,Pa)\times(1/5\times10^{-2}\,m^2) = 6/0\times10\,(N)$

(صفحه‌های ۲۲، ۷۳ و ۷۴)

نکته در قسمت (ب) به روش دیگری هم می‌توانیم عمل کنیم البته این روش فقط در مورد ظروفی درست است که سطح مقطع آن‌ها در تمام ارتفاع ظرف یکسان باشد مثل ظروف استوانه‌ای‌شکل، مکعب‌شکل و ...

اما روش دوم:

در این‌گونه ظروف نیروی وارد بر کف ظرف با وزن مایع برابر است پس می‌توان گفت افزایش نیروی وارد بر کف ظرف با وزن مایع اضافه‌شده برابر است. پس:

$$\Delta F = mg = (6/0\,kg)\times(10\,m/s^2) = 60\,(N)$$

و سپس می‌توان افزایش فشار را از رابطهٔ زیر به دست آورد:

$$\Delta F = \Delta P\times A \Rightarrow \Delta P = \frac{\Delta F}{A} = \frac{(60\,N)}{(1/5\times10^{-2}\,m^2)} = 4/0\times10^{3}\,(Pa)$$

۷- الف) روش همرفت زیرا در همرفت وقتی شاره‌ای گرم می‌شود، سبک‌شده، بالا می‌رود و شارهٔ سنگین‌تر جای آن را می‌گیرد و واضح است که سبکی و سنگینی فقط وقتی معنا دارند که جاذبه و وزن وجود داشته باشد. (صفحه‌های ۱۲۷ و ۱۲۸)

ب) سه عامل مؤثر بر آهنگ رسانش گرمایی ⟵ ۱- جنس ماده ۲- سطح مقطع میله ۳- اختلاف دمای دو سر میله (صفحهٔ ۱۲۵ و ۱۲۶)

پ) ۱- طبیعی ۲- واداشته ۳- سیستم گرم‌کنندهٔ مرکزی منازل و یا سیستم خنک‌کنندهٔ موتور اتومبیل (صفحهٔ ۱۲۷ تا ۱۲۹)

۸- الف) ۱- جنس ماده ۲- فشار وارد بر ماده (صفحهٔ ۱۱۷)

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

مس مذاب ۱۰۸۰ °C $\xleftarrow{\text{تغییر حالت}\ Q_2}$ ۱۰۸۰ °C مس $\xleftarrow{\text{تغییر دما}\ Q_1}$ ۲۰ °C مس

کل $Q = Q_1 + Q_2 = mc\Delta\theta + mL_F$

$$= (1/00\,kg)\times(4/0\times10^{2}\,\frac{J}{kg.^\circ C})\times(1060\,^\circ C) + (1/00\,kg)\times(1/34\times10^{5}\,J/kg)$$

$$= (4/2\times10^{5}\,J) + (1/34\times10^{5}\,J) = 5/5\times10^{5}\,(J) = 5/5\times10^{2}\,kJ$$

همان‌طور که در مسئله آمده است انرژی زغال $37/2\,(kJ/kg)$ است اما تنها ۶۰٪ این انرژی به مس می‌رسد یعنی $\frac{60}{100}\times37/2\,(kJ/kg) = 22/3\,(kJ/kg)$.

اکنون با یک تناسب ساده پاسخ مسئله به دست می‌آید:

$$\frac{\text{جرم زغال (kg)}}{\text{انرژی (kJ)}}\ \frac{1/00}{22/3} = \frac{x}{5/5\times10^{2}} \Rightarrow x = \frac{(5/5\times10^{2}\,kJ)\times(1/00\,kg)}{(22/3\,kJ)} \simeq 25\,kg$$

(صفحه‌های ۱۱۰ و ۱۱۸)

۹- ابتدا با توجه به معلوم‌بودن حجم گاز و سطح مقطع سیلندر، ارتفاع گاز محبوس را به دست می‌آوریم:

$$V = Ah \Rightarrow (64/0\times10^{-3}\,m^3) = (0/80\,m^2)\times h$$

$$h = \frac{64/0\times10^{-3}\,m^3}{0/80\,m^2} = 80\times10^{-3}\,m = 8/0\times10^{-2}\,m = 8/0\,cm$$

اگر ۳/۰ سانتی‌متر پیستون پایین بیاید ارتفاع استوانه ۵/۰ سانتی‌متر می‌شود. پس چون دما ثابت فرض شده است رابطهٔ بویل ـ ماریوت را می‌نویسیم:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow P_1(\cancel{A}h_1) = P_2(\cancel{A}h_2)$$

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

$$P_1h_1 = P_2h_2 \Rightarrow (20\,bar)\times(8/0\,cm) = P_2\times(5/0\,cm)$$

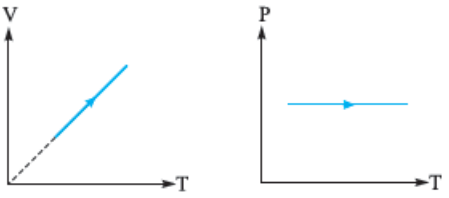
$$\Rightarrow P_2 = \frac{(20\,bar)\times(8/0\,cm)}{(5/0\,cm)} = 32\,bar$$

(صفحهٔ ۱۳۷)

۱۰- الف) برای آن‌که گاز انبساطی هم‌فشار را طی کند باید پیستون بتواند بدون اصطکاک و آزادانه حرکت کند. حالا اگر به آرامی به گاز گرما دهیم، پیستون به آرامی و با سرعت ثابت پس زده می‌شود. در این حالت فشار گاز همواره با فشار محیط برابر است و گاز فرایندی هم‌فشار را طی می‌کند.

ب) چون انبساط رخ داده است $W < 0$ و چون دستگاه گرما دریافت می‌کند $Q > 0$.

پ)



(صفحهٔ ۱۵۲)

۱۱- الف) تغییر انرژی درونی گاز آرمانی در همهٔ فرایندها از جمله فرایند بی‌دررو از رابطهٔ $\Delta U = nC_V\Delta T$ به دست می‌آید پس:

$$\Delta U = nC_V\Delta T = (1/20\,mol)\times(12/50\,\frac{J}{mol.K})\times(-50\,^\circ C) = -7/5\times10^{2}\,J$$

(صفحهٔ ۱۵۸ - ۱۵۹)

ب) اگر گاز را طی فرایندی بی‌دررو به حجم V_2 برسانیم دمای آن از ۱۷۷ °C به ۱۲۷ °C می‌رسد، پس دمای گاز در حجم V_2 برابر خواهد بود با $T = 273 + 127 = 400\,K$. (صفحهٔ ۱۵۷)

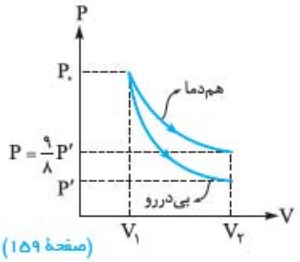
اگر گاز فرایند هم‌دما را طی کند تا به حجم V_2 برسد دمایش همان ۱۷۷°C یعنی $T = 273 + 177 = 450\,K$ باقی خواهد ماند. چون مقدار گاز در فرایند بی‌دررو و هم‌دما تغییری نمی‌کند، پس نسبت $\frac{PV}{T}$ که به مقدار گاز وابسته است برای این گاز در حجم V_2 در انتهای فرایندهای بی‌دررو و هم‌فشار باید برابر باشد.

$$(\frac{PV}{T})_{\text{هم‌دما}} = (\frac{P'V'}{T'})_{\text{بی‌دررو}} \Rightarrow \frac{P\cancel{V_2}}{450} = \frac{P'\times\cancel{V_2}}{400}$$

$$\frac{P}{P'} = \frac{450}{400} = \frac{9}{8} \Rightarrow P = \frac{9}{8}P'$$

(مثال صفحهٔ ۱۶۱)

پ) در فرایند انبساط بی‌دررو نسبت به فرایند انبساط هم‌دما افت فشار بیشتر است، پس در دستگاه مختصات $P-V$ نمودار فرایند بی‌دررو پایین‌تر از نمودار فرایند هم‌دما قرار می‌گیرد.



(صفحهٔ ۱۵۹)

۱۲- الف) طبق رابطهٔ $PV=nRT$ دما با حاصل‌ضرب فشار در حجم متناسب است، یعنی هرکه پی‌وی‌اش بیش دمایش بیشتر !!! $T \propto PV$

با این توضیح چون گاز در حالت C نسبت به حالت‌های دیگر بیشترین حاصل‌ضرب P در V را دارد پس بیشترین دمای گاز مربوط به این حالت است و چون حاصل‌ضرب PV در حالت A کم‌ترین مقدار است پس گاز در حالت A کم‌ترین دما را دارد. (صفحهٔ ۱۳۹)

ب) اگر این چرخه برای ماشین گرمایی باشد، بیشترین بازده ممکن از رابطهٔ بازده کارنو محاسبه می‌شود. در این چرخه کم‌ترین و بیشترین دما مربوط به حالت‌های A و C است، پس:

$$\eta_{max}=1-\frac{T_L}{T_H}=1-\frac{\frac{P_AV_A}{nR}}{\frac{P_CV_C}{nR}}=1-\frac{P_AV_A}{P_CV_C}$$

$$\Rightarrow \eta_{max}=1-\frac{(1\times10^5\,Pa)\times(20\times10^{-3}\,m^3)}{(2\times10^5\,Pa)\times(40\times10^{-3}\,m^3)}=1-\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$$

(صفحهٔ ۱۳۹ و ۱۷۰)

پ) کار کل مبادله‌شده در چرخه با مساحت داخل چرخه برابر است. پس:

$$|W|=S=[2\times10^5\,Pa-1\times10^5\,Pa]\times[40\times10^{-3}\,m^3-20\times10^{-3}\,m^3]$$
$$=(1\times10^5\,Pa)\times(20\times10^{-3}\,m^3)=2\times10^3\,(J)$$

(صفحهٔ ۱۶۱ - ۱۶۲)

ت) دلایل زیادی می‌توانیم بیاوریم که $|\Delta U_{CD}|>|\Delta U_{AB}|$ یکی از این دلایل این‌گونه است: همان‌طور که می‌دانیم فرایندهای AB و CD هم‌حجم هستند، پس:

$$\Delta U=Q=nC_V\Delta T=\frac{3}{2}nR\Delta T$$

$$=\frac{3}{2}nR\left(\frac{P_2V}{nR}-\frac{P_1V}{nR}\right)=\frac{3}{2}nR\times\frac{V}{nR}\Delta P \Rightarrow \Delta U=\frac{3}{2}V\Delta P$$

پس با توجه به رابطهٔ $\Delta U=\frac{3}{2}V\Delta P$ چون قدرمطلق ΔP برای هر دو فرایند یکسان است چون فرایند CD در حجم بیشتری صورت گرفته پس اندازهٔ تغییر انرژی درونی در این فرایند بیشتر است. یعنی:

$$\begin{cases}\Delta U=\frac{3}{2}V\Delta P\\ |\Delta P_{CD}|=|\Delta P_{AB}| \Rightarrow |\Delta U_{CD}|>|\Delta U_{AB}|\\ V_{CD}>V_{AB}\end{cases}$$

(صفحهٔ ۱۵۰ - ۱۵۱)

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 $2\,kg$ بیان می‌کنیم، جرم آن جسم را به طور کامل بیان کرده‌ایم و یا وقتی زمان یک رویداد را $35\,s$ 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 $10\,m$ جابه‌جا شد، برای درک این جابه‌جایی نیازمند هستیم تا جهت جابه‌جایی را نیز بدانیم و یا وقتی می‌گوییم بر جسمی نیروی $50\,N$ 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 $\frac{1}{299792458}$ 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 $\frac{1}{86400}$ 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	10^{2}	سانتی	c	10^{-2}
کیلو	k	10^{3}	میلی	m	10^{-3}
مگا	M	10^{6}	میکرو	μ	10^{-6}
گیگا	G	10^{9}	نانو	n	10^{-9}
ترا	T	10^{12}	پیکو	p	10^{-12}

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 $\frac{10^{3}\,g}{kg}$ استفاده می‌کنیم.

مثال ۱: تبدیل واحدهای خواسته‌شده را انجام دهید:

الف) $72\,km/h = ?\,m/s$

ب) $0/007\,kg = ?\,mg$

پ) $1600\,cm^{2} = ?\,km^{2}$

پاسخ:

الف) $72\frac{\cancel{km}}{\cancel{h}} \times \frac{10^{3}\,m}{\cancel{km}} \times \frac{\cancel{h}}{3600\,s} = \frac{72\times10^{3}}{3600}\frac{m}{s} = 20\frac{m}{s}$

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

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

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

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

$= ۱۶۰۰ \times ۱۰^{-۱۰}\ \text{km}^۲$

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

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

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

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 اندازه‌گیری 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)

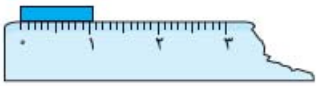
الف- عدد اندازه‌گیری‌شده: پس از هر اندازه‌گیری اعدادی را که مستقیماً توسط وسیله، اندازه‌گیری شده است و یا احتمالاً توسط شخص اندازه‌گیرنده حدس زده شده است به عنوان نتیجهٔ اندازه‌گیری ثبت می‌کنیم.

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 $= \pm \frac{۱}{۲} \times$ 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:

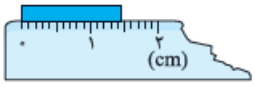
خطای وسیله = ± دقت وسیله

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:

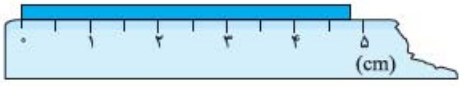
سه رقم بامعنا

$\overbrace{۱۴/۳} \pm ۰/۵\ \text{mm}$

↓

رقم مشکوک

ب)



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

در این مثال می‌توان عدد اندازه‌گیری‌شده را به صورت $4/8\ \text{cm}$ نوشت که در آن رقم ۸ حدسی است. چون نتیجهٔ اندازه‌گیری تا یک رقم اعشار بیان شده است، خطای وسیلهٔ اندازه‌گیری نیز به کران بالا گرد می‌شود تا تعداد ارقام اعشاری دو عدد یکسان شود یعنی:

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

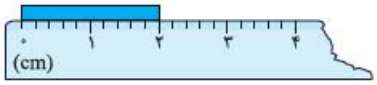
(رقم مشکوک)

و اگر بخواهیم پاسخ را برحسب میلی‌متر بنویسیم:

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

(رقم مشکوک)

پ)



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

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

(رقم مشکوک)

و یا برحسب میلی‌متر: $20\ \text{mm} \pm 1\ \text{mm}$

ت)

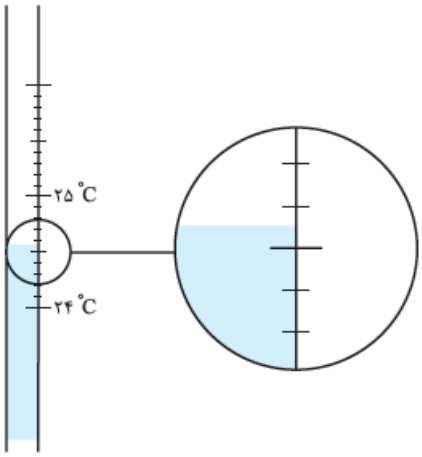
پاسخ خطای وسیله: $\pm 0/01\ \text{s}$

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

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

(رقم مشکوک)

ث)

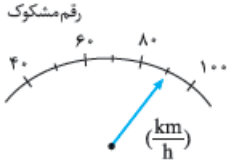


پاسخ خطای وسیله: $\pm\frac{1}{2}\times 0/1\ ^\circ\text{C} = \pm 0/05\ ^\circ\text{C}$

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

(رقم مشکوک)

ج)



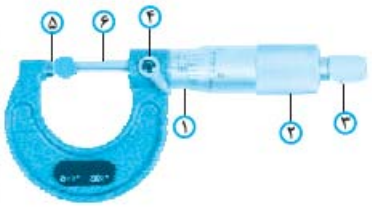
پاسخ خطای وسیله: $\pm\frac{1}{2}\times 10\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = \pm 5\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$

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

(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	۰/۱mm	۰/۰۲mm	۰/۰۵mm	۰/۰۱mm
خطا	$\pm\frac{1}{2}\times 0/1\ \text{mm} = \pm 0/05\ \text{mm}$	$\pm\frac{1}{2}\times 0/02\ \text{mm} = \pm 0/01\ \text{mm}$	$\pm\frac{1}{2}\times 0/05\ \text{mm} = \pm 0/025\ \text{mm}$	$\pm\frac{1}{2}\times 0/01\ \text{mm} = \pm 0/005\ \text{mm}$
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	۱۶/۴۰mm ۳۱/۲۷mm	۱۷/۰۰mm ۴۱/۷۶mm	۳۸/۵۰mm ۷/۰۵mm	۲۷/۴۳۳mm ۳۱/۲۷۰mm
گزارش به همراه خطا	$16/40\ \text{mm} \pm 0/05\ \text{mm}$ $31/27\ \text{mm} \pm 0/05\ \text{mm}$	$17/00\ \text{mm} \pm 0/01\ \text{mm}$ $41/76\ \text{mm} \pm 0/01\ \text{mm}$	$38/50\ \text{mm} \pm 0/02\ \text{mm}$ * $7/05\ \text{mm} \pm 0/02\ \text{mm}$ *	$27/433\ \text{mm} \pm 0/005\ \text{mm}$ $31/270\ \text{mm} \pm 0/005\ \text{mm}$

* 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: $0/025\ \text{mm} \simeq 0/03\ \text{mm}$

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.