مدرسان شریف

فصل اول

« آحاد، ابعاد و برخی پارامترهای مهم در مهندسی »

آحاد و ابعاد

هر مفهوم فیزیکی قابل مشاهده و یا اندازه‌گیری به وسیله ابعاد تعریف می‌شود. مثلا زمان، طول، حجم، مساحت و انرژی هر کدام یک بعد محسوب می‌شوند. بزرگی هر بعد نیز با واحد بیان می‌شود.

ابعاد اصلی عبارتند از: طول، زمان، دما، جرم و جریان الکتریکی مقدار ماده و شدت روشنایی. ابعاد دیگر ابعاد فرعی نام دارند که از ترکیب ابعاد اصلی ایجاد می‌شوند.

برای استفاده از آحاد مختلف از سیستم‌های مختلفی استفاده می‌شود. معروفترین سیستم‌ها عبارتند از:

سیستم انگلیسی یا Imperial system (فوت، پوند، ثانیه)، سیستم cgs (سانتیمتر، گرم، ثانیه) و سیستم SI (متر، کیلوگرم، ثانیه).

نکته۱: ابعاد دو طرف تساوی در تمامی معادلات موجود در مهندسی بایستی یکسان باشند.

از این نکته می‌توان در نوشتن روابط استفاده نمود. به طوری‌که اگر ابعاد دو طرف تساوی یکسان نباشد نشان دهنده این است که رابطه مذکور درست نوشته نشده است. این مطلب در مورد واحدهای یک تساوی نیز پابرجاست. به طوری‌که اگر واحدها در دو طرف یک تساوی یکسان نباشد نشان می‌دهد که یا رابطه اشتباه نوشته شده است و یا واحدها همگی در یک سیستم نیامده اند. مثلا ممکن است برخی واحدها در سیستم SI و برخی دیگر در سیستم cgs آمده باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود همیشه در حل مسأله‌ها در هنگام نوشتن روابط در جلوی هر عدد در رابطه واحد آن نیز نوشته شود.

برای نشان دادن مقادیر خیلی بزرگ یا خیلی کوچک کمیت‌ها از ضرایب مشخصی قبل از واحدها استفاده می‌شود که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

میکرو (μ,10^{-6})، میلی (m,10^{-3})، کیلو (k,10^{3}) و مگا (M ,10^{6})،

گاهی اوقات در مسائل واحد کمیت‌های مختلف را در سیستم‌های متفاوتی می‌دهند لذا لازم است که قبل از حل مسأله واحدها را تبدیل نماییم. جدول زیر تبدیل برخی از واحدهای مهم و کاربردی در صنایع غذایی را به هم نشان می‌دهد:

۱ فوت (ft)	۰/۳۰۴۸ متر (m)	۱ BTU	۱۰۵۵ ژول (J)
۱ اینچ (in)	۲/۵۴ سانتیمتر (cm)	۱ BTU	۲۵۲/۱۶ کالری (cal)
۱ آنگستروم (A°)	10^{-10} متر	۱ کیلو کالری	۴/۱۸ کیلو ژول
۱ پوند (lb_m)	۰/۴۵۴ کیلوگرم	۱ ژول	۱ نیوتن متر
۱ نیوتن (N)	۱ $Kg.m/s^2$	۱ وات (W)	۱ J/s
۱ پوند نیرو (lb_f)	۴/۴۵ نیوتن	۱ دین (dyne)	۱ $g.cm/s^2$
۱ اسب بخار (hp)	۰/۷۴۵۷ کیلو وات	۱ پوند بر اینچ مربع (psi)	۶/۸۹۵ کیلو پاسکال (kPa)
۱ پاسکال (Pa)	۱ N/m^2	۱ بار (bar)	10^5 پاسکال (Pa)
۱ اتمسفر (atm)	۱۴/۶۹۶ پوند بر اینچ مربع	۱ اتمسفر	$1/013\times10^5$ N/m^2
۱ اتمسفر	۷۶۰ میلیمتر جیوه (mm Hg)	۱ سانتی پواز (cp)	10^{-3} pa s

تبدیل‌هایی که در جدول بالا آمده‌اند مواردی اساسی هستند و سایر تبدیل‌ها را می‌توان با به خاطر داشتن جدول بالا انجام داد که در ادامه به مثالی از آن پرداخته می‌شود.

مثال۱: هر $\frac{Btu}{hr.ft^2}$ برابر با چند $\frac{W}{m^2}$ است؟

۱) ۲/۷۷ ۲) ۳/۱۵ ۳) ۱/۶۷ ۴) ۴/۵۶

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» از جدول بالا می‌دانیم که هر Btu برابر با ۱۰۵۵ ژول می‌باشد. از طرفی هر ساعت ۳۶۰۰ ثانیه است پس هر ۱ Btu/hr برابر با ۰/۲۹۳ J/s است. از طرفی هر J/s یک W است پس این مقدار برابر با ۰/۲۹۳ W است. همچنین می‌دانیم که هر فوت برابر با ۰/۳۰۴۸ متر است پس هر ft^2 برابر با ۰/۰۹۲۹متر مربع می‌باشد. پس هر $Btu/hr.ft^2$ برابر با ۳/۱۵ W/m^2 می‌باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

کمیت‌های بدون بعد

معمولاً بررسی کمیت‌ها به صورت نسبی ساده‌تر است. این نسبت‌ها بدون بعد می‌باشند که کاربرد آن‌ها را در مسائل مهندسی آسانتر می‌سازد. به عنوان مثال وزن مخصوص کمیتی است که دارای واحد و بعد می‌باشد ولی وزن مخصوص نسبی یا ثقل مخصوص کمیتی بدون بعد است که از تقسیم نمودن وزن مخصوص یک ماده بر وزن مخصوص آب به دست می‌آید.

سیستم

قسمت مشخصی از فضا یا بخش معینی از یک ماده را که ما بررسی‌مان را روی آن انجام می‌دهیم «سیستم» می‌نامند. دور تا دور یک سیستم را مرزهای آن در بر گرفته است که آن را از محیط اطراف جدا می‌نماید. هر بخشی از فضا که خارج از مرزهای یک سیستم قرار دارد و بر روی مرزهای آن تأثیرگذار است را «محیط» می‌نامند. به عنوان مثال وقتی ما تبخیر آب را در یک اواپراتور بررسی می‌کنیم، داخل اواپراتور سیستم ما است و دیواره‌های آن مرزهای این سیستم. ما در مسائل فیزیکی با سه نوع سیستم سروکار داریم:

الف) سیستم باز: در این سیستم هر دوی جرم و انرژی از مرزهای سیستم عبور می‌کند.

ب) سیستم بسته: در این نوع سیستم فقط انرژی از مرزهای سیستم عبور می‌نماید و جرم نمی‌تواند از مرزهای سیستم عبور کند.

ج) سیستم آدیاباتیک: در این سیستم نه جرم از مرزهای سیستم عبور می‌کند نه انرژی.

نکته۲: سیستمی که ترکیب و خواص فیزیکی آن در تمام نقاطش یکسان باشد همگن و در غیر این صورت ناهمگن نام دارد. هر جزء درون سیستم ناهمگن را یک فاز می‌نامند.

مثال۲: دیگ بخار چه نوع سیستمی است؟

۱) سیستم باز ۲) سیستم بسته

۳) سیستم آدیاباتیک ۴) بسته به شرایط هر سه می‌تواند باشد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» در دیگ بخار آب وارد و بخار خارج می‌شود. در ضمن آن دیگ به محیط اطراف خود نیز حرارت پس می‌دهد. در نتیجه در دیگ عبور هر دوی ماده و انرژی را داریم و دیگ بخار یک سیستم باز می‌باشد.

خواص سیستم

خواص یک سیستم، مشخصات قابل مشاهده آن سیستم هستند که حالت تعادلی آن سیستم را مشخص می‌کنند. خواص یک سیستم به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) خواص شدتی (Intensive): این خواص به جرم سیستم بستگی ندارند، مثل دما، فشار و چگالی

ب) خواص مقداری (Extensive): این خواص به اندازه سیستم بستگی دارند، مثل جرم و طول و حجم و انرژی.

نکته۳: نسبت دو خاصیت مقداری یک خاصیت شدتی است. مثلاً دو خاصیت جرم و حجم هر دو خاصیتی مقداری هستند که نسبت‌شان چگالی است که خاصیتی شدتی می‌باشد.

مثال۳: کدام‌یک از خواص زیر از خواص شدتی نمی‌باشد؟

۱) دما ۲) حجم ۳) فشار ۴) چگالی

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» خواصی نظیر دما، فشار و چگالی که به جرم سیستم بستگی ندارند از خواص شدتی هستند. خواصی مانند جرم، طول، حجم و انرژی که بستگی به اندازه سیستم دارند جزو خواص مقداری هستند.

چگالی و انواع آن

چگالی جرم واحد حجم می‌باشد و سه نوع دارد:

الف) چگالی واقعی (Solid density): در محاسبه چگالی واقعی حجم حفرات و فضاها در نظر گرفته نمی‌شود.

ب) چگالی ذره ای (Particle density): نسبت جرم واقعی ذره به حجم حقیقی آن را «چگالی ذره‌ای» گویند.

ج) چگالی حجمی (Bulk density): نسبت جرم ذرات به فضای اشغال شده توسط آن‌ها را «چگالی حجمی» می‌نامند.

چگالی واقعی بزرگتر از چگالی ذره‌ای و چگالی ذره‌ای، بزرگتر از چگالی حجمی می‌باشد.

چگالی اکثر مواد غذایی به جز مواد غذایی پرچرب و پر نمک حدود $۱۴۰۰-۱۶۰۰\frac{kg}{m^۳}$ می‌باشد. چگالی چربی پایین‌تر از این محدوده و چگالی نمک بالاتر از این محدوده است.

چگالی مایعات عمدتاً با هیدرومتر دستی اندازه‌گیری می‌شود. این دستگاه وزن مخصوص مایع (چگالی مایع به چگالی آب) را اندازه می‌گیرد.

تخلخل (Porosity)

تخلخل حجم اشغال شده توسط ماده جامد را بیان می‌کند که از رابطه ($\text{تخلخل} = ۱-\frac{\text{چگالی حجمی}}{\text{چگالی واقعی}}$) به دست می‌آید.

تخلخل بین ذره‌ای (Void)

تخلخل بین ذره‌ای از رابطه ($\text{تخلخل بین ذره‌ای} = ۱-\frac{\text{چگالی حجمی}}{\text{چگالی ذره‌ای}}$) به دست می‌آید.

تخلخل بزرگتر از تخلخل بین ذره‌ای است.

اگر ترکیبات یک ماده غذایی مشخص باشد می‌توان با استفاده از دو رابطه زیر چگالی کل ماده غذایی را حساب کرد:

$$\rho_{total} = \frac{۱}{\frac{m_۱}{\rho_۱}+\frac{m_۲}{\rho_۲}+\cdots\frac{m_n}{\rho_n}}$$

$$\rho_{total} = V_۱\rho_۱ + V_۲\rho_۲ + \cdots + V_n\rho_n$$

m_i جرم جزء i در ماده غذایی است، ρ_i چگالی جزء i در ماده غذایی و V_i کسر حجمی اجزاء تشکیل دهنده است.

نکته۴: وزن مخصوص وزن واحد حجم ماده است و واحد آن نیوتن بر متر مکعب می‌باشد. همچنین حجم مخصوص نسبت حجم به جرم یک ماده است. حجم مخصوص عکس چگالی است و واحد آن متر مکعب بر کیلوگرم است.

مثال۴: اگر چگالی حجمی و چگالی ذره ای جسمی به ترتیب نصف و ۰/۸ چگالی واقعی آن باشد مقدار Porosity جسم چند درصد است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۵۰ ۳) ۰/۸ ۴) ۸۰

پاسخ: گزینه «۲»

$$\text{تخلخل} = ۱-\frac{\text{چگالی حجمی}}{\text{چگالی واقعی}} = ۱-\frac{۱}{۲} = ۰/۵ = ۵۰\%$$

غلظت

مقدار ماده در واحد حجم را غلظت آن ماده گویند. غلظت ممکن است وزنی/ وزنی یا وزنی/ حجمی باشد. مولاریته یا غلظت مولی تعداد مول‌های ماده در یک لیتر محلول است. جزء مولی نسبت تعداد مول‌های ماده به کل تعداد مول‌های سیستم است که از رابطه $X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + \cdots + n_i}$ به دست می‌آید که در آن X_A جزء مولی جزء A و n_A تعداد مول‌های جزء A و n_B تعداد مول‌های جزء B می‌باشد.

مولالیته تعداد مول‌های یک ماده در هزار گرم حلال است. مولالیته و جزء مولی مستقل از دما هستند.

مثال۵: اگر ۲۹/۲۵ گرم نمک طعام را در cc ۱۰۰ آب حل کنیم جزء مولی نمک چند است؟

۱) ۰/۶۷ ۲) ۰/۰۸۲ ۳) ۰/۵۴ ۴) ۰/۴۸

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» می‌دانیم که وزن مولکولی نمک طعام ۵۸/۵ گرم و وزن مولکولی آب ۱۸ می‌باشد. ابتدا تعداد مول نمک و سپس تعداد مول‌های آب را به دست می‌آوریم و در رابطه مربوطه قرار می‌دهیم. از طرفی می‌دانیم که دانسیته آب g/cc ۱ است، پس cc ۱۰۰ برابر با g ۱۰۰ است.

تعداد مول	وزن		تعداد مول	وزن
۱	۵۸/۵		۱	۱۸
x	۲۹/۲۵	$x = ۰/۵$	y	۱۰۰ $y = ۵/۶$

$$X_{\text{نمک}} = \frac{n_{\text{نمک}}}{n_{\text{نمک}} + n_{\text{آب}}} = \frac{۰/۵}{۶/۱} = ۰/۰۸۲$$

مقدار رطوبت در مواد غذایی

مقدار رطوبت در مواد غذایی به دو صورت بیان می‌شود:

الف) رطوبت بر مبنای مرطوب ($M_{\text{wet base}}$): رطوبت بر مبنای مرطوب عبارتست از وزن آب موجود در ماده غذایی به وزن آن ماده غذایی

ب) رطوبت ماده غذایی بر مبنای خشک ($M_{\text{dry base}}$): رطوبت بر مبنای خشک عبارتست از وزن آب موجود در ماده غذایی به وزن ماده خشک موجود در ماده غذایی

برای تبدیل دو رطوبت بالا به همدیگر می‌توان از یک نسبت ساده استفاده نمود. همچنین می‌توان از دو رابطه زیر بدین منظور استفاده کرد:

$$M_{\text{wet base}} = \frac{M_{\text{dry base}}}{M_{\text{dry base}} + ۱} \quad ; \quad M_{\text{dry base}} = \frac{M_{\text{wet base}}}{۱ - M_{\text{wet base}}}$$

مثال۶: رطوبت یک ماده غذایی بر مبنای مرطوب ۶۰% است. رطوبت این ماده غذایی بر مبنای خشک چند است؟

۱) ۶۰ ۲) ۴۰ ۳) ۱۴۰ ۴) ۱۵۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» به دو روش تناسب یا فرمولی می‌توان این مسأله را حل نمود:

الف) **روش تناسب:** رطوبت بر مبنای مرطوب ۶۰% یعنی در هر ۱۰۰کیلوگرم ماده غذایی مرطوب ۶۰کیلوگرم آب وجود دارد. پس در هر ۴۰کیلوگرم ماده خشک ۶۰کیلو رطوبت وجود دارد. با یک تناسب ساده می‌توان مقدار درصد رطوبت بر مبنای خشک را محاسبه نمود:

وزن ماده خشک	وزن ماده مرطوب	
۴۰	۶۰	
۱۰۰	x	$x = ۱۵۰$

ب) **روش فرمولی:** با استفاده از رابطه زیر مقدار رطوبت بر مبنای مرطوب را به رطوبت بر مبنای خشک تبدیل می‌کنیم:

$$M_{\text{dry base}} = \frac{M_{\text{wet base}}}{۱ - M_{\text{wet base}}} = \frac{۰/۶}{۱ - ۰/۶} = ۱۵۰\%$$

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۷: اگر رطوبت یک ماده غذایی بر مبنای خشک ۳۰۰% باشد، مقدار آن بر مبنای مرطوب چند درصد خواهد بود؟

۱) ۳۰ ۲) ۵۵ ۳) ۷۵ ۴) ۸۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۳»

$$M_{\text{wet base}} = \frac{M_{\text{dry base}}}{M_{\text{dry base}} + ۱} = \frac{۳}{۴} = ۰/۷۵ = ۷۵\%$$

معادله حالت و قانون گاز کامل

معادله حالت برای یک گاز کامل عبارت است از: $PV = RT = nR_oT$

که در آن P فشار مطلق (Pa)، V حجم مخصوص (m^3/kg)، R ثابت گازها (m^3Pa/kgK)، T دمای مطلق (K)، R_o ثابت عمومی گازها و n مول گاز می‌باشد.

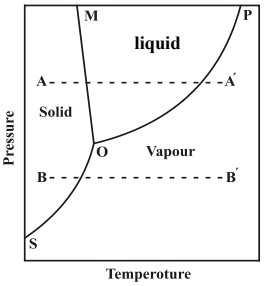
مثال۸: اگر ثابت مقدار معینی گاز اکسیژن را بر ثابت عمومی گازها تقسیم کنیم کدام پارامتر زیر به دست می‌آید؟

۱) تعداد مول آن ۲) حجم آن ۳) وزن آن ۴) فشار آن

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» $\frac{R}{R_o} = n$ $RT = nR_oT$ $PV = RT = nR_oT$

نمودار فازی آب

نمودار فازی آب به صورت مقابل است:



نقطه سه گانه (نقطه O): نقطه‌ای است که آب در هر سه حالت مایع، جامد و گاز وجود دارد. این نقطه در دمای ۰/۰۰۹۷ درجه سانتیگراد و فشار ۴/۵۷ میلیمتر جیوه قرار دارد.

مثال۹: در کدام‌یک از فشارهای زیر تبدیل آب مایع به بخار امکان پذیر نیست؟

۱) ۵/۴۷ میلیمتر جیوه ۲) ۶/۶۷ میلیمتر جیوه ۳) ۳/۵۹ میلیمتر جیوه ۴) ۷۶۰ میلیمتر جیوه

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» در زیر نقطه سه گانه آب یخ مستقیماً به بخار تبدیل می‌شود (فرآیند تصعید) و تبدیل آب مایع به بخار در آن امکان‌پذیر نیست.

نکته۵: جوشش زمانی اتفاق می‌افتد که فشار بخار آب برابر با فشار کل وارده بر سطح آب باشد.

فشار

فشار، نیروی عمودی وارده بر یک سطح معین است. واحدهای زیادی برای فشار استفاده می‌شوند که رابطه آن‌ها با همدیگر به صورت زیر است:

$$1atm = 14/696\frac{lb}{in^2} = 1/01325bar = 101/325kPa = 760\,mm\,Hg = 760\,Torr$$

$$1bar = 10^5\,Pa = 100kPa$$

فشار حاصل از ارتفاع مشخصی از سیال با استفاده از رابطه **P=ρgh** به دست می‌آید که در آن P فشار، ρ دانسیته، g شتاب جاذبه و h ارتفاع عمودی ستون سیال است.

ما دو نوع فشار داریم: الف) فشار فشارسنج ب) فشار مطلق

بین این دو رابطه مقابل برقرار است: فشار مطلق = فشار فشار سنج + فشار اتمسفری

اگر در سیستم خلأ داشته باشیم رابطه به صورت مقابل در می‌آید: فشار مطلق = فشار فشار سنج - فشار اتمسفری

کالیبر فشار سنج طوری است که در فشار اتمسفر عدد ۰ خوانده می‌شود.

بیان میزان فشار خلأ در دو سیستم انگلیسی و SI متفاوت است. در سیستم انگلیسی فشار اتمسفر صفر اینچ جیوه در نظر گرفته می‌شود و هر چه به سمت فشار کمتر می‌رویم عدد اعلام شده برای فشار زیادتر می‌شود تا به ۲۹/۹۲ اینچ جیوه برسیم که خلأ کامل می‌باشد. پس در این سیستم فشار مطلق در خلأ ۵ میلیمتر جیوه بیشتر از فشار مطلق در خلأ ۱۰ میلیمتر جیوه است. اما درسیستم SI میزان خلأ بر حسب پاسکال اعلام می‌شود و فشار خلأ کامل صفر پاسکال است. برای تبدیل مقدار خلأ در سیستم انگلیسی (بر حسب اینچ جیوه) به فشار بر حسب پاسکال از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\text{فشار مطلق}\ (Pa) = 3/38637\times10^3\ (29/92 - x)$$

که در آن x میزان خلأ بر حسب اینچ جیوه است.

مثال۱۰: اگر میزان خلأ در یک سیستم ۲۰ اینچ جیوه باشد مقدار فشار مطلق این سیستم بر حسب کیلوپاسکال چند است؟

۱) ۳۳۵۹۲/۸ ۲) ۳۳/۶ ۳) ۹۸/۲۰ ۴) ۹۸۲۰۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» فشار مطلق $(Pa) = ۳/۳۸۶۳۷\times۱۰^{۳}\,(۲۹/۹۲-x) = ۳/۳۸۶۳۷\times۱۰^{۳}\,(۲۹/۲۹-۲۰) = ۳۳۵۹۲/۸Pa = ۳۳/۶kPa$

مثال۱۱: خلأ کامل در دو سیستم انگلیسی و SI به ترتیب چند اینچ جیوه و چند پاسکال می‌باشد؟

۱) صفر – صفر ۲) ۲۹/۹۲ – ۲۹/۹۲ ۳) ۲۹/۹۲ – صفر ۴) صفر – ۲۹/۹۲

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» خلأ کامل در سیستم انگلیسی ۲۹/۹۲ اینچ جیوه و در سیستم SI صفر پاسکال می‌باشد. پس گزینه سوم صحیح است.

مثال۱۲: در ظرفی استوانه ای شکل تا ارتفاع ۱ m آب ریخته شده است. فشار گیج در سطح این آب چند است؟

۱) برابر با فشار اتمسفر ۲) $۱۰^{۴}$ Pa ۳) $۱۰^{۴}$ kPa ۴) صفر پاسکال

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» اولاً فشار گیج، فشاری است که بدون احتساب فشار اتمسفر به دست می‌آید. ثانیاً فشار حاصل از یک ستون سیال از رابطه $P = \rho gh$ به دست می‌آید که h ارتفاع سطح سیال تا نقطه مورد نظری که در آن فشار را اندازه می‌گیریم است. چون فشار در سطح اندازه‌گیری می‌شود این ارتفاع برابر با صفر بوده و فشار به دست آمده برابر با صفر پاسکال می‌باشد که چون فشار گیج را نیز خواسته با فشار اتمسفر جمع نمی‌شود.

انرژی

انرژی، کمیتی اسکالر و یک خاصیت است زیرا عمدتاً با حالت سیستم در ارتباط می‌باشد. دو نوع انرژی داریم:

الف) انرژی خارجی: به واسطه موقعیت و سرعت سیستم به وجود می‌آید. انرژی پتانسیل ناشی از تغییر ارتفاع از رابطه $E = mg\Delta h$ به دست می‌آید.

انرژی جنبشی ناشی از تغییر سرعت از رابطه $E = \frac{۱}{۲}m\Delta v^{۲}$ به دست می‌آید.

ب) انرژی داخلی: ناشی از ساختار اتمی یا مولکولی آن سیستم است. انواع انرژی داخلی عبارتند از: انرژی هسته‌ای، انرژی شیمیایی، انرژی مولکولی و انرژی گرمایی. اگر انرژی گرمایی وارد یک سیستم شود مقدارش مثبت و در صورتی که از آن خارج گردد مقدارش منفی است.

مثال۱۳: انرژی پتانسیل از چه نوع انرژی‌هایی می‌باشد؟

۱) خارجی ۲) مولکولی ۳) هسته‌ای ۴) داخلی

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» انرژی پتانسیل به واسطه موقعیت جسم ایجاد می‌شود پس از نوع انرژی خارجی است و گزینه اول صحیح است.

مثال۱۴: کدام گزینه در مورد انرژی صحیح‌تر است؟

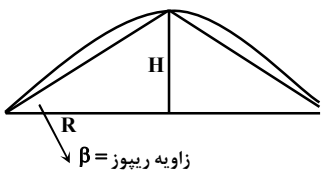
۱) کمیتی برداری و یک خاصیت است. ۲) کمیتی برداری است اما یک خاصیت نیست.

۳) کمیتی اسکالر و یک خاصیت است. ۴) کمیتی اسکالر است اما یک خاصیت نیست.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» انرژی کمیتی اسکالر و یک خاصیت است زیرا عمدتا با حالت سیستم در ارتباط می‌باشد. پس گزینه سوم صحیح است.

زاویه ریپوز

وقتی سیالی به صورت نشان داده شده در شکل بر روی یک سطح صاف ریخته می‌شود، زاویه ریپوز از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$tg\beta = \frac{H}{R}$$

هرچه میزان void و porosity کمتر گردد زاویه ریپوز کمتر می‌شود و برعکس.

مثال۱۵: میزان Void و Porosity یک جسم جامد به ترتیب چه نسبتی با زاویه ریپوز دارند؟

۱) معکوس ـ معکوس ۲) معکوس ـ مستقیم ۳) مستقیم ـ معکوس ۴) مستقیم ـ مستقیم

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» هرچه میزان void و porosity کمتر گردد زاویه ریپوز کمتر می‌شود. پس هردو رابطه ای مستقیم با ریپوز دارند.

زاویه لغزش

اگر موادی را بر روی سطح افقی ریخته و سطح را خم نماییم در ناحیه‌ای تل مواد شروع به تغییر شکل می‌کنند. این زاویه را «زاویه لغزش» می‌نامند که بستگی به چسبندگی بین مواد و سطح دارد. زاویه نقاله‌ها را باید همیشه کمتر از زاویه لغزش در نظر گرفت. زاویه لغزش با زاویه ریپوز نسبت عکس دارد.

مثال۱۶: زاویه لغزش دانه‌ها بستگی به چه پارامتری دارد؟

۱) چسبندگی بین دانه‌ها با هم ۲) چسبندگی بین دانه‌ها و سطح ۳) اصطکاک بین دانه‌ها ۴) اصطکاک بین دانه‌ها و سطح

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» زاویه لغزش بستگی به چسبندگی بین مواد و سطح دارد.

زاویه اصطکاک داخلی

مواد در حال ریزش به صورت مایل ریزش می‌نمایند زیرا اصطکاک بین مواد موجب ایجاد فشار افقی بین دانه‌ها می‌شود که مواد را به سمت جداره انتقال می‌دهد. وجود هوا در مسیر ریزش دانه‌ها به رانده شدن آن‌ها به سمت دیواره‌ها کمک می‌نماید.

مثال۱۷: وجود هوا درون دانه‌هایی که داخل سیلو ریخته می‌شوند چه تأثیری بر زاویه اصطکاک داخلی دارد؟

۱) افزایش ۲) کاهش

۳) بسته به نوع دانه‌ها کاهش یا افزایش ۴) تأثیری ندارد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» وجود هوا در مسیر ریزش دانه‌ها به رانده شدن آن‌ها به سمت دیواره‌ها کمک کرده و باعث افزایش زاویه اصطکاک داخلی می‌شود.

سرعت ته نشینی

سرعت ته‌نشینی ذرات با استفاده از قانون استوک به دست می‌آید:

$$V = \frac{2r^2 g(d_s - d_f)}{9\mu}$$

که در آن V سرعت ته نشینی ذرات، r شعاع ذره، d_s دانسیته فاز پیوسته و d_f دانسیته ذره و μ ویسکوزیته فاز پیوسته است.

قانون استوک برای حالت دینامیک (مثلاً در سبراتورها) به صورت روبه‌رو می‌باشد:

$$V_d = \frac{D^2 f w^2 (d_s - d_f)}{18\mu c}$$

که در آن w سرعت زاویه‌ای D قطر ذرات جامد و f شعاع گردش ذره نسبت به مرکز جسم است و c برابر است با ضریب کشش برای کروی ذرات به ضریب کشش برای خروج از حالت کروی

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ گرمای نهان تبخیر از کدام نوع انرژی است؟ (سراسری ۷۵)

۱) خارجی (External) ۲) حرارتی (Thermal) ۳) شیمیایی (Chemical) ۴) مولکولی (Molecular)

۲ـ اگر جرم مخصوص ظاهری غله‌ای $۶۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و جرم مخصوص واقعی آن $۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$ باشد، میزان خلل و فرج یا Porosity آن چند درصد است؟

(سراسری ۷۵)

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۳۳ ۴) ۷۵

۳ـ فشار مطلق در داخل یک دستگاه تبخیر ۵۰ سانتیمتر جیوه است. اگر فشار محیط ۷۶ سانتیمتر جیوه باشد خلأ موجود در دستگاه چند کیلو پاسکال می‌باشد؟ $(S_{Hg}=۱۳/۶ \quad \gamma H_۲O=۹۸۱۰\frac{N}{m^۳})$ (سراسری ۷۵)

۱) ۱۲/۸۵۳ ۲) ۲۴/۳۴۲ ۳) ۳۴/۶۸۸ ۴) ۶۶/۷۰۸

۴ـ مایعی با وزن مخصوص $۱۲۰۰\frac{N}{m^۳}$ در تانکی به سطح مقطع $۴m^۲$ و ارتفاع ۴ متر قرار دارد. اگر ارتفاع مایع در تانک برابر m ۳ باشد نیروی وارد بر کف تانک چند نیوتن است؟ (سراسری ۷۶)

۱) ۱۴۴۰۰ ۲) ۳۶۰۰۰ ۳) ۴۸۰۰۰ ۴) ۱۴۴۰۰۰

۵ـ ۲۰ گرم سود سوز آور $(NaOH=۴۰)$ در ۹۰ گرم آب حل شده است. جزء مولی سود سوزآور در این محلول چقدر است؟ (سراسری ۷۶)

۱) $\frac{۱}{۱۱}$ ۲) $\frac{۲}{۱۱}$ ۳) $\frac{۴}{۱۱}$ ۴) $\frac{۵}{۱۱}$

۶ـ یک پودر غذایی در روی یک صفحه افقی به صورت طبیعی انباشته شده است. با دوران این صفحه حول محور افقی مواد این صفحه در ارتفاع ۱۰ سانتی متری از سطح زمین ریزش می نمایند. اگر زاویه لغزش محصول ۱۰° و زاویه ریپوز یا زاویه تجمع مواد ۴ برابر زاویه لغزش باشد، مقادیر حدودی قطر و ارتفاع تل مواد به ترتیب چند سانتیمتر است؟ (سراسری ۷۷)

۱) ۱۸ و ۱۵ ۲) ۵۸ و ۲۴ ۳) ۶۶ و ۴۴ ۴) ۷۶ و ۴۲

۷ـ حداکثر فشار وارد شده بر تانک‌های ذخیره شیر با وزن مخصوص $\gamma=۱۰۵۰\frac{N}{m^۳}$ برابر چند پاسکال است؟ (سراسری ۷۷)

با: ((m) ارتفاع تانک = h، (m) ارتفاع شیر = h')

۱) $۱۰۵۰h'$ ۲) $۱۰۵۰h$ ۳) $۵۲۵hh'$ ۴) $۱۰۵۰h/h'$

۸ـ اگر قطر ذرات چربی تحت تاثیر عبور از هموژنیزاتور تا یک دهم قطر ذرات اولیه تقلیل یابد، سرعت ته نشینی ذرات پس از هموژنیزاسیون تا چه میزان کاهش می یابد؟ (سراسری ۷۷)

۱) یک دهم حالت اولیه ۲) یک دوم حالت اولیه ۳) یک بیستم حالت اولیه ۴) یک صدم حالت اولیه

۹ـ هرگاه حداکثر فشار افقی بین دانه‌ها به هنگام ریزش از دریچه تحتانی یک مخزن معادل ۱۰% فشار قائم آن‌ها بوده و مقدار فشار قائم برابر با فشار اتمسفر یک فرض گردد، میزان زاویه اصطکاک داخلی مواد حدود چند درجه می‌باشد. در صورتی که نیروی چسبندگی مواد در واحد سطح برابر با $\frac{۱}{۵}$ حداکثر فشار افقی است؟ (سراسری ۷۹)

۱) $۱۱/۵^\circ$ ۲) $۱۱/۳^\circ$ ۳) $۵/۷^\circ$ ۴) $۴/۶^\circ$

۱۰ـ یک فشار سنج مقدار فشار در یک دستگاه تقطیر در خلأ را معادل ۳ متر ستون آب نشان می‌دهد. مقدار فشار مطلق دستگاه معادل چند Psia می‌باشد؟ $(P_{atm}=۱۴/۷ \text{ Psia})$ (سراسری ۸۰)

۱) ۴/۳ ۲) ۱۰/۴ ۳) ۲۹/۴ ۴) ۷۱/۹

۱۱ـ فشار سنجی که روی مخزنی در کنار دریا نصب شده است فشار یک اتمسفر را نشان می‌دهد، فشار مطلق این مخزن بر حسب ارتفاع آب چند متر است؟ (سراسری ۸۰)

۱) ۷/۶ ۲) ۱۰/۳ ۳) ۲۰/۶ ۴) ۲۶

۱۲ـ فشار در داخل یک دستگاه تبخیر ۲۵ cmHg کمتر از فشار محیط است. اگر فشار محیط ۷۶ cmHg باشد، فشار مطلق در داخل دستگاه تبخیر چند کیلوپاسکال است؟ $(\rho H_2O = 1000 \frac{kg}{m^3}\ ,\ S.G_{Hg} = 13/60 g = 9/810 \frac{m}{s^2})$ (سراسری ۸۰)

۱) ۱۷/۰۱ ۲) ۳۴/۰۲ ۳) ۶۸/۰۴ ۴) ۱۳۶/۰۸

۱۳ـ اگر جرم مخصوص متراکم دانه‌ای ۵۰ درصد بیشتر از جرم مخصوص ظاهری آن باشد، خلل و فرج یا voidage محصول چند درصد است؟ (سراسری ۸۰)

۱) ۳۰ ۲) ۳۳ ۳) ۵۰ ۴) ۸۰

۱۴ـ میزان خلأ موجود در یک دستگاه تبخیر ۲۶ cm Hg و فشار اتمسفر در منطقه ۷۶ cm Hg است. فشار مطلق درون دستگاه تبخیر چند پاسکال است؟ (سراسری ۸۱)

۱) ۲۴۰۰ ۲) ۳۴۰۰ ۳) ۶۸۰۰ ۴) ۸۲۰۰

۱۵ـ فشار gage اتوکلاو در منطقه ای که فشار محلی آن برابر ۹ متر ارتفاع آب است یک اتمسفر است. در صورتی که این فشار مربوط به فشار بخار اشباع داخل اتوکلاو باشد دمای اتوکلاو ..... درجه سانتیگراد است. (سراسری ۸۲)

۱) برابر ۱۱۰ ۲) کمتر از ۱۲۱ ۳) برابر ۱۲۱ ۴) بیشتر از ۱۲۱

۱۶ـ هرگاه بخواهیم نسبت جرم ذرات به فضای اشغال شده را برای جسمی حساب کنیم؟ (آزاد ۸۲)

۱) چگالی ذره‌ای ۲) چگالی حجمی ۳) جرم حجمی ۴) چگالی واقعی

۱۷ـ هرگاه فشار سنج فشاری معادل ۲۰/۳۲۵kPa− را نشان دهد، فشار مطلق برابر خواهد بود با: (آزاد ۸۲)

۱) $-20/325 kPa$ ۲) ۱۹/۳۲۵ kPa ۳) ۸۱/۰۰kPa ۴) ۱۲۱/۶۵ kPa

۱۸ـ اگر یک ماده غذایی با رطوبت ۶۰ درصد را خشک کنیم تا حدی که وزن آن به نصف وزن اولیه کاهش یابد، درصد رطوبت ماده خشک شده برپایه وزن محصول (Wet base) و بر پایه ماده خشک (Dry base) به ترتیب عبارت است از: (سراسری ۸۳)

۱) ۲۰ و ۲۵درصد ۲) ۲۵ و ۲۰ درصد ۳) ۲۵ و ۵۰ درصد ۴) ۵۰ و ۲۵ درصد

۱۹ـ در یک استوانه سرباز ۸۰cm آب وجود دارد. فشار وارده به کف این استوانه چقدر است؟ (آزاد ۸۳)
(فشار هوا معادل ۶۸ cm Hg و دانسیته جیوه $13/6 gr/cm^3$ است)

۱) ۷۳/۹ cm Hg ۲) ۷۷/۷ cm Hg ۳) ۱۴۸ cm Hg ۴) ۱۰۸cm Hg

۲۰ـ میوه ای ۱۰ درصد مواد جامد دارد. مقدار رطوبت آن بر اساس وزن خشک چند درصد است؟ (سراسری ۸۴)

۱) ۹۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۹۰۰ ۴) ۱۰۰۰

۲۱ـ دما و فشار آب در نقطه سه گانه (Triple point) به ترتیب برابر است با ((P(kPa), T(°C)): (سراسری ۸۴)

۱) ۱۰۱/۳۲۵ , ۰ ۲) ۰/۶۱ , ۰/۰۱ ۳) ۰/۶۱ , ۴ ۴) ۱۰۱/۳۲۵ , ۲۰

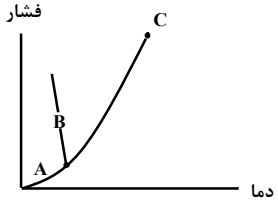
۲۲ـ فشاری که ارتفاع ۲۰mm Hg ایجاد می‌کند، معادل با چند سانتی متر بنزن مایع است. دانسیته جیوه $13/6 gr/cm^3$ و دانسیته بنزن مایع $0/81 \frac{gr}{cm^3}$ است. (آزاد ۸۴)

۱) ۳۳/۵ ۲) ۲۷/۲ ۳) ۱/۶۲ ۴) ۱۶/۲

۲۳ـ رطوبت خلال سیب زمینی بر اساس وزن خشک برابر ۳۰۰ درصد گزارش شده است. مقدار رطوبت آن بر اساس وزن مرطوب چند درصد خواهد بود؟ (سراسری ۸۵)

۱) ۲۵ ۲) ۴۵ ۳) ۵۵ ۴) ۷۵

۲۴ـ A، B و C در نمودار مقابل به ترتیب عبارتند از: (سراسری ۸۵)



۱) خط تصعید، خط ذوب، نقطه بحرانی

۲) خط انجماد، خط انبساط، نقطه تعادل

۳) خط انجماد، خط تبخیر، نقطه تعادل

۴) خط تصعید، خط چگالش، نقطه بحرانی

۲۵ـ منظور از یک سیستم بسته (Close System) چیست؟ (سراسری ۸۵)

۱) هیچ گونه انتقال حرارتی از مرز سیستم صورت نگیرد.

۲) هیچ گونه انتقال جرمی از مرز سیستم صورت نگیرد.

۳) هیچ گونه تبادل کاری از مرز سیستم صورت نگیرد.

۴) هیچ گونه تبادل جرم و انرژی از طریق مرز سیستم انجام نگیرد.

۲۶ـ Porosity (درصد) و Bulk Density (پوند بر فوت مکعب) یک کارتن برنج به ابعاد ۲ × ۱/۵ × ۱ فوت که وزن آن ۱۱۱ پوند است به ترتیب چقدر است؟ (فرض کنید Unit Density برنج برابر ۸۲/۱ پوند بر فوت مکعب است.) (سراسری ۸۵)

۱) ۵۵ و ۳۷ ۲) ۳۷ و ۴۵ ۳) ۶۳ و ۳۷ ۴) ۴۵ و ۳۷

۲۷ـ کدام‌یک از جملات زیر در ارتباط با فشاراتمسفر صحیح است؟ (سراسری ۸۵)

۱) دو اتمسفر فشار مطلق در کنار دریا برابر یک اتمسفر فشار گیج است.

۲) یک اتمسفر فشار مطلق در کنار دریا برابر دو اتمسفر فشار گیج است.

۳) یک اتمسفر فشار گیج در کنار دریا برابر ۷۶ سانتی متر جیوه است.

۴) یک اتمسفر فشار مطلق در کنار دریا برابر ۲۹/۴ پوند بر اینچ مربع است.

۲۸ـ چگالی واقعی کدام‌یک از مواد زیر (به شکل پودر بسیار نرم) بیشتر است؟ (آزاد ۸۵)

۱) نشاسته ۲) ساکارز ۳) سلولز ۴) نمک طعام

۲۹ـ فشار متوسط هوا در تهران ۰/۹atm است. این فشار بر حسب Psi چقدر است؟ (آزاد ۸۵)

۱) ۱۴/۷ ۲) ۱۴/۱ ۳) ۱۳/۲۳ ۴) ۱۲/۳۳

۳۰ـ کدام‌یک از محصولات زیر، درصد آب کمتری دارند؟ (آزاد ۸۵)

۱) سیب درختی ۲) هویج ۳) سیب زمینی ۴) خیار

۳۱ـ خصوصیات دما و فشار نقطه سه گانه آب ۰/۰۱ درجه سانتیگراد و ۰/۰۰۶۰۲ اتمسفر است. کدام‌یک از موارد زیر صحیح است؟ (سراسری ۸۶)

۱) آب در فشار ۱۰۰۰ پاسکال از حالت یخ به بخار تبدیل می‌شود.

۲) یخ در فشار ۰/۰۰۵ اتمسفر به آب و سپس به بخار تبدیل می‌شود.

۳) آب در فشار یک ۵۰۰ پاسکال از حالت یخ به بخار تبدیل می‌شود.

۴) یخ در فشار یک psi و دمای کمتر از ۰/۰۱ سانتی گراد به بخار تبدیل می‌شود.

۳۲ـ ته نشینی ذرات جامد یک سیال در حال سکون به کدام‌یک از کمیت‌های زیر بستگی ندارد؟ (سراسری ۸۶)

۱) جرم ذره ۲) دانسیته ذره ۳) قطر ذره ۴) ویسکوزیته سیال

۳۳ـ اگر وزن تر یک نمونه از ماده ای ۱۰ گرم و وزن خشک همان نمونه ۴ گرم باشد مقدار رطوبت آن بر اساس Wet base و Dry base به ترتیب عبارتست از: (سراسری ۸۷)

۱) ۴۰ درصد و ۶۰ درصد ۲) ۶۰ درصد و ۹۰ درصد ۳) ۶۰ درصد و ۱۵۰ درصد ۴) ۱۵۰ درصد و ۶۰ درصد