RWTUV
TÜV CERT EN ISO 9001
دارای گواهینامه ایزو ۹۰۰۱
در زمینه نشر کتاب و طراحی جلد

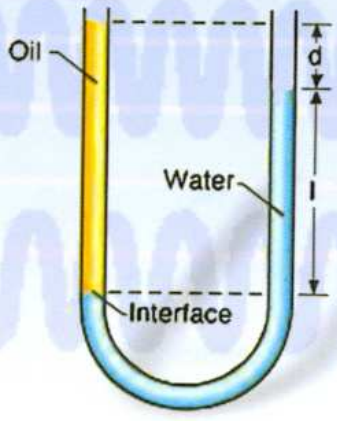
مؤسسه فرهنگی هنری
دیباگران تهران

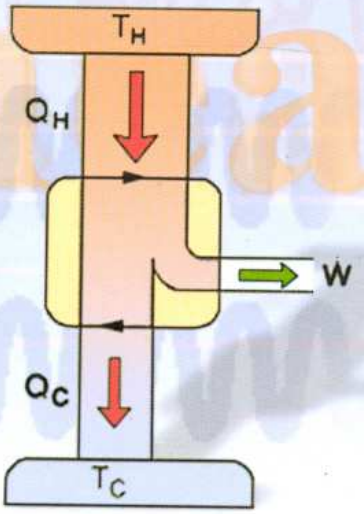
فیزیک عمومی

(موج و حرارت)

(خلاصه درس، پرسشهای چهارگزینه‌ای و پاسخنامه تشریحی)

ویژه آزمونهای کارشناسی به کارشناسی ارشد





ویژگیهای کتاب:

- خلاصه درس و نکات مهم درسی
- پرسشهای چهار گزینه ای شاره ها، ا
و حرارت به تفکیک موضوع با پا
تشریحی در آزمونهای کارشناسی ار
رشته های فیزیک پزشکی، ژئو فیز
هواشناسی، فیزیک دریا، فلسفه ع
مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی، مهند
هسته‌ای و غیره
- قابل استفاده برای دانشجویان رشته
علوم و فنی مهندسی در درس فیز
پایه ۳ و فیزیک ۱

به نام خدا

مؤسسه فرهنگی هنری
دیباگران تهران

فیزیک عمومی (موج و حرارت)

(ویژه آزمونهای کارشناسی ارشد)

مؤلفان

حسین محسنی‌پور

ناصر زارع دهنوی

RWTÜV
TÜV CERT
EN ISO 9001
دارنده گواهینامه ISO 9001/2000
در زمینه نشر کتاب و طراحی جلد

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی
ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق
مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فیزیک عمومی (موج و حرارت) کارشناسی ارشد

مؤلفان : حسین محسنی‌پور ـ ناصر زارع دهنوی

ناشر : مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی و صفحه‌آرایی : مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد : مجتمع فنی تهران

چاپ : چاپ گنج شایگان

نوبت چاپ : اول

تاریخ نشر : مهر ماه ۱۳۸۲

تیراژ : ۳۰۰۰ نسخه

قیمت : ۲۱۳۰۰ ریال

شابک : ۴- ۳۵۴-۳۵۴-۹۶۴

ISBN : 964-354-354-4

محسنی‌پور ، حسین
فیزیک عمومی (موج و حرارت) (ویژه آزمونهای کارشناسی ارشد)/ مؤلفان حسین محسنی پور ؛ ناصر زارع دهنوی -- تهران : مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران ، ۱۳۸۲ .
۲۶۴ ص. : مصور، نمودار.
ISBN 964-354-354-4
فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا .
۱. دانشگاهها و مدارس عالی - - ایران - - آزمونها .۲. فیزیک - - آزمونها و تمرینها (عالی). ۳. آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی - - ایران. الف. زارع دهنوی، ناصر. ب. عنوان
۸۷ ف۲۸۳۸ م/LB۲۳۵۳ ۳۷۸/۱۶۶۴
کتابخانه ملی ایران ۸۲-۱۳۱۰۰ م

آدرس: سعادت آباد، میدان کاج . خ سرو شرقی. روبه‌روی خ علامه . ساختمان شماره ۹۷

تلفن : ۷- ۲۰۹۸۴۴۶ صندوق پستی: ۹۴۳/ ۱۴۳۳۵

فهرست مطالب

مقدمه ناشر ۷
مقدمه مؤلفان ۸

فصل اول : هیدرواستاتیک (شاره‌های ساکن) ۹
۱-۱ چگالی ۹
۱-۲ الاستیسیته (کشسانی) ۱۰
هیدرواستاتیک (شاره‌های ساکن) ۱۲
۱-۳ فشار ۱۲
۱-۴ قوانین استاتیک شاره‌ها ۱۳
۱-۵ اساس کار منگنه آبی بر پایه اصل پاسکال ۱۴
۱-۶ تلمبه آبی ۱۴
۱-۷ آزمایش توریچلی و اندازه‌گیری فشار بخار یک مایع ۱۵
۱-۸ اصل ارشمیدس ۱۵
۱-۹ پرسشهای چند گزینه‌ای.....۱۹
۱-۱۰ پاسخنامه تشریحی.....۲۲

فصل دوم هیدرودینامیک (شاره‌های متحرک)
مقدمه ۲۷
۲-۱ مهم‌ترین خواص شاره‌ها ۲۷
۲-۲ جریان شاره ۲۷
۲-۳ معادله پیوستگی.....۲۸
۲-۴ وشکسانی (چسبندگی) یک شاره (η) ۲۸
۲-۵ قانون پوآزی ۲۹
۲-۶ معادله برنولی ۲۹
۲-۷ قضیه توریچلی ۲۹
۲-۸ ونتوری متر (Ventorimeter) ۳۰
۲-۹ پرسشهای چند گزینه‌ای.....۳۱
۲-۱۰ پاسخنامه تشریحی.....۳۶

فصل سوم : موج در محیطهای کشسان

مقدمه ۴۱
۳-۱ انواع موج ۴۱
۳-۲ معادله موج ۴۲
۳-۳ اصل برهم نهش ۴۵
۳-۴ اصل فوریه ۴۵
۳-۵ سرعت موج (در ریسمانی با جرم واحد طولμ و کشش F) ۴۵
۳-۶ مکان، سرعت و شتاب ارتعاش ذره در اثر عبور موج ۴۶
۳-۷ توان و شدت ۴۷
۳-۸ انرژی ۴۸
۳-۹ تداخل امواج ۴۹
۳-۱۰ امواج مختلط ۵۱
۳-۱۱ امواج ایستاده ۵۱
۳-۱۲ بازتاب امواج ۵۲
۳-۱۳ تشدید ۵۳
۳-۱۴ پرسشهای چند گزینه‌ای ۵۴
۳-۱۵ پاسخنامه تشریحی ۶۱

فصل چهارم : امواج صوتی

۴-۱ انتشار و سرعت امواج صوتی ۶۷
۴-۲ شکست امواج صوتی ۶۹
۴-۳ معادله تغییرات فشار ۶۹
۴-۴ امواج طولی ایستاده ۷۰
۴-۵ سیستمهای مرتعش و چشمه‌های صوت ۷۰
۴-۶ مشخصات اساسی صوت ۷۲
۴-۷ شدت نسبی ۷۳
۴-۸ ضربان یا زنش ۷۳
۴-۹ پدیده دوپلر ۷۴
۴-۱۰ پرسشهای چندگزینه‌ای ۷۸
۴-۱۱ پاسخنامه تشریحی ۸۸

فصل پنجم :دما

۵-۱ سیستم و محیط ۹۹
۵-۲ کمیتهای ماکروسکوپیک و میکروسکوپیک ۹۹
۵-۳ ترمودینامیک و مکانیک آماری ۹۹
۵-۴ دما ۱۰۰
۵-۵ اندازه‌گیری دما ۱۰۰
۵-۶ مقیاس دماسنجی ۱۰۲
۵-۷ انبساط ۱۰۲
۵-۸ پرسشهای چند گزینه‌ای ۱۰۵
۵-۹ پاسخنامه تشریحی ۱۰۸

فصل ششم : گرما و قانون اول ترمودینامیک

۶-۱ گرمای ویژه و معادله گرما ۱۱۱
۶-۲ دمای تعادل ۱۱۲
۶-۳ نکاتی در مورد ذوب و انجماد ۱۱۵
۶-۴ نکاتی در مورد تبخیر و میعان ۱۱۵
۶-۵ تغییرات نقطه جوش و ذوب ۱۱۶
۶-۶ رسانش ۱۱۶
۶-۷ کار و گرما ۱۲۰
۶-۸ فرآیند ترمودینامیکی ۱۲۱
۶-۹ قانون اول ترمودینامیک ۱۲۲
۶-۱۰ انواع فرآیند ۱۲۲
۶-۱۱ پرسشهای چند گزینه‌ای ۱۲۴
۶-۱۲ پاسخنامه تشریحی ۱۳۲

فصل هفتم : نظریه جنبشی گازها

۷-۱ گاز ایده‌آل ۱۳۹
۷-۲ محاسبه فشار بر اساس نظریه جنبشی ۱۴۰
۷-۳ دما در نظریه جنبشی ۱۴۱
۷-۴ تقسیم مساوی انرژی ۱۴۲
۷-۵ انرژی داخلی ۱۴۳

۷-۶ ظرفیت گرمایی ویژه ۱۴۴
۷-۷ معادله حالت گاز ایده‌آل ۱۴۴
۷-۸ مخلوط چند گاز ۱۴۵
۷-۹ چگالی یک گاز کامل بر حسب فشار و دمای آن ۱۴۶
۷-۱۰ فرآیندها ۱۴۶
۷-۱۱ مسافت آزاد میانگین ۱۵۰
۷-۱۲ توزیع سرعتهای مولکولی ۱۵۲
۷-۱۳ قانون‌اتمسفرها و استنتاج‌آن از قانون‌آماری‌ماکسول - بولتزمن و قانون گاز ایده‌آل ..۱۵۴
۷-۱۴ معادله گازهای حقیقی (معادله واندروالس) ۱۵۵
۷-۱۵ پرسشهای چندگزینه‌ای ۱۵۸
۷-۱۶ پاسخنامه تشریحی ۱۸۱

فصل هشتم : آنتروپی و قانون دوم ترمودینامیک

۸-۱ فرآیندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر ۲۰۳
۸-۲ چرخه برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر ۲۰۳
۸-۳ چرخه کارنو ۲۰۴
۸-۴ معادله بازده خاص چرخه کارنو ۲۰۵
۸-۵ قانون دوم ترمودینامیک ۲۰۶
۸-۶ قضیه کارنو ۲۰۶
۸-۷ ضریب عملکرد یخچال ۲۰۷
۸-۸ مقیاس دمای ترمودینامیکی (کلوین) ۲۰۷
۸-۹ آنتروپی ۲۰۸
۸-۱۰ منحنی T-S ۲۱۱
۸-۱۱ ماشین بخار ۲۱۳
۸-۱۲ ماشینهای درونسوز ۲۱۳
۸-۱۳ پرسشهای چندگزینه‌ای ۲۱۸
۸-۱۴ پاسخنامه تشریحی ۲۴۱

مقدمه ناشر

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گامهایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی و چشمگیر در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه، نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید. در این راستا ، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاشهای مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر، و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت " آقایان حسین محسنی‌پور و ناصر زارع دهنوی" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته و شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

ویراستاری علمی : مهندس کامبیز یوسفی

ویراستاری : مهدی رئوفی

حروفچینی، ویرایش و صفحه‌آرایی کامپیوتری : خانم تهمینه کاشانیان

ترسیم تصاویر : خانم نلی آقایی

طراحی روی جلد : خانم آدینه زهدی

امور چاپ و نشر : آقای حیدر شفیعی

ناظر چاپ : آقای کریم براغ

در خاتمه از عموم هموطنان عزیز و دانش پژوهان گرامی خواهشمندیم ما را با ارائه پیشنهادها و انتقادهای خود در بهبود کمی و کیفی کارهای انجام شده راهنمایی نمایند تا بتوانیم در آینده کتابهایی با کیفیت بهتر تقدیم حضورشان کنیم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

مقدمه مؤلفان

کتاب حاضر شامل مباحث شاره‌ها، امواج و فیزیک حرارت همراه با تستهای مربوطه که در آزمونهای کارشناسی ارشد (آموزش عالی و دانشگاه آزاد اسلامی) مطرح شده، می‌باشد، تستهای آزمونهای فیزیک پزشکی، فیزیک دریا، ژئوفیزیک، هواشناسی، فلسفه علم، مهندسی پزشکی، مهندسی هسته‌ای، مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی، مهندسی نساجی، بهداشت حرفه‌ای و مهندسی انرژی همراه با پاسخهای تشریحی در آخر هر فصل آمده‌اند. از آنجا که سطح بسیاری از سؤالات نزدیک به هم است. لذا مطالعه کلیه تستها به خواننده توصیه می‌شود. البته در برخی رشته‌ها سؤالات تخصصی‌تر مثلاً از فیزیک حرارت وجود دارد، ولی از تمام رشته‌ها سؤالاتی انتخاب شده‌اند که جنبه عمومی دارند. در هر فصل خلاصه‌ای از مطالب مربوطه نیز آورده شده است. مؤلفان ضمن پوزش از هرگونه خطا و یا نقص احتمالی در کتاب حاضر از تذکرات و راهنمایی خوانندگان محترم برای رفع نقص در چاپهای بعدی کمال تشکر را دارند.

حسین محسنی‌پور

ناصر زارع دهنوی

فصل اول

هیدرواستاتیک (شاره‌های ساکن)

قبل از بیان مفهوم شاره‌های استاتیک (ساکن) و شاره‌های دینامیک (شتابدار) ابتدا مسئله چگالی و الاستیسیته را مطرح می‌کنیم.

۱-۱ چگالی

الف) چگالی جرمی : جرم واحد حجم یک جسم را چگالی جرمی می‌گویند و با ρ نشان می‌دهند و مقدار آن برابر است با :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

(در این فرمول m جرم جسم و V حجم آن می‌باشد.)

واحد چگالی‌جرمی در دستگاه SI ، Kg/m^3 است و در بعضی از دستگاهها از واحد g/cm^3 و $slug/ft^3$ استفاده می‌کنند.

$$۱۰۰۰\ kg/m^3 = ۱/۹۴\ slug/ft^3$$

چگالی آب تقریباً $۱۰۰۰\ Kg/m^3$ و معادل با $۱\ \frac{g}{Cm^3}$ است.

ب) چگالی وزنی : وزن واحد حجم یک جسم را گویند و مقدار آن عبارت است از :

$$D = \frac{\text{وزن جسم}}{\text{حجم جسم}} = mg/V = \rho g$$

واحد D عبارت از N/m^3 ، lb/m^3 و lb/in^3 است.

ج) وزن مخصوص (چگالی نسبی) یک جسم : نسبت چگالی آن جسم به چگالی یک جسم استاندارد است و جسم استاندارد برای مایعات و جامدات معمولاً آب (در $4^{\circ}c$) و برای گازها معمولاً هوا است.

چون وزن مخصوص نسبتی بدون ابعاد است، بنابراین :

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{\rho}{\rho \text{ استاندارد}} = \frac{D}{D \text{ استاندارد}}$$

مقدار آن در همه دستگاههای واحد یکی است.

۲-۱ الاستیسیته (کشسانی)

خاصیتی است که در آن جسم تغییر شکل یافته و پس از حذف نیروهای تغییر شکل دهنده، به شکل و اندازه اولیه‌اش برمی‌گردد.

الف) تنش : معیار و میزان شدت عاملی است که باعث تغییر شکل می‌گردد. به عبارت دقیقتر، چنانچه نیروی F به سطحی به مساحت A وارد آید، در آن صورت مقدار تنش عبارت است از :

$$\text{تنش} = \frac{\text{نیرو}}{\text{مساحت سطحی که نیرو بر آن اثر می‌کند}} = F/A$$

ب) استرین (تغییر بعد) : تغییر شکل نسبی ناشی از تنش را گویند و مقدارآن عبارت است از :

$$\text{استرین} = \frac{\text{تغییر بعد}}{\text{بعد اولیه}}$$

نکته : قانون هوک را می‌توان بر حسب تنش و استرین مطرح کرد. یعنی اگر دستگاه از قانون هوک تبعیت کند، تنش با استرین متناسب است. در این صورت ثابتی خواهیم داشت به نام مدول الاستیسیته (مدول کشسانی) که رابطه آن عبارت است از :

$$\text{مدول الاستیسیته} = \frac{\text{تنش}}{\text{استرین}}$$

تذکر : واحد این مدول همان واحد تنش است و اگر این مدول بزرگ باشد، برای ایجاد یک استرین معین، تنشی بزرگ لازم است.

حد الاستیک (کشسانی) : کمترین مقدار تنشی است که لازم است تا تغییر شکل دائمی در یک جسم ایجاد شود.

توجه : اگر تنش بیش از حد الاستیک بر جسمی اعمال شود، با حذف آن، جسم دقیقاً به وضعیت اولش برنمی‌گردد.

مدول یانگ (مدول کششی) : بیان کننده الاستیسیته طولی یک جسم است. به عنوان مثال سیم یا میله‌ای به طول اولیه ℓ و سطح مقطع A را در نظر می‌گیریم و بر یک طرف این جسم نیروی کششی F وارد می‌شود و آن را به اندازه $\Delta\ell$ باز می‌کند، در این صورت مقدار استرین کششی و تنش کششی و مدول یانگ برابر خواهند بود با :

$$\text{استرین کششی} = \frac{\Delta\ell}{\ell}$$

$$\text{مدول یانگ } Y = \frac{\text{تنش}}{\text{استرین}} = \frac{F/A}{\Delta\ell/\ell} = \frac{F\ell}{A\Delta\ell} \quad \left[\frac{N}{m^2}\right]$$

$$\text{تنش کششی} = \frac{F}{A}$$

واحد مدول یانگ بر حسب N/m^2 و Ib/ft^2 می‌باشد که مقدار این مدول فقط به جنس سیم یا میله بستگی دارد. مدول حجمی (B) بیان کننده الاستیسیته حجمی یک ماده است، فرض می‌کنیم فشار وارد بر جسمی را که حجم اولیه‌اش V است، به اندازه Δp زیاد می‌کنیم، افزایش فشار تغییر حجمی برابر ΔV بوجود می‌آورد. ΔV منفی است، بنابراین تعریف می‌کنیم.

$$\text{تنش حجمی} = \Delta p$$

$$\text{استرین حجمی} = -\frac{\Delta V}{V} \Rightarrow \text{مدول حجمی} = B = \frac{\text{تنش}}{\text{استرین}} = \frac{-\Delta p}{\Delta V/V} = -\frac{V\Delta p}{\Delta V}$$

نکته : معکوس مدول حجمی را تراکم‌پذیری جسم گویند و با κ نشان می‌دهند.

مدول برش : بیان کننده الاستیسیته شکلی جسم است.

فرض می‌کنیم نیروهای مماسی مساوی و مخالف هم به قالب مستطیل شکلی وارد می‌آید. این نیروهای برشی باعث تغییر شکل قالب می‌شوند، ولی حجم قالب تغییر نمی‌کند.

بنا بر تعریف خواهیم داشت :

$$\text{تنش برشی} = \frac{\text{نیروی مماس وارد آمده}}{\text{فاصله سطح تحت برش}} = \frac{F}{A}$$

$$\text{استرین برشی} = \frac{\text{فاصله برش یافته}}{\text{فاصله بین سطوح}} = \frac{\Delta\ell}{\ell}$$

$$\Rightarrow \text{مدول برشی} = S = \frac{\text{تنش}}{\text{استرین}} = \frac{F/A}{\Delta\ell/\ell} = \frac{F\ell}{\ell}$$

توجه : چون $\Delta\ell$ معمولاً خیلی کوچک است، نسبت $\frac{\Delta\ell}{\ell}$ تقریباً برابر زاویه برش ℓ بر حسب رادیان است پس :

در این فرمول : S مدول برشی، F نیروی مماس، φ زاویه برش و A سطح جسم می‌باشد. $\boxed{S = F/A\varphi}$

هیدرواستاتیک (شاره‌های ساکن)

مطالعه شاره‌ها در درون مایع یا گاز در حالت سکون را استاتیک شاره‌ها گویند.

۳-۱ فشار

عبارت است از نسبت مقدار نیروی قائم F اعمال شده از طرف شاره‌ها بر سطحی به مساحت A .

$$p = F/A = dF/dA$$

مقدار فشار حاصل از نیروی قائم وارد بر یک سطح تخت گسترده برابر است با :

$$F = \int pdA$$

چنانچه p در همه جای سطح تخت ثابت باشد، آنگاه مقدار نیرو برابر با :

$$\boxed{F = pA}$$

واحدهای فشار عبارتند از : N/m^2 که برابر پاسکال است یعنی $1pa = 1 N/m^2$ و lb/ft^2 و lb/In^2 و غیره.

فشار جو متعارفی : مقدار این فشار برابر با $1/01\times10^5 Pa$ و معادل است با $14/7 lb/In^2$

$1/013 \times 10^5 p_a$ = یک اتمسفر (atm)

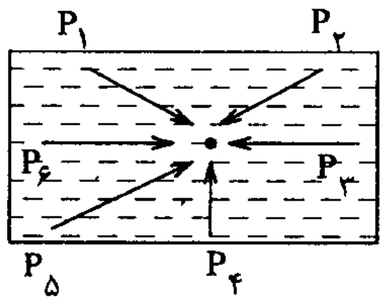
(۱میلیمتر جیوه mmHg) = ۱۳۳/۳۲ p_a = یک تور (torr)

$$1bar = 10^5 pa, 1 kgf/cm^2 = 1000 (gf/cm^2) = 9/8\times10^4 pa \cong 10^5 pa, 1 gf/cm^2 \cong 100 p_a$$

۴-۱ قوانین استاتیک شاره‌ها

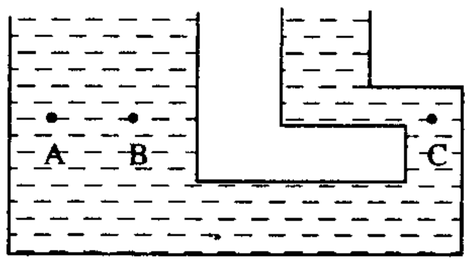
❖ فشار وارد بر هر نقطه از یک سیال ساکن در همه جهات یکسان است.

$$p_۱ = p_۲ = p_۳ = p_۴ = p_۵ = p_۶$$



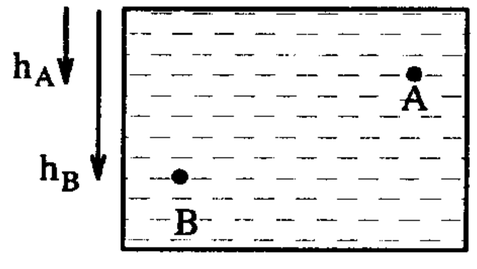
❖ در دو نقطه هم تراز از یک سیال ساکن فشارها برابر می‌باشند.

$$p_A = p_B = p_C$$



اگر $p_۲ - p_۱$ اختلاف فشار بین دو نقطه غیر هم تراز از یک سیال باشند و اختلاف ارتفاع آنها Δh باشد در این صورت خواهیم داشت :

$$\Delta p = \rho g \Delta h \Rightarrow p_B - p_A = \rho g (h_B - h_A)$$



در رابطه بالا فرض شده است که چگالی ρ در مسیر نقطه A تا B ثابت است و همچنین مقدار g ثابت در نظر گرفته شده است.

بنابراین می‌توان رابطه فوق را با توجه به اینکه مقدار ρ و g می‌توانند متغیر باشند به شکل دیفرانسیلی نوشت، یعنی :

$$dp = \rho g dh$$

به طور کلی می‌توان تناسبهای زیر را نوشت : (بین دو نقطه با عمق $h_۲ , h_۱$)

$$\frac{p_۲}{p_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱} \times \frac{g_۲}{g_۱} \times \frac{h_۲}{h_۱}$$

❖ فشار کل در عمق h از یک سیال از رابطه زیر به دست می‌آید.

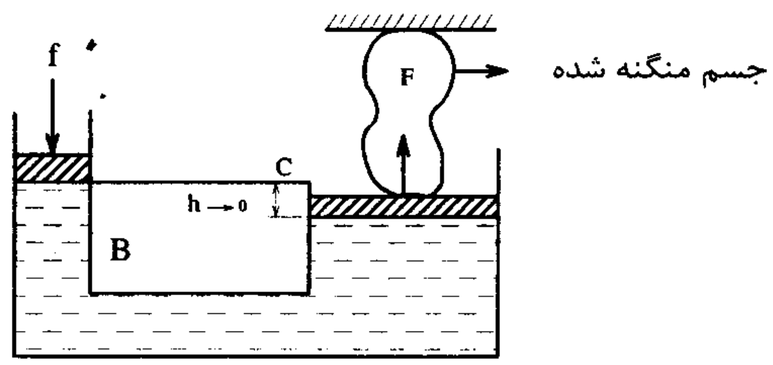
$p = p_۰ + \rho g h$ ، ρ = چگالی سیال ، $p_۰$ = فشار جو

با توجه به مطالبی که تاکنون گفته شد، می‌توان به بزرگترین اصل استاتیک شاره‌ها اشاره کرد یعنی اصل پاسکال.

اصل پاسکال : هرگاه فشار وارد بر روی قسمتی از یک شاره (مایع یا گاز) محصور در یک محفظه تغییر کند، فشار وارد بر هر قسمت دیگر شاره نیز به همان اندازه تغییر می‌کند، یعنی مایعات تراکم‌ناپذیر، فشار را بطور یکسان به همه نقاط منتقل می‌کنند مهمترین کاربرد آن در پرس‌ها، سنگ شکنها و منگنه‌های آبی و غیره است.

۱-۵ اساس کار منگنه آبی بر پایه اصل پاسکال

شکل زیر ساختمان ساده‌ای از یک منگنه آبی را نشان می‌دهد. سطح مقطع پیستون کوچکتر که به آن نیروی f وارد می‌شود برابر a و سطح مقطع پیستون بزرگتر که نیروی F وارد می‌شود را A در نظر می‌گیریم. $(A > a)$



می‌خواهیم نیروی وارد از طرف پیستون به جسم منگنه شده را بدست آوریم.

با توجه به قوانین فشار برای نقاط B , C داریم :

$$\begin{cases} p_B = \frac{f}{a} \ , \ p_C = F/A \\ \Rightarrow \frac{f}{F} = \frac{a}{A} \end{cases}$$

توجه : اگر مقطع پیستونها دایره‌هایی به شعاعهای r و R باشند، در آن صورت خواهیم داشت :

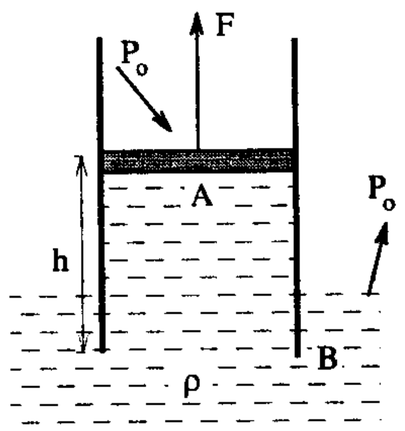
$$F/f = A/a = R^2/r^2$$

چون A>a است، می‌توان به جسم منگنه شدنی نیرویی به اندازه Af/a وارد کرد.

۱-۶ تلمبه آبی

شکل زیر ساختمان ساده یک تلمبه آبی را نشان می‌دهد که همانند کاب سرنگ عمل می‌کند یعنی با وارد کردن نیروی عمودی بطرف بالا از فشار هوای بالای پیستون کاسته می‌شود و به همین دلیل مایع در لوله بالا می‌آید تا این کمبود فشار را با افزایش ارتفاع جبران کند با توجه به قوانین فشار در

نقاط A , B داریم :



$$p_A = p_B - \rho gh$$

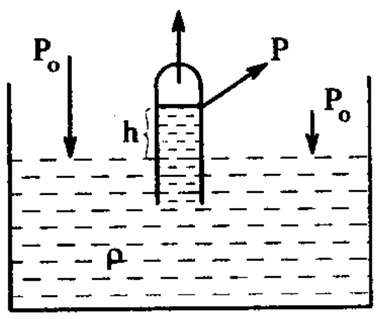
وقتی که پیستون به ارتفاع معین می‌رسد $\rho gh = p_B$ می‌شود در این صورت $p_A = ۰$ و آب دیگر بالا نمی‌رود، بنابراین با این دستگاه می‌توان آب را حداکثر به ارتفاع $h = {p_۰}/{\rho g}$ بالا برد که در آن $p_۰$ فشار هوای محیط و ρ جرم حجمی مایع و g شتاب گرانش زمین است (اگر نقطه B در سطح مایع باشد $P_B = P_۰$).

۷-۱ آزمایش توریچلی و اندازه‌گیری فشار بخار یک مایع

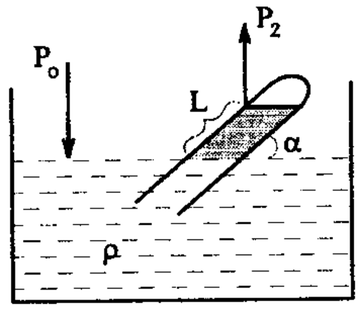
این آزمایش تشکیل شده است از یک لوله آزمایش بلند و مقداری مایع (ترجیحاً جیوه) و یک تشت تشکیل می‌شود، ابتدا داخل لوله آزمایش را از مایع پر کرده و دهانه آن را بسته و سپس آن را وارونه در ظرفی از همان مایع فرو برده و سپس دهانه لوله را آزاد می‌کنند، در لوله قائم سطح مایع به ارتفاع h از سطح آزاد مایع داخل تشت قرار می‌گیرند.

(p فشار بخار مایع و $p_۰$ فشار جو است.)

$$p_۰ - \rho gh = p \Rightarrow p_۰ = \rho gh + p$$



$$p_۰ = p + \rho g \ell in\alpha$$

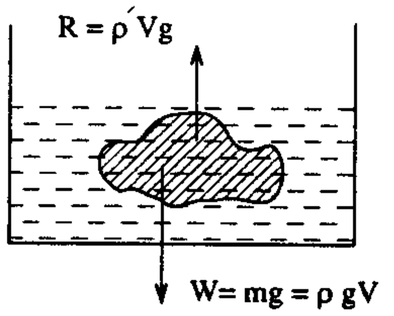


۸-۱ اصل ارشمیدس

اگر جسمی در سیالی فرو رود، به اندازه وزن سیال جابجا شده از وزن آن کاسته می‌شود و یا به عبارتی دیگر این اصل حاکی از آن است که شاره به یک جسم خارجی که در آن فرو برده می‌شود،

نیروی قائم به سوی بالا و به مقدار برابر وزن شاره جابجا شده توسط جسم وارد می‌کند که به این نیرو نیروی شناوری گفته می‌شود.

توجه : به نیروی شناوری نیروی ارشمیدس هم گفته می‌شود که به R نشان می‌دهند. اصل ارشمیدس را برای شکل مقابل به صورت زیر می‌نویسند :



$$\begin{cases} R = \rho' V g \\ W = \rho V g \end{cases} \Rightarrow W' = W - R = W(1 - \rho'/\rho)$$

$$\Rightarrow \frac{W'}{W} = 1 - \frac{\rho'}{\rho} \Rightarrow \boxed{\frac{g'}{g} = 1 - \frac{\rho'}{\rho}} \surd$$

(در فرمول فوق ρ' چگالی سیال، ρ چگالی جسم جامد، g' شتاب ثقل ظاهری و W' وزن ظاهری می‌باشد).

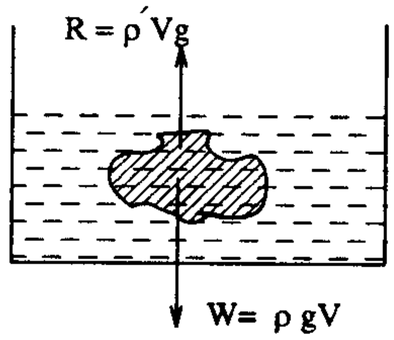
هم‌اکنون اصل ارشمیدس را برای یک جسم در حالتهای مختلف بررسی می‌کنیم.

۱) وقتی که یک جسم جامد از یک شاره ته‌نشین می‌شود.

$W > R \ , \ \rho' < \rho$

$\Rightarrow W' = W(1 - \rho'/\rho)$

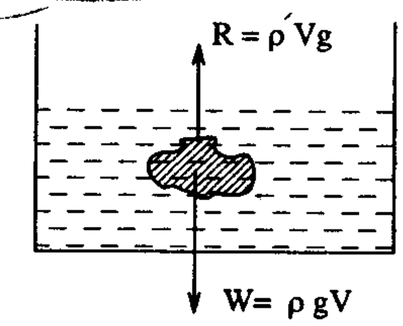
$\Rightarrow g' = g(1 - \frac{\rho'}{\rho})$



۲) هنگامی که یک جسم جامد در یک شاره غوطه‌ور است.

$W = R \ , \ \rho = \rho'$

$W' = 0(N) \ , \ g' = 0 \ N/Kg$



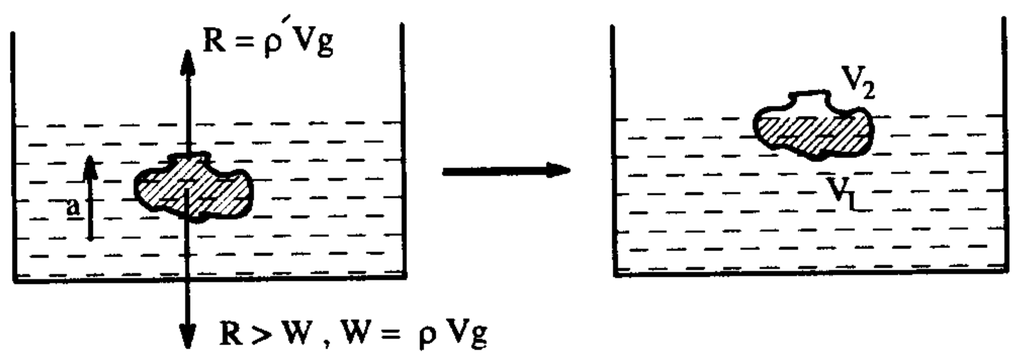
۳) وقتی که یک جسم در یک شاره به سمت بالا حرکت می‌کند شتاب آن $a = \frac{\rho' V g - \rho V g}{m}$ است و هنگامی که به سطح می‌رسد شناور باقی می‌ماند :

حجم درون مایع $= V_1$ و حجم بیرون از مایع $= V_2$

$V = V_1 + V_2 \ , \ \rho' > \rho$

$V_1/V = \rho/\rho'$

$$V_2/V = (1 - \frac{\rho}{\rho'})$$



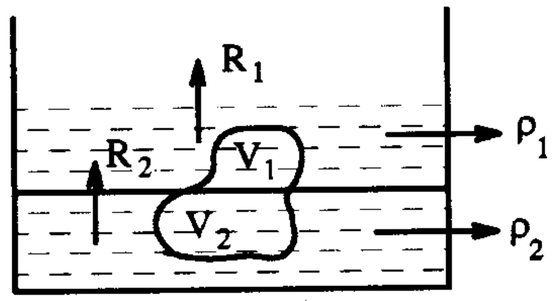
نکاتی چند در مورد مایعات مخلوط نشدنی

۱) چنان چه جسم جامدی در داخل دو مایع مخلوط نشدنی به حالت غوطه‌ور باشد.

V = حجم جسم جامد
V_1 = حجم قسمتی از جسم که در مایع اول قرار دارد.
V_2 = حجم قسمتی از جسم که در مایع دوم قرار دارد.
ρ_1 = چگالی مایع اول
ρ_2 = چگالی مایع دوم
ρ = چگالی جسم جامد

$$\begin{cases} V = V_1 + V_2 \\ R_1 = \rho_1 V_1 g \\ R_2 = \rho_2 V_2 g \\ W = R_1 + R_2 \\ \rho V = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 \\ W' = 0 \end{cases}$$

$$V_1 = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} V \ , \ V_2 = \frac{\rho_1 - \rho}{\rho_1 - \rho_2} V$$

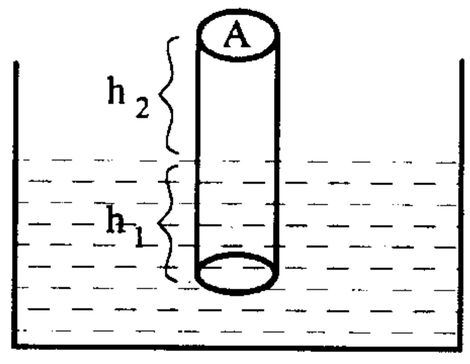


۲) هرگاه جسمی جامد در داخل n مایع مخلوط نشدنی به حالت غوطه‌ور قرار گیرد، در آن صورت خواهیم داشت :

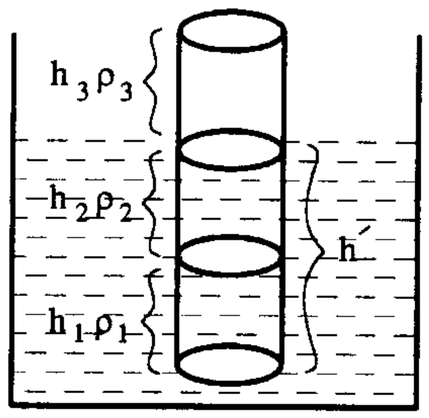
$$\rho V = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + ... + \rho_n V_n$$
$$W = R_1 + R_2 + ... + R_n \ , \ V = V_1 + V_2 + ... + V_n$$

۳) هرگاه یک جسم جامد استوانه‌ای در یک شاره به حالت شناور باشد $(V_1 = Ah_1 \ , \ V_2 = Ah_2)$.

$$\text{چگالی مایع} = \rho' \quad \text{چگالی جسم} = \rho \Rightarrow \begin{cases} h_1 = \rho/\rho' h \\ h_2 = (1 - \rho/\rho')h \end{cases}$$



۴) با توجه به شکل زیر در حالت کلی خواهیم داشت :

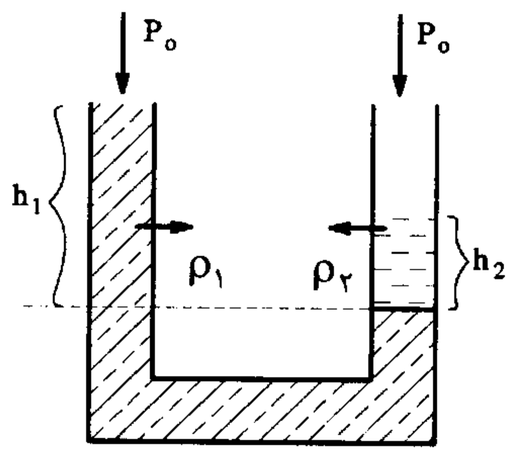


$$\rho' h' = \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 + \ldots$$

برای شکل بالا خواهیم داشت :

$$\rho' h' = \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$$

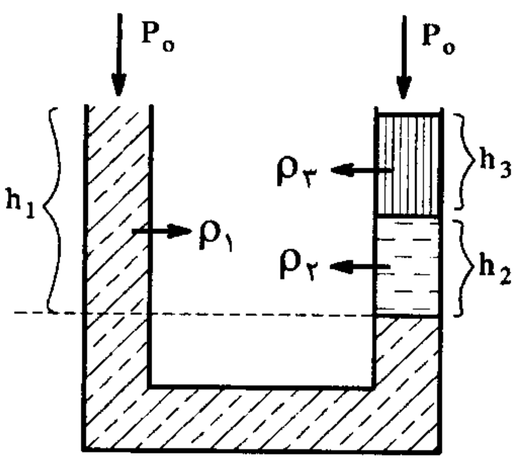
۵) برای شکلهای زیر رابطه بین ارتفاع و چگالی به صورت زیر است :



$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \quad \text{یا} \quad \frac{\rho_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{h_1}$$

$$p_\circ + \rho_1 g h_1 = p_\circ + \rho_2 g h_2$$

در این شکل $\rho_2 > \rho_1$ فرض شده است. بنابراین $h_2 < h_1$.



$$p_\circ + \rho_1 g h_1 = p_\circ + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3$$
$$\Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$$

۹-۱ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- درباره بزرگی نیرویی که از طرف مایع به کف ظرف آن اعمال می‌شود، کدام یک از عوامل زیر بی‌اثر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- مساحت قاعده بزرگ ۲- ارتفاع مایع

۳- شکل ظرف ۴- جرم حجمی مایع

۲- یک غواص در عمق ۱۰۰ متری آب دریا با چگالی ۱۰۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب در حال حرکت است. فشار وارد بر غواص بر حسب پاسکال تقریباً چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک ۸۰)

۱- 10^6 ۲- 10^5 ۳- 10^4 ۴- 10^3

۳- کدام‌یک از عوامل زیر در مقدار نیرویی که از طرف مایع بر کف ظرف آن وارد می‌شود بی‌تأثیر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)**

۱- ارتفاع مایع ۲- جرم حجمی مایع ۳- شکل ظرف ۴- مساحت کف ظرف

۴- فشار در عمق ۱۰۰ متری از سطح دریا چند پاسکال است. فشار جو را ۱۰۰ کیلوپاسکال و چگالی آب دریا را $\rho = 1030\ Kg/m^3$ در نظر بگیرید. $g = 9/8\ m/s^2$

(کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۷)

۱- 10^6 ۲- $1/5\times10^8$ ۳- 10^5 ۴- $1/11\times10^6$

۵- لوله U شکل ساده‌ای محتوی جیوه است. اگر در شاخه سمت راست آن ۱۳/۶ سانتی‌متر آب بریزیم، جیوه در شاخه سمت چپ نسبت به سطح اولیه‌اش چقدر بالا می‌رود ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- ۰/۵ سانتی‌متر ۲- یک سانتی‌متر ۳- ۰/۵ میلی‌متر ۴- یک میلی‌متر

۶- سه مایع که با هم نمی‌آمیزند، در یک مخزن استوانه‌ای می‌ریزیم. حجمها و چگالیهای مایعات عبارتند از : ۰/۵ لیتر و ۲/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب، ۰/۲۵ لیتر و ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب، ۰/۴ لیتر و ۰/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب، نیروی کل مؤثر بر ته مخزن چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- ۳۶ نیوتن ۲- ۲۰ نیوتن ۳- ۳۰ نیوتن ۴- ۱۸ نیوتن

۷- چه ارتفاعی از آب فشار ۱۲۰ میلی‌متر جیوه را تولید می‌کند ؟

۱- ۲۰۰ ۲- ۱۲۰ ۳- ۱۶۳ ۴- ۱۵۰

۸- فشار در کف ظرف روبازی به ارتفاع ۳m را، اگر ۲/۱m ظرف از آب ۱۰ °c درجه و بقیه از روغن به چگالی مخصوص ۰/۸ پر شده باشد، بر حسب kpa بدست آورید.

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای ۷۳)

۱- ۲۵ ۲- ۲۶/۶ ۳- ۲۷/۷ ۴- ۲۹

۹- در یک پرس هیدرولیکی قطر پیستون کوچکتر ۳۰ میلی‌متر و قطر پیستون بزرگتر ۳۰۰ میلی‌متر است. در صورتی که نیروی ۴۰۰ نیوتن به پیستون کوچکتر وارد شود. حساب کنید نیروی کلی اعمال شده بر پیستون بزرگتر را.

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- ۹/۹۸۵ KJ ۲- ۱۲/۸۶۵ KJ ۳- ۲۰/۱۲۵ KJ ۴- ۵/۶۶۵ KJ

۱۰- دو جسم هر دو در آب به یک اندازه سبک شده‌اند. کدام یک از کمیتهای زیر در این دو جسم الزاماً برابر بوده است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- جرم حجمی ۲- حجم ۳- وزن ظاهری ۴- وزن واقعی

۱۱- دو جسم را داخل آب فرو برده‌ایم، از وزن هر دو جسم به یک اندازه کم شده است. این دو جسم در کدام مورد مشابه هستند ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- وزن مخصوص ۲- وزن ۳- چگالی ۴- حجم

۱۲- چوبی در آب قرار گرفته است و $\frac{۱}{۵}$ آن از آب بیرون است، جرم حجمی چوب نسبت به آب چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $\frac{۴}{۵}$ ۲- $\frac{۳}{۵}$ ۳- $\frac{۱}{۵}$ ۴- $\frac{۵}{۴}$

۱۳- یک قطعه چدن که دارای تعدادی حفره است، در هوا ۲۷ کیلوگرم و در آب ۱۸ کیلوگرم وزن دارد. حجم حفره‌های این قطعه چقدر است ؟ چگالی نسبی آهن را ۷/۸ اختیار نمایید. (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $۶/۵\times۱۰^{-۳}$ متر مکعب ۲- ۲×۱۰^{-۳} متر مکعب

۳- $۰/۵\times۱۰^{-۳}$ متر مکعب ۴- $۵/۵\times۱۰^{-۳}$ متر مکعب

۱۴- جسم مکعب شکلی تا نصف ارتفاع در مایع فرو رفته است. اگر g محل به نصف مقدار فعلی کاهش یابد، وضعیت جسم چگونه می‌شود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- تماماً در آب فرو می‌رود. ۲- در وضعیت جسم تغییری ایجاد نمی‌شود.

۳- تمام ارتفاع جسم از مایع خارج می‌شود. ۴- حجم مایع نصف می‌شود.

۱۵- حداقل مساحت یک قطعه یخ به ضخامت یک فوت که در روی آب شناور است چقدر باشد تا اتومبیلی به وزن ۲۵۰۰ پوند را بر روی آب نگهدارد ؟ $(\rho_{\text{یخ}} = ۹۱۸ \frac{Kg}{m^۳})$

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)

۱- ۵۱ فوت مربع ۲- ۵۰۱۰ فوت مربع ۳- ۵۰۱ فوت مربع ۴- ۵۰۰ فوت مربع

۱۶- یک جسم فلزی از یک نیروسنج آویزان شده است. وقتی که جسم در هوا قرار دارد نیروسنج ۵۰۰ نیوتن را نشان می‌دهد، ولی وقتی جسم در آب غوطه‌ور است، نیروسنج ۴۳۵ نیوتن را نشان می‌دهد، چگالی جسم چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

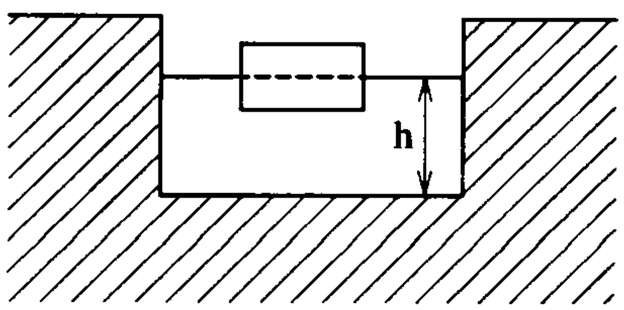
۱- ۷۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب ۲- ۶۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب

۳- ۷۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب ۴- ۶۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب

۱۷- گلوله‌ای که چگالی آن یک چهارم چگالی مایع است با سرعت ثابت از ته مایع به بالا صعود می‌کند، نیروی مقاومت مایع در مقابل حرکت گلوله با نیروی وزن گلوله چه نسبتی دارد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $\frac{۳}{۱}$ ۲- $\frac{۱}{۳}$ ۳- $\frac{۲}{۱}$ ۴- $\frac{۱}{۴}$

۱۸- قایقی را در نظر بگیرید به حجم V_s که در استخری غوطه‌ور است با فرض آن که f اصطکاک بین کف قایق و آب باشد. هرگاه سطح استخر برابر A باشد چقدر عمق h استخر کم یا زیاد می‌شود هرگاه قایق غرق شود. (آزمون GRE)



۱- کم می‌شود به اندازه fV_s/A

۲- زیاد می‌شود به اندازه fV_s/A

۳- تغییری نمی‌کند.

۴- زیاد می‌شود به اندازه V_s/A

۵- کم می‌شود به اندازه V_s/A

۱۰-۱ پاسخنامه تشریحی

۱-۳)

$F = PA = \rho ghA$

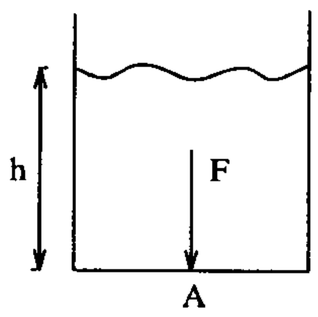
بنابراین F به مساحت قاعده بزرگ (A) و به ارتفاع مایع (h) و جرم حجمی مایع (ρ) بستگی دارد.

۱-۲)

$$P = \rho gh = (۱۰۲۵\ \frac{Kg}{m^۳})(۹/۸\frac{m}{s^۲})(۱۰۰) = ۱۰۰۴۵۰۰\ \ pa$$

$$\approx ۱۰^۶\ pa$$

۳-۳)



سطح مقطع $A : F = PA = \rho ghA$

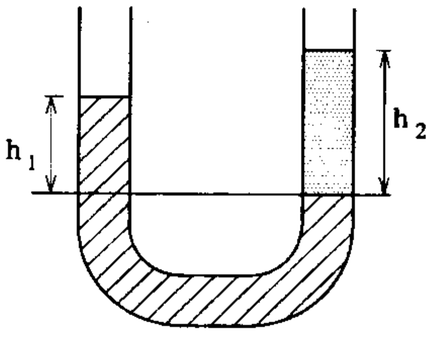
همان‌گونه که از معادله مشخص است نیرو به شکل ظرف بستگی ندارد.

۴-۴)

$$P = P_۰ + \rho gh = ۱۰^۵ + (۱۰۳۰)(۹/۸)(۱۰۰) = ۱۱۰۹۴۰۰\ \ Pa$$

$$= ۱/۱ \times ۱۰^۶$$

۵-۱)



$\rho_۱$ چگالی حجمی جیوه و $\rho_۲$ چگالی حجمی آب

$$\rho_۱ = ۱۳۶۰۰\ \frac{Kg}{m^۳}, \rho_۲ = ۱۰۰۰\ \frac{Kg}{m^۳}, \ h_۲ = ۱۳/۶ \times ۱۰^{-۲}\ m$$

$$\rho_۱ g h_۱ = \rho_۲ g h_۲ \Rightarrow ۱۳۶۰۰\ h_۱ = ۱۰۰۰\ (۱۳/۶ \times ۱۰^{-۲}) \Rightarrow h_۱ = ۱۰^{-۲}\ m = ۱\ cm$$

۶-*)

$$\text{فشار وارد بر کف} = \frac{F}{A} = \frac{m_۱g + m_۲g + m_۳g}{A}$$

$$g = ۱۰\ \frac{m}{S^۲}$$

$$F = \rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g + \rho_3 V_3 g$$

$$= (۲/۶\times۱۰^{-۳})(۰/۵\times۱۰^{-۳})(۱۰) + (۱\times۱۰^{-۳})(۰/۲۵\times۱۰^{-۳})(۱۰) + (۰/۸\times۱۰^{-۳})(۰/۴\times۱۰^{-۳})(۱۰)$$

$$= ۱۸/۷\times۱۰^{-۶}\,N$$

پاسخ در میان گزینه‌ها نیست.

۷-۴)

$$۷۶۰\ mmHg = ۱۰^{۵}\,Pa \Rightarrow ۱۲۰\ mmHg = ۰/۱۵۷\times۱۰^{۵}\,Pa$$

$$۰/۱۵۷\times۱۰^{۵}\,pa = \rho gh = (۱۰۳۰\ \frac{Kg}{m^{۳}})(۱۰\frac{m}{s^{۲}})h \Rightarrow h = ۱/۵۲\,m \approx ۱۵۰\ cm$$

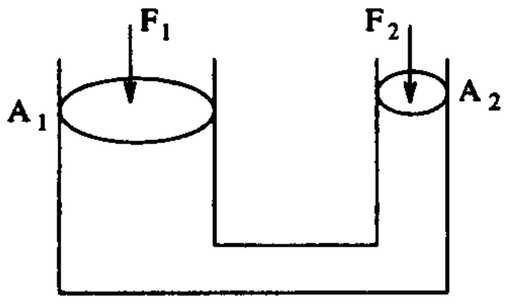
واحد گزینه‌ها باید cm باشد.

۸-۳)

$$P = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = ۹/۸۱\times۱۰۰۰\ (۰/۸\times۰/۹ + ۲/۱)$$

$$\Rightarrow P = ۲۷/۶۶\ kPa$$

۹-*)



$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{(\frac{\pi(۳۰۰\times۱۰^{-۳})^{۲}}{۴})} = \frac{۴۰۰}{(\frac{\pi(۳۰\times۱۰^{-۳})^{۲}}{۴})}$$

$$F_1 = ۴۰۰\times۱۰^{۲} = ۴\times۱۰^{۴}\,N$$

$$A = \pi R^{۲} = \frac{\pi d^{۲}}{۴}$$

پاسخ در میان گزینه‌ها نیست.

۱۰-۲) هر جسم در مایع با چگالی ρ به اندازه W وزن مایع جابجا شده سبک می‌شود.

$$W = \rho V_1 g = \rho V_2 g \Rightarrow V_1 = V_2$$

۱۱-۴) ρVg = وزن حجم مایع جابجا شده = کاهش وزن جسم غوطه‌ور

هنگامی که جسم غوطه‌ور است حجم مایع جابجا شده برابر حجم جسم است. ρ چگالی مایع ثابت است پس حجم دو جسم برابر است.

۱۲-۱) $\frac{۴}{۵}$ از حجم چوب داخل مایع است (ρ چگالی چوب و ρ' چگالی مایع).

قانون ارشمیدس : $\rho' g(\frac{۴}{۵}V) = \rho g V \Rightarrow \frac{\rho}{\rho'} = \frac{۴}{۵}$

۱۳-۴)

جرم چدن $m = ۲۷\,Kg \Rightarrow$ وزن $w = mg = ۲۷۰\,N$

وزن مایع جابجا شده $= F = ۹۰\,N \Rightarrow$ نیروی ارشمیدس $F - ۲۷۰ = ۱۸۰\,N = ۱۸\,g =$ وزن ظاهری

حجم چدن غوطه‌ور در آب $= V = ۹\times۱۰^{-۳}\,m^۳ \Rightarrow$ حجم جابجا شده $= \rho Vg = (۱۰۰۰)(۱۰)V =$

حجم چدن خالص $\Rightarrow \frac{۲۷}{V} = ۷/۸\times۱۰^۳\,\frac{Kg}{m^۳} \Rightarrow ۷/۸\times۱۰^۳ = \frac{۲۷}{V}$ چگالی چدن $\rho' = ۷/۸\frac{gr}{Cm^۳} = ۷/۸\times۱۰^۳\,\frac{Kg}{m^۳}$

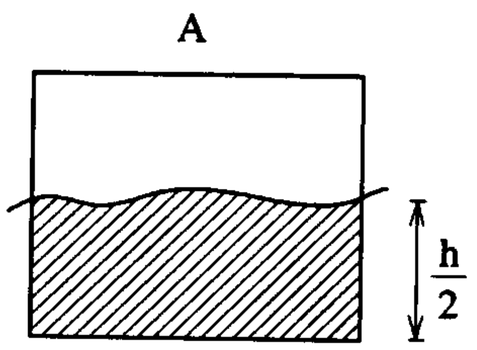
$= ۳/۴۶\times۱۰^{-۳}\,m^۳$

حجم حفره $= ۹\times۱۰^{-۳} - ۳/۴۶\times۱۰^{-۳} = ۵/۵\times۱۰^{-۳}\,m^۳$

۱۴-۲)

وزن جسم شناور $mg =$ وزن حجم مایع جابجا شده $= \rho[\frac{Ah}{۲}]g$

$g \to \frac{g}{۲} \Rightarrow m(\frac{g}{۲}) \Rightarrow \rho[Ah']\frac{g}{۲} \Rightarrow h' = \frac{h}{۲}$



چون با نصف شدن g وزن جسم نیز نصف می‌شود در وضعیت جسم تغییری ایجاد نمی‌شود.

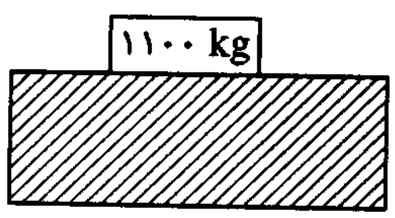
۱۵-۴) بنا بر قانون ارشمیدس داریم :

$$\begin{cases} ۱ft = ۰/۳m \\ ۲۵۰۰ \text{ پوند} = ۱۱۰۰\,Kg \\ \rho_{\text{یخ}} = ۹۱۸\ Kg/m^۳ \\ \rho_{\text{آب}} = ۱۰۰۰\ Kg/m^۳ \end{cases}$$

$$(\rho V)_{\text{یخ}} + ۱۱۰۰ = (\rho' V')_{\text{آب جابجا شده}} \quad (۱)$$

$V = V'$ یعنی حجم آب جابجا شده برابر حجم قطعه یخ است. بنابراین برای محاسبه مساحت :

$$V = V' = A\times۰/۳\ ,\ A = \text{مساحت قطعه یخ}$$



با جاگذاری مقادیر داده شده در رابطه (۱) داریم :

$$۹۱۱ \times A \times ۰/۳ + ۱۱۰۰ = ۱۰۰۰ \times A \times ۰/۳ \Rightarrow A = ۴۵\,m^۲ = ۵۰۰\,ft^۲$$

(۱-۱۶

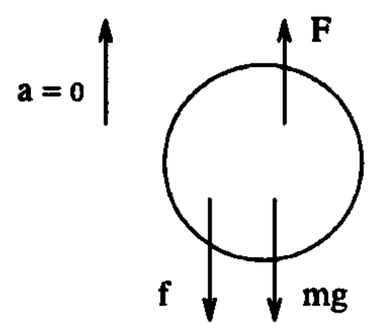
Vحجم جسم غوطه‌ور , $\rho Vg = ۵۰۰ - ۴۳۵ = ۶۵\,N$ = وزن مایع جابجا شده

$$\rho = ۱۰۰۰\ \frac{Kg}{m^۳} \Rightarrow V = \frac{۶۵}{\rho g} = \frac{۶۵}{۱۰۰۰\ (۹/۸)} \approx ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳}$$ چگالی آب

$$M = \rho' V \Rightarrow \text{چگالی جرمی جسم} = \frac{M}{V} = \frac{(\frac{۵۰۰}{۹/۸})}{۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳}} \approx ۷۷۰۰\ \frac{Kg}{m^۳}$$ جرم جسم

(۱-۱۷

حجم جسم غوطه‌ور = حجم مایع جابجا شده , ρ چگالی مایع , $F = \rho Vg$ = نیروی ارشمیدس



f نیروی مقاومت آب $\Rightarrow F - f - mg = ۰ = \rho Vg - f - \frac{\rho}{۴} Vg = ۰$

$$\Rightarrow f = \frac{۳}{۴}\rho Vg = ۳\left[\frac{\rho}{۴} Vg\right] = ۳mg$$

۱-۱۸) تصور کنید f اصطکاک سطح زیر آب کشتی و V حجم استخر بدون کشتی در این صورت نیروی بالابر برابر است با :

$$B = m_s g = \rho_W f\ V_s g \quad (۱)$$

$$f = \rho_s / \rho_w < ۱\ ,\ \Delta h = \frac{fV_s}{A} \quad (۲)$$

شناوری کشتی با رابطه (۲) کم می‌شود بنابراین عمق هم به شکل fV_s / A کاهش می‌یابد.

فصل دوم

هیدرودینامیک (شاره‌های متحرک)

مقدمه

در بخش قبلی عموماً به مطالعه مایعات در حال تعادل پرداختیم و اینک می‌خواهیم درباره مایعاتی که ظرف حامل آنها شتابدار بوده و معادلات حاکم بر چنین حرکتی را بررسی کنیم همانند معادله پیوستگی و مهمترین معادله هیدرودینامیک یعنی معادله برنولی و سپس قانون پوازی و در پایان اشاره کوچکی به قضیه توریچلی خواهیم داشت.

۱-۲ مهمترین خواص شاره‌ها

الف) خط جریان : خط فرضی در شاره می‌باشد که در هر لحظه، بردار سرعت در هر نقطه از خط بر آن مماس است.

ب) لوله جریان : لوله‌ای است که سطح آن از خطوط جریان تشکیل یافته است و از جدار آن شاره عبور نمی‌کند.

ج) جریان پایا : در جریان پایا (سرعت شاره در هر جای معینی مستقل از زمان است اگر چه ممکن است سرعت به طور کلی در نقاط متناوب متغیر باشد).

د) چنانچه چگالی شاره، ρ ثابت باشد جریان تراکم ناپذیر می‌باشد و چنانچه گرداب نباشد (یعنی اگر راستای پاره‌خط گذرنده از دو ذره مجاور شاره ثابت باقی بماند) جریان غیر چرخشی است.

۲-۲ جریان شاره

چنانچه شاره‌ای که لوله‌ای را پر کرده است، با سرعت متوسط V در این لوله جریان یابد، مقدار

جریان که با Q نشان داده می‌شود عبارت است از :

A سطح مقطع لوله و V سرعت متوسط شاره است.

واحد Q بر حسب m^3/s است.

$$Q = AV$$

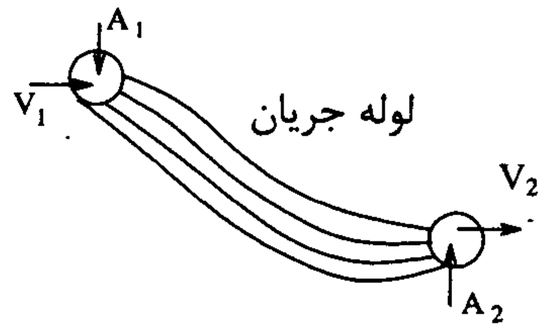
۲-۳ معادله پیوستگی

بقای جرم ایجاب می‌کند که آهنگ خالص جریان جرم در عرض داخلی یک سطح بسته به آهنگ افزایش جرم در داخل آن سطح برابر باشد، البته با فرض آنکه چشمه یا چاهکی در داخل سطح وجود ندارد. با به کارگیری مطالب فوق برای یک لوله جریان در جریان پایا (شکل زیر) معادله پیوستگی به صورت زیر خواهد بود.

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$$

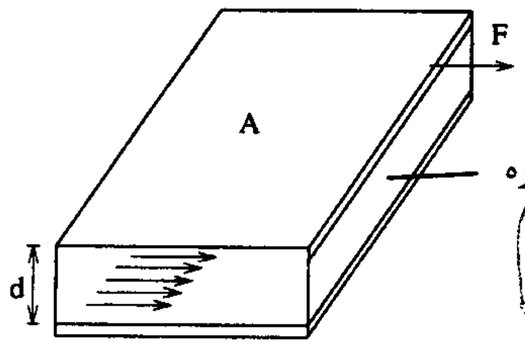
که در آن ρ چگالی در تمام سطح مقطع A و V سرعت متوسط در سراسر سطح مقطع و عمود بر آن چنانچه جریان پایا تراکم‌پذیر باشد، معادله پیوستگی به صورت زیر خواهد بود :

$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 =$ مقدار ثابت



۲-۴ وشکسانی (چسبندگی) یک شاره (η)

عبارت است از میزان مقاومت یک شاره در مقابل جریان پیدا کردن آن که با η نشان می‌دهند مانند قیر که مقدار η آن زیاد می‌باشد برای بدست آوردن فرمول η فرض می‌کنیم که شاره‌های غیر کشسان همانند شکل زیر بین دو صفحه که تحت تأثیر نیروی برشی، واقع شده باشد. چنانچه V سرعت صفحه بالایی خیلی زیاد نبوده و میزان چسبندگی (η) همانند رابطه زیر به نیروی F ، که برای ایجاد سرعت V لازم است بستگی دارد.



$$F = \frac{VA}{d}\eta$$

در فرمول فوق A مساحت هر یک از صفحات، η ضریب چسبندگی و d فاصله بین دو صفحه است.

واحد η در سیستم SI پاسکال ثانیه است که آن را یک پوآزی گویند یعنی :

$$۱(\text{Pi}) = ۱\,\text{N.s}/\text{m}^۲ = ۱\,\text{Kg}/\text{m.s}$$ پوآزی

$$۱(\text{p}) = ۰/۱\,\text{Kg}/\text{m.s}$$ پوآز

با توجه به مطالب فوق که تاکنون گفته شد به یکی از قوانین مهم در شاره‌ها می‌پردازیم و آن قانون پوآزی است.

۲-۵ قانون پوازی

مقدار جریان شاره‌ای که از لوله‌ای استوانه‌ای شکل به طول L و شعاع سطح مقطع r می‌گذرد، برابر با :

$$Q = \frac{\pi r^۴ (p_۱ - p_۲)}{۸\eta L}$$

Q جریان شاره است.

$p_۱ - p_۲$ اختلاف فشار دو انتهای لوله است.

۲-۶ معادله برنولی

هم‌اکنون به یکی از مهمترین معادلات حاکم بر قوانین شاره‌ها که کمک شایانی در حل شاره‌ها می‌کند می‌پردازیم، یعنی معادله برنولی.

معادله برنولی : در یک سیال تراکم‌ناپذیر برای دو نقطه دلخواه مثلاً ۱ و ۲ خواهیم داشت.

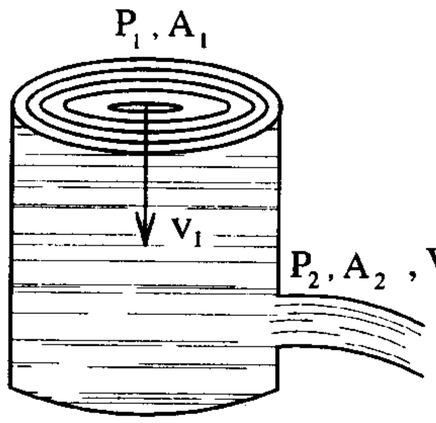
$$p_۱ + \frac{۱}{۲}\rho V_۱^۲ + h_۱\rho g = p_۲ + \frac{۱}{۲}\rho V_۲^۲ + h_۲\rho g$$

معادله فوق فشار p ، سرعت V و ارتفاع h هر دو نقطه یک خط جریان را برای جریان پایای یک شاره تراکم‌ناپذیر و غیر چسبنده را به هم مربوط ساخته و بیان کننده آن است که کار انجام شده توسط نیروهای فشار در امتداد یک خط جریان برابر تغییر انرژی جنبشی و پتانسیل است.

۲-۷ قضیه توریچلی

فرض می‌کنیم ظرفی حاوی مایعی است که سرظرف باز و در تماس با جو می‌باشد، چنانچه در این

ظرف سوراخی به فاصله h از سطح فوقانی مایع، وجود داشته باشد، به شرط آنکه مایع از معادله برنولی تبعیت کند و سطح فوقانی مایع به حرکت باشد، با توجه به شکل زیر سرعت خروج شاره از این سوراخ، برابر با :



$$\text{سرعت خروج مایع} \leftarrow V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2gh + 2\frac{(p_1 - p_2)}{\rho}}$$

چنانچه $V_1 << V_2$ باشد در آن صورت مقدار V_2 برابر با :

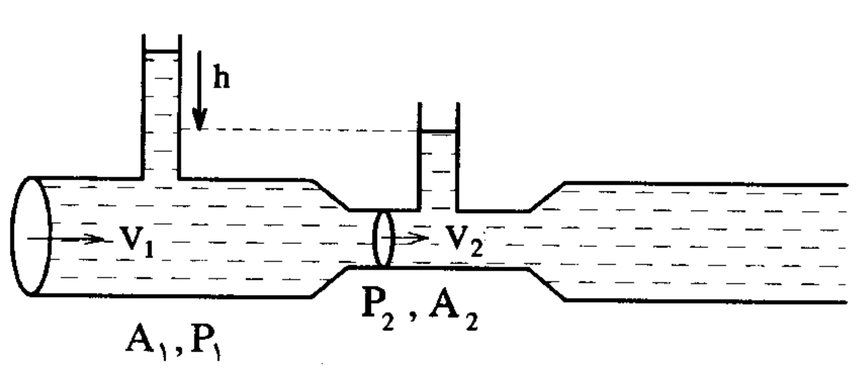
$$V_2 = \sqrt{2gh + 2\frac{(p_1 - p_2)}{\rho}}$$

چنانچه سرظرف باز و فشار p_1 برابر فشار جو (p_0) باشد در آن صورت خواهیم داشت :

$$p_1 = p_2 = p_0 \Rightarrow V_2 = \sqrt{2gh}$$

۸-۲ ونتوری متر (Ventorimeter)

وسیله‌ای است که با استفاده از آن می‌توان سرعت جریان یک مایع را در هر نقطه از یک لوله تعیین کرد.

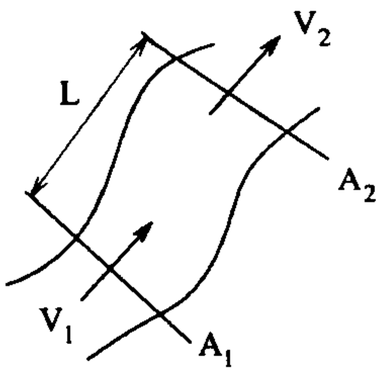


$$\begin{cases} P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 \ , \ \Delta P = \rho gh \\ A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad \text{معادله پیوستگی} \quad \Rightarrow V_2 = (A_1 / A_2) V_1 \\ V_1 = \sqrt{\frac{2gh}{(A_1/A_2)^2 - 1}} \end{cases}$$

۹-۲ پرسشهای چند گزینه‌ای

۱- سیالی در یک لوله جریان دارد که در شکل زیر نشان داده شده است. برای جریان یکنواخت فرمول پیوستگی این جریان عبارت است از :

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)



۱- $A_1V_1 = A_2V_2$

۲- $A_1L = A_2L$

۳- $V_1L = V_2L$

۴- $A_1V_1^2 = A_2V_2^2$

۲- از لوله‌ای به سطح مقطع ۴ سانتی‌متر مربع جریان آب با سرعت ۵ متر بر ثانیه می‌گذرد در قسمتی از مسیر از ارتفاع لوله به تدریج کاسته می‌شود و در همین حال مقطع آن به ۸ سانتی‌متر مربع افزایش می‌یابد. سرعت جریان آب در سطح پایین چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)

۱- $12\ m.s^{-1}$

۲- $2/5 m.s^{-1}$

۳- $16\ m.s^{-1}$

۴- $3 m.s^{-1}$

۳- از لوله‌ای با مساحت ۴ سانتی‌متر مربع جریان آب با سرعت ۵ متر بر ثانیه می‌گذرد. در قسمتی از ارتفاع لوله به تدریج ۱۰ متر کاسته می‌شود و در همین حال مقطع آن به ۸ سانتی‌متر مربع افزایش می‌یابد. سرعت شارش آب در سطح پایین چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $4 m.s^{-1}$

۲- $2/5 m.s^{-1}$

۳- $3/5 m.s^{-1}$

۴- $4/5 m.s^{-1}$

۴- سطح آب در یک مخزن به اندازه H از سطح زمین بالاتر است. یک سوراخ کوچک را در چه عمقی (h) از سطح آزاد آب باید ایجاد کرد تا جریان آبی که به طور افقی از آن خارج می‌شود، در بیشترین فاصله از پای مخزن به زمین برخورد کند ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $\frac{H}{4}$

۲- H

۳- $\frac{H}{2}$

۴- $\frac{H}{3}$

۵- اندازه لوله‌ای را تعیین کنید که سرعت متوسط آن $۱۰\ ft/s$ و دبی $۷۰/۷\ ft^۳/s$ را از خود عبور دهد ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا و هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)**

۱- ۳/۳ فوت ۲- ۲/۲ فوت ۳- ۳ فوت ۴- ۲ فوت

۶- اگر در اثر رسوب مواد، قطر داخلی یک لوله از ۶ سانتی‌متر به ۴ سانتی‌متر کاهش یابد، میزان آهنگ شارش از ۱۶۲ سانتی‌متر مکعب در ثانیه به چه مقداری خواهد رسید ؟ طول لوله ۲ متر، چسبندگی (ویسکوزیته) مایع ۱/۲ پویزو اختلاف فشار دو طرف لوله ثابت فرض شود. **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)**

۱- ۳۲ ۲- ۱۰۸ ۳- ۲۴۳ ۴- ۷۲

۷- با فرض اینکه چگالی سیال ثابت باشد، مقدار سرعت سیال از مقطع با قطر ۰/۵ متر کدام است ؟ در صورتی که سیال با سرعت $V_۱ = ۱۰\ m/s$ از دهانه دیگر استوانه با قطر ۱ متر وارد شود. **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- ۴۰ سانتی‌متر بر ثانیه ۲- ۲۰ متر بر ثانیه

۳- ۴۰ متر بر ثانیه ۴- ۵ متر بر ثانیه

۸- اگر شعاع یک رگ در اثر رسوب مواد به نصف تقلیل یابد، در صورتی که فشار خون دو طرف رگ ثابت بماند میزان شدت جریان خون به چه نسبتی تغییر می‌کند ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- یک دوم ۲- یک چهارم ۳- یک هشتم ۴- یک شانزدهم

۹- از شیر آبی که قطر داخلی آن d است، آب با سرعت اولیه $V_۰$ به طور پیوسته خارج می‌شود. قطر جریان را در فاصله h زیر محل خروج آب حساب کنید (از مقاومت هوا صرف‌نظر می‌گردد و فرض کنید که آب به صورت قطره در نمی‌آید).
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $d\left[\frac{v_۰}{\sqrt{v_۰^۲ + ۲gh}}\right]$

۲- $d\left[\frac{v_۰}{\sqrt{v_۰^۲ + ۲gh}}\right]^{\frac{۱}{۲}}$

۳- $d\left[\frac{v_۰^۲gh}{\sqrt{v_۰^۲ + ۲gh}}\right]^{\frac{۱}{۲}}$

۴- $d\left[\frac{v_۰^۲gh}{\sqrt{v_۰^۲ + ۲gh}}\right]$

۱۰- بردار سرعت جریان یک سیال به صورت $\vec{v} = 5x\vec{i} - 5y\vec{j}$ کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای ۷۳)

۱- حرکت سیال غیر چرخشی

۲- حرکت سیال در جهت محور yها غیر چرخشی

۳- حرکت سیال در جهت محور xها غیر چرخشی

۴- حرکت سیال در جهت محور zها غیر چرخشی

۱۱- چگالی یک سیال همگن به کدام یک از عوامل زیر بستگی دارد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۶)

۱- حجم - جرم ۲- فشار - جرم ۳- دما - فشار ۴- دما - حجم

۱۲- سرعت آب در نقطه A در ارتفاع h_2 در استوانه‌ای با ارتفاع h_1 به محض باز شدن شیر جریان می‌یابد چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $V_A = \sqrt{2gh_1}$

۲- $V_A = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$

۳- $V_A = \sqrt{2gh_2}$

۴- $V_A = 2g(h_2 - h_1)$

۱۳- سیالی تراکم‌ناپذیر در لوله‌ای افقی با قطر متغیر در جریان است با توجه به معادله برنولی در مقطع کوچکتر لوله عبارت درست کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- سرعت سیال بیشتر و فشار کمتر است.

۲- سرعت و فشار سیال بیشتر است.

۳- سرعت و فشار سیال کمتر است.

۴- سرعت سیال کمتر و فشار بیشتر است.

۱۴- فشار در اثر کدام یک از عوامل زیر می‌تواند تغییر کند ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای ۷٤)

۱- نیروی ثقل و شتاب حرکت سیال

۲- نیروی ثقل و مقاومت اصطکاکی

۳- نیروی ثقل، مقاومت اصطکاکی و شتاب حرکت سیال

۴- مقاومت اصطکاکی و شتاب حرکت سیال

۱۵- آب در داخل یک خط لوله که در ارتفاع ۵۰ متر نسبت به سطح دریا قرار دارد، تحت فشار $۴۰۰\ \frac{KN}{m^۲}$ جریان دارد. اگر سرعت جریان آب در لوله $۴\frac{m}{s}$ باشد، حساب کنید انرژی کل ۱۰ کیلوگرم از این آب را بر حسب KJ نسبت به سطح دریا.

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- ۱۲/۸۶۰ KJ
۲- ۹/۹۸۰ KJ
۳- ۲۰/۱۲۵ KJ
۴- ۵/۶۶۰ KJ

۱۶- اگر V سرعت یک نقطه از سیال داخل یک ظرف در حال دوران باشد، کدام یک از روابط زیر در امتداد شعاع صادق است؟ (z ارتفاع نقطه از سطح مایع، p فشار نقطه و ω سرعت دورانی است)

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای ۷۴)

۱- $\frac{P}{\rho}+gz=const$
۲- $\frac{P}{\rho}+gz+r^۲\omega^۲=const$
۳- $\frac{P}{\rho}+gz+\frac{V^۲}{۲}=const$
۴- $\frac{P}{\rho}+\frac{V^۲}{۲}=const$

۱۷- برای هر دو نقطه واقع در سیال رابطه برنولی به فرم زیر است.

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $P_۱+egy_۱+\frac{۱}{۲}ev_۱^۲=P_۲+\rho gy_۲+\frac{۱}{۲}ev_۲^۲$
۲- $egy_۱\pm ۲ev_۱^۲=egy_۲+۲ev_۲^۲$
۳- $P_۱+egy_۱+\frac{۱}{۲}mv_۱^۲=P_۲+\rho gy_۲+\frac{۱}{۲}mv_۲^۲$
۴- $P_۱+ev_۱^۲=P_۲+ev_۲^۲$

۱۸- هوای $۲۰^\circ C$ در فشار ۹۸ kPa از داخل لوله‌ای به قطر ۱۵Cm عبور می‌کند. اگر اختلاف فشار دستگاه اندازه‌گیری سرعت ۷۳۰ Pa باشد سرعت جریان هوا بر حسب $\frac{m}{s}$ کدام است ؟

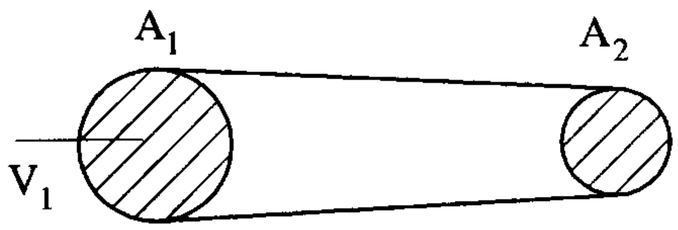
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای ۷۳)

۱- ۲۵
۲- ۳۰
۳- ۳۵
۴- ۴۵

۱۹- آب با جریان $۶۰ \frac{lit}{s}$ از داخل یک لوله افقی به طول ۲Km و قطر ۲۰ Cm عبور می‌کند. اگر افت فشار لوله معادل ۳۷/۲ متر آب و فشار ورودی ۸۰ متر آب باشد فشار آب قبل از خروج از لوله بر حسب kPa کدام است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای ۷۳)

۱- ۳۰۱/۲ ۲- ۳۶۴/۹ ۳- ۴۱۷/۹ ۴- ۷۸۲/۸

۲۰- جریان سیال غیر متراکم را از میان لوله‌های افقی مطابق شکل در نظر بگیرید. اختلاف فشار $P_۲ - P_۱$ را بر حسب جملاتی از مساحت سطح مقطع‌ها و سرعت شار $V_۱$ در طرف چپ تعیین کنید. (آزمون GRE)



۱- $\frac{۱}{۲}\rho V_۱^۲(۱-\frac{A_۱^۲}{A_۲^۲})$

۲- $\frac{۱}{۲}\rho V_۱^۲(۱+\frac{A_۱^۲}{A_۲^۲})$

۳- $\frac{۱}{۲}\rho V_۱^۲$

۴- $\frac{۱}{۲}\rho V_۱^۲ A_۱^۲ / A_۲^۲$

۵- $\frac{۱}{۲}\rho V_۱^۲ \frac{A_۲^۲}{A_۱^۲}$

۲-۱۰ پاسخنامه تشریحی

۱-۱)

$$A_1\rho_1V_1 = A_2\rho_2V_2 \quad , \quad \rho_2 = \rho_1 \Rightarrow A_1V_1 = A_2V_2$$

۲-۲)

$$\begin{cases} A_1 = 4Cm^2 \ , \ V_1 = 5\dfrac{m}{s} \\ A_2 = 8Cm^2 \ , \ V_2 = ? \end{cases}$$

$$A_1V_1 = A_2V_2 \Rightarrow (4\times10^{-4})(5) = (8\times10^{-4})(V_2) \Rightarrow V_2 = 2/5\frac{m}{s}$$

۳-۲)

$$\rho A_1V_1 = \rho A_2V_2$$

$$(4\times10^{-4}m^2)(5\frac{m}{s}) = (8\times10^{-4}m^2)V_2 \Rightarrow V_2 = 2/5\frac{m}{s}$$

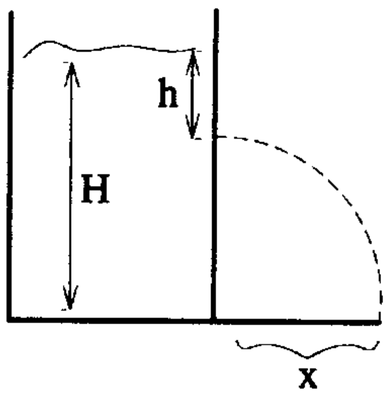
۴-۳)

$\text{Cos}\theta_0 = 1 \Rightarrow$ پرتاب آب افقی , $V = \sqrt{2gh}$ سرعت خروج آب

$(H-h) = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow$ زمان برخورد $t = \sqrt{\frac{2(H-L)}{g}}$ در برخورد به زمین

$$x = V_0\text{Cos}\theta_0 t = Vt = \sqrt{\frac{2(H-h)}{5}} \quad \sqrt{2gh} = 2\sqrt{h(H-h)}$$

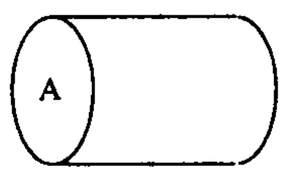
$$X_{max} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{d}{dt}2(hH-h^2)^{\frac{1}{2}} = 0 \Rightarrow \frac{2(H-2h)}{2(hH-h^2)} = 0 \Rightarrow H-2h = 0 \Rightarrow h = \frac{H}{2}$$



۵-۳)

$AV = 70/7\,ft^3/s = \pi(\frac{d}{2})^2V = 3/14(\frac{d}{2})^2(10\,ft/s) \Rightarrow d = 3ft$ قطر لوله

۴-۶)

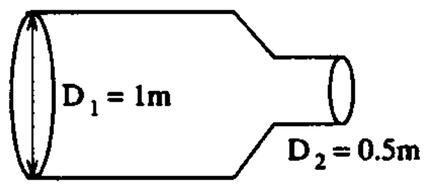


$$\frac{dV}{dt} = \frac{dAx}{dt} = A\frac{dx}{dt} = \rho v$$

v سرعت و V حجم عبوری در زمان t است. اگر $A = \pi(\frac{۶}{۲})^۲$ داریم $\frac{dV}{dt} = ۱۶۲\ \frac{Cm^۳}{s}$ اگر

$A' = \pi(\frac{۴}{۲})^۲$ باشد داریم $\frac{dV}{dt} = \frac{۱۶۲\ A'}{A} = ۷۲\ \frac{Cm^۳}{s}$

۳-۷)



$$\rho A_۱ v_۱ = \rho A_۲ v_۲$$

$$\Rightarrow R_۱^۲ v_۱ = R_۲^۲ V_۲ \Rightarrow v_۲ = (\frac{R_۱}{R_۲})^۲ v_۱ = (\frac{D_۱}{D_۲})^۲ v_۱ = (۲)^۲(۱۰) = ۴۰\ \frac{m}{s}$$

۴-۸) با توجه به معادله پوازی داریم :

$$Q = \frac{\pi r^۴ (P_۱ - P_۲)}{۸\eta\ell}$$

در این فرمول Q : جریان شاره، r : شعاع لوله، $p_۱ - p_۲$: افت فشار، l : طول لوله و η : ضریب چسبندگی.

مقدار شاره‌ای که از درون لوله می‌گذرد با افت فشار در راستای لوله و توان چهارم لوله متناسب است یعنی :

$$Q \alpha r^۴ \Rightarrow \frac{Q_۲}{Q_۱} = (\frac{۱}{۲})^۴ = \frac{۱}{۱۶}$$

۳-۹)

سطح مقطع جریان $= \pi(\frac{d}{۲})^۲$ ، $v^۲ = v_۰^۲ + ۲gh$: v سرعت پس از سقوط به اندازه h

$$\rho v_۰ (\frac{\pi d}{۲})^۲ = \rho (v_۰^۲ + ۲gh)^{\frac{۱}{۲}} (\frac{\pi d'}{۲})^۲ \Rightarrow d' \text{ قطر جریان پس از سقوط به اندازه } h$$

$$\Rightarrow d\left[\frac{v_۰}{\sqrt{v_۰^۲ + ۲gh}}\right]^{\frac{۱}{۲}} = d'$$

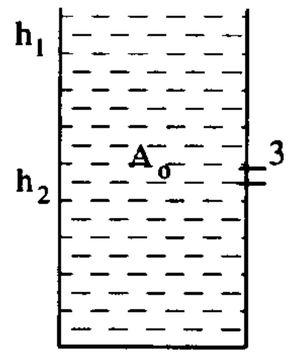
۱-۱۰)

$$\vec{\nabla}\times\vec{V}=\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z}\\ \Delta x & \Delta y & 0\end{vmatrix}=i(\frac{\partial}{\partial y}0-\frac{\partial}{\partial z}\Delta y)+j(\frac{\partial}{\partial x}0-\frac{\partial}{\partial z}\Delta x)+k(\frac{\partial}{\partial x}\Delta y-\frac{\partial}{\partial y}\Delta x)=0\Rightarrow$$

غیرچرخشی است.

۳-۱۱)

۲-۱۲)



$$P_A=\rho g(h_1-h_2)\ ,\ h_2=h_3\ ,\ h_1-h_2=h$$

معادله برنولی $P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho gh_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho gh_2=P_3+\frac{1}{2}\rho v_3^2+\rho gh_3$

$$v_2=v\ ,\ v_1=v_3=0\ \Rightarrow\ P_1+\rho gh_1=P_2+\rho gh_2=P_3+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gh_2$$

$$\Rightarrow P_2-P_1=\rho g(h_1-h_2)=\rho gh\Rightarrow P_2-P_3=\frac{1}{2}\rho v^2$$

$P_1=P_3=P_0=$ فشار بیرون $\Rightarrow P_2-P_1=\frac{1}{2}\rho v^2\ \Rightarrow \rho gh=\frac{1}{2}\rho v^2$

$$\Rightarrow v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2g(h_1-h_2)}$$

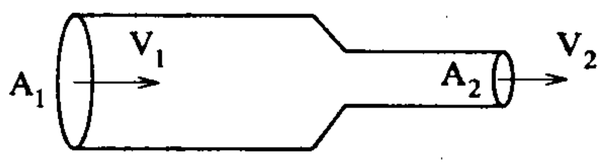
۱-۱۳)

$m=\rho Avt=$ ثابت

$P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gy=$ ثابت

$A_1v_2=A_2v_2\Rightarrow v_2>v_1\ ,\ \rho=$ ثابت

در نتیجه P کاهش می‌یابد. $P_2<P_1$



۳-۱۴) در چرخش سیال مشابه با یک جسم صلب، جریان دایم و غیر چرخشی بوده و معادله برنولی در این حالت برقرار است.

۴-۱۵)

$$y = ۵۰m\ ,\ P = ۴۰۰\ \frac{KN}{m^۲} = ۴۰۰ \times ۱۰^۳\ \frac{N}{m}\ ,\ V = ۴\frac{m}{s}$$

$$m = ۱۰Kg\ ,\ m \text{ حجم جرم } = ۱۰Lit = ۱۰^{-۲}m^۳$$

$$W = \int Fdl = \int PAdl = \int Pdv = PV = ۱۰^۵(۱۰^{-۲}) = ۱۰^۳ J$$

$$E = PV + \frac{۱}{۲}mV^۲ + mgh = ۱۰^۳ + \frac{۱}{۲}(۱۰)(۴)^۲ + ۱۰(۹/۸)(۵۰)$$

$= ۵۹۸۰\ J = ۵/۹۸\ KJ$ پاسخ نزدیک به گزینه ۴ است.

۳-۱۶)

$$P + \rho gz + \frac{۱}{۲}\rho V^۲ = Const \Rightarrow \frac{P}{\rho} + gz + \frac{V^۲}{۲} = Const$$ معادله برنولی

۱-۱۷) اگر ρ چگالی سیال، $P_۱, P_۲$ فشار در نقاط $y_۱, y_۲$ باشد.

$$P_۱ + \frac{۱}{۲}\rho v_۱^۲ + \rho g y_۱ = P_۲ + \frac{۱}{۲}\rho v_۲^۲ + \rho g y_۲$$

توجه : در این تست $\rho = e$ می‌باشد.

۱-۱۸)

$$P_۱/\rho_۱ + \frac{۱}{۲}v_۱^۲ + g Z_۱ = P_۲/\rho_۲ + \frac{۱}{۲}v_۲^۲ + g Z_۲\ ,\ \rho_۱ \approx \rho_۲ \Rightarrow \frac{P_۲ - P_۱}{\rho} = \frac{۱}{۲}v_۲^۲$$

و از طرفی مقدار فشار نسبی برابر با $P_a = ۹۸ + ۱۰۱$ و چگالی هوا تقریباً دو برابر است. یعنی $\rho = ۱/۲ \times ۲ = ۲/۴$ بنابراین :

$$v_۲ = (\frac{۲ \times ۷۳۰}{۲/۴})^{۱/۲} = ۲۴/۶۶ \approx ۲۵$$

۳-۱۹)

$$\frac{P_۱}{\rho_۱ g} + \frac{v_۱^۲}{۲g} + Z_۱ = \frac{P_۲}{\rho_۲ g} + \frac{v_۲^۲}{۲g} + Z_۲\ ,\ \rho_۱ = \rho_۲$$

$$\Rightarrow ۸۰ = ۳۷/۲ + \frac{P_۲}{\rho g} \Rightarrow \frac{P_۲}{\rho g} = ۴۲/۶ \Rightarrow P_۲ = \frac{۴۱۷۹۰۶}{۱۰۰۰} = ۴۱۷/۹ kPa$$

۱-۲۰) بنا بر معادله برنولی :

$$\frac{۱}{۲}\rho v^۲ + P + \rho gh = \text{ثابت} \Rightarrow h = ۰$$

$$\frac{۱}{۲}\rho v_۱^۲ + P_۱ = \frac{۱}{۲}\rho v_۲^۲ + P_۲ \ , \ A_۱ v_۱ = A_۲ v_۲$$

$$P_۲ - P_۱ = \frac{۱}{۲}\rho v_۱^۲ (۱ - \frac{A_۱^۲}{A_۲^۲}) \ , \ A_۱ > A_۲ \Rightarrow P_۱ > P_۲$$

فصل سوم

موج در محیطهای کشسان

مقدمه

هنگامی که قسمتی از یک محیط کشسان نسبت به وضعیت عادی آن تغییر مکان پیدا کند که سبب می‌شود آن قسمت حول وضعیت تعادلش نوسان کند، به علت کشسانی محیط، این آشفتگی در محیط پیش می‌رود که به آن موج می‌گوییم. با حرکت موج ذره منتقل نمی‌شود بلکه موج سبب انتقال انرژی شده و ذرات را حول وضعیت تعادل به نوسان در می‌آورد.

۱-۳ انواع موج

امواج را از نظر محیط انتشار به دو دسته تقسیم می‌کنیم.

الف) امواج مکانیکی : که تعریف آن در بالا آمده و برای انتشار احتیاج به محیط مادی دارند چرا که به علت خصوصیت کشسانی محیط یک آشفتگی در محیط توسط ذرات به یکدیگر منتقل می‌شود.

ب) امواج غیر مکانیکی یا الکترومغناطیس : این امواج احتیاج به محیط مادی ندارند و حرکت آشفتگی حرکتی مادی نیست بلکه حرکت میدان الکترومغناطیس است امواج را می‌توان از نظر رابطه حرکت ذرات مادی با راستای انتشار موج به سه دسته تقسیم کرد.

۱) عرضی : راستای ارتعاش بر جهت انتشار موج عمود است مثل موج در طناب (در مورد امواج نوری میدانهای $\vec{E}$, $\vec{B}$ بر راستای انتشار موج عمودند)

۲) طولی : جهت ارتعاش در راستای انتشار موج است. مثل امواج صوتی و یا موج در فنر.

۳) نه کاملاً طولی و نه کاملاً عرضی : مثل موج در سطح آب

به چند تعریف در مورد امواج باید توجه شود.

تپ موج : هنگامی که با یک تکان در یک سر طناب ایجاد آشفتگی می‌کنید با پیش‌روی آن در محیط یک تب موج ایجاد کرده‌اید.

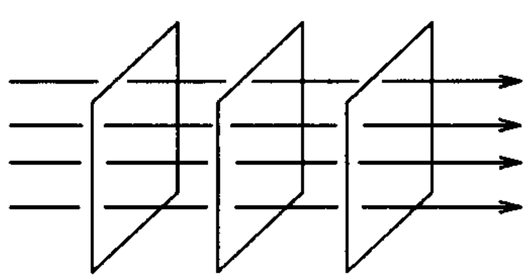
قطار موج : اگر به تکان دادن طناب (بالا و پایین بردن) آن ادامه دهید یک قطار موج ایجاد می‌شود.

موج هماهنگ ساده : اگر نوسان قسمتی از محیط که با تکان دادن آن ایجاد موج می‌کنیم (مثلاً یک سر طناب) نوسان هماهنگ ساده باشد موج ایجاد شده هماهنگ ساده است.

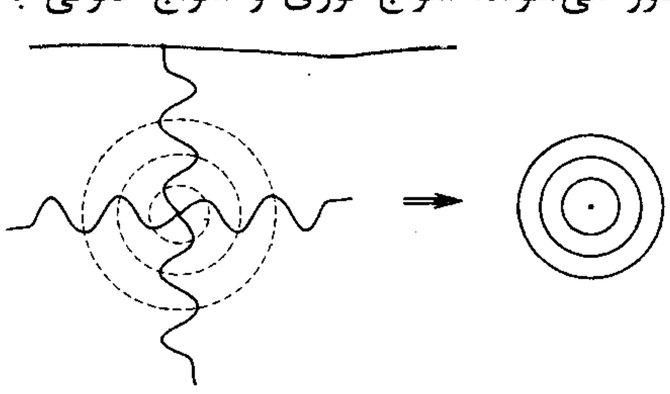
جبهه موج : مکان هندسی نقاطی است که تمام نقاط در فاز یکسانی از حرکت هستند.

پرتو موج : خطی که بر جبهه موج عمود و راستای انتشار موج را نشان می‌دهد.

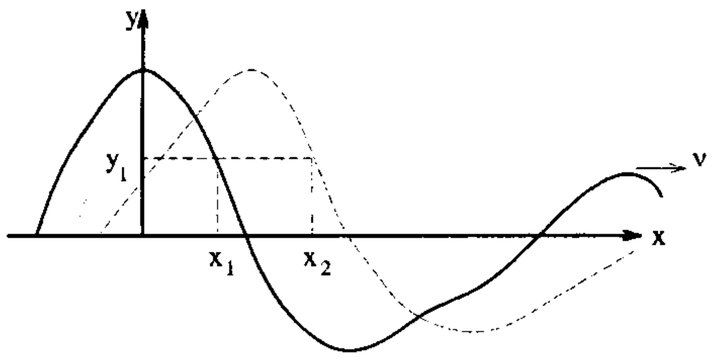
امواج تخت : اگر آشفتگی‌ها فقط در یک راستا منتشر شوند امواج را تخت می‌نامند. جبهه موج آنها به شکل تخت و پرتوها به صورت خطوط راست و موازی هستند.



امواج کروی : آشفتگی از یک چشمه نقطه‌ای و در تمام جهات خارج می‌شود. جبهه موج کروی و پرتوها خطهای شعاعی‌اند که از چشمه در تمام جهات دور می‌شوند، امواج نوری و امواج صوتی به صورت کروی پخش می‌شوند.



۲-۳ معادله موج



موجی را در نظر می‌گیریم که در جهت x+ با سرعت v در حال حرکت است اگر در $t = ۰$ و $y=f(x)$ باشد در هر لحظه دیگر $y = f(x - vt)$ است. به عنوان مثال اگر در $t = ۰$ نقطه $x = x_۱$ را در نظر بگیریم $(x_۲ = x_۱ + vt)$.

$t = ۰ \quad y_۱ = f(x_۱)$

$t = t \quad y_۱ = f(x_۱) = f(x_۲ - v\,t)$

بنابراین هر نقطه خاص از موج را که در نظر بگیریم یک y را می‌دهد (به عبارتی هنگامی که آن نقطه از موج از هر ذره‌ای عبور کند آن ذره را تا یک y خاص حرکت می‌دهد). بر این اساس می‌توان سرعت حرکت هر نقطه از موج و یا به عبارتی سرعت موج (سرعت فاز) را به دست آورد.

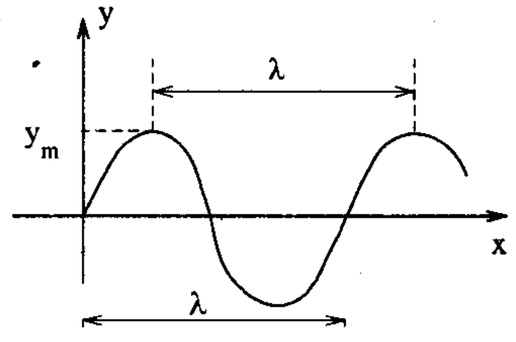
$$x - vt = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{dx}{dt} - v = ۰ \Rightarrow \underbrace{\frac{dx}{dt} = v}_{\text{سرعت فاز}}$$

اگر موج در جهت x- حرکت کند $y = f(x + vt)$

۱-۲-۳ موج سینوسی

موجی را در نظر می‌گیریم که در $t = ۰$ شکل آن مطابق نمودار باشد.

$t = ۰ \; ; \; y = y_m \mathrm{Sin} kx$



$$x = ۰ \;,\; x = \frac{n\lambda}{۲} \Rightarrow y = ۰ \Rightarrow k(\frac{n\lambda}{۲}) = n\pi \Rightarrow k = \frac{۲\pi}{\lambda} \Rightarrow y = y_m \mathrm{Sin} \frac{۲\pi}{\lambda} x$$

تغییر مکان بیشینه موج (y_m) را دامنه موج می‌نامند.

در فاصله بین دو نقطه مجاور از موج که وضعیت یکسانی دارند (مانند دو قله متوالی) را طول موج می‌نامند.

زمان لازم برای آن که فاصله‌ای برابر یک طول موج توسط موج طی شود را یک دوره تناوب و یا پریود می‌نامند. $T = \frac{\lambda}{v}$

اگر موج در جهت x+ در حال حرکت باشد.

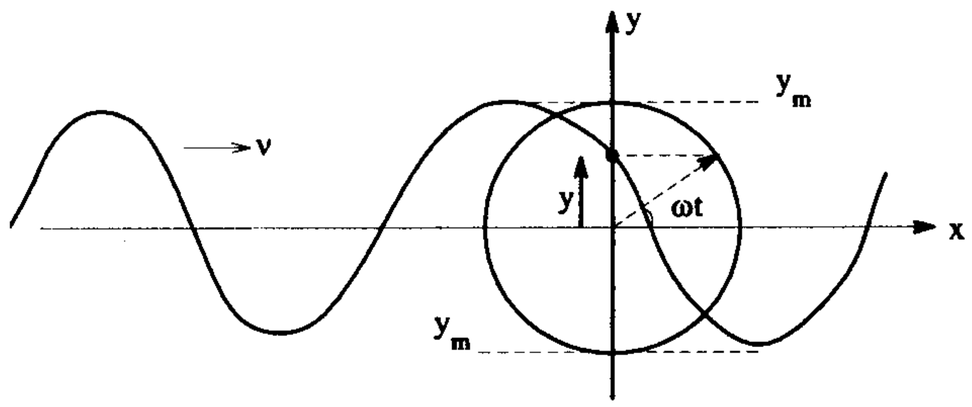
$$y = f(x - vt) = y_m \mathrm{Sin} k(x - vt)$$

معادله موج را می‌توان به صورت اشکال زیر نیز نوشت :

$$y = y_m \text{Sin}\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt) = 2\pi(\frac{x}{\lambda} - \frac{v}{\lambda}t) = y_m \text{Sin}2\pi(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T})$$

$$= y_m \text{Sin}(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t) = y_m \text{Sin}(kx - \omega t)$$

که $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ عدد موج و $\omega = 2\pi v = \frac{2\pi}{T}$ فرکانس زاویه‌ای موج است. برای درک مفهوم ω می‌توان از دایره مثلثاتی کمک گرفت می‌توان ذره‌ای که در اثر عبور موج میان $+y_m$, $-y_m$ نوسان می‌کند را به صورت تصویر ذره‌ای در نظر گرفت که بر روی دایره‌ای با شعاع y_m حول نقطه $y = 0$ ذره بی‌سرعت زاویه‌ای ω دوران می‌کند.



هنگامی که موج به اندازه λ جلو می‌رود ذره‌ای که موج از آن عبور می‌کند یک نوسان کامل انجام می‌دهد که زمان آن یک پریود است :

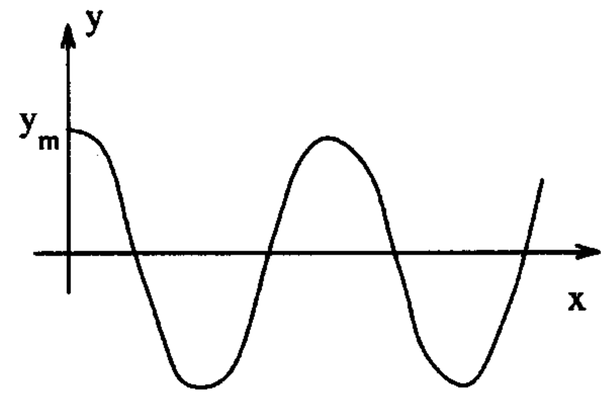
$$\text{سرعت موج } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\frac{2\pi}{T}}{\frac{2\pi}{\lambda}} = \frac{\omega}{k} \Rightarrow \omega = kv$$

۲-۲-۳ فاز اولیه

در صورتی که در $t = 0$ و در $x = 0$, $y \neq 0$ باشد موج دارای فاز اولیه است.

$$y = y_m \text{Sin}(kx - \omega t + \phi) \Rightarrow y_0 = y_m \text{Sin}(0 - 0 + \phi) \Rightarrow \phi = \text{Sin}^{-1}\frac{y}{y_m}$$

به عنوان مثال در یک موج کسینوسی داریم : (در $t = 0$, $y_0 = +y_m$)



$$y_m = y_m \text{Sin}\phi \Rightarrow \phi = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow y = y_m Sin(kx - \omega t + \frac{\pi}{۲}) = y_m Cos(kx - \omega t)$$

۳-۳ اصل برهم نهش

امواج مختلف در حال عبور از هم با یکدیگر ترکیب شده، سپس بدون اثرگذاری بر هم از هم دور می‌شوند. به عبارتی امواج مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند. تغییر مکان هر ذره در یک لحظه معین برابر است با مجموع تغییر مکانهایی که هر یک از موجها به تنهایی به ذره می‌دهند. این فرآیند یعنی جمع برداری تغییر مکانهای یک ذره را بر هم نهش می‌نامند.

اصل بر هم نهش در محیطهای کشسان برقرار است یعنی هنگامی که معادلات حاکم بر حرکت موج خطی باشند. مثلاً هنگامی که آشفتگی موجی نسبتاً بزرگی داریم و قوانین خطی معمولی حاکم بر عمل مکانیکی دیگر معتبر نباشند. معادلات حرکت موج خطی نیستند و دیگر اصل بر هم نهش صادق نیست.

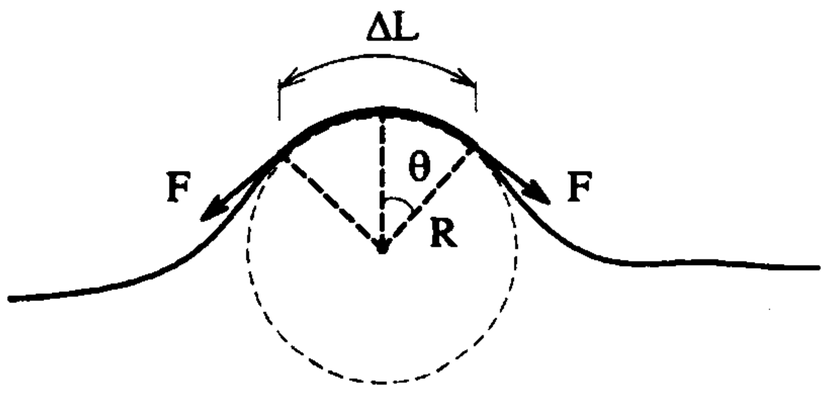
۳-۴ اصل فوریه

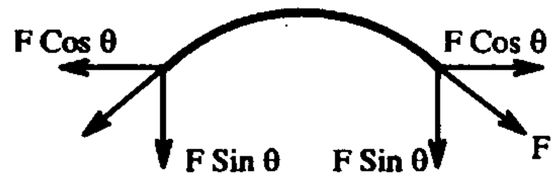
هر معادله حرکت متناوب را می‌توان بر اساس حرکات تناوبی ساده نوشت (به همین ترتیب می‌توان یک موج متناوب بر حسب ترکیبی از امواج ساده سینوسی و کسینوسی در نظر گرفت).

$$y(t) = A_۰ + A_۱ Sin\omega t + A_۲ Sin۲\omega t + A_۳ Sin۳\omega t + ... + B_۱ Cos\omega t + B_۲ Cos۲\omega t + ...$$

۳-۵ سرعت موج (در ریسمانی با جرم واحد طول μ و کشش F)

بخشی از یک ریسمان به طول ΔL که موجی با سرعت v در آن در حال حرکت است در نظر می‌گیریم به صورتی که المان ΔL بر دایره‌ای به شعاع R مماس شود.





مؤلفه‌های $F\cos\theta$ همدیگر را خنثی کرده و به همین علت است که هیچ المان از ریسمان توسط موج منتقل نمی‌شود : $2\theta = \frac{\Delta L}{R}$ و $m = \mu\Delta L$ جرم المان

$$\text{نیروی جانب مرکز} = 2F\sin\theta \cong 2F\theta = F\frac{\Delta L}{R} = m\frac{v^2}{R} = (\mu\Delta L)\frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow F = \mu v^2 \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}} \text{ سرعت موج}$$

$$\frac{\lambda}{T} = v \ , \ \frac{1}{T} = \upsilon \Rightarrow \lambda\upsilon = \upsilon \Rightarrow \boxed{\text{فرکانس موج} \quad \upsilon = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{F}{\mu}}}$$

۶-۳ مکان، سرعت و شتاب ارتعاش ذره در اثر عبور موج

$$y = y_m \sin(kx - \omega t + \theta)$$

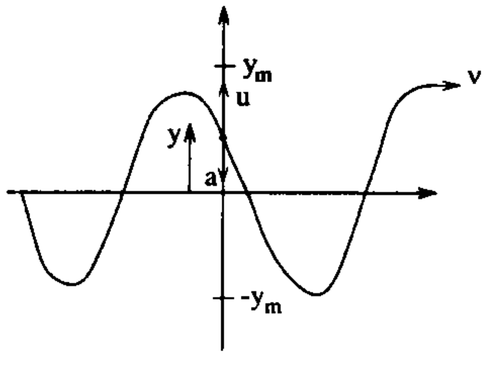
$$\text{سرعت ارتعاش ذره} \quad u = \frac{dy}{dt} = -y_m \omega \cos(kx - \omega t + \phi) \quad \Rightarrow \quad \boxed{|u_{max}| = y_m \omega}$$

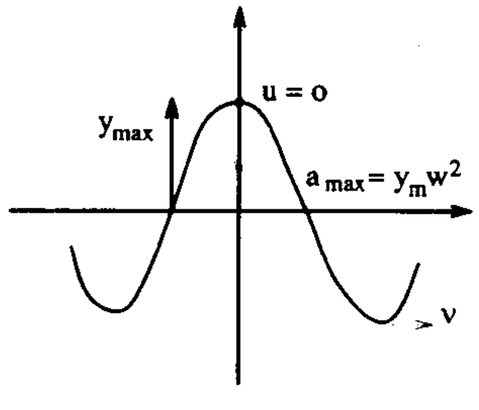
$$\text{شتاب ارتعاش ذره} \quad a = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{\partial u}{\partial t} = -y_m \omega^2 \sin(kx - \omega t + \phi) \Rightarrow |a_{max}| = \omega^2 y_m$$

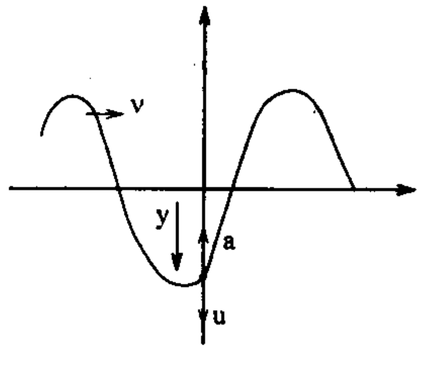
$$\Rightarrow \boxed{|a_{max}| = \omega |V_{max}|}$$

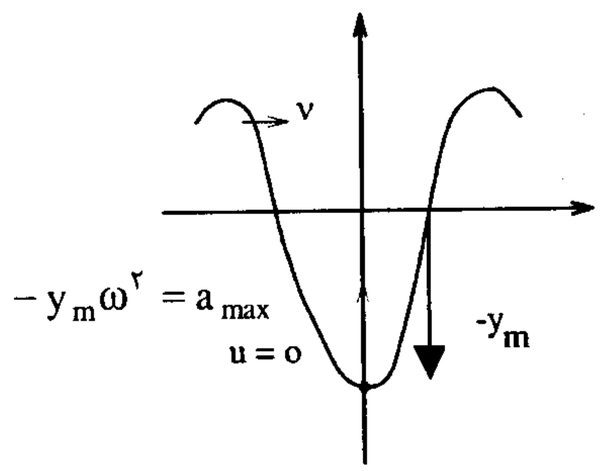
باید توجه داشت که سرعت موج یا سرعت فاز $v = \frac{dx}{dt}$ که در مورد موج در ریسمان $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ به دست آمد، با سرعت ارتعاش ذره u اشتباه گرفته نشود.

u با y و a به اندازه $\frac{\pi}{2}$ اختلاف فاز دارد در حالی که y و a با یکدیگر به اندازه π اختلاف فاز دارند. هر دو با هم max و با هم min می‌شوند ولی همواره خلاف جهت یکدیگرند. وضعیت ارتعاش یک ذره را به هنگام عبور موج در نظر بگیرید.



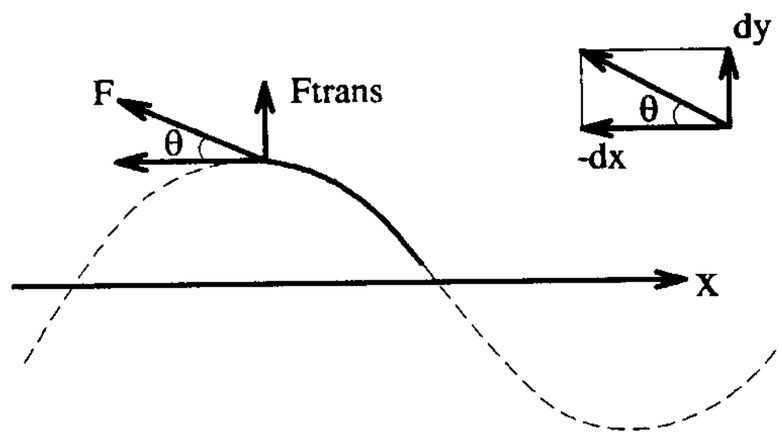






۳-۷ توان و شدت

عنصری از یک ریسمان کشیده که موجی با سرعت v در آن حرکت می‌کند، در نظر می‌گیریم. اگر F نیروی کشش ریسمان باشد، تصویر F در امتداد y (F_{trans}) مسئول حرکت نوسانی عنصر است.



(علامت منفی به علت آن است که -dx را داریم) $\theta \Rightarrow Sin\theta \approx \theta \approx tg\theta = -\frac{\partial y}{\partial x}$ کوچک است

توان $P = F_{trans}u = (-F\frac{dy}{dt})$

$$y = y_m Sin(kx - \omega t + \phi) \Rightarrow \begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x} = k y_m Cos(kx - \omega t + \phi) \\ \frac{\partial y}{\partial t} = -\omega y_m Cos(kx - \omega t + \phi) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{P = y_m^2 k\omega F Cos^2(kx - \omega t)}$$

توان متوسط $\bar{P} = \frac{1}{T}\int_0^T P dt = y_m^2 k\omega F\left[\frac{1}{T}\int_0^T Cos^2(kx - \omega t)dt\right]$

$$= \frac{1}{2} y_m^2 k\omega F$$

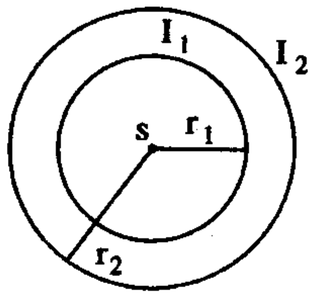
$$\begin{cases} \omega = 2\pi\upsilon \ , \ k = \dfrac{2\pi}{\lambda} \ , \ \lambda\upsilon = v \ \Rightarrow \ \bar{P} = 2\pi^2 y_m^2 \upsilon^2 \dfrac{F}{v} \\ \text{در ریسمان} \qquad v = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}} \ \Rightarrow \ \boxed{\bar{P} = 2\pi^2 y_m^2 \upsilon^2 \mu v} \end{cases}$$

شدت موج I : شدت‌عبارت است از توانی که از واحد سطح عمود بر راستای حرکت موج می‌گذرد.

شدت در امواج کروی : یک چشمه امواج کروی در نظر می‌گیریم. با توجه به بقای انرژی و ثابت بودن P .

$$r = r_1 \text{ در } \quad I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} \qquad \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$r = r_1 \text{ در } \quad I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2}$$



بنابراین در امواج کروی $I \propto \frac{1}{r^2}$.

در امواج کروی از یک طرف $I \propto \frac{1}{r^2}$ و از طرف دیگر $I \propto y_m^2$ بنابراین $y_m = \frac{Y}{r}$ و داریم - $y = \frac{Y}{r}\text{Sin}(kr - \omega t + \phi)$ که Y یک ثابت با ابعاد L^2 است.

۸-۳ انرژی

انرژی مکانیکی هر ذره که با عبور موج نوسان می‌کند برابر با مجموع انرژیهای جنبشی و پتانسیل آن است. انرژی عنصری به طول Δx از ریسمانی به جرم واحد طول μ که موجی با سرعت υ از آن عبور می‌کند را بررسی می‌کنیم.

$$\text{انرژی جنبشی} \quad E_k(\Delta x) = \frac{1}{2}\underbrace{(\mu\Delta x)}_{m}u^2 = \frac{1}{2}\mu\Delta x y_m^2 \omega^2 \text{Cos}^2(kx - \omega t + \phi)$$

با در نظرگرفتن نیروی باز گرداننده‌ای که هر المان جرم را به نقطه $y = 0$ باز می‌گرداند.

سرعت امواج عرضی

$m = \mu\Delta x$ که $\omega = \sqrt{\frac{k'}{m}} \Rightarrow k' = m\omega^2$: داریم $F = -k'y$

انرژی پتانسیل $E_p(\Delta x) = \frac{1}{2}k'y^2 = \frac{1}{2}(\mu\Delta x)\omega^2 y_m^2 \sin^2(kx - \omega t + \phi)$

انرژی کل $E(\Delta x) = Ep + E_k = \frac{1}{2}\mu\Delta x\omega^2 y_m^2$

انرژی واحد طول $= \frac{E(\Delta x)}{\Delta x} = E_1 = \frac{1}{2}\mu\omega^2 y_m^2 = \frac{1}{2}\mu(2\pi\upsilon)^2 y_m^2 = 2\pi^2\mu^2\upsilon^2 y_m^2$

بنابراین $\overline{P} = E_1\upsilon$

البته با توجه به آنکه $E(\Delta x) = (E_k)_{max}$ است. سریعاً می‌توان نوشت :

$$E(\Delta x) = \frac{1}{2}(\mu\Delta x)u_{max}^2 = \frac{1}{2}\mu\Delta x\omega^2 y_m^2$$

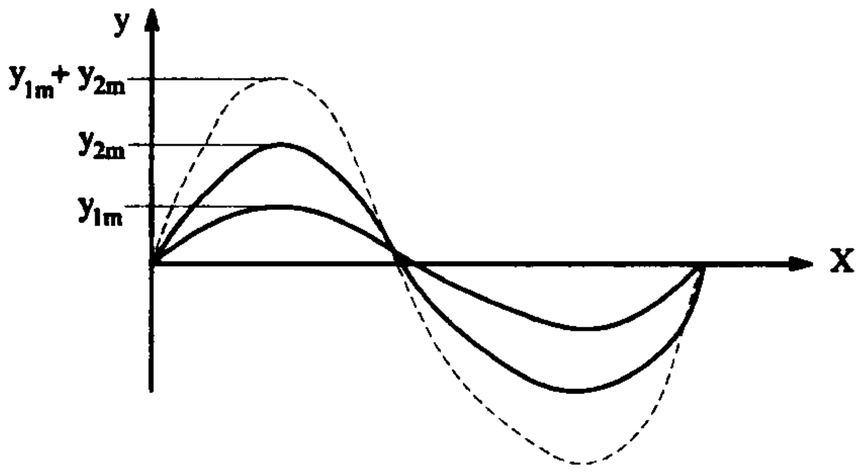
۹-۳ تداخل امواج

تداخل عبارت است از برهم افتادن اثرات فیزیکی دو یا چند قطار موج، در حالات مختلف این مسأله را بررسی می‌کنیم :

الف) دو موج دارای دامنه متفاوت هستند.

$y_1 = y_m \sin(kx - \omega t + \phi)$, $y_2 = y_{2m}\sin(kx - \omega t + \phi)$

$\Rightarrow y = y_1 + y_2 = (y_{1m} + y_{2m})\sin(kx - \omega t + \phi)$



ب) دو موج دارای دامنه فرکانس یکسان هستند ولی فلز اولیه آنها متفاوت است (چون دو موج تداخل کننده در یک محیط حرکت می‌کند سرعت آنها برابر است و با توجه به برابری فرکانسها و رابطه $v = \lambda\upsilon$ طول موج آنها هم برابر می‌شود).

$$y = y_1 + y_2 = y_m\sin(kx - \omega t + \phi_1) + y_m\sin(kx - \omega t + \phi_2)$$

$$= ۲y_m Sin(kx - \omega t + \frac{\phi_۱ + \phi_۲}{۲}) Cos(\frac{\phi_۱ - \phi_۲}{۲})$$

(از رابطه $SinA + SinB = ۲Sin\frac{A+B}{۲}Cos\frac{A-B}{۲}$ کمک گرفتیم، بنابراین موج برآیند دارای فاز اولیه $\frac{\phi_۱ + \phi_۲}{۲}$ است. ولی دارای طول موج و فرکانس برابر با طول موج و فرکانس دو موج اولیه است).

دامنه موج برآیند $y_M = ۲y_m Cos(\frac{\phi_۱ - \phi_۲}{۲})$

تداخل سازنده $\Delta\phi = \phi_۱ - \phi_۲ = ۲n\pi \Rightarrow y_M = (y_M)_{max} = ۲y_m$

تداخل ویرانگر $\Delta\phi = (۲n+۱)\pi \Rightarrow y_M = ۰$

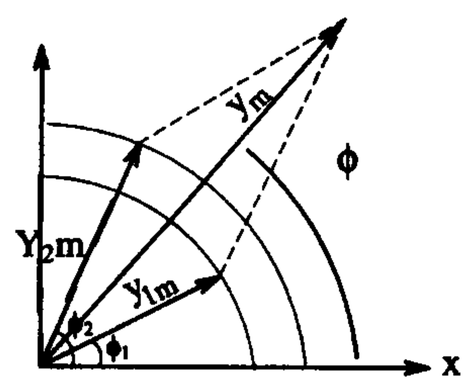
ج) تداخل امواجی که دارای فرکانس یکسان اما دامنه فاز اولیه متفاوت هستند اگر در زمانی خاص به نقطه‌ای خاص نگاه کنیم در واقع به ارتعاش برآیند ذره ناشی از عبور دو موج نگاه می‌کنیم (مثلاً در $x = ۰$ و $t = ۰$)

$$\begin{cases} y = y_{۱m} Sin(kx - \omega t + \phi_۱) \\ y = y_{۲m} Sin(kx - \omega t + \phi_{۱)} \end{cases} \quad x = ۰ \ , \ t = ۰ \Rightarrow \begin{cases} y_۱ = y_{۱m} Sin\phi_۱ \\ y_۲ = y_{۲m} Sin\phi_۲ \end{cases}$$

با استفاده از دایره مثلثاتی می‌توان دامنه ارتعاش برآیند را به دست آورد.

$$y_M = \sqrt{y_{۱m}^۲ + y_{۲m}^۲ + ۲y_{۱m}y_{۲m}Cos(\phi_۲ - \phi_۱)}$$

$$\phi = tg^{-۱}\frac{y_{Mx}}{y_{My}} = \frac{y_{۱mx} + y_{۲mx}}{y_{۱my} + y_{۲my}} = \frac{y_m Sin\phi_۱ + y_{۲m}Sin\phi_۲}{y_{۱m}Cos\phi_۱ + y_{۲m}Cos\phi_۲}$$



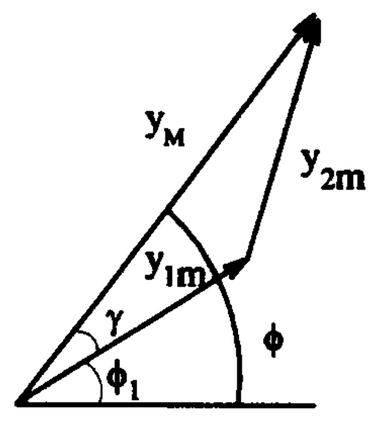
بنابراین معادله موج برآیند عبارت است از :

$$y = y_m Sin(kx - \omega t + \phi)$$

البته می‌توان ϕ را از رابطه زیر نیز به دست آورد :

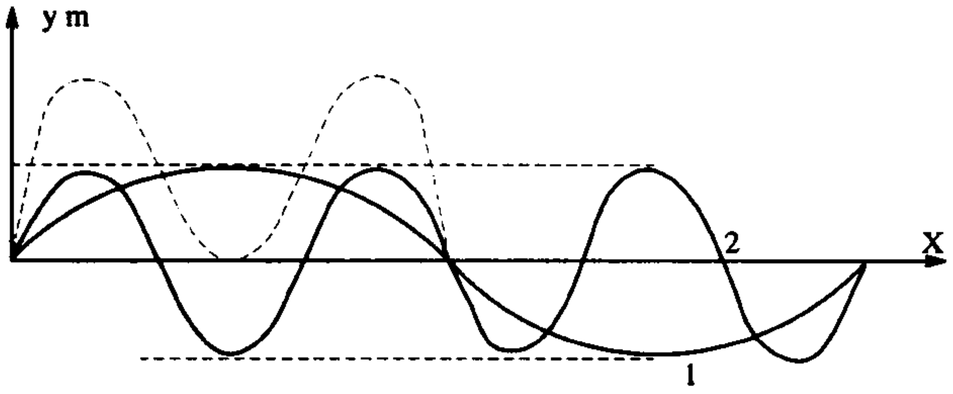
$$y_{۲m}^۲ = y_M^۲ + y_{۱m}^۲ - ۲y_M y_{۱m} Cos\gamma$$

$$\Rightarrow \phi = \phi_۱ + \gamma = \phi_۱ + Cos^{-۱}\left(\frac{y_{۱m}^۲ + y_M^۲ - y_{۲m}^۲}{۲y_M y_{۱m}}\right)$$



۳-۱۰ امواج مختلط

تاکنون بر هم نهش امواجی را بررسی کردیم که فرکانس آنها برابر است، خودشان و همچنین موج حاصله از نوع هماهنگ ساده و سینوسی بودند. اگر امواجی با فرکانس‌های متفاوت با هم ترکیب شوند موج برآیند یک موج مختلط است که دیگر هماهنگ ساده و دارای شکل سینوسی نخواهد بود. در شکل زیر ترکیب دو موج سینوسی با دامنه‌های برابر (هر دو y_m) ولی با فرکانس‌های متفاوت مشاهده می‌کنیم $(T_1 = 3T_2 \Rightarrow \upsilon_1 = \frac{1}{3}\upsilon_2)$.



۳-۱۱ امواج ایستاده

موجی را در نظر بگیرید که پس از بازتاب از یک مانع کاملاً سخت بازتاب پیدا کرده و با موج اولیه ترکیب شود. در این حالت دو قطار موج با فرکانس و دامنه یکسان داریم که در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند. از بر هم نهش این دو موج، یک موج ایستاده خواهیم داشت.

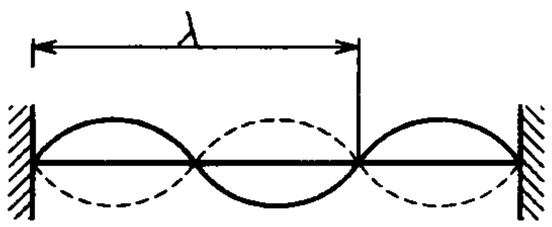
$$\begin{cases} y_1 = y_m \mathrm{Sin}(kx - \omega t) \\ y_2 = y_m \mathrm{Sin}(kx + \omega t) \end{cases} \Rightarrow \quad y = y_1 + y_2 = 2y_m \mathrm{Sin}(kx)\mathrm{Cos}\omega t$$

دامنه برآیند $\quad y_M = 2y_m \mathrm{Sin}kx$

ویژگی یک موج ایستاده این است که دامنه ارتعاش برای تمام ذرات یکسان نیست. بلکه با x تغییر می‌کند. به عبارتی بر خلاف آنکه در یک موج هر ذره تا $+y_m$ و $-y_m$ نوسان می‌کند و همه ذرات دامنه نوسانشان یکی بود ولی در موج ایستاده دامنه نوسان هر ذره تابع x ذره است.

$$\text{دامنه} = 2y_m \mathrm{Sin}kx \begin{cases} \text{دامنه بیشینه} = 2y_m \Rightarrow kx = \dfrac{(2n+1)\pi}{2} \Rightarrow x = \dfrac{(2n+1)\lambda}{4} & \text{نقاط شکم} \\ \text{واحد حداقل} = 0 \Rightarrow kx = n\pi \Rightarrow x = \dfrac{n\lambda}{2} & \text{نقاط گره} \end{cases}$$

تشکیل امواج ایستاده را در یک ریسمان در نظر می‌گیریم.



$\frac{\lambda}{۴}$ = فاصله یک شکم و گره متوالی و $\frac{\lambda}{۲}$ = فاصله دو گره = فاصله دو شکم

تعداد گره $= n+۱ \Rightarrow$ تعداد شکمها $= n$

اگر L طول ریسمان باشد آن گاه، شرط تشکیل امواج ایستاده عبارت است از :

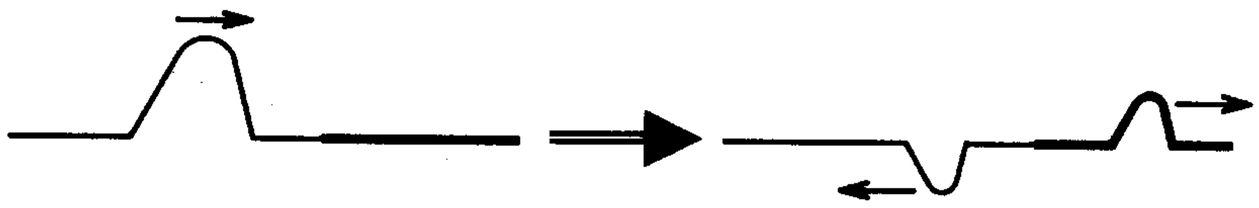
$$L = n\frac{\lambda}{۲}$$

$$\lambda_n = \frac{۲L}{n},\ \upsilon_n\lambda_n = v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \upsilon_n = \frac{n}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

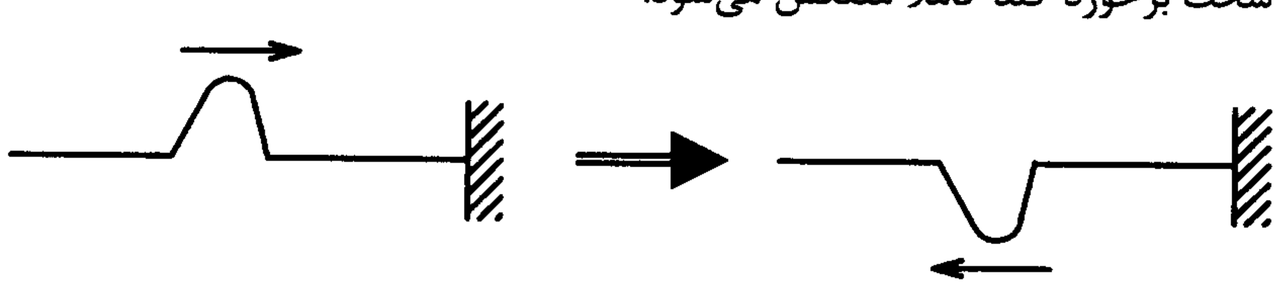
$\upsilon_۱$ فرکانس مد اصلی نوسانگر و $\upsilon_۲$ و $\upsilon_۳$ و ... فرکانس مدهای فرعی نوسانگر است.

۱۲-۳ بازتاب امواج

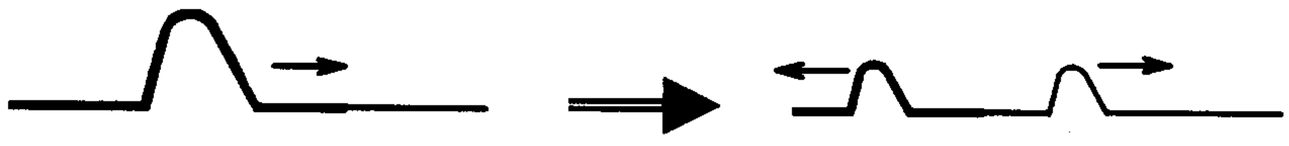
اگر یک موج از محیطی سخت‌تر بازتاب پیدا کند ۱۸۰ درجه اختلاف فاز پیدا می‌کند، مانند نور هنگامی که از هوا به سطح آب برخورد کرده و منعکس می‌شود و یا هنگامی که موج درون طنابی سبک به طناب ضخیم‌تر برخورد می‌کند.



قسمتی از موج که عبور می‌کند بدون اختلاف فاز نسبت به موج اولیه عبور می‌کند و اگر موج به مانع کاملاً سخت برخورد کند کاملاً منعکس می‌شود.



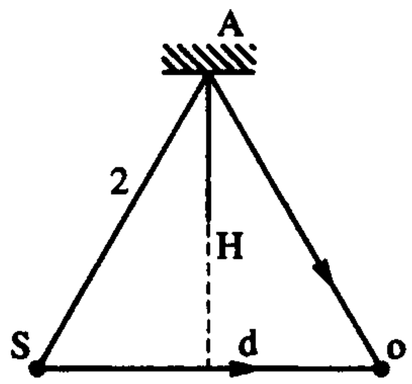
اگر موج به محیط نرمتر برخورد کند هم موج عبور و هم موج منعکس شده نسبت به موج اولیه اختلاف فازی ندارند.



در برخورد به محیط کاملاً نرم تمام موج بازتاب پیدا می‌کند.

بنابراین در هنگام بررسی تداخل دو موج باید به این مسئله توجه داشت. به مثال زیر توجه کنید :

دو موج از منبع s یکی مستقیماً و دیگری پس از برخورد به آینه به نقطه D می‌رسند؛ اختلاف فاز این دو چیست ؟



$$\text{مسیر ۱} : \phi_1 = x_1 = \frac{2\pi}{\lambda} d$$

$$\text{مسیر ۲} : \phi_2 + \pi = \frac{2\pi}{\lambda}\left[2\sqrt{H^2 + (\frac{d}{2})^2}\right] + \pi$$

$$\Rightarrow \Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = \frac{2\pi}{\lambda}\left[2\sqrt{H^2 + \frac{d^2}{4}} - d\right] + \pi$$

۳-۱۳ تشدید

در صورتی که سیستمی قابل نوسان، تحت تأثیر نیرویی متناوب با فرکانس مساوی یا نزدیک به یکی از فرکانس‌های طبیعی نوسانش قرار گیرد، با دامنه نسبتاً بزرگی نوسان می‌کند. این پدیده تشدید نامیده می‌شود. به عنوان مثال فرکانسهای طبیعی نوسان یک تار (که دو انتهای آن ثابت شده است) به طول L عبارت است از :

$$\upsilon_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad , \quad \upsilon_1, \upsilon_2, \ldots$$

حال اگر با یک نیروی متناوب به این تار انرژی دهیم و فرکانس این نیروی متناوب نزدیک به یکی از فرکانس‌های طبیعی تار باشد تار با آن فرکانس تشدید می‌شود و در همان مد نوسان می‌کند.

۳-۱۴ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- در لحظه $t=0$ معادله یک موج سینوسی بر حسب سانتی‌متر به صورت $Y=0/21Sin(0/3\pi x)$ است. طول موج این موج را حساب کنید.

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- ۶/۶۷ سانتی‌متر
۲- ۰/۲۱ سانتی‌متر
۳- $\frac{2}{3}\pi$ سانتی‌متر
۴- $\frac{3}{2}\pi$ سانتی‌متر

۲- معادله ارتعاش یک ذره به صورت $x=10Cos(5t+\phi)$ می‌باشد که x بر حسب سانتی-متر و t بر حسب ثانیه است. ماکزیمم سرعت این ذره چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $-25\frac{m}{s}$
۲- $-50\frac{m}{s}$
۳- $20\frac{m}{s}$
۴- $50\frac{m}{s}$

۳- معادله شتاب حرکت برای جسمی که حرکت هماهنگ ساده با دوره تناوب ۵ ثانیه و دامنه ۰/۰۳ متر انجام می‌دهد کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $0/03\pi^2Sin(0/4\pi t)$
۲- $0/0048\ \pi^2Sin(0/4\pi t)$
۳- $0/012\ Cos(0/4\pi t)$
۴- $0/03\pi Sin(0/4\pi t)$

۴- دسته موجی بافرکانس 5MHz به صورت پالسی تولید می‌شود. اگر هر پالس حاوی ۲/۵ موج باشد، طول فضایی این پالس (spl) چند میلی‌متر است ؟ (سرعت امواج دریافتی ۱۵۰۰ متر بر ثانیه فرض شود). (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- ۰/۳۰
۲- ۰/۷۵
۳- ۳/۳۳
۴- ۸/۲۵

۵- یک منبع حرکت ارتعاشی امواجی با طول موج λ در محیط منتشر می‌کند. اختلاف فاز منبع با نقطه‌ای که به فاصله d از آن قرار دارد برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- $2\pi\frac{\lambda}{d}$
۲- $\pi\frac{\lambda}{d}$
۳- $2\pi\frac{d}{\lambda}$
۴- $\pi\frac{d}{\lambda}$

۶- معادله ارتعاشی منبع M به صورت $Y = aSin\omega t$ است. اگر طول موجی که از این منبع منتشر می‌شود برابر ۲ متر باشد معادله ارتعاشی نقطه A به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از منبع برابر است با : (کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۴)

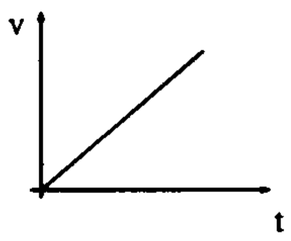
۱- $y = aSin(\omega t + \frac{\pi}{۴})$

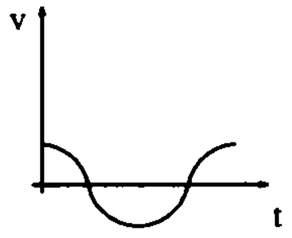
۲- $y = aSin\omega t$

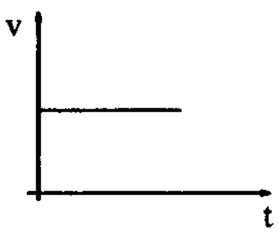
۳- $y = aSin(\omega t + \frac{\pi}{۲})$

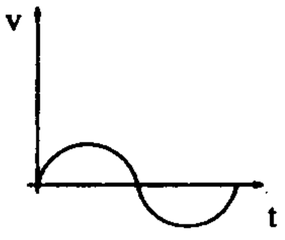
۴- $y = aSin(\omega t - \frac{\pi}{۴})$

۷- کدام شکل زیر می‌تواند نمودار سرعت انتشار ارتعاشات در تار یکنواخت در حال ارتعاش باشد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱-


۲-


۳-


۴-


۸- فرکانس پایین‌ترین نت یک‌پیانو ۲۷/۵ هرتز است. طول سیم پیانو دو متر و کشش آن ۳۰۰ نیوتن است. جرم کل این سیم چقدر است ؟ (طول موج را ۴ متر در نظر بگیرید).
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ۳۲/۷ گرم ۲- ۴۹/۶ گرم ۳- ۴۸/۲ گرم ۴- ۳۹/۵ گرم

۹- اگر طول و نیروی کشش تار مرتعشی هر یک نصف گردد فرکانس صوت اصلی آن چند برابر می‌شود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی هواشناسی ۷۷)

۱- $\sqrt{۴}$ ۲- $\sqrt{۲}$ ۳- $\frac{۱}{۴}$ ۴- $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

۱۰- سرعت انتشار ارتعاشات عرضی در طول یک تار مرتعش با قطر مقطع تار چه نسبتی دارد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی هواشناسی ۷۷)

۱- عکس
۲- عکس با مجذور آن
۳- عکس با جذر آن
۴- مستقیم

۱۱- اگر کشش یک ریسمان ۱۰۰ نیوتن باشد، سرعت موج $۱۲۰ \frac{m}{s}$ است. اگر کشش ۲۰۰ نیوتن باشد، سرعت موج چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $۱۶۹ \frac{m}{s}$ ۲- $۲۴۰ \frac{m}{s}$ ۳- $۱۶/۹ \frac{m}{s}$ ۴- $۱۲۰ \frac{m}{s}$

۱۲- اگر نیروی کشش تار مرتعشی ۴ برابر شود ارتفاع صوت حاصل از آن چند اکتاو باند بالا می‌رود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷٤)

۱- ۰/۵ ۲- ۱ ۳- ۲ ۴- ۴

۱۳- اگر طول و نیروی کشش تار مرتعشی هر یک نصف گردد فرکانس صوت اصلی آن چند برابر می‌شود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- $\sqrt{۲}$ ۲- $\sqrt{۴}$ ۳- $\frac{۱}{۴}$ ۴- $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

۱۴- در یک ریسمان افقی درازی توسط میله‌ای که سر ریسمان را در یک محدوده ۰/۵ سانتی‌متری بالا و پایین می‌برد، یک موج سینوسی عرضی ایجاد می‌کنیم. حرکت پیوسته است و به طور منظم در هر ثانیه ۱۲۰ بار تکرار می‌شود، اگر چگالی خطی ریسمان ۰/۲۵ کیلوگرم بر متر و کشش سطحی آن ۹۰ نیوتن باشد. سرعت حرکت این موج چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $۳۸ ms^{-۱}$ ۲- $۱۰ ms^{-۱}$ ۳- $۲۸ ms^{-۱}$ ۴- $۱۹ ms^{-۱}$

۱۵- دو سیم با ضخامت یکسان هر یک بین دو نقطه ثابت بسته شده‌اند. چگالی سیم اول سه برابر چگالی سیم دوم و کشش در سیم دوم سه برابر کشش در سیم اول است. نسبت سرعت انتشار امواج عرضی در سیم دوم به سیم اول مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)

۱- ۹ ۲- ۳ ۳- $\sqrt{۳}$ ۴- ۱

۱۶- کشش در یک سیم دو سر بسته را به نصف کاهش می‌دهیم. اگر چگالی خطی سیم ثابت بماند، فرکانس اصلی ایجاد شده در حالت دوم ..... برابر می‌شود.

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۵)

۱- $\frac{۱}{\sqrt{۲}}$ ۲- $\frac{۱}{۲}$ ۳- $\sqrt{۲}$ ۴- ۲

۱۷- موج عرضی با سرعت V روی یک ریسمان تحت کشش حرکت می‌کند. اگر کشش ریسمان چهار برابر شود، سرعت موج چقدر خواهد شد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)

۱- $\frac{۱}{۲}V$ ۲- V ۳- ۲V ۴- ۴V

۱۸- نیروی کشش تار مرتعشی را آن قدر تغییر داده‌ایم که فرکانس صوت اصلی تار ۳ برابر شده است. در این صورت نیرو را : (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

۱- $\sqrt{۳}$ برابر بزرگ کرده‌ایم. ۲- ۳ برابر کوچک کرده‌ایم.

۳- ۳ مرتبه بزرگ کرده‌ایم. ۴- ۹ برابر بزرگ کرده‌ایم.

۱۹- سرعت امواج عرضی روی یک ریسمان ۲۰۰ متر بر ثانیه است. اگر چگالی خطی ریسمان ۷×۱۰^{-۳} کیلوگرم بر متر باشد، کشش ریسمان چند نیوتن است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)

۱- ۲۲۸ ۲- ۲۸۰

۳- ۱۴۰ ۴- ۱۱۴

۲۰- سرعت انتشار ارتعاشات عرضی در طول یک تار مرتعش با قطر سیم تار چه نسبتی دارد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- عکس ۲- عکس با مجذور آن

۳- مستقیم ۴- عکس با جذر آن

۲۱- یک تار کشیده تحت تأثیر نیروی کششی ۱۶۰ نیوتنی قرار دارد. طول تار ۵۰ سانتی‌متر و جرم آن ۰/۵ گرم است. اگر این تار به ارتعاش درآید، فرکانس موج اصلی (هارمونیک اصلی) آن چند هرتز است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹)

۱- ۳۵۰ ۲- ۴۰۰ ۳- ۶۵۰ ۴- ۷۰۰

۲۲- دو سیم هم‌جنس با سطح مقطع یکسان و طولهای $L_۱$, $L_۲$ دارای صوت اصلی هم فرکانس می‌باشند، نسبت نیروی کشش سیم اول به نیروی کشش سیم دوم برابر است با : (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- $L_۱/L_۲$ ۲- $L_۲/L_۱$ ۳- $(L_۱/L_۲)^۲$ ۴- $(L_۲/L_۱)^۲$

۲۳- اختلاف فاز بین دو موج صوتی با فرکانس و دامنه مساوی چند درجه باشد تا موج مجموع دارای همان دامنه باشد ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)**

۱- $\pm ۳۰^\circ$ ۲- $\pm ۶۰^\circ$ ۳- $\pm ۹۰^\circ$ ۴- $\pm ۱۲۰^\circ$

۲۴- یک نخ ابریشم به شاخه دیاپازونی متصل است و مطابق رابطه $y = ۴Sin\frac{\pi x}{۳}Cos۴۰\pi t$ ارتعاش می‌کند نوع موج آن چیست ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- طولی ۲- عرضی

۳- ایستاده ۴- پلاریزه

۲۵- ارتعاشات حاصل از یک دیاپازون با بسامد ۶۰۰ سیکل بر ثانیه، در تاری که هر دو سرش بسته شده است، امواج ایستاده ایجاد می‌کند. این موج ایستاده چهار حلقه دارد و دامنه آن ۰/۰۰۲ متر می‌باشد. اولاً طول تار چقدر است ؟ ثانیاً معادله تغییر مکان ذرات تار به صورت تابعی از مکان و زمان کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی هواشناسی ۷۹)

۱- $۲SinxCos۲۷۰۰\,t, ۱/۲m$ ۲- $۰/۰۲Sin۹/۴xCos۳۸۰۰\,t, ۱/۵m$

۳- $۰/۰۲Sin۹xCos۳۸\,t, ۱/۳m$ ۴- $۰/۰۲Sin۹/۴xCos۳۸۰۰\,t, ۱/۳m$

۲۶- ارتعاش ریسمانی طبق این معادله صورت می‌گیرد : $y = ۰/۵Sin\frac{\pi x}{۳}Cos۴۰\pi t$

که در آن x و y بر حسب سانتی‌متر و t بر حسب ثانیه است. سرعت و دامنه دو موجی که برهمنهش آنها می‌تواند به چنین ارتعاشی منجر شود، چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹)

۱- $۰/۲۵Cm\ ,\ ۱۲۰\ cm/s$ ۲- $۱Cm\ ,\ ۳۰\ cm/s$

۳- $۰/۵Cm\ ,\ ۶۰\ cm/s$ ۴- $۰/۷۵Cm\ ,\ ۱۸۰\ cm/s$

۲۷- ارتعاش ریسمانی بر طبق معادله $y = ۰/۵Sin\frac{\pi x}{۳}Cos۴۰\pi t$ صورت می‌گیرد، که در آن x و y بر حسب سانتی‌متر و t بر حسب ثانیه است، دامنه و سرعت دو مؤلفه موجی را که برهمنهش آنها می‌تواند به‌چنین ارتعاشی منجر شود، به ترتیب عبارت است از :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- ۰/۵ سانتی‌متر - ۱۲۰ سانتی‌متر بر ثانیه

۲- ۰/۲۵ سانتی‌متر - ۱۲۰ سانتی‌متر بر ثانیه

۳- ۱ سانتی‌متر - ۱۰۰ سانتی‌متر بر ثانیه

۴- ۰/۵ سانتی‌متر - ۱۰۰ سانتی‌متر بر ثانیه

۲۸- ارتعاش‌ریسمانی بر طبق معادله زیر صورت می‌گیرد : $y = ۰/۵ \text{Sin}\frac{\pi x}{۳}\text{Cos}۴۰\pi t$

که در آن x و y بر حسب سانتی‌متر و t برحسب ثانیه است. دامنه و سرعت دو موج مؤلفه‌ای که برهمنهش آنها می‌تواند به چنین ارتعاشی منجر شود چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $۱۲۰\ \text{Cms}^{-۱}\ ,\ ۰/۲۵\text{Cm}$ ۲- $۲۴۰\ \text{Cms}^{-۱}\ ,\ ۳\text{Cm}$

۳- $۱۱\text{Cms}^{-۱}\ ,\ ۰/۲۵\text{Cm}$ ۴- $۱۲۰\ \text{Cms}^{-۱}\ ,۳\text{Cm}$

۲۹- ذره‌ای در اطراف مبدأ مختصات در حال نوسان است و در لحظه $t=۰$ در نقطه $x=\frac{۱}{۲}A$ قرار دارد و در حال دور شدن از مبدأ است. فاز اولیه حرکت را تعیین کنید.

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی ۸۱)

۱- ۹۰ درجه ۲- ۳۰ درجه ۳- ۴۵ درجه ۴- ۶۰ درجه

۳۰- ذره‌ای در راستای محور x بر طبق رابطه $x=a\text{Cos}(\omega t+\alpha)$ حول مبدأ مختصات در نوسان است. وقتی این ذره از مبدأ دور می‌شود، تدریجاً :

۱- سرعت و شتاب آن هر دو افزایش یافته و نیروی وارد بر آن کاهش می‌یابد.

۲- سرعت و نیروی وارد بر آن افزایش یافته و شتاب آن کاهش می‌یابد.

۳- سرعت آن کاهش یافته و شتاب و نیروی وارد بر آن افزایش می‌یابد.

۴- شتاب و نیروی وارد بر آن کاهش یافته و سرعت آن افزایش می‌یابد.

۳۱- یک موج انتقال یابنده به معادله $y=۵\text{Cos}(۲۰۰\,t-۰/۲z)$ در راستای محور z در حال پیشروی است. این موج به مانع کاملاً سختی برخورد کرده منعکس می‌شود. معادله موج ساکن حاصل عبارت است از :

۱- $۱۰\text{Sin}۲۰۰\,t\,\text{Cos}۰/۲z$ ۲- $۱۰\text{Cos}۲۰۰\,t\,\text{Sin}۰/۲z$

۳- $۱۰\text{Sin}۲۰۰\,t\,\text{Sin}۰/۲z$ ۴- $۱۰\text{Cos}۲۰۰\,t\,\text{Cos}۰/۲z$

۳۲- اگر کشش یک ریسمان ۱۰۰ نیوتن باشد سرعت موج $۱۲۰ \frac{m}{s}$ است. اگر کشش ۲۰۰ نیوتن باشد، سرعت موج چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۱)

۱- $۱۲۰ \frac{m}{s}$ ۲- $۱۶۹ \frac{m}{s}$

۳- $۱۶/۹ \frac{m}{s}$ ۴- $۲۴۰ \frac{m}{s}$

۳۳- معادله حرکت ارتعاشی یک ذره به صورت $x = ۱۰Cos(۵t + \phi)$ می‌باشد که در x بر حسب سانتی‌متر و t بر حسب ثانیه است. ماکزیمم سرعت این ذره چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی ۸۱)

۱- $+۵۰ \frac{m}{s}$ ۲- $-۱۰۰ \frac{m}{s}$

۳- $-۵۰ \frac{m}{s}$ ۴- $+۱۰۰ \frac{m}{s}$

۳-۱۵ پاسخنامه تشریحی

(۱-۱

$$y = ۰/۲۱ \mathrm{Sin}(۰/۳\pi x)$$

$$kx = ۰/۳\pi x \Rightarrow k = ۰/۳\pi = \frac{۲\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{۲}{۰/۳} = ۶/۶۷\ \mathrm{Cm}$$

(۲-۲

$$x = ۱۰\mathrm{Cos}(۵t + \phi)\ ,\ x(\mathrm{Cm}), t(\mathrm{s})$$

$$V = \frac{dx}{dt} = -۵۰\mathrm{Sin}(۵t + \phi)$$

$$V_{max} = -۵۰\ \frac{\mathrm{Cm}}{\mathrm{s}}$$

گزینه‌ها بر حسب $\frac{m}{s}$ است در حالی که $\frac{Cm}{s}$ صحیح است.

(۲-۳

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۵} = ۰/۴\pi\ ,\ y_m = ۰/۰۳$$

$$y = ۰/۰۳\mathrm{Sin}(۰/۴\pi t) \Rightarrow \frac{d^۲y}{dt^۲} = -۰/۰۳\,(۰/۴)^۲\pi^۲\mathrm{Sin}(۰/۴\pi t) = -۰/۰۰۴۸\ \pi^۲\mathrm{Sin}(۰/۴\pi t)$$

(۲-۴

$$\begin{cases} spl = ۲/۵\lambda \\ \upsilon = ۵\times۱۰^{۶}\ \mathrm{Hz} \\ v = ۱۵۰۰\ \mathrm{m/s} \end{cases} \qquad \lambda = v/\upsilon = \frac{۱۵۰۰}{۵\times۱۰^{۶}} = ۳\times۱۰^{-۴}\ \mathrm{m}$$

$$sp\ell = ۲/۵\times۳\times۱۰^{-۴} = ۷/۵\times۱۰^{-۴}\ \mathrm{m} = ۰/۷۵\ \mathrm{mm}$$

(۳-۵

$$\Delta\phi = k(\Delta x) = kd = \frac{۲\pi d}{\lambda}$$

(۳-۶

$$y = a\mathrm{Sin}\omega t$$

$$\lambda = ۲\mathrm{m}\ ,\ kx = \frac{۲\pi}{\lambda}x = \frac{۲\pi}{۲}x = \pi x = \pi(\frac{۱}{۲}) = \frac{\pi}{۲}$$

بنابراین گزینه ۳ درست است که در آن $kx = \frac{\pi}{۲}$.

(۳-۷

ثابت = $\upsilon = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ در تار یکنواخت

F نیروی کشش و μ جرم واحد طول است بنابراین سرعت با گذشت زمان ثابت است.

(۲-۸

$$\begin{cases} \upsilon = ۲۷/۵\text{Hz} \\ \ell = ۲\text{m} \\ F = ۳۰۰\text{ N} \\ \lambda = ۴\text{m} \\ m = ? \\ k = ۱ \end{cases}$$

$$\upsilon = \frac{k}{۲\ell}\sqrt{F/\mu} \quad , \quad \mu = m/\ell$$

$$\Rightarrow ۲۷/۵ \times ۲ \times ۲ = \sqrt{۳۰۰/\mu} \Rightarrow \mu = \frac{۳۰۰}{(۱۱۰)^۲} = \frac{m}{۲}$$

$$\Rightarrow m = \frac{۶۰۰}{۱۲۱۰۰} \Rightarrow m = \frac{۶}{۱۲۱} \times ۱۰۰۰ = \frac{۶۰۰۰}{۱۲۱}$$

$$\Rightarrow m = ۴۹/۶\text{gr}$$

(۲-۹

$$\upsilon_۱ = \frac{۱}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$\upsilon_۲ = \frac{۱}{۲(\frac{L}{۲})}\sqrt{\frac{(\frac{F}{۲})}{\mu}} = \frac{۲}{\sqrt{۲}} \quad \frac{۱}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{۲}\upsilon_۱$$

(۱-۱۰

$$v = \sqrt{F/\mu} = \sqrt{\frac{F\ell}{m}} = \sqrt{\frac{F\ell}{\rho V}} = \sqrt{\frac{F\ell}{\rho\pi r^۲}} \quad , \quad r = \frac{D}{۲} \quad , \quad \text{قطر } D$$

$$\Rightarrow \boxed{v \propto \sqrt{\frac{۱}{r^۲}} = \frac{۱}{r}} = \frac{۲}{D} \Rightarrow V \propto \frac{۱}{D}$$

(۱-۱۱

$$V = \sqrt{F/\mu} \Rightarrow v \propto \sqrt{F} \, , \, \frac{V_۱}{V_۲} = \sqrt{\frac{F_۱}{F_۲}}$$

$$\Rightarrow \frac{۱۲۰}{V_۲} = \sqrt{\frac{۱۰۰}{۲۰۰}} = \sqrt{\frac{۱}{۲}} \Rightarrow \frac{۱۴۴۰۰}{V_۲^۲} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow V_۲^۲ = ۲۸۸۰۰$$

$$\Rightarrow V_۲ = ۱۶۹ \ \frac{m}{s}$$

(۲-۱۲

$$\upsilon = \frac{n}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$
$$F \rightarrow ۴F \Rightarrow \upsilon \rightarrow ۲\upsilon$$

(۱-۱۳

$$\upsilon_n = \frac{n}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}} \ \Rightarrow \ \upsilon_۱ = \frac{۱}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$
$$F \rightarrow F/۲ \ , \ L \rightarrow \frac{L}{۲} \Rightarrow \upsilon_۱ \Rightarrow \frac{۱}{\left(\frac{۱}{۲}\right)}\sqrt{\frac{۱}{۲}} \qquad \upsilon_۱ = \frac{۲}{\sqrt{۲}} = \sqrt{۲}$$

(۴-۱۴

$$۲y_m = ۰/۵Cm \ , \ \upsilon = ۱۲۰ \ Hz \ , \ \mu = ۰/۲۵ \ \frac{kg}{m} \ , \ F = ۹۰ N$$
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{۹۰}{۰/۲۵}} \approx ۱۹ \ \frac{m}{s}$$

(۲-۱۵

$$\begin{cases} \mu_۱ = ۳\mu_۲ \\ F_۲ = ۳F_۱ \\ \dfrac{V_۲}{V_۱} = ? \end{cases} \qquad V_۱ = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \ , \ V_۲ = \sqrt{\frac{F_۲}{\mu_۲}} = \sqrt{\frac{۳F_۱}{\frac{۱}{۳}\mu_۱}}$$
$$\Rightarrow \frac{V_۲}{V_۱} = \sqrt{۹} \ \Rightarrow \ \boxed{\frac{V_۲}{V_۱} = ۳}$$

(۱-۱۶

$$F_۲ = \frac{۱}{۲}F_۱ \qquad \upsilon = \frac{k}{۲\ell}\sqrt{F/\mu} \Rightarrow \upsilon \propto \sqrt{F}$$
$$\Rightarrow \frac{\upsilon_۱}{\upsilon_۲} = \sqrt{\frac{F_۱}{F_۲}} = \sqrt{\frac{۲F}{F}} = \sqrt{۲} \ \Rightarrow \ \boxed{\upsilon_۲ = \frac{۱}{\sqrt{۲}}\upsilon_۱}$$

(۳-۱۷

$$V_۱ = \sqrt{F_۱/\mu} \Rightarrow V \propto F_۱ \ , \ F_۲ = ۴F_۱$$
$$\Rightarrow V' = \sqrt{۴F_۱/\mu} = ۲\sqrt{F_۱/\mu} = ۲V$$

(۴-۱۸

$$v=\frac{k}{۲\ell}\sqrt{F/\mu}\ ,\quad f\propto\sqrt{F}\Rightarrow ۳=\sqrt{F}\ \Rightarrow\ \boxed{F=۹N}$$

(۲-۱۹

$$V=\sqrt{F/\mu}\ \Rightarrow\ V^{۲}=F/\mu\ \Rightarrow\ F=V^{۲}\mu$$

$$\Rightarrow F=(۲۰۰)^{۲}\times۷\times۱۰^{-۳}\Rightarrow\boxed{F=۲۸۰\ N}$$

(۱-۲۰

$$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}}=\sqrt{\frac{F\ell}{m}}=\sqrt{\frac{F\ell}{\rho V}}=\sqrt{\frac{FL}{\rho(\pi r^{۲}L)}}=\sqrt{\frac{F}{\rho\pi\left(\frac{D^{۲}}{۴}\right)}}\Rightarrow v\propto\sqrt{\frac{۱}{D^{۲}}}\Rightarrow v\propto\frac{۱}{D}$$

L طول تار، r شعاع و D قطر آن است.

(۲-۲۱

$$\upsilon=\frac{n}{۲\ell}\sqrt{F/\mu}=\frac{۱}{۲\times۱/۲}\sqrt{\frac{۱۶۰\times\frac{۱}{۲}}{\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۳}}}=\sqrt{۱۶۰۰۰۰}\ \Rightarrow\ \boxed{\upsilon=۴۰۰\ Hz}$$

۳/۴-۲۲

$$\begin{cases}V_۱=\sqrt{\frac{F_۱}{\mu_۱}}=\sqrt{\frac{F_۱\ell_۱}{m_۱}}\\ V_۲=\sqrt{\frac{F_۲}{\mu_۲}}=\sqrt{\frac{F_۲\ell_۲}{m_۲}}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}m_۱=m_۲\\ V_۱=V_۲\Rightarrow\sqrt{\frac{F_۱\ell_۱}{m_۱}}=\sqrt{\frac{F_۲\ell_۲}{m_۲}}\\ \Rightarrow F_۱\ell_۱=F_۲\ell_۲\Rightarrow\boxed{\frac{F_۱}{F_۲}=\frac{\ell}{\ell}}\end{cases}$$

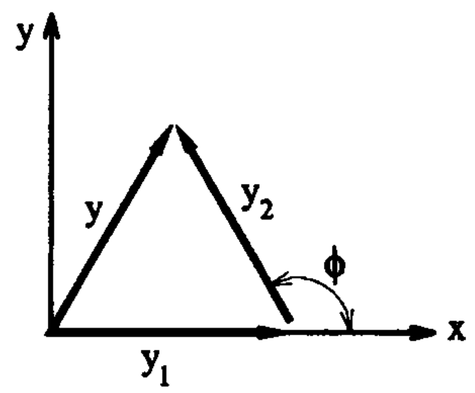
$$V_۱=\frac{۱}{۲L_۱}\sqrt{\frac{F_۱}{\mu}}\Rightarrow\sqrt{\frac{F_۱}{F_۲}}=\frac{L_۱}{L_۲}$$

$$V_۲=\frac{۱}{۲L_۲}\sqrt{\frac{F_۲}{\mu}}\qquad\frac{F_۱}{F_۲}=\left(\frac{L_۱}{L_۲}\right)^{۲}$$

اگر همجنس باشد $\mu_۱=\mu_۲\Leftarrow F_۱=F_۲$

(۴-۲۳

$$y_1 = y_m \mathrm{Sin}(kx - \omega t)$$
$$y_2 = y_m \mathrm{Sin}(kx - \omega t + \phi)$$



از رسم فرنل مشخص است که برای آنکه $y = y_m$ باشد باید $\phi = ۱۲۰$ باشد. (یا ۱۲۰-).

$$y^2 = y_m^2 = y_m^2 + y_m^2 + 2y_m^2 \mathrm{Cos}\phi \Rightarrow \mathrm{Cos}\phi = -\frac{1}{2} \Rightarrow \phi = \pm\frac{\pi}{3}$$

(۴-۲۴

معادله موج ایستاده $y = 2y_m \mathrm{Sin}\, kx \,\mathrm{Cos}\, \omega t$

(۴-۲۵

$$\upsilon = 600 \text{ Hz} \Rightarrow \omega = 2\pi(600) \cong 3800 \text{ Hz}$$
$$2y_m = 0/002$$

طول $L = 4(\frac{\lambda}{2}) = 2\lambda$

$$y = 2y_m \mathrm{Sin}\, kx \,\mathrm{Cos}\, \omega t = 0/02 \,\mathrm{Sin}\, kx \,\mathrm{Cos} 3800\, t$$

چون کشش و جرم واحد طول تار مشخص نیست از اطلاعات سؤال نمی‌توان سرعت را به دست آورد ولی چون $\omega = 3800$ Hz است یکی از دو گزینه ۲ و ۴ باید درست باشد که در هر دو $k = 9/4$ می‌باشد :

$$k = 9/4 = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 0/66 \;, L = 2\lambda \cong 1/3$$

(۱-۲۶

$$y = 2y_m \mathrm{Sin}\, kx \,\mathrm{Cos}\omega t = 0/5 \mathrm{Sin}\frac{\pi x}{3}\mathrm{Cos} 40\pi t \;\Rightarrow\; y_m = \frac{0/5}{2} = 0/25 \,\mathrm{Cm}$$

$$\upsilon = \frac{\omega}{k} = \frac{40\pi}{\left(\frac{\pi}{3}\right)} = 120 \;\mathrm{Cm/s}$$

(۲-۲۷

$$y = ۰/۵\text{Sin}\frac{\pi x}{۳}\text{Cos}۴۰\pi t = ۲y_m \text{Sin}kx\text{Cos}\omega t \qquad (۱-۲۸$$

دامنه بر حسب Cm و سرعت بر حسب $\frac{\text{Cm}}{\text{s}} \Rightarrow y, x$ بر حسب Cm

$$۲y_m = ۰/۵ \Rightarrow y_m = ۰/۲۵\,\text{Cm}$$

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{۴۰\pi}{(\frac{\pi}{۳})} = ۱۲۰\ \frac{\text{Cm}}{\text{s}}$$

(۲-۲۹

$$t = ۰ \Rightarrow x = \frac{A}{۲}, x = A\text{Sin}(\omega t + \phi)$$

$$\frac{A}{۲} = A\text{Sin}(۰ + \phi) \Rightarrow \phi = ۳۰^\circ$$

(۳-۳۰

(۴-۳۱

$$y_۱ = ۵\text{Cos}(۲۰۰\,t - ۰/۲z)$$
$$y_۲ = ۵\text{Cos}(-۲۰۰\,t - ۰/۲z)$$
$$y_۱ + y_۲ = ۲(۵)\text{Cos}(۲۰۰\,t)\text{Cos}(۰/۲z)$$

(۲-۳۲

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{V_۲}{V_۱} = \sqrt{\frac{F_۲}{F_۱}} \Rightarrow \frac{V_۲}{۱۲۰} = \sqrt{\frac{۲۰۰}{۱۰۰}} \Rightarrow V_۲ = ۱۶۹\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(۱-۳۳

$$x = ۱۰\text{Cos}(۵t + \phi)$$

$$\Rightarrow \frac{dx}{dt} = -۱۰(۵)\text{Sin}(۵t + \phi) \Rightarrow V_{x\,max} = +۵۰$$

البته از نظر عددی گزینه ۱ به ازای $\text{Sin}(۵t + \phi) = -۱$ برقرار است ولی واحد تمام گزینه‌ها $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است در حالی که باید $\frac{\text{Cm}}{\text{s}}$ باشد چون x بر حسب Cm است.

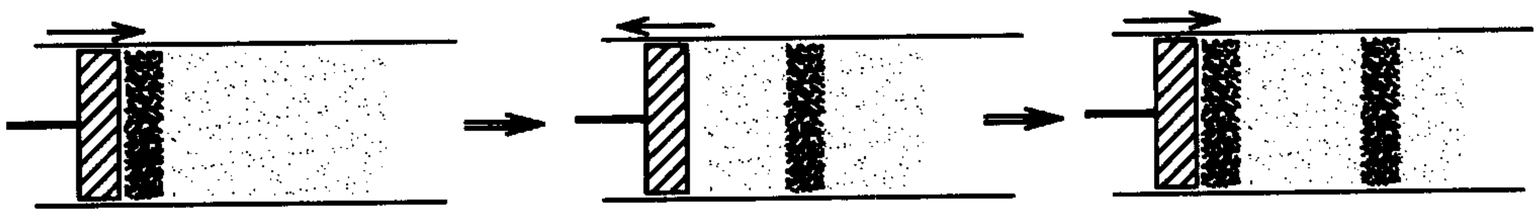
فصل چهارم

امواج صوتی

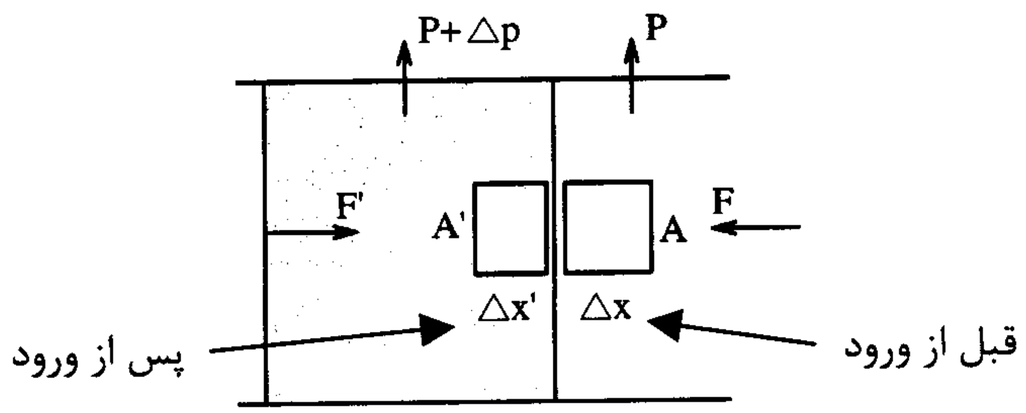
امواج صوتی، امواجی مکانیکی و طولی هستند که به صورت کروی در محیط مادی منتشر می‌شوند. این امواج را به سه دسته فراصوتی (با فرکانس بالاتر از ۲۰۰۰۰ Hz) گسترده شنیده شدنی (از ۲۰Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz) و فروصوتی (کمتر از ۲۰ Hz) تقسیم می‌کنیم.

۱-۴ انتشار و سرعت امواج صوتی

می‌توان ایجاد موج صوتی را با مدل یک سیلندر و پیستون نمایش داد. پیستون با حرکت متناوب خود (مانند تار صوتی) در سیلندر جلو و عقب رفته و هوا را فشرده و سپس رقیق می‌کند. این مناطق پرفشار و کم‌فشار (مانند موج در یک فنر) در محیط حرکت می‌کند.



اگر یک المان حجم از هوا با طول Δx و سطح مقطع A در نظر بگیریم که موج صوتی با سرعت v در زمان Δt از آن عبور می‌کند. می‌توان (با توجه به نسبی بودن سرعت) فرض کردن این المان با سرعت v وارد منطقه فشردگی شده و فشرده می‌شود.



در منطقه رقیق با فشار P طول آن $\Delta x = v\Delta t$ است و در منطقه فشردگی که سرعت آن کاهش می‌یابد $v' = v + \Delta v$ $(\Delta v < 0)$.

$$\Delta x' = (v + \Delta v)\Delta t$$

چون از نظر ناظر درون منطقه فشردگی المان حجم با سرعت $v + \Delta v$ در مدت زمان Δt وارد می‌شود پس طول آن طبق رابطه بالا است.

نیروی وارد به المان حجم $F = F' - F = (P + \Delta P)A - PA = A\Delta P = ma$

اگر ρ چگالی هوا باشد جرم المان $m = \rho \upsilon A \Delta t$ بوده و شتاب $a = \frac{-\Delta \upsilon}{\Delta t}$ است (چون $\Delta v < 0$ است و اندازه a مثبت است).

$$\Rightarrow A\Delta P = (\rho \upsilon A \Delta t)\frac{-\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \Delta P = -\rho \upsilon \Delta v$$

اگر V حجم المان قبل از ورود به منطقه فشردگی و ΔV کاهش حجم در اثر ورود به آن باشد.

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{A(\upsilon + \upsilon V)\Delta t - A\upsilon\Delta t}{A\upsilon\Delta t} = \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon} \Rightarrow \upsilon\Delta\upsilon = \upsilon^2 \frac{\Delta V}{V}$$

$$\Rightarrow \Delta P = -\rho \upsilon^2 \frac{\Delta V}{V} \Rightarrow \upsilon^2 = \frac{-V\frac{\Delta P}{\Delta V}}{\rho}$$

$B = -V\frac{\Delta P}{\Delta V}$ را مدول حجمی کشسانی می‌نامند. بنابراین $v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$ سرعت صوت است.

از آن جهت که انتشار صوت عملاً تحت یک شرایط بی در رو صورت می‌گیرد داریم :

$$PV^\gamma = cte \Rightarrow P\gamma V^{\gamma-1}dV + V^\gamma dp = 0 \Rightarrow P\gamma dV + Vdp = 0$$

$$\Rightarrow -V\frac{dp}{dv} = \gamma P \Rightarrow B = \gamma P \Rightarrow \text{سرعت صوت} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

در بحث حرارت خواهیم دید که (M' جرم کل، n تعداد مولها و M جرم هر مول بوده و $M' = nM$)

$$\begin{cases} PV = nRT \\ \rho = \frac{M'}{V} = \frac{nM}{V} \end{cases} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma\frac{nRT}{V}}{\frac{nM}{V}}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

همان‌گونه که در بالا مشخص است و در هر محیط خاص سرعت صوت تنها به دمای محیط بستگی دارد. سرعت صوت در جامدات و مایعات معمولاً از گازها بیشتر است.

اگر سرعت صوت در یک گاز در دمای $T_0 = ۲۷۳$ برابر $V_0 = ۳۳۱ \ m/s$ باشد برای v سرعت صوت در هر دمای دیگر T داریم :

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}} \Rightarrow v = v_0\sqrt{\frac{T}{۲۷۳}} = v_0\sqrt{\frac{۲۷۳ + \theta}{۲۷۳}} = v_0(۱+\frac{\theta}{۲۷۳})^{\frac{۱}{۲}}$$

$$\equiv v_0(۱+\frac{۱}{۲}\frac{\theta}{۲۷۳}+...) \Rightarrow v = v_0(۱+\frac{\theta}{۵۴۶}) = v_0 + ۰/۶۱\theta$$

که θ بر حسب درجه سلسیوس است.

۴-۲ شکست امواج صوتی

هنگامی که یک موج صوتی با فرکانس υ از محیطی با سرعت $v_۱$ و طول موج $\lambda_۱$ وارد محیطی با سرعت $v_۲$ و طول موج $\lambda_۲$ می‌شود داریم :

$$\begin{cases} v_۱ = \lambda_۱\upsilon \\ v_۲ = \lambda_۲\upsilon \end{cases} \Rightarrow \boxed{\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\lambda_۲}{\lambda_۱}}$$

۴-۳ معادله تغییرات فشار

همان گونه که دیدیم موج صوتی هنگام حرکت در محیط هر المان از حجم را مرتباً فشرده و منبسط می‌کند و سبب تغییر فشار می‌شود.

$$B = -V\frac{\Delta P}{\Delta V} \Rightarrow \boxed{\Delta P = -B\frac{\Delta V}{V}}$$

از این به بعد ΔP را با P نمایش می‌دهیم. اگر انتشار موج صوتی را در جهت x+ در نظر بگیریم :

$$y = y_m Cos(kx - \omega t)$$

اگر المان حجم $V = A\Delta x$ را در نظر بگیریم پس از عبور منطقه پرفشار موج به اندازه Δy منقبض شده و $\Delta V = A\Delta y$.

$$P = -B\frac{A\Delta y}{A\Delta x} \Rightarrow P = -B\frac{\partial y}{\partial x} = -B(-ky_m Sin(kx - \omega t))$$

$$= Bky_m Sin(kx - \omega t) \ , \ v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \Rightarrow B = \rho v^۲$$

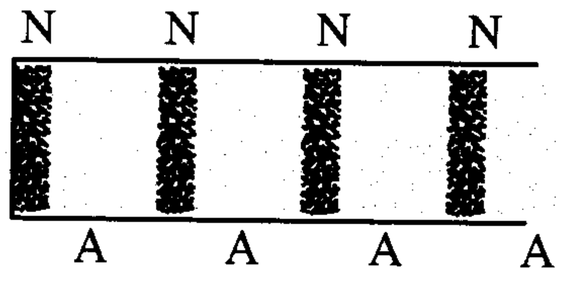
$$\Rightarrow P = k\rho v^۲ y_m Sin(kx - \omega t) = PSin(kx - \omega t)$$

$$P = \text{حداکثر تغییر فشار} = \text{دامنه فشار} = k\rho v^۲ y_m \Rightarrow v = \sqrt{\frac{P}{k\rho y_m}}$$

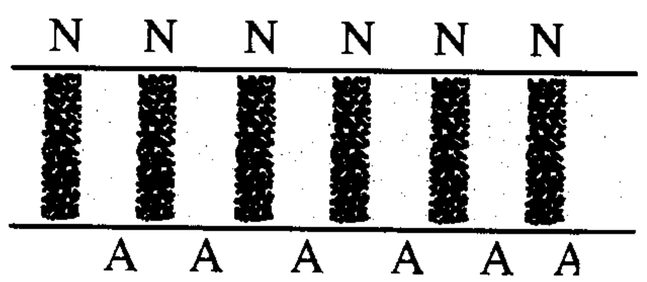
مشاهده می‌کنیم که P با y ، به اندازه $\frac{\pi}{۲}$ اختلاف فاز دارد. به عنوان مثال در وسط منطقه فشردگی که جابه‌جایی ذره حداقل است، فشار حداکثر است.

۴-۴ امواج طولی ایستاده

امواج صوتی در یک لوله پر از گاز در انتهای لوله باز تابیده شده و باعث تولید امواج طولی ایستاده می‌شود. اگر انتهای لوله بسته باشد موج بازتابیده نسبت به موج تابیده به اندازه π اختلاف فاز پیدا کرده و محل بازتاب گره خواهد بود (با حداکثر تغییرات فشار) و اگر بازتاب از طرف باز لوله صورت گیرد (مانع نرم) موج بازتابیده بدون اختلاف فاز بازتابیده می‌شود و یک شکم داریم (مکانی که دامنه ارتعاش ذره بیشترین مقدار و تغییرات‌فشارحداقل است). A (شکم جابه‌جایی) و N (گره جابه‌جایی).



لوله صوتی بسته



لوله صوتی باز

۴-۵ سیستمهای مرتعش و چشمه‌های صوت

الف) تار مرتعش

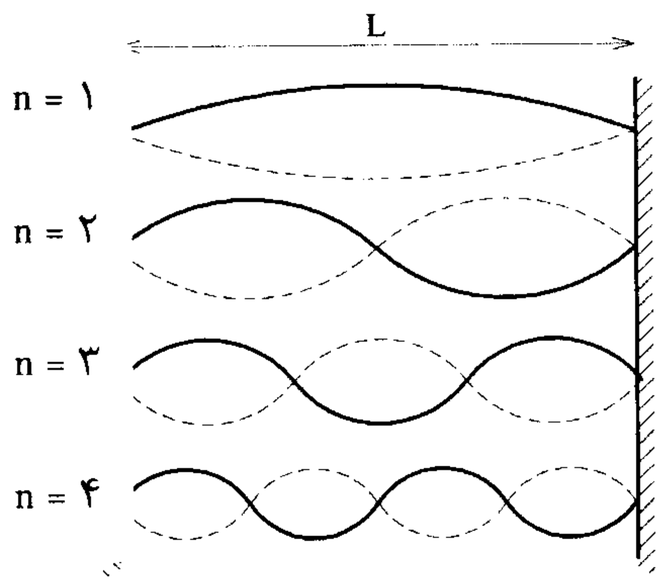
برای آن که در تاری به طول L که دو سر آن به دو نقطه ثابت متصل است امواج ایستاده تشکیل شود داریم :

$$n = \text{تعداد شکمها} \quad \Rightarrow L = n\frac{\lambda}{۲} \Rightarrow \lambda_n = \frac{۲L}{n}$$

$$\lambda_n \upsilon_n = v \Rightarrow \upsilon_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{n}{۲L} v = \frac{n}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

برای هماهنگ یا مد اصلی داریم $n = ۱$ ، $\upsilon_۱ = \frac{۱}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$

در شکل زیر چهار هماهنگ اول را مشاهده می‌کنیم.



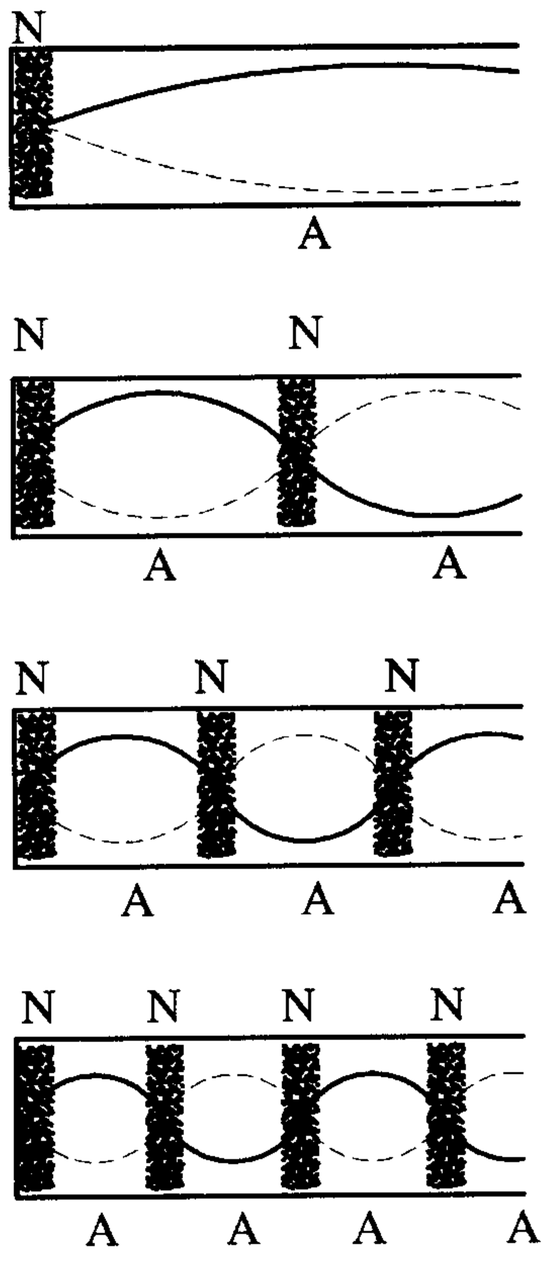
$$\lambda_۱ = ۲L \ , \ \upsilon_۱ = \frac{۱}{۲}\frac{v}{L}$$

$$\lambda_۲ = L \ , \ \upsilon_۲ = \frac{v}{L}$$

$$\lambda_۳ = \frac{۲}{۳}L \ , \ \upsilon_۳ = \frac{۳}{۲}\frac{v}{L}$$

$$\lambda_۴ = \frac{L}{۲}L \ , \ \upsilon_۴ = ۲\frac{v}{L}$$

ب) لوله صوتی بسته



مد اصلی $n = ۱$

$$\left.\begin{aligned}\lambda_۱ &= ۴L \\ \upsilon_۱ &= \frac{v}{\lambda_۱} = \frac{v}{۴L}\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}\lambda_۳ &= \frac{۴}{۳}L \\ \upsilon_۳ &= \frac{۳v}{۴L}\end{aligned}\right\} \ n = ۳$$

$$\left.\begin{aligned}\lambda_۵ &= \frac{۴}{۵}L \\ \upsilon_۵ &= \frac{۵v}{۴L}\end{aligned}\right\} \ n = ۵$$

$$\left.\begin{aligned}\lambda_۷ &= \frac{۴}{۷}L \\ \upsilon_۷ &= \frac{۷v}{۴L}\end{aligned}\right\} \ n = ۷$$

$$\left.\begin{aligned}\lambda_n &= \frac{۴L}{n} \\ \upsilon_n &= \frac{nv}{۴L}\end{aligned}\right\}$$

همان‌طور که مشخص است تنها هماهنگ یا مدهای فرد را داریم :

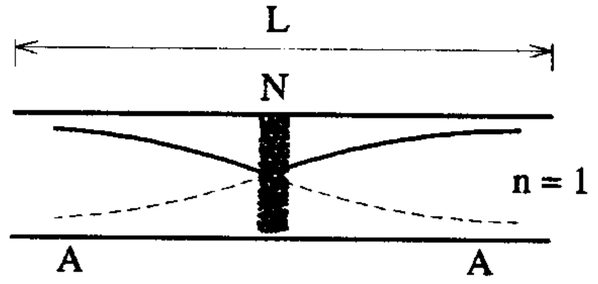
$$n = ۲k-۱ \ , \ L = (۲k-۱)\frac{\lambda}{۴} \Rightarrow \lambda = \frac{۴L}{۲k-۱}$$

$$\upsilon = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \boxed{\upsilon = \frac{۲k-۱}{۴L}v} \qquad k = ۱,۲,۳,...$$

ج) لوله صوتی باز

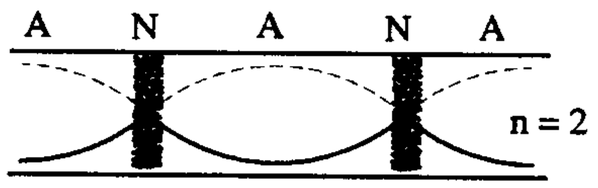
$$L = ۲(\frac{\lambda_۱}{۴}) = \frac{\lambda_۱}{۲} = \frac{(۱)\lambda_۱}{۲}$$

$$\lambda_۱ = ۲L \ , \gamma_۱ = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{۲L}$$



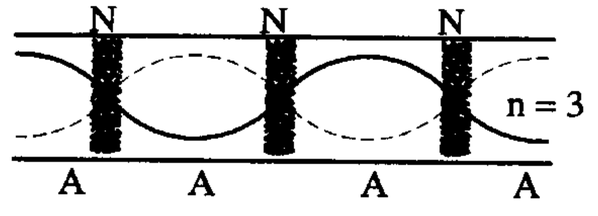
$$\lambda_۲ = L \ , \ V_۲ = \frac{v}{L}$$

$$L = \frac{۲\lambda_۲}{۲}$$



$$\lambda_۳ = \frac{۲}{۳}L \ , \ \upsilon_۲ = \frac{۳v}{L}$$

$$L = \frac{۳L}{۲}$$



$$L = \frac{n\lambda}{۲}$$

$$L = \frac{n\lambda}{۲} \Rightarrow \lambda_n = \frac{۲L}{n} \ , \ \upsilon_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{n}{۲L}v \ , \ \upsilon = ۱,۲,۳,...$$

برای لوله صوتی باز تمام هماهنگ‌ها را داریم. v سرعت صوت بستگی به نوع گاز و دمای درون لوله صوتی دارد و از رابطه $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ به دست می‌آید و برای هوا در دمای ۲۷۳k برابر $۳۳۱ \ m/s$ است.

۶-۴ مشخصات اساسی صوت

اصوات موسیقی با سه مشخصه از یکدیگر قابل تشخیص هستند، این مشخصات ویژگیهایی هستند که گوش آنها را احساس می‌کند (صفتی فیزیولوژیکی هستند) و عبارتند از بلندی، ارتفاع و طنین که از نظر فیزیکی به ترتیب با شدت، فرکانس و شکل ارتعاشات مترادفند.

الف) بلندی هر صوت با میزان احساس گوش از صوتی که به آن می‌رسد مرتبط بوده و بستگی به شدت صوت دارد ولی برعکس شدت که کمیتی فیزیکی است، یک کمیت فیزیولوژیک می‌باشد.

می‌دانیم که $I \propto y_m^2$ ، $I \propto \frac{1}{r^2}$. البته شدت به جنس محیط نیز ارتباط دارد چرا که محیط انرژی صوت را جذب می‌کند.

ب) ارتفاع صوت بستگی به فرکانس دارد، هرچه صوتی زیرتر باشد فرکانس آن بیشتر است. اگر فرکانس دو صوت برابر باشد آنها را هم صدا می‌گویند.

ج) از روی طنین اصوات می‌توان صوتهای هم شدت و هم ارتفاع از هم تشخیص داد. طنین یک صوت موسیقی مرکب بستگی به تعداد هماهنگهای تشکیل دهنده صوت و شدت نسبی آنها دارد. به عبارتی طنین که یک صفت فیزیولوژیکی است به شکل امواج بستگی دارد.

۴-۷ شدت نسبی

برای تعیین شدت صوت معمولاً آن را با شدت یک صوت مبنا می‌سنجند و چون نسبت این دو ممکن است بسیار بزرگ شود، به جای نسبت، لگاریتم آن را حساب می‌کنند.

$B = k \log \frac{I}{I_0}$ شدت نسبی احساس صوت

I شدت صوت موردنظر، I_0 شدت صوت مبنا، واحد آن بل است (اگر k =۱) و یا دسی‌بل است (اگر k=۱۰). معمولاً $I_0 = ۱۰^{-۱۲} \left(\frac{W}{m^2}\right) = ۱۰^{-۶} \frac{\mu w}{m^2}$ یعنی شدت آستانه شنوایی گوش طبیعی برای فرکانس ۱۰۰۰Hz انتخاب می‌شود.

۴-۸ ضربان یا زنش

هنگامی که دو قطار موج با فرکانسهایی که اِختلاف آنها بسیار کم است در یک جهت حرکت کنند. تداخل آنها را تداخل زمانی نامیده و دامنه موج برآیند با زمان تغییر می‌کند. این دامنه متغیر سبب می‌شود که بلندی صوت به صورت متناوب تغییر کند که به آن ضربان یا زنش می‌گوییم.

اگر ارتعاش ناشی از دو موج با فرکانس‌های υ_1 , υ_2 را در نقطه‌ای خاص در نظر بگیریم داریم :

$y_2 = y_m \cos 2\pi \upsilon_2 t \ , \ y_1 = y_m \cos 2\pi \upsilon_1 t$

$y = y_1 + y_2 = 2y_m \cos 2\pi \left(\frac{\upsilon_1 - \upsilon_2}{2}\right) t \cos 2\pi \left(\frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2}\right) t$

فرکانس ارتعاش برآیند $\overline{\upsilon} = \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{2}$ است و

دامنه $= 2y_m \cos 2\pi \left(\frac{\upsilon_1 - \upsilon_2}{2}\right) t \Rightarrow \upsilon_{amp} = \frac{\upsilon_1 - \upsilon_2}{2}$

به عبارتی تعداد نوسان کامل مقدار دامنه بین $+۲y_m$ و $-۲y_m$ برابر $\frac{\upsilon_۱ - \upsilon_۲}{۲}$ است، در هر زنش در حداکثر دامنه داریم :

$$\text{Cos}۲\pi(\frac{\upsilon_۱ - \upsilon_۲}{۲})t = \pm ۱$$

که در نوسان کامل ۲ بار آن را داریم بنابراین، تعداد ضربان $n = |\upsilon_۱ - \upsilon_۲|$ است. قدر مطلق را از آن جهت قرار دادیم که به طور کلی ممکن است $\upsilon_۲ > \upsilon_۱$ باشد.

مثال دو دیاپازن هم‌زمان با هم نوسان می‌کنند فرکانس یکی از آنها ۴۰۰Hz و فرکانس دیگری مجهول است و ۴ ضربان شنیده می‌شود در صورتی که قطعه‌ای موم بر روی دیاپازن با فرکانس مجهول چسبانده شود تعداد ضربان زیاد می‌شود. فرکانس مجهول چند هرتز است ؟

$$n = |\upsilon_۲ - \upsilon_۱| = ۴ \Rightarrow \upsilon_۲ - \upsilon_۱ = \pm ۴ \ , \ \upsilon_۱ = ۴۰۰$$

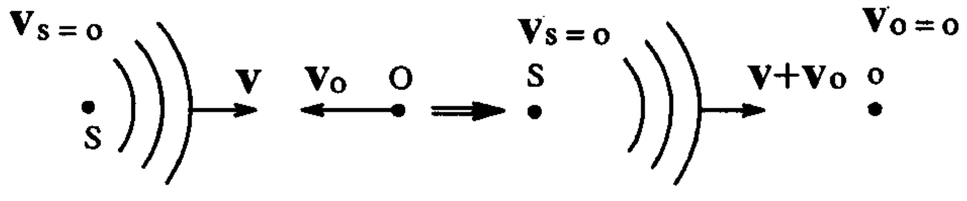
بنابراین $\upsilon_۲ = ۴۰۴\ \text{Hz}$ و یا ۳۹۶ Hz است. هنگامی که قطعه‌ای موم روی دیاپازن بچسبد فرکانس نوسان آن کمتر می‌شود و اگر فرکانس اولیه ۳۹۶ Hz باشد با کم شدن آن n بالا می‌رود پس $\upsilon_۲ = ۳۰۶\ \text{Hz}$ بوده است.

۹-۴ پدیده دوپلر

یک منبع صوت S ، صوتی با فرکانس υ_s و سرعت v می‌فرستد. $\upsilon_۰$ یعنی فرکانس صوتی که شنونده و یا دریافت کننده صوت دریافت می‌کند. بستگی به حرکت منبع و شنونده نسبت به هم دارد. حالات مختلف را بررسی می‌کنیم.

الف) هر دو ساکن، $(v_s = ۰ \ , \ v_۰ = ۰)$ در آن صورت تعداد نوسان دریافتی برابر تعداد نوسان فرستاده شده است. $\upsilon_s = \upsilon_۰$

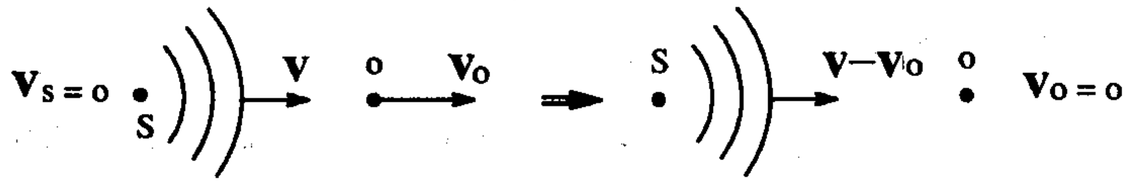
ب) منبع ساکن و شنونده با سرعت V بطرف منبع می‌رود $(\upsilon_s = ۰ \ , \ \upsilon_۰ \neq ۰)$ اگر هر دو را ساکن بگیریم سرعت صوت نسبت به شنونده $v + v_۰$ خواهد بود.



$$\begin{cases} \lambda\upsilon_۰ = (v + v_۰) \Rightarrow \upsilon_. = \dfrac{v + v_۰}{\lambda} = \dfrac{v + v_۰}{\left(\dfrac{\upsilon}{\upsilon_s}\right)} = \upsilon_s \dfrac{v + v_۰}{v} \\ \lambda\upsilon_s = v \end{cases}$$

در این حالت $\upsilon_s > \upsilon_\circ$ و صوت دریافتی زیرتر است. از آن جهت که شنونده خود به طرف منبع در حال حرکت است نسبت به حالتی که ساکن است تعداد نوسان بیشتری دریافت کرده و $\upsilon_\circ > \upsilon_s$ است.

ج) منبع ساکن و شنونده با $v_\circ \neq \circ$ از s دور می‌شود.



$$\begin{cases}\lambda\upsilon_\cdot = (v - v_\circ)\\ \lambda\upsilon_s = v\end{cases} \Rightarrow \upsilon_\circ = \frac{v - v_\circ}{\lambda} = \frac{v - v_\circ}{\left(\frac{v}{\upsilon_s}\right)} = \upsilon_s \frac{v - v_\circ}{v}$$

$\upsilon_\circ < \upsilon_s$ و صوت دریافتی بم‌تر است.

د) منبع با سرعت v_s به طرف شنونده ساکن حرکت می‌کند $v_\circ = \circ$. در این حالت چشمه به دنبال موجی که می‌فرستد حرکت کرده و λ' طول موجی که به صفر می‌رسد کمتر از λ طول موج فرستاده شده است.

$$\upsilon_\cdot = \frac{v}{\lambda'}$$

طول موجی که چشمه طی هر ارتعاش می‌فرستد $\frac{v}{\upsilon_s}$ است در حالی که خود با سرعت v_s حرکت می‌کند یعنی به اندازه $\frac{v_s}{\upsilon_s}$ جلو می‌آید پس طول موج کوتاه‌تر شده و داریم :

$$\lambda' = \frac{v}{\upsilon_s} - \frac{v_s}{\upsilon_s} \Rightarrow \upsilon_\cdot = \frac{v}{\frac{v}{\upsilon_s} - \frac{v_s}{\upsilon_s}} = \upsilon_s \frac{\upsilon}{v - v_s}$$

$\upsilon_\circ > \upsilon_s$ و صوت زیرتر است.

ه) منبع با سرعت v_s از شنونده ساکن دور می‌شود $v_\circ = \circ$: در این حالت برعکس بالا طول موجی که چشمه می‌فرستد $\frac{v}{\upsilon_s}$ است در حالی که خود به اندازه $\frac{v_s}{\upsilon_s}$ عقب می‌رود پس طول موج بلندتر شده و $\lambda' = \frac{v}{\upsilon_s} + \frac{v_s}{\upsilon_s}$

$$\upsilon_\circ = \frac{v}{\lambda'} = \upsilon_s \frac{v}{v + v_s}$$

$\upsilon_o < \upsilon_s$ و صوت بم‌تر است.

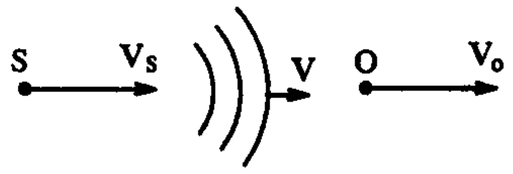
بنابراین به طور کلی داریم :

$$\upsilon_o = \upsilon_s \frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}$$

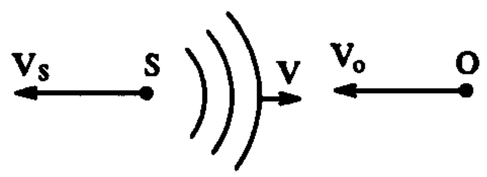
- در صورت
  - o به طرف s برود: +
  - o از s دور بشود: −
- در مخرج
  - s از o دور شود: +
  - s به طرف o برود: −

بر اساس معادلات بالا می‌توان حالاتی که هر دو منبع حرکت می‌کند را بررسی کرد.

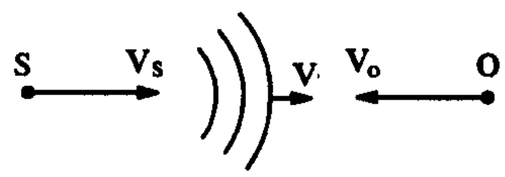
$$\upsilon_o = \upsilon_s \frac{v - v_o}{v - v_s}$$



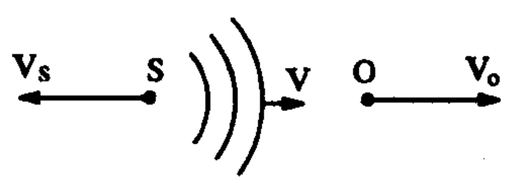
$$\upsilon_o = \upsilon_s \frac{v + v_o}{v + v_s}$$



$$\upsilon_o = \upsilon_s \frac{v + v_o}{v - v_s} \Rightarrow \upsilon_o > \upsilon_s \quad \text{زیرتر}$$



$$\upsilon = \upsilon_s \frac{v - v_o}{v + v_s} \Rightarrow \upsilon_o < \upsilon_s \quad \text{بم‌تر}$$

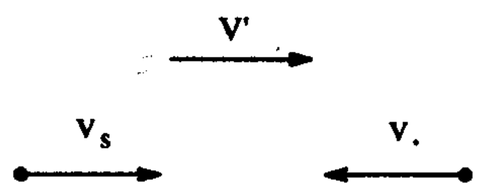


اگر در حالت (الف) و یا (ب)، سرعت منبع و شنونده برابر باشد (نسبت به هم ساکن هستند) $\upsilon_o = \upsilon_s$ خواهد بود. در حالت (الف) اگر $v_o < v_s$ باشد آنگاه $\upsilon_o > \upsilon_s$ و صوت دریافتی زیرتر است و اگر $v_o > v_s$ باشد ($\upsilon_o < \upsilon_s$) بم‌تر خواهد بود. حالت (ب) این موضوع برعکس است.

نکته : باید توجه داشت که در معادلات بالا v سرعت صوت نسبت به ناظر ساکن بوده و v_o ، v_s سرعت‌های منبع و شنونده در امتداد میان آن دو می‌باشد. به مثالهای زیر توجه کنید.

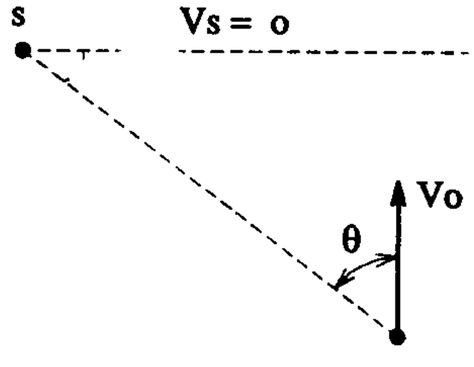
مثال ۱: مطابق شکل، باد با سرعت v' از سمت غرب به شرق می‌وزد. اگر v سرعت صوت به باد باشد داریم :

$$\upsilon_o = \upsilon_s \frac{(v + v') + v_o}{(v + v') - v_s}$$



مثال ۲ : مطابق شکل شنونده با سرعت v_o در حالت حرکت و منبع ساکن است $v_s = o$ داریم :

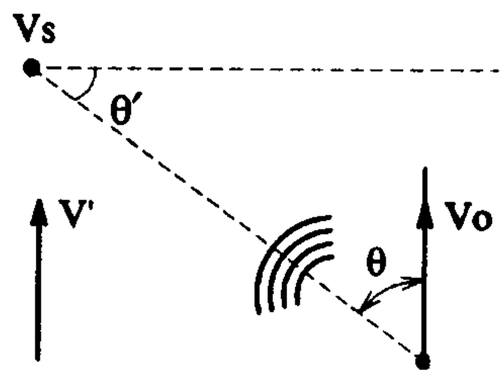
$$\upsilon_o = \upsilon_s \frac{v + v_o \text{Cos}\theta}{v}$$



مثال ۳ : مطابق شکل شنونده و منبع در حال حرکت و باد از جنوب به شمال می‌وزد، سرعت صوت به باد v و سرعت باد برابر v' است.

$$\upsilon_. = \upsilon_s \frac{(v + v'\text{Cos}\theta) + v_o \text{Cos}\theta}{(v + v'\text{Cos}\theta) - v_s \text{Cos}\theta'}$$

که $\text{Cos}\theta' = \text{Sin}\theta$



۱۰-۴ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- فرآیند فیزیکی عبور صدا از اطراف موانع و از میان منافذ کوچک چه نام دارد ؟
(کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۷)

۱- تداخل ۲- پراکندگی ۳- پراکنش ۴- پراشیدگی

۲- کدام عبارت صحیح‌تر است ؟ سرعت صوت در ..... است.
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای ۷۶)

۱- اجسام جامد کوچک‌تر از سرعت صوت در گازها
۲- اجسام جامد بزرگ‌تر از سرعت صوت در سیالات
۳- سیالات مستقل از دانسیته
۴- گازها بی‌نهایت

۳- دیاپازنی به فرکانس f در حال ارتعاش است و ارتعاش آن با طول موج λ در هوا منتشر می‌شود اگر این دیاپازون در آب مرتعش شود :
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

۱- f ثابت و λ تغییر می‌کند. ۲- f و λ هر دو تغییر می‌کند.
۳- λ ثابت و f تغییر می‌کند. ۴- f و λ هر دو ثابت می‌ماند.

۴- امواج حاصل از یک منبع ارتعاشی در آب با سرعت ۱۵۴۰ متر بر ثانیه و در هوا با سرعت ۳۵۰ متر بر ثانیه منتشر می‌شود اگر طول موج این امواج در آب ۱۱ متر باشد طول آنها در هوا چند متر است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

۱- ۲/۵ متر ۲- ۴/۴ متر ۳- ۱۱ متر ۴- ۴۸/۴ متر

۵- ناظری در مقابل یک پلکان سنگی ایستاده و دستهای خود را به هم می‌زند. اگر سرعت صوت در هوا V و عرض هر پله L باشد، تواتر پژواک حاصل از صدای دست ناظر برابر است با :
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- $\frac{V}{2L}$ ۲- $\frac{V}{L}$ ۳- $\frac{L}{V}$ ۴- $2L/V$

۶- سرعت انتشار صوت در کدام یک از محیطهای زیر بیشتر است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۷)

۱- ازت ۲- هیدروژن ۳- اکسیژن ۴- کلر

۷- ضریب شکست نسبی برای امواج صوتی که از هوای با درجه حرارت ۳۳۰ درجه کلوین و ازطریق یک سطح مشترک وارد هوایی به دمای ۲۸۰ درجه کلوین می‌شوند، چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)**

۱- ۱/۰۹ ۲- ۱/۰۸ ۳- ۱ ۴- ۱/۰۵

۸- در محیط همگن و ایزوتوپ کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٦)

۱- سرعت صوت، با هر فرکانس که باشد، مقدار ثابتی است.

۲- اصوات بم‌تر با سرعت بیشتر منتشر می‌شوند.

۳- اصوات زیرتر با سرعت بیشتر منتشر می‌شوند.

۴- اصواتی که شدت آنها بیشتر است با سرعت بیشتر منتشر می‌شوند.

۹- سرعت انتشار صوت در یک گاز دو اتمی ۱۴۰۰ متر بر ثانیه و درگاز دو اتمی دیگر در همان دما ۳۵۰ متر بر ثانیه می‌باشد. جرم مولکولی گاز دوم چند برابر گاز اول است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ۴ ۲- ۸ ۳- ۱۶ ۴- ۲

۱۰- انتشار صوت در یک گاز ممکن است ماهیتی آدیاباتیک (بی در رو) داشته باشد در مورد گاز ایده‌آلی که سه درجه آزادی دارد و فشار آن به ازای یک دانسیته ثابت دو برابر می‌شود تعیین کنید که سرعت صوت تحت این شرایط، با چه ضریبی تغییر می‌کند ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱- باضریب دو افزایش می‌یابد. ۲- با ضریب دو کاهش می‌یابد.

۳- با ضریب $\sqrt{2}$ افزایش می‌یابد. ۴- با ضریب $\sqrt{2}$ کاهش می‌یابد.

۱۱- در یک چاه آب با دیواره قائم، در فرکانس ۷/۵ هرتز تشدید ایجاد می‌شود، ولی در فرکانسهای کمتر از آن تشدیدی صورت نمی‌گیرد. چگالی هوای داخل چاه ۱/۱ کیلوگرم بر متر مکعب فشار آن $۹/۵\times۱۰^{۴-}$ پاسکال و نسبت گرماهای ویژه آن ۷/۵ است. عمق این چاه چند متر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)**

۱- ۱۶/۵ ۲- ۱۴/۴

۳- ۱۲/۴ ۴- ۱۵/۵

۱۲- انتشار صوت در یک گاز ممکن است طبیعتاً به صورت بی‌دررو (آدیاباتیک) در نظر گرفته شود. برای یک گاز ایده‌آل باشد درجه آزادی - سرعت صوت هنگامی که فشار تحت یک دانسیته ثابت دو برابر شود - با کدام یک از ضرایب زیر تغییر می‌کند ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)

۱- $\sqrt{۲}$ برابر افزایش می‌یابد.
۲- دو برابر افزایش می‌یابد.
۳- دو برابر کاهش می‌یابد.
۴- $\sqrt{۲}$ برابر کاهش می‌یابد.

۱۳- سطح مؤثر یک میکروفن ۳ سانتی‌متر مربع است و در مدت ۵ ثانیه $۱/۵\times۱۰^{-۱۱}$ ژول انرژی صوتی به آن می‌رسد. شدت این صوت چقدر است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٦)

۱- $۳\times۱۰^{-۴}\ w/m^۲$
۲- $۱۰^{-۸}\ w/m^۲$
۳- $۱۰^{-۴}\ w/m^۲$
۴- $۳\times۱۰^{-۸}\ w/m^۲$

۱۴- منبع امواج صوتی را با توان یکنواخت ۲۰۰ وات منتشر می‌کند در چه مسافتی شدت دقیقاً زیر آستانه درد خواهد بود ؟ ($I=۱\ \frac{\text{وات}}{\text{متر مربع}}$) **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)**

۱- ۱۵/۹۲ متر
۲- بی‌نهایت
۳- ۷/۹۸ متر
۴- ۳/۹۹ متر

۱۵- از چشمه موجی که توان خروجی‌اش ثابت است امواج کروی خارج می‌شوند شدت موج چه رابطه‌ای با فاصله از چشمه موج دارد ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- شدت موج متناسب با عکس فاصله از چشمه تغییر می‌کند.
۲- شدت موج متناسب با عکس مجذور فاصله از چشمه موج تغییر می‌کند.
۳- شدت موج متناسب با فاصله از چشمه تغییر می‌کند.
۴- شدت موج متناسب با مجذور فاصله از چشمه موج تغییر می‌کند.

۱۶- امواج صوتی حاصل از یک منبع صوتی در هوا به شکل کره منتشر می‌شوند، هرگاه شعاع کره موج دو برابر شود، دانسیته انرژی صوتی چند برابر می‌شود ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- $\frac{۱}{۱۶}$
۲- $\frac{۱}{۴}$
۳- $\frac{۱}{۸}$
۴- $\frac{۱}{۲}$

۱۷- یک منبع صوتی کوچک، صوتی را با فرکانس مشخص در فضا پخش می‌نماید. اگر شدت انرژی صوتی در نقطه‌ای به فاصله r_1 از منبع چهار برابر شدت انرژی در نقطه دیگری به فاصله r_2 از منبع باشد می‌توان نشان داد که :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۵)

۱- $r_2 > 2r_1$ ، زیرا انرژی صوتی در فضا مستهلک می‌شود.

۲- $r_2 = 2r_1$ ، زیرا شدت انرژی صوتی برای امواج کروی با عکس مجذور فاصله متناسب است.

۳- $r_2 < 2r_1$ ، زیرا انرژی صوتی در فضا مستهلک می‌شود.

۴- $r_2 = 4r_1$ ، زیرا شدت انرژی صوتی برای امواج استوانه‌ای با عکس فاصله متناسب است.

۱۸- اگر توان بلندگویی ۴۸mw باشد، بلندگو در تمام جهات صوت را یکسان پخش کند و بازتابی صورت نگیرد، شدت صوت در فاصله دو متری از منبع چند میلی‌وات بر متر مربع است ؟ ($\pi = 3$ فرض شود) **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)**

۱- ۱ ۲- ۲ ۳- ۶ ۴- ۱۲

۱۹- یک دسته موج استوانه‌ای از یک چشمه خطی ساطع شده است. دامنه این موج با فاصله آن (R) از چشمه چه نسبتی دارد ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹)**

۱- $R^{\frac{-1}{2}}$ ۲- $R^{\frac{1}{2}}$ ۳- R ۴- R^2

۲۰- اگر فرکانس یک موج فراصوتی ۵ مگاهرتز و دامنه نوسان آن ۲۰ آنگستروم باشد و در محیطی با سرعت ۱۵۰۰ متر بر ثانیه منتشر شود، شدت منبع چند وات بر متر مربع خواهد شد ؟ (دانسیته محیط $2\ Kg/m^3$ و $\pi = 3$ فرض شود).

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)

۱- $1/8\times10^{-7}$ ۲- ۹۰ ۳- ۵/۴ ۴- 4×10^{-8}

۲۱- فرکانس یک موج صوتی ۳۰۰ هرتز و شدت آن $16\ w/m^2$ است. دامنه ارتعاشات هوا در موقع عبور این موج چقدر است ؟ $\rho_0 = 1/22\ Kg/m^3$ و $V = 330\ m/s$

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- $3/74\times10^{-8}$ متر ۲- $9/1\times10^{-4}$ متر

۳- $7/07\times10^{-4}$ متر ۴- $2/25\times10^{-8}$ متر

۲۲- دو لوله صوتی یکی باز و دیگری بسته به طول یکسان را در نظر می‌گیریم. اگر لوله صوتی باز در هارمونیک اول و لوله صوتی بسته در هارمونیک سوم به صدا درآید. نسبت فرکانس لوله صوتی بسته به فرکانس لوله صوتی باز برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیکی و هواشناسی ۷۷)

۱- $\frac{۳}{۲}$ ۲- ۳ ۳- $\frac{۱}{۳}$ ۴- ۱

۲۳- توان یک چشمه صوتی یک میکرووات است. اگر این چشمه نقطه‌ای باشد تراز شدت صوت در فاصله ۳ متری چند دسی‌بل است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ۴۵ ۲- ۳۰ ۳- ۴۷/۵ ۴- ۳۹/۵

۲۴- توان یک چشمه صوتی برابر یک میکرووات است. اگر این چشمه نقطه‌ای باشد تراز شدت صوت در فاصله ۳ متری بر حسب دسی‌بل چقدر است ؟ ($I = ۱۰^{-۱۲}\ W/m^۲$)

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)

۱- ۳۹/۵ ۲- ۵۱

۳- ۳۳/۵ ۴- ۵۳

۲۵- انرژی کل جذب شده در یک پرده صماخ به شعاع متوسط ۶ میلی‌متر برای صوت فرودی به شدت نسبی (تراز صوتی) ۴۰ دسی‌بل در مدت ۲۰ ثانیه چقدر است ؟ $\pi = ۳$ فرض شود، شدت صوتی مرجع $۱۰^{-۱۲}$ وات بر متر مربع می‌باشد.

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)

۱- $۱/۰۸ \times ۱۰^{-۱۲}$ ۲- $۲/۱۶ \times ۱۰^{-۱۱}$

۳- ۲×۱۰^{-۹} ۴- $۱۰^{-۸}$

۲۶- در صورتی که ۴ دستگاه هر یک تراز فشار صوت ۹۰dB منتشر کنند، تراز کلی فشار صوت ناشی از کار کردن ۴ دستگاه چند دسی‌بل است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷٦)

۱- ۹۶ ۲- ۹۳ ۳- ۹۴ ۴- ۹۲

۲۷- تراز شدت صوت در حالی که $I = ۱ \frac{w}{m^۲}$ باشد چند دسی‌بل است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۷)

۱- ۶۰ ۲- ۱۲۰ ۳- ۹۴ ۴- ۲۰

۲۸- در کارخانه‌ای ۲۰ دستگاه مشابه مشغول به کارند. به طوری که هر یک تراز فشار صدایی برابر ۸۰dB ایجاد می‌کند. تراز کلی فشار صدای ناشی از کار کردن توان ۲۰ دستگاه در فاصله یعنی چند دسی‌بل است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۷)

$Log۲ = ۰/۳$ $Log۲۰ = ۱/۳$ $Log۸ = ۰/۰۹$ $Log۸۰ = ۱/۹$

۱- ۸۳ ۲- ۹۱ ۳- ۹۰ ۴- ۹۳

۲۹- توان یک چشمه صوتی $۱\mu w$ است اگر این چشمه نقطه‌ای باشد شدت آن در فاصله سه متری چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- ۱۸/۵dB ۲- ۳۹/۵dB

۳- ۱۶/۵dB ۴- ۹۳dB

۳۰- امواج صوتی با توان ۲۰۰ وات از منبعی گسیل می‌شود، در چه مسافتی شدت دقیقاً زیر آستانه دردناکی قرار می‌گیرد ؟ (فرض کنید $I = ۱ {w}/{m^۲}$)

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- ۱۵/۹۲m ۲- بی‌نهایت

۳- ۷/۰۷m ۴- ۳/۹۹m

۳۱- اگر اختلاف دو تراز صوتی ۲۰dB- باشد نسبت شدت آنها چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- ۱۰۰ ۲- ۰/۰۱ ۳- ۱۰ ۴- ۰/۱

۳۲- یک موج صوتی با تراز شدت ۱۲۰ دسی‌بل (در هوا) به پرده گوش شخصی به مساحت $۰/۵۵ \times ۱۰^{-۴}$ متر مربع برخورد می‌نماید. چه نیرویی به پرده گوش شخص وارد می‌شود ؟ $V = ۳۴۳ \ {m}/{s}$, $\rho = ۱/۲ \ {Kg}/{m^۳}$ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ۰/۰۰۱۵۸ نیوتن ۲- ۰/۰۱۵۸ نیوتن

۳- ۱/۵۸ نیوتن ۴- ۰/۱۵۸ نیوتن

۳۳- تراز صدای اندازه‌گیری شده از فاصله ۲۰۰ متری یک اتوبان شلوغ ۸۲ دسی‌بل بوده است. اگر این اتوبان را به عنوان یک منبع خطی در نظر بگیریم تراز صدا در فاصله ۴۰۰ متری از آن چند دسی‌بل است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۹)

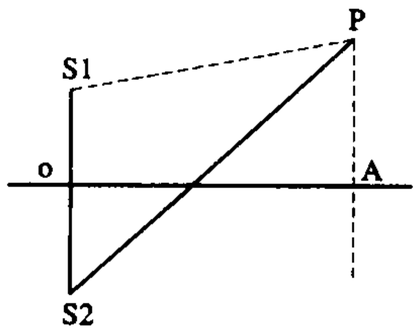
۱- ۱۰۰ ۲- ۶۰ ۳- ۸۹ ۴- ۷۹

۳۴- دو موج صوتی با فرکانس یکسان و دامنه‌های A_1 , A_2 با هم جمع شده‌اند. اگر $A_1 = 2A_2$ و اختلاف فاز دو موج ۱۸۰ درجه باشد، دامنه موج برآیند برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- صفر ۲- A_1 ۳- A_2 ۴- $A_1 + A_2$

۳۵- دو بلندگوی S_1 , S_2 مطابق شکل زیر از یک نوسان کننده تغذیه می‌شود و امواج بطول موج ۰/۸ متر تولید می‌کنند. به وسیله میکروفونی که در نقطه A قرار دارد و در امتداد عمود بر OA حرکت می‌کند، اولین مینیمم در نقطه P نشان داده می‌شود، اگر S_1P برابر ۴ متر باشد S_2P چند متر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)



۱- ۳/۶

۲- ۳/۲

۳- ۴/۸

۴- ۴/۴

۳۶- دو منبع صوتی B , A اصواتی را با معادله $\psi_A = A\cos\omega_1 t$ و $\psi_B = B\cos\omega_2 t$ ایجاد می‌نمایند اگر فرکانسهای ω_1 و ω_2 به هم نزدیک باشند، دامنه صوت حاصل از بر هم نهی دوصوت بین مقادیرزیر تغییرمی‌کند : (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۵)

۱- $\frac{\sqrt{A^2 - B^2}}{2}, \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2}$ ۲- $\frac{A-B}{2}, \frac{A+B}{2}$

۳- $\sqrt{A^2 - B^2}, \sqrt{A^2 + B^2}$ ۴- $A-B, A+B$

۳۷- دو سوتک صداهایی با طول موجهای ۳/۳ و ۳/۴ متر تولید می‌کند. فرکانس ضربان ایجاد شده چند هرتز (HZ) است ؟ (سرعت صوت در هوا ۳۴۰ متر بر ثانیه است).

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ۰/۱ ۲- ۱/۰ ۳- ۲/۰ ۴- ۳/۰

۳۸- فرکانس اصلی دو سیم مشابه پیانو که تحت کشش یکسان قرار دارد ۶۰۰ هرتز است. نیروی کشش یکی از سیمها را به چه نسبتی باید افزایش داد تا هنگامی که هر دو سیم به طور هم‌زمان ارتعاش می‌کند ۶ زنش در ثانیه به وجود آید ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)

۱- ۰/۰۱ ۲- ٪۲ ۳- ٪۳ ۴- ٪۴

۳۹- هرگاه دو منبع صوتی با فرکانس برابر در خلاف جهت یکدیگر حرکت کنند، مطابق با اصل بر هم نهش کدام پدیده تشکیل می‌شود ؟(کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۶)

۱- تداخل زمانی ۲- امواج ایستاده ۳- زنش ۴- تشدید

۴۰- صدایی که شنونده در حال دور شدن از منبع صوتی ساکن می‌شنود، ..... از موقعی است که ساکن باشد. (کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۶)

۱- ارتفاع بیشتر ۲- بم‌تر ۳- پیچیده‌تر ۴- زیرتر

۴۱- صوتی که بسامد آن ۵۴۰ هرتز است روی دایره‌ای به شعاع ۰/۶۱ متر و با سرعت زاویه‌ای ۱۵ رادیان بر ثانیه می‌گردد. پایین‌ترین و بالاترین بسامد شنیده شده توسط شنونده‌ای که در فاصله دور واقع شده و نسبت به مرکز دایره حرکتی ندارد چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)

۱- ۵۵۰ , ۵۵۵ ۲- ۵۲۵ , ۵۵۵

۳- ۵۴۰ , ۵۵۰ ۴- ۵۲۵ , ۵۵۰

۴۲- کدام یک از مطالب زیر در مورد پدیده دوپلر کامل‌تر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- در اثر حرکت نسبی منبع صوت و شنونده ارتفاع صوت کم می‌شود.

۲- وقتی که منبع صوت و شنونده به هم نزدیک می‌شود ارتفاع صوت افزایش می‌یابد.

۳- در اثر حرکت نسبی منبع صوت و شنونده ارتفاع صوت زیاد می‌شود.

۴- وقتی که منبع صوت و شنونده به هم نزدیک می‌شود ارتفاع صوت کم می‌شود.

۴۳- شنونده‌ای با نصف سرعت صوت به یک چشمه صوتی ساکن نزدیک می‌شود. نسبت بسامد صوتی که شنونده دریافت می‌کند به بسامد چشمه کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)

۱- $\frac{۱}{۲}$ ۲- $\frac{۲}{۳}$ ۳- $\frac{۳}{۲}$ ۴- ۲

۴۴- دیاپازونی در جعبه تشدید به سرعت به طرف دیواره‌ای حرکت می‌کند شنونده، چند نت را خواهد شنید ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- یک نت با فرکانس ثابت ۲- دو نت با فرکانسهای متفاوت

۳- دو نت هم فرکانس ۴- سه نت با فرکانسهای متفاوت

۴۵- طول موج یک منبع صوتی در حال سکون برابر λ می‌باشد. اگر شنونده‌ای با سرعت معادل نصف سرعت صوت در محیط از منبع دور شود، طول موج صوتی که دریافت می‌کند برابر است با : (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- 2λ ۲- $\lambda/2$ ۳- $3\lambda/2$ ۴- $3/\lambda$

۴۶- خفاشی در یک غار با استفاده از علایم فراصوتی به راحتی پرواز می‌کند. اگر فرکانس گسیل علایم توسط خفاش ۳۹۰۰۰ هرتز باشد در یک حرکت ناگهانی به طرف یک دیوار صاف با سرعت خفاش معادل $\frac{1}{40}$ سرعت صوت در هواست. فرکانس صوتی که از دیوار بازتابیده می‌شود و به خفاش می‌رسد چقدر است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

۱- ۸۰۰۰ HZ ۲- ۴۱۰۰۰ HZ ۳- ۳۹۰۰۰ HZ ۴- ۲۱۰۰۰ HZ

۴۷- یک منبع صوتی با سرعت v و شخصی از فاصله d با همان سرعت به دنبال آن در حرکت است، شخص مزبور : (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- صدا را با فرکانس نصف صوت منبع می‌شنود.

۲- صدا را با همان فرکانس می‌شنود.

۳- صدای منبع را نمی‌شنود مگر آنکه انعکاس روی دهد.

۴- صدا را با فرکانس دو برابر صوت منبع می‌شنود.

۴۸- یک هواپیمای جت در ارتفاع ۵۰۰۰ متری با سرعت ۱/۵ برابر صوت (سرعت صوت برابر ۳۳۱ متر بر ثانیه) از بالای سر شخصی پرواز می‌کند. چند ثانیه پس از عبور هواپیما از بالای سر این شخص موج ضربه به زمین می‌رسد ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)

۱- ۳۳ ۲- ۲۲ ۳- ۱۱ ۴- ۱

۴۹- منبعی امواج صوتی با توان ۲۰۰ وات گسیل می‌دارد. در چه مسافتی شدت دقیقاً زیر آستانه دردناکی قرار می‌گیرد ؟ (فرض کنید $I = 1\ w/m^2$) (آزمون GRE)

۱- ۱۵/۹۲ m ۲- ∞ m

۳- ۷/۹۸ m ۴- ۷/۰۷ m

۵- ۳/۹۹ m

۵۰- مدول بالک آب برابر است با $B = ۲/۰۴ \times ۱۰^{۹}$ pa طول موجی با فرکانس ۲۶۲ Hz را بیابید. (آزمون GRE)

۱- ۱۰/۹ M

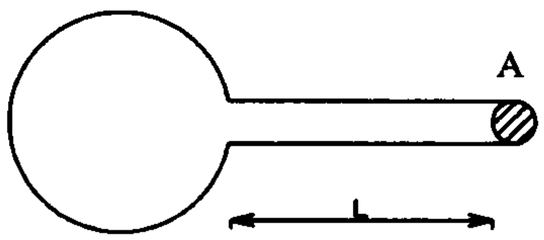
۲- ۵/۴۵ M

۳- ۸/۴۲ M

۴- ۴/۱۶ M

۵- ۱۵/۳ M

۵۱- تشدید کننده هلمهولتز را با طول L و سطح مقطع A مطابق شکل در نظر بگیرید فرکانس نوسان را اگر حجم ظرف، V باشد به دست آورید. V_s سرعت صوت در فشار و دمای محیط و y ضریب بی‌دررو می‌باشد. (آزمون GRE)



۱- $\sqrt{۲yP_{۰} A/\rho_{۰} V_{۰}L}$

۲- $\sqrt{yP_{۰} A/۲\rho_{۰} V_{۰}L}$

۳- $V_s^{-1}\sqrt{V_{۰} L/A}$

۴- $V_s\sqrt{A/V_{۰}L}$

۵- $V_s\sqrt{L^{۳}/V_{۰}L}$

۵۲- رعد و برقی در آسمان پدید می‌آید و صدای رعد ۳/۵ ثانیه پس از مشاهده برق به گوش ما می‌رسد. اگر فاصله ابرها از ما ۱/۱۹ کیلومتر و فرکانس متوسط صوت دریافت شده $\frac{c}{s}$ ۱۰۰۰ باشد، طول‌موج متوسط صوت بر حسب سانتی‌متر چقدر است؟ (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)

۱- ۳۴/۰ ۲- ۳۴/۲ ۳- ۳۴/۷ ۴- ۳۹/۷

۱۱-۴ پاسخنامه تشریحی

۱-۲) ۲-۲)

۳-۱) فرکانس تنها به منبع بستگی دارد ولی λ به سرعت $\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ و $v=\lambda\upsilon$ و در نتیجه به محیط بستگی دارد.

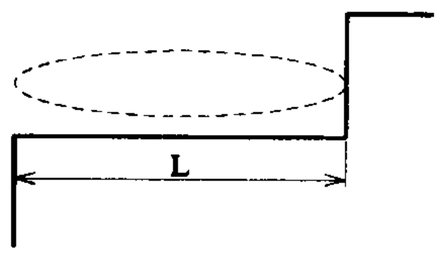
۴-۱)

$$\Rightarrow \frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\Rightarrow \frac{۱۵۴۰}{۳۵۰}=\frac{۱۱}{\lambda_2}\Rightarrow \boxed{\lambda_2=۲/۵\,m}$$

در محیط آب $v_1=\lambda_1\upsilon$

در محیط هوا $v_2=\lambda_2\upsilon$

۵-۱)



عرض هر پله $\ell=\lambda/۲$

$$\upsilon=v/\lambda=v/۲\ell\Rightarrow \boxed{\upsilon=v/۲\ell}$$

۶-۲)

$$V=\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}\Rightarrow V\propto\sqrt{\frac{۱}{M}}$$

یعنی هر چه جرم بیشتر باشد سرعت با جذر معکوس جرم متناسب است. با توجه به آنکه جرم مولکولی H_2 از همه کمتر است.

۷-۱)

$$\frac{n_2}{n_1}=n_{2,1}\Rightarrow \frac{n_2}{n_1}=\frac{V_2}{V_1}=\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}=\sqrt{\frac{۳۳۰}{۲۸۰}}=\sqrt{۱/۱۸}=۱/۰۹$$

۸-۱) سرعت صوت فقط بستگی به نوع محیط و دما دارد.

$$v=\sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$$

۹-۳)

$$\begin{cases}\gamma = ۱/۴۰ \\ V_۱ = ۱۴۰۰\ \frac{m}{s} \\ T_۱ = T_۲ \\ V_۲ = ۳۵۰\ \frac{m}{s} \\ M_۲/M_۱ = ? \end{cases} \qquad V = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$$

$$V_۱/V_۲ = \sqrt{\frac{M_۲}{M_۱}} \Rightarrow \frac{۱۴۰۰}{۳۵۰} = \sqrt{\frac{M_۲}{M_۱}}$$

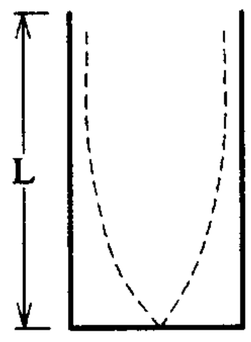
$$\Rightarrow \boxed{\frac{M_۲}{M_۱} = ۱۶}$$

۱۰-۳)

$$\begin{cases} P_۲ = ۲P_۱ \\ \rho = \text{ثابت} \\ \gamma = c_p/c_v \\ V_۲/V_۱ = ? \end{cases} \qquad V_۱ = \sqrt{\gamma P_۱/\rho}\ ,\ V_۲ = \sqrt{۲\gamma P_۱/\rho}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_۲ = \sqrt{۲}V_۱}$$

۱۱-۳)



سرعت صوت در چاه $V = \sqrt{\gamma P/\rho} = \sqrt{\frac{۷}{۵}\ \frac{۹/۵\times۱۰^{۴}}{۱/۱}} = ۳۴۸\ \frac{m}{s}$

توجه : چاه همانند یک لوله بسته عمل کرده و با توجه به فرض مسأله در فرکانسهای کمتر از ۷/۵ هرتز تشدید صورت نمی‌گیرد. یعنی $k = ۱$ بنابراین داریم :

$$L = \frac{\lambda}{۴} = \frac{v}{۴\upsilon}$$

$$L = \frac{۳۴۸}{۲۸} \cong ۱۲/۴m$$

۱-۱۲)

$$V = \sqrt{\gamma P/\rho} \Rightarrow V' = \sqrt{\gamma\, ۲P/\rho} = \sqrt{۲}V$$

(۲-۱۳

$$\begin{cases} A = ۳Cm^۲ = ۳\times۱۰^{-۴}\,m^۲ \\ t = ۵s \\ W = ۱/۵\times۱۰^{-۱۱}\,j \end{cases}$$

$$P = W/t = \frac{۱/۵\times۱۰^{-۱۱}}{۵} = ۰/۳\times۱۰^{-۱۱}\,W$$

$$I = P/A = \frac{۰/۳\times۱۰^{-۱۱}}{۳\times۱۰^{-۴}} = ۱۰^{-۸}\,W/m^۲$$

(۴-۱۴

$$P = ۴\pi r^۲ I \Rightarrow r^۲ = \frac{P}{۴\pi I} = \frac{۲۰۰}{۴\times۳/۱۴\times۱} = \frac{۲۰۰}{۱۲/۵۶}$$

$$\boxed{\Rightarrow r = ۳/۹۹\,m}$$

(۲-۱۵

$$P = ۴\pi r^۲ I = \text{ثابت} \Rightarrow I \propto \frac{۱}{r^۲}$$

(۲-۱۶

$I \propto \frac{۱}{r^۲}$ شدت : انرژی در واحد سطح در واحد زمان

$$r \to ۲r \Rightarrow I \to \frac{۱}{۴} I$$

(۲-۱۷

$$P = ۴\pi r_۱^۲ I_۱ = ۴\pi r_۱^۲ I_۲ \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = \left(\frac{r_۱}{r_۲}\right)^۲$$

$$I_۱ = ۴I_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۴} = \left(\frac{r_۱}{r_۲}\right)^۲ \Rightarrow r_۲ = ۲r_۱$$

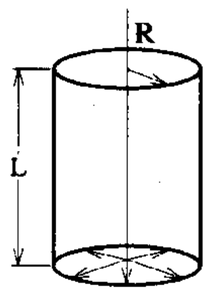
(۱-۱۸

$$\begin{cases} P = ۴۸\,mW \\ r = ۲m \\ \pi = ۳ \end{cases}$$

$$P = ۴\pi r^۲ I \Rightarrow I = \frac{P}{۴\pi r^۲}$$

$$\Rightarrow I = \frac{۴۸}{۴\times۳\times۴} \Rightarrow \boxed{I = ۱\,m\,W/m^۲}$$

(۱-۱۹



$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{۲\pi RL} \Rightarrow I \propto \frac{۱}{R},\ I \propto y_m^۲ \Rightarrow y_m \propto R^{-\frac{۱}{۲}}$$

(۳-۲۰

$$\begin{cases} \upsilon = ۵\times ۱۰^{۶}\,Hz \\ y_m = ۲۰\,A = ۲۰\times ۱۰^{-۱۰}\,m \\ v = ۱۵۰۰\ \ m/s \\ \rho = ۲kg\ d/m^{۳}\ ,\ \pi = ۳ \end{cases} \qquad I = ۲\pi^{۲}\rho\upsilon^{۲}vy_m^{۲}$$

$$= ۲(۳)^{۲}(۲)(۵\times ۱۰^{۶})^{۲}(۱۵۰۰\ )(۲۰\times ۱۰^{-۱۰})^{۲}$$

$$= ۵/۴\,\frac{w}{m^{۲}}$$

(*-۲۱

$$\begin{cases} \upsilon = ۳۰۰\ Hz \\ I = ۱۶\ W/m^{۲} \\ v = ۳۳۰\ \ m/s \\ \rho_{\circ} = ۱/۲۲\ Kg/m^{۳} \end{cases} \qquad I = ۲\pi^{۲}\rho_{\circ}\upsilon^{۲}vy_m^{۲}$$

$$\Rightarrow y_m = \sqrt{\frac{۱۶}{۲\times(۳/۱۴)^{۲}\times ۱/۲۲\times(۳۰۰)^{۲}\times ۳۳۰}}$$

$$\Rightarrow \boxed{y_m = ۱/۵\times ۱۰^{-۴}\,m}$$

جواب صحیح در گزینه‌ها وجود ندارد.

(۱-۲۲

$\upsilon_{۲} = \frac{۳v}{۴L}$, $۲k-۱ = ۳$ هارمونیک سوم (صوت دوم) $\Rightarrow$ $\upsilon_k = \frac{۲k-۱}{۴L}v$ لوله صوتی بسته

$\upsilon_n = \frac{nv}{۲L} \Rightarrow$ هارمونیک اول $\upsilon_{۱} = \frac{v}{۲L}$ لوله صوتی باز

$$\frac{\upsilon_{۲}}{\upsilon_{۱}} = \frac{۳}{۲}$$

(۴-۲۳

$$\begin{cases} P = ۱\mu W = ۱۰^{-۶}\,W \\ I_{\circ} = ۱۰^{-۱۲}\ W/m^{۲} \\ r = ۳m \end{cases} \qquad P = ۴\pi r^{۲}I \Rightarrow I = \frac{۱۰^{-۶}}{۳۶\pi}\ W/m^{۲}$$

$$dB = ۱۰\log I/I_{\circ} = ۱۰\log\frac{۱۰^{-۶}}{۱۰^{-۱۲}\times ۳۶\pi} \quad \boxed{= ۳۹/۵db}$$

(۱-۲۴

$$P = ۴\pi r^{۲}I \Rightarrow I = \frac{۱}{۴\pi\times ۹} = \frac{۱}{۳۶\pi}\ \frac{\mu W}{m^{۲}}$$

$$dB = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} = ۱۰ \log \frac{\frac{۱}{۳۶\pi}}{۱۰^{-۶}} \quad , \quad I_۰ = ۱۰^{-۱۲} \ W/m^۲ = ۱۰^{-۶} \ \mu W/m^۲$$

$$\Rightarrow dB = ۱۰ \log ۸۸۴۶ \ / ۴ = ۳۹ / ۴۷ dB = \boxed{۳۹ / ۵ dB}$$

(۲-۲۵

$$r = ۶ \times ۱۰^{-۳} m \qquad dB = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} \Rightarrow ۴۰ = ۱۰ \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}}$$

$$dB = ۴۰ dB \qquad \Rightarrow I = ۱۰^{-۸} \frac{w}{m^۲}$$

$$t = ۲۰ s \qquad I_۰ = ۱۰^{-۱۲} \frac{w}{m^۲}$$

$$P = IA = \frac{E}{t} \Rightarrow E = ItA = It\pi r^۲ = (۱۰^{-۸})(۲۰)(۳)(۶ \times ۱۰^{-۳})^۲ = ۲/۱۶ \times ۱۰^{-۱۱} J$$

(۱-۲۶

$$۹۰ = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} \Rightarrow ۱۰ \log \frac{۴I}{I_۰} = ۱۰ \log ۴ + ۱۰ \log \frac{I}{I_۰}$$

$$= ۱۰ (۲ \log ۲) + ۹۰ = ۱۰ (۲ \times ۰/۳) + ۹۰ = ۹۶$$

(۲-۲۷

$$dB = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} = ۱۰ \log \frac{۱}{۱۰^{-۱۲}} = ۱۲۰$$

(۴-۲۸

$$۸۰ = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} \Rightarrow ۱۰ \log \frac{۲۰I}{I_۰} = ۱۰ \log ۲۰ + ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} =$$

$$۱۰ (۱/۳) + ۸۰ = ۹۳ \ dB$$

(۲-۲۹

$$\begin{cases} P = ۱ \mu W = ۱۰^{-۶} W \\ r = ۳ m \\ I_۰ = ۱۰^{-۱۲} \ W/m^۲ \end{cases} \qquad P = ۴\pi r^۲ I \Rightarrow I = \frac{۱۰^{-۶}}{۴\pi (۳)^۲} = \frac{۱۰^{-۶}}{۳۶\pi}$$

$$dB = ۱۰ \log \frac{\frac{۱۰^{-۶}}{۳۶\pi}}{۱۰^{-۱۲}} = ۳۹ / ۵ dB$$

(۴-۳۰

$$\begin{cases} P = ۲۰۰\ W \\ I = ۱\ {W}/{m^۲} \\ r = ? \end{cases} \qquad P = ۴\pi r^۲ I \Rightarrow ۲۰۰ = ۴\pi r^۲ \times ۱$$

$$\Rightarrow \boxed{r = ۳/۹۹\ m}$$

(۲-۳۱

$$dB = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} \Rightarrow -۲۰ = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} \Rightarrow \log \frac{I}{I_۰} = -۲ \Rightarrow \boxed{\frac{I}{I_۰} = ۱۰^{-۲}}$$

(۱-۳۲

$$\begin{cases} \rho = ۱/۲\ {Kg}/{m^۳} \\ v = ۳۴۳\ {m}/{s} \\ A = ۰/۵۵ \times ۱۰^{-۴}\ m^۲ \\ dB = ۱۲۰\ dB \\ F = ? \end{cases}$$

$$dB = ۱۰ \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow ۱۲۰ = ۱۰ \log(I \times ۱۰^{۱۲})$$

شدت موج صوتی

$$\Rightarrow I = ۱\ {W}/{m^۲} \ ,\ I = \frac{P^۲}{۲\rho_۰ v}$$

دامنه فشار

$$P = \sqrt{۲I\rho_۰ v} = \sqrt{۲ \times ۱ \times ۱/۲ \times ۳۴۳} = ۲۰/۲۹\ {N}/{m^۲}$$

$$P = {F}/{A} \Rightarrow F = ۲۰/۲۹ \times ۰/۵۵ \times ۱۰^{-۴} = ۱۵/۸ \times ۱۰^{-۴}$$

$$\Rightarrow \boxed{F = ۰/۰۰۱۵۸\ \ N}$$

(۴-۳۳

$$dB_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۱}{I_۰} = ۸۲ \ ,\ \frac{I_۲}{I_۱} = \left(\frac{r_۱}{r_۲}\right)^۲ = \left(\frac{۲۰۰}{۴۰۰}\right)^۲ \Rightarrow I_۲ = \frac{۱}{۴} I_۱$$

$$dB_۲ = ۱۰ \log \frac{\frac{۱}{۴} I_۱}{I_۰} = ۱۰ \log \frac{۱}{۴} + ۱۰ \log \frac{I_۱}{I_۰} = -۴/۱ + ۸۲ \cong ۷۸$$

جواب نزدیک به گزینه ۴ است.

(۳-۳۴

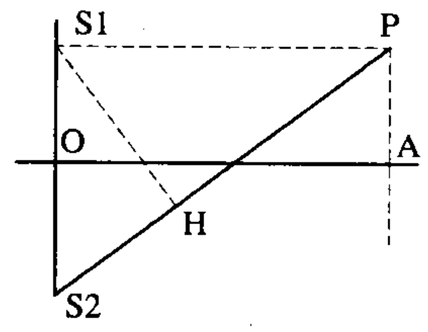
$$\upsilon_۱ = \upsilon_۲ \quad A_۱ = ۲A_۲ \quad , \quad \phi = ۱۸۰^\circ$$

$$y = y_۱ + y_۲ = ۲A_۲ \sin(kx - \omega t) + A_۲ \sin(kx - \omega t + \pi) = A_۲ \sin(kx - \omega t)$$

موج سوم موجی است با همان فرکانس (بسامد) و دامنه متفاوت.

۳۵-۴) با توجه به شکل اختلاف راه دو موجی که از نقاط S_1 , S_2 به نقطه P می‌رسند برابر $\lambda/2$ می‌باشد، در فاز متقابل بوده یعنی دامنه و شدت موج در این نقطه صفر است.

$$S_2P - S_1P = S_2H = (2k-1)\lambda/2$$



برای اولین Min $k = 1$ می‌باشد یعنی :

$$S_2P - 4 = 0/8/2 \Rightarrow \boxed{S_2P = 4/4m}$$

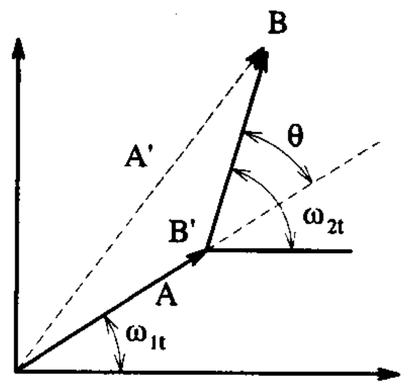
۳۶-۴)

$$\psi = \psi_A + \psi_B = A\cos\omega_1 t + B\cos\omega_2 t = A'\cos\omega t$$

$$A' = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta} = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos(\omega_2 - \omega_1)t}$$

$$(\omega_2 - \omega_1)t = 2n\pi \Rightarrow A' = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB} = A + B$$

$$(\omega_2 - \omega_1)t = (2n+1)\pi \Rightarrow A' = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB} = |A - B|$$



با فرض آن که A>B باشد : $|A - B| = A - B$

۳۷-۴)

$$\begin{cases} \lambda_1 = 3/3m \\ \lambda_2 = 3/4m \\ v = 340\ m/s \\ \upsilon_{\text{ضربان}} = ? \end{cases}$$

$$\upsilon_1 = v/\lambda_1 = 340/3/3 = 103\ Hz$$

$$\upsilon_2 = \frac{340}{3/4} = 100\ Hz$$

$$\Rightarrow \upsilon = \upsilon_2 - \upsilon_1 = 103 - 100 = 3Hz \Rightarrow \upsilon = 3Hz$$

۳۸-۲) فرمول زنش عبارت است از : $n = \upsilon_2 - \upsilon_1$, $\upsilon_2 > \upsilon_1$ و n تعداد ضربانهاست.

$$\begin{cases} \upsilon_1 - \upsilon_2 = 6 \\ 600 - \upsilon_2 = 6 \end{cases} \Rightarrow \upsilon_2 = 594\ HZ$$

$$\begin{cases} \upsilon_۲ - \upsilon_۱ = ۶ \\ \upsilon_۲ - ۶۰۰ = ۶ \Rightarrow \upsilon_۲ = ۶۰۶ \text{ HZ} \end{cases}$$

با توجه به فرض مسأله نیروی کشش افزایش یافته بنابراین فرکانس نیز باید زیاد شود، پس :

$\upsilon_۲ = ۶۰۶ \text{ Hz}$

$$\upsilon = \frac{k}{۲\ell}\sqrt{F/\mu} \;,\; \upsilon_۲/\upsilon_۱ = \sqrt{\frac{F_۲}{F_۱}} \Rightarrow \frac{۶۰۶}{۶۰۰} = \sqrt{\frac{F_۱ + \Delta F}{F_۱}}$$

$$= \sqrt{۱ + \frac{\Delta F}{F_۱}} \Rightarrow ۱/۰۱ = \sqrt{۱ + \Delta F/F_۱} \Rightarrow ۱/۰۲ = ۱ + \frac{\Delta F}{F_۱} \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta F}{F_۱} = ۰/۰۲}$$

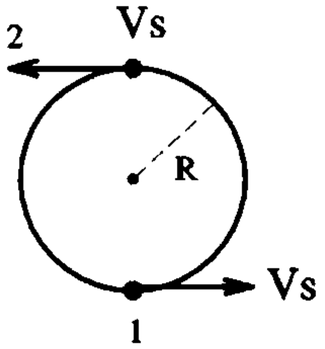
۳-۳۹) اگر شنونده در میان دو منبع باشد که خلاف جهت هم حرکت می‌کنند چون هر دو منبع به شنونده نزدیک و یا دور می‌شوند ولی شاهد تداخل دو موج هم فرکانس و تشکیل امواج ایستاده است ولی اگر شنونده در یک طرف باشد یکی از منبع‌ها از او دور و دیگری به او نزدیک شده و وی شاهد تداخل زمانی دو موج است که اگر فرکانس‌های دریافتی به هم نزدیک باشند پدیده زنش را مشاهده می‌کند.

۲-۴۰) $\upsilon_o = \upsilon_s \dfrac{V - V_o}{V} < V_s$ $\quad S \bullet \longrightarrow \bullet V_o$

چون $V_o < V_s$ است صدا بم‌تر شنیده می‌شود.

۲-۴۱)

$V_s = R\omega = (۰/۶۱)(۱۵) = ۹/۱۵ \dfrac{m}{s}$



در حالت (۱) $\upsilon_o = \upsilon_s \dfrac{V}{V + V_s} = \upsilon_s \dfrac{۳۳۰}{۳۳۰ + ۹/۱۵} = ۵۲۵$

در حالت (۲) $\upsilon_o = \upsilon_s \dfrac{V}{V - V_s} = \upsilon_s \dfrac{۳۳۰}{۳۳۰ - ۹/۱۵} = ۵۵۵$

۳-۴۲)

$$\begin{cases} \upsilon_o = \upsilon_s \quad \dfrac{V + V_o}{V - V_s} > \gamma_s \\ \dfrac{V + V_o}{V - V_s} > ۱ \end{cases}$$

S $\longrightarrow$ Vs $\qquad$ Vo $\longleftarrow$ O

هنگامی که منبع صوت (s) و شنونده (o) بهم نزدیک می‌شوند $\upsilon_o > \upsilon_s$ بنابراین ارتفاع صوت زیاد می‌شود.

(۳-۴۳

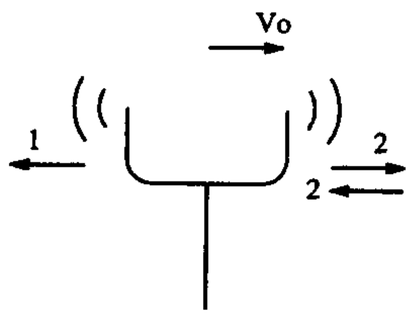
$v_o = \frac{v}{۲}$ سرعت شنونده

v سرعت صوت $\qquad \upsilon_o = \upsilon_s \frac{v + v_o}{v} = \upsilon_s \frac{v + v/۲}{v} = \frac{۳}{۲}\upsilon_s$

$v_s = ۰$ سرعت منبع

۲-۴۴) شنونده دو صوت دریافت می‌کند (۱) مستقیماً با فرکانس υ_1 و (۲) موج منعکس شده از دیوار υ_2 . اگر υ_s فرکانس فرستاده شده از دیاپازون باشد. v سرعت دیاپازون و v سرعت صوت :

$\upsilon_1 = \upsilon_s \frac{v}{v + v_o}$ اما فرکانس دریافتی دیواره $\upsilon = \upsilon_s \frac{\upsilon}{\upsilon - \upsilon_o}$ است که همان را به شنونده ساکن منعکس می‌کند که چون هم دیواره و هم شنونده ساکن است $\upsilon_۲ = \upsilon'$. مشاهده می‌شود که : $\upsilon_1 \neq \upsilon_۲$.



(۱-۴۵

$v_o = \frac{v}{۲}$ سرعت دریافت کننده , $v_s = ۰$ سرعت منبع

$\Rightarrow \upsilon_o = \upsilon_s \frac{v - v_o}{v} = \upsilon_s \frac{v - \frac{v}{۲}}{v} = \frac{\upsilon_s}{۲}$ شنونده در حال دور شدن

$\lambda\upsilon = v =$ سرعت صوت $\Rightarrow \lambda_s \gamma_s = \lambda_o \upsilon_o \Rightarrow \lambda_s \upsilon_s = \lambda_o \left(\frac{\upsilon_s}{۲}\right) \Rightarrow \lambda_o = ۲\lambda_s$

۲-۴۶) اگر $\upsilon_s = ۳۹۰۰۰$ فرکانس گسیلی خفاش دارای سرعت $v_s = \frac{۱}{۴۰}(۳۳۰)$ باشد فرکانس دریافتی توسط دیوار ساکن υ_o عبارت است از :

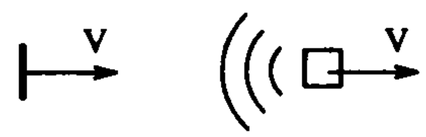
$$\gamma_o = \gamma_s \frac{v}{v - v_s} = ۳۹۰۰۰ \qquad \frac{۳۳۰}{۳۳۰ - \frac{۱}{۴۰}(۳۳۰)} = ۴۰۰۰۰ \text{ Hz}$$

دیوار موج را با این فرکانس به طرف خفاش که این بار دریافت کننده دارای سرعت $v'_o = \frac{۱}{۴۰}(۳۳۰)$ است می‌فرستد موج دریافتی توسط خفاش υ'_o عبارت است از : (این بار دیوار فرستنده ساکن است)

$$\upsilon'_o = \upsilon'_s \frac{v + v_o}{v} = ۴۰۰۰۰ \quad \frac{۳۳۰ + \frac{۱}{۴۰}(۳۳۰)}{۳۳۰} = ۴۱۰۰۰ \text{ Hz}$$

۴۷-۳)

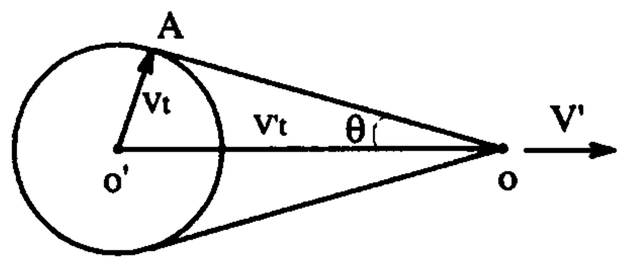
$$\upsilon_o = \upsilon_s \frac{v + V}{v + V} = \upsilon_s$$



۴۸-۳)

سرعت موج $V = ۳۳۱ \ m/s$

سرعت هواپیما $V' = ۱/۵ \times ۳۳۱ \ m/s$



$$\begin{cases} \sin\theta = \frac{Vt}{V't} = \frac{v}{v'} = \frac{۱}{۱/۵} \Rightarrow \boxed{\theta = ۴۲^\circ} \\ \tan\theta = \frac{AO'}{AO} \Rightarrow ۰/۹ = \frac{۵۰۰۰}{AO} \Rightarrow AO = ۵۵۵۵ \text{ m} \end{cases}$$

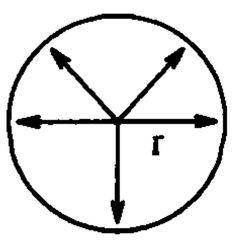
$$t = \frac{x}{v} = \frac{۵۵۵۵}{۱/۵ \times ۳۳۱} \approx ۱۱/۱۹ s \text{ یا } \boxed{t = ۱۱ s}$$

۴۹-۵) در حین انتشار مقدار توان امواج صوتی در محیط ثابت باقی می‌ماند.

$$\begin{cases} P = ۲۰۰ \text{ W} \\ I = ۱ \ W/m^۲ \end{cases}$$

$$I = P/A = P/۴\pi r^۲ \Rightarrow r = \sqrt{P/۴\pi I} = \sqrt{\frac{۲۰۰}{۴\pi(۱)}} = ۳/۹۹ \text{ m}$$

مساحت سطح را به شکل کروی در نظر می‌گیریم.



(۲-۵۰

$$\begin{cases} B = ۲/۰۴ \times ۱۰^{۹} Pa \\ \rho = ۱ {gr}/{Cm^{۳}} = ۱۰^{۳} {Kg}/{m^{۳}} \end{cases} \qquad V = \sqrt{B/\rho} = \sqrt{\frac{۲/۰۴ \times ۱۰^{۹}}{۱۰^{۳}}} = ۱۴۳۰ \ {m}/{s}$$

$$\lambda = V/\upsilon = \frac{۱۴۳۰}{۲۶۲} \Rightarrow \boxed{\lambda = ۵/۴۵ m}$$

(۴-۵۱

$$V = V_{\circ} \ F_x = A\Delta P = A\left({dp}/{dV}\right)Ax$$

PV^{γ} = ثابت برای فرآیند آدیاباتیک (بی‌دررو) ، ${dp}/{dV} = -\gamma V^{-\gamma-۱} = -\gamma P_{\circ} V_{\circ}^{\gamma} / V_{\circ}^{\gamma+۱} = -\gamma {P_{\circ}}/{V_{\circ}}$

$$F_x = (-A^{۲}\gamma {P_{\circ}}/{V_{\circ}})x - A\ell\rho_{\circ}x'' \Rightarrow x'' + A\gamma\frac{P_{\circ}}{\rho_{\circ}V_{\circ}\ell}x = \circ$$

$$\omega = \sqrt{\gamma {P_{\circ}}/{\rho_{\circ}} \ {A}/{V_{\circ}\ell}} = V_s\sqrt{{A}/{V_{\circ}\ell}} \ , \ V_s = \sqrt{\gamma {P_{\circ}}/{\rho_{\circ}}}$$ سرعت صوت

(۱-۵۲

$$V = \frac{x}{t} = \frac{۱۱۹۰}{۳/۵} = ۳۴۰ \ \frac{m}{s} \ , \ \upsilon = ۱۰۰۰ \ \frac{c}{s}$$

$$\lambda\upsilon = V \Rightarrow \lambda = \frac{۳۴۰}{۱۰۰۰} = \circ/۳۴۰ \ m = ۳۴/\circ Cm$$

فصل پنجم

دما

در بررسی پدیده‌های گرمایی، برای توصیف وضعیت حرارتی محدوده‌ای خاص که موردنظر است از مشخص کردن یک سری پارامتر مانند فشار، حجم و ... استفاده می‌کنیم. بعضی از این پارامترها مستقیماً قابل احساس هستند ولی برخی مستقیماً قابل احساس نمی‌باشند.

۵-۱ سیستم و محیط

قسمتی از ماده که آنرا از اطراف و محیط پیرامون جدا کرده‌ایم و به تحلیل وضعیت فیزیکی آن می‌پردازیم سیستم می‌باشد.

آنچه که خارج از سیستم است و بر سیستم تأثیر مستقیم داشته باشد محیط است.

۵-۲ کمیتهای ماکروسکوپیک و میکروسکوپیک

کمیتهایی مانند فشار، حجم، دما، طول، مساحت، مقاومت و ... که قابل مشاهده و اندازه‌گیری در آزمایشگاه هستند کمیات ماکروسکوپیک نامیده می‌شوند.

کمیتهایی مانند انرژی، جرم و یا اندازه حرکت مولکولی که به صورت مستقیم قابل مشاهده و احساس نیستند و با عملیات ریاضی به دست می‌آیند کمیات میکروسکوپیک نامیده می‌شوند.

۵-۳ ترمودینامیک و مکانیک آماری

در ترمودینامیک خواص حرارتی یک سیستم با توجه به قوانینی که کمیتهای ماکروسکوپیک را به هم مربوط می‌سازند بررسی می‌شود. در حالی که در مکانیک آماری این کار با یک توصیف میکروسکوپیک از سیستم و بر اساس روابط ریاضی میان کمیتهای میکروسکوپیک صورت می‌گیرد.

۴-۵ دما

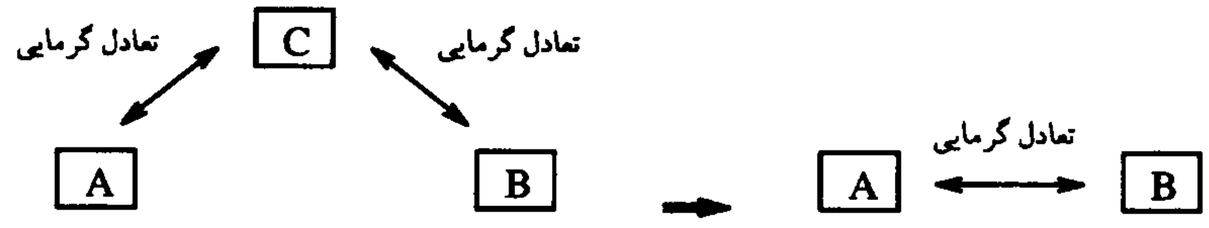
در توصیف ماکروسکوپیک یک سیستم، برای بررسی وضعیت گرمایی یک گاز به بررسی کمیات فشار، حجم و دما و رابطه میان آنها می‌پردازیم. از میان سه کمیت مذکور، کمیت دما کمیتی غیر ذاتی است که ما آنرا به یک جسم نسبت می‌دهیم، جهت درک موضوع مراحل زیر را پی می‌گیریم.

الف) تعادل گرمایی

اگر دو سیستم A و B را با هم در تماس قرار دهیم، پس از مدتی از هر دو یک احساس گرما داریم. در این حالت دو سیستم در تعادل گرمایی هستند.

ب) قانون صفرم ترمودینامیک

اگر دو سیستم A , B با سیستم C در حال تعادل باشند خود در حال تعادلند.



ج) از قانون صفر نتیجه می‌شود که می‌توان یک سیستم C (دماسنج) را به عنوان مرجعی برای شناخت در تعادل گرمایی بودن دو سیستم در نظر گرفت. حال به هر سیستم یک کمیت نسبت می‌دهیم که با گرم و سرد شدن جسم تغییرکند و برابری‌آن در دو سیستم (که توسط مرجع C تشخیص داده می‌شود) نشان دهنده در تعادل بودن آن دو سیستم است. به عبارتی برای قانون صفر ترمودینامیک به بیان دیگر داریم :

"کمیتی نرده‌ای به نام دما وجود دارد که خصوصیتی متعلق به سیستمهای ترمودینامیکی بوده و برابری آن در دو سیستم شرط لازم و کافی برای تعادل گرمایی دو سیستم است."

۵-۵ اندازه‌گیری دما

خصوصیتی از ماده (مانند طول یا حجم) را که با تغییر وضعیت گرمایی ماده تغییر می‌کند در نظر می‌گیریم. به این خصوصیت، خصوصیت دماسنجی می‌گوییم (x) .

دما را بر اساس یک معادله دلخواه می‌نویسیم. رابطه خطی $T = ax$ را انتخاب می‌کنیم.

در $x = x_1$ انتخاب می‌کنیم $T = T_1$ بنابراین $a = \frac{T_1}{X_1}$ پس در هر x دیگر دمای مربوطه از رابطه $T = T_1 \frac{X}{X_1}$ به دست می‌آید.

اگر ماده را در آب نقطه سه گانه فروبریم داریم $X_1 = X_{tr}$ و $T_1 = T_{tr}$ را ۲۷۳/۱۶ انتخاب می‌کنیم.

$$T(x) = ۲۷۳\ /۱۶ \frac{X}{X_{tr}}$$

چند مثال :

الف) میله‌ای که طول آن در نقطه سه گانه آب L_{tr} باشد در هر جا که طولش L باشد دمای T را نشان می‌دهد. $T = ۲۷۳\ /۱۶ \frac{L}{L_{tr}}$

ب) گاز با فشار ثابت و حجم متغیر (x=V)

$$T(v) = ۲۷۳\ /۱۶ \frac{V}{V_{tr}}$$

ج) گاز با حجم ثابت و فشار متغیر (x=P)

$$T = ۲۷۳\ /۱۶ \frac{P}{P_{tr}}$$

د) در یک دماسنج مقاومتی، اگر مقاومت در نقطه سه گانه R_{tr} باشد و در دمای دیگر R :

$$T = ۲۷۳\ /۱۶ \frac{R}{R_{tr}}$$

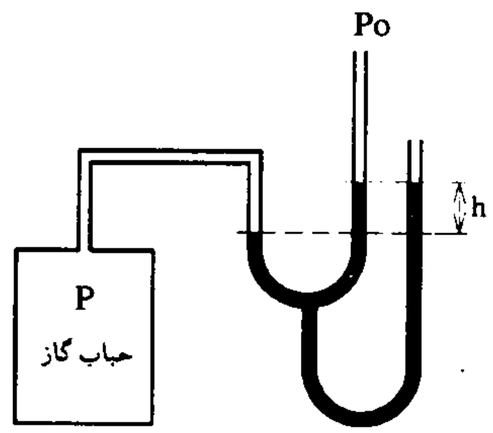
۱-۵-۵ دماسنج استاندارد

در هر نوع دماسنج بسته به آنکه نوع ماده چه باشد دمای مربوط به یک ماده مقادیر مختلفی نشان داده می‌شود. اما اگر از دماسنج گازی با فشار متغیر استفاده شود و گاز مورد استفاده تا حد ممکن رقیق باشد (گاز کامل) دمایی که توسط این نوع دماسنج ولی با گازهای مختلف برای هر وضعیت گرمایی نشان می‌دهد تقریباً یکی است.

گاز رقیق $P_{tr} \to ۰$ $\qquad T = ۲۷۳\ /۱۶ \lim_{P_{tr} \to ۰} \frac{P}{P_{tr}}$

این مقیاس دمای گاز کامل است.

$P = P_۰ + \rho gh$ (اگر ارتفاع مایع در طرف حباب بیشتر باشد $P = P_۰ - \rho gh$)



P_{tr} فشار درون حباب است. هنگامی که حباب را در درون آب در نقطه سه گانه قرار داده‌ایم و P فشار گاز حباب هنگامی که حباب را در دمای T قرار داده‌ایم.

۵-۶ مقیاس دماسنجی

در دماسنج استاندارد که ذکر شد دمای نقطه سه گانه آب ۲۷۳/۱۶ درجه کلوین انتخاب شد و در نتیجه دماها بر مقیاس کلوین است. می‌توان مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت را نیز به کار برد.

نقطه جوش آب	۳۷۳ /۱۵	۱۰۰ °c	۲/۲°F
نقطه سه گانه آب	۲۷۳ /۱۶	۰/۰۱ °c	۳۲ /۰۲ °F
صفر مطلق	۰	۲۷۳ /۱۵ °c	-۴۵۹ /۶۷ °F

$$T_c = T_k - ۲۷۳\ /۱۵$$

$$T_F = ۳۲ + \frac{۹}{۵} T_c = ۳۲ + \frac{۹}{۵}(T_k - ۲۷۳\ /۱۵)$$

$$\Delta T_c = \Delta T_k$$

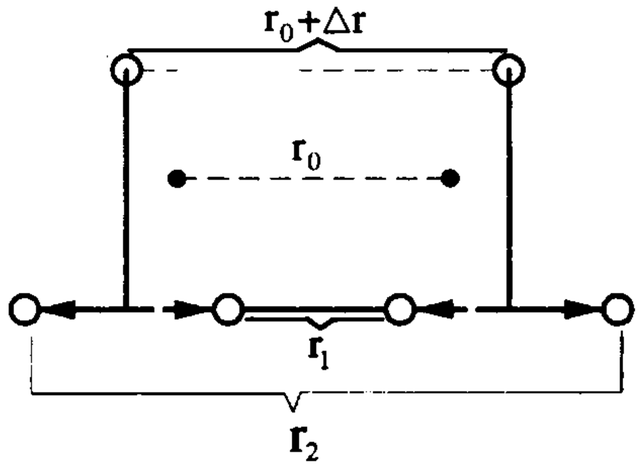
۵-۷ انبساط

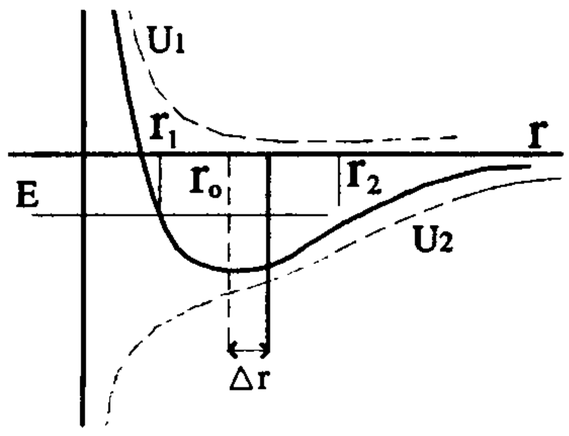
تغییر اندازه همراه با تغییر حالت یکی از اثرات معمولی دما بر روی مواد است. به بررسی علت و معادلات انبساط می‌پردازیم.

۵-۷-۱ علت انبساط

هنگامی که در اثر گرم شدن، (و در نتیجه افزایش انرژی) دو اتم که با فاصله r_o تشکیل پیوند داده‌اند شروع به نوسان می‌کنند هنگام نزدیک شدن با مخالفت نیروی قوی دافعه هسته - هسته (و

ضعیف‌تر الکترون - الکترون) روبه‌رو می‌شوند در حالی که در هنگام دور شدن با مخالفت نیروی ضعیف جاذبه الکترون - هسته روبه‌رو می‌شوند. پس اگر در ارتعاش به اندازه $|r_0 - r_1|$ به هم نزدیک شوند به اندازه $|r_2 - r_0|$ از هم دور می‌شوند که بزرگ‌تر از $|r_0 - r_1|$ است. پس هر پیوند به اندازه Δr فضا را اشغال کرده و منبسط می‌شود.





با رسم انرژی پتانسیل کل (پتانسیل مربوط به هسته - هسته و هسته الکترونها) مشاهده می‌شود به علت شکل غیر متقارن این پتانسیل اگر انرژی E در اثر گرما به پیوند داده شود دو اتم تا فاصله r_1 به هم نزدیک و تا فاصله r_2 از هم دور می‌شوند $(U = U_1 + U_2)$ که U_1 پتانسیل ناشی از نیروی دامنه قوی هسته - هسته و U_2 پتانسیل ناشی از نیروی ضعیف هسته - الکترون می‌باشد.

۲-۷-۵ معادلات انبساط

جامدات انبساط طولی، سطحی و حجمی دارند در حالی که مایعات تنها انبساط حجمی دارند.

۱-۲-۷-۵ جامدات

اگر طول یک جسم جامد در اثر افزایش ΔT دما به اندازه ΔL افزایش یابد و طول اولیه آن L_0 باشد برای ضریب انبساط طولی متوسط داریم :

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

انبساط طولی : $\Delta L = \bar{\alpha} L_\circ \Delta T \Leftarrow L(t) = L_\circ + \bar{\alpha} L_\circ \Delta T$

انبساط سطحی : $\Delta A = ۲\bar{\alpha} L_\circ \Delta T \Leftarrow A(T) = A_\circ + ۲\bar{\alpha} A_\circ \Delta T$

انبساط حجمی : $V(T) = V_\circ + ۳\bar{\alpha} V_\circ \Delta T$

اگر تغییرات α را با دما در نظر بگیریم در آن صورت داریم :

$$\alpha(T) = \frac{۱}{L_\circ}\frac{dL}{dT} \begin{cases} dL = \alpha L_\circ dT \Rightarrow L(T) = L_\circ + L_\circ \int_{T_\circ}^{T} \alpha(T)dT \\ dA = ۲\alpha L_\circ dT \Rightarrow A(T) = A_\circ + ۲\int_{T_\circ}^{T} A_\circ \alpha(T)dT \\ dV = ۳\alpha V_\circ dT \Rightarrow V(T) = V_\circ + ۳V_\circ \int_{T_\circ}^{T} \alpha(T)dT \end{cases}$$

۲-۲-۷-۵ مایعات

اگر حجم یک مایع با افزایش ΔT دما به اندازه ΔV افزایش یابد و حجم اولیه $V_\circ$ باشد ضریب انبساط حجمی متوسط عبارت است از :

$$\bar{\beta} = \frac{۱}{V_\circ}\frac{\Delta V}{\Delta T} \Rightarrow \Delta V = \beta V_\circ \Delta T \Rightarrow V(T) = V_\circ + \beta V_\circ \Delta T$$

اگر تغییرات β با دما را در نظر بگیریم :

$$\beta(T) = \frac{۱}{V_\circ}\frac{dV}{dT} \Rightarrow V(T) = V_\circ + \int_{T_\circ}^{T} \beta(T) V_\circ dT$$

ممکن است مایع در یک ظرف ریخته شده باشد و برای آن مثلاً یک ارتفاع تعریف گردد در آن صورت تغییرات ارتفاع را باید با توجه به تغییرات حجم مایع و ظرف به دست آورد.

۳-۲-۷-۵ تغییرات چگالی

با افزایش دما، جرم ثابت و حجم افزایش می‌یابد بنابراین چگالی کاهش می‌یابد و بالعکس.

$$\rho = \frac{M}{V} \Rightarrow \Delta\rho = M\Delta(\frac{۱}{V}) = M(\frac{-\Delta V}{V^۲}) = -\frac{M}{V}\frac{\Delta V}{V}$$

$$= -\rho\frac{\beta V \Delta T}{V} = -\beta\rho\Delta T$$

بنابراین $\Delta\rho = -\beta\rho\Delta T$ و برای جامدات $\Delta\rho = -۳\alpha\rho\Delta T$.

۸-۵ پرسشهای چند گزینه‌ای

۱- اصل صفرم ترمودینامیک :

۱- اصل تبدیل جرم و انرژی به یکدیگر است. ۲- مربوط به کار برگشت‌پذیر است.

۳- مربوط به تعادلهاست. ۴- چنین قانونی در ترمودینامیک وجود ندارد.

۲- هدف از تعریف دمای گاز ایده‌آل آن است که :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- دمای اندازه‌گیری شده مستقل از ماهیت گاز است.

۲- چون گاز ایده‌آل در هیچ دمایی به مایع تبدیل نمی‌شود، محدوده عمل دماسنج گازی کاملاً وسیع باشد.

۳- بتوان در دماسنج گازی از گازهای طبیعی که مانند گاز ایده‌آل رفتار می‌کنند، استفاده کرد.

۴- استفاده از گاز ایده‌آل در دماسنج گازی سهل‌الحصول‌تر است.

۳- یک دماسنج مخصوص، نقطه ذوب یخ را عدد ۲۰ و نقطه جوش آب در فشار یک اتمسفر را عدد ۱۰۰ نشان‌می‌دهد. این دماسنج دمای جسمی را که ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، چند نشان می‌دهد ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)**

۱- ۳۰ ۲- ۴۰

۳- ۶۰ ۴- ۸۰

۴- کدام یک از موارد زیر نادرست است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- در تابش، امواج الکترومغناطیسی باعث انتقال گرما می‌شوند.

۲- در همرفت جابجایی ملکولها باعث انتقال گرما می‌شود.

۳- گرما از اجسام بزرگتر و با جرم بیشتر، به اجسام کوچکتر با جرم کمتر منتقل می‌شود.

۴- در هدایت گرما، نقش اصلی انتقال گرما به عهده الکترونهای آزاد اجسام است.

۵- مزیت استفاده از ترموکوپل در اندازه‌گیری دما نسبت به سایر وسایل دیگر ..... است. **(کنکور کارشناسی ارشد تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۶)**

۱- دقیق‌تر ۲- سریع‌تر

۳- استفاده از آن راحت ۴- از حساسیت بیشتر برخوردار

۶- میله آونگ ساعتی از آلومینیوم ساخته شده است. اگر دمای آن از $^{\circ c}$ ۲۵ به $^{\circ c}$ ۱۰ کاهش یابد تغییر طول نسبی آن چقدر است ؟ $\alpha_{AL} = ۲/۴\times۱۰^{-۵}\ C^{\circ -۱}$

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- $-۴/۸\times۱۰^{-۳}$ ۲- $+۲/۴\times۱۰^{۲}$ ۳- $-۳/۶\times۱۰^{-۴}$ ۴- $+۷/۲\times۱۰^{۵}$

۷- از یک ورقه فلزی مربع شکل، دایره‌ای به شعاع R بریده‌ایم. اگر دمای ورقه را $\Delta\theta$ افزایش دهیم تغییر شعاع قسمت بریده برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- $\frac{R}{\lambda\Delta\theta}$ ۲- $۲R\lambda\Delta\theta$ ۳- $R\lambda\Delta\theta$ ۴- $\frac{R}{۲\lambda\Delta\theta}$

۸- قطر یک میله فولادی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۳ سانتی‌متر و قطر داخلی یک حلقه برنجی در همان دما ۲/۹۹۲ سانتی‌متر است. این اجسام باید درجه دمای مشترکی باشند تا میله درست از حلقه بگذرد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)

۱- ۳۳۵ درجه ۲- ۳۶۰ درجه ۳- ۳۷۵ درجه ۴- ۳۹۰ درجه

۹- یک لوله شیشه‌ای قائم به طول یک متر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تا نیمه از مایعی پر شده است. اگر دمای لوله به ۳۰ درجه سانتی‌گراد برسد، ارتفاع ستون مایع چقدر تغییر می‌نماید ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- یک میلی‌متر ۲- ۱۰ میلی‌متر ۳- ۰/۱ میلی‌متر ۴- ۰/۰۱ میلی‌متر

۱۰- در یک لوله شیشه‌ای در دمای معمولی مایعی به جرم حجمی ρ تا ارتفاع h ریخته شده و بنابراین فشار آن بر ته لوله ρgh است. اگر دمای مایع بالا رود و انبساط خود لوله ناچیز باشد فشار مایع بر ته لوله : (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- تغییر نمی‌کند، زیرا h افزایش و ρ کاهش می‌یابد.

۲- کم می‌شود، زیرا کاهش ρ بیشتر از افزایش h است.

۳- زیاد می‌شود، زیرا h افزایش می‌یابد و ρ تغییر نمی‌کند.

۴- زیاد می‌شود، زیرا h و ρ هر دو زیاد می‌شوند.

۱۱- اگر در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد حجم جیوه در مخزن یک دماسنج جیوه‌ای ۰/۴ سانتی‌متر مکعب باشد و در فشار ثابت، دمای جیوه به ۶۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، سطح جیوه در لوله متصل به مخزن به سطح مقطع ۰/۲ میلی‌متر مربع چند

سانتی‌متر بالا می‌رود ؟ ضریب انبساط حجمی جیوه $18\times10^{-5}/^{\circ}C$ است و از انبساط شیشه دماسنج صرف‌نظر می‌شود. (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹)

۱- ۰/۳۶ ۲- ۳/۶ ۳- ۱/۸ ۴- ۱

۱۲- دمای یک لیتر از مایعی را به اندازه ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالا می‌بریم. افزایش حجم واقعی مایع شش سانتی‌متر مکعب می‌شود. ضریب انبساط حجمی مطلق این مایع چند $(^{\circ}c^{-1})$ است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $2/4\times10^{-5}$ ۲- $2/4\times10^{-4}$ ۳- $1/2\times10^{-4}$ ۴- $1/2\times10^{-3}$

۱۳- اگر یک کره آلومینیومی به شعاع ۱۰/۱ سانتی‌متر را از صفر تا ۱۰۰ درجه سلسیوس گرم کنیم، حجم آن چقدر تغییر می‌کند ؟ (ضریب انبساط خطی آلومینیوم $(23\times10^{-6}/^{\circ}c$ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)

۱- ۲۸/۹۷ سانتی‌متر مکعب ۲- ۳۰/۴۶ سانتی‌متر مکعب

۳- ۲۵/۶۳ سانتی‌متر مکعب ۴- ۲۳/۹۲ سانتی‌متر مکعب

۱۴- مخزن الکلی در دمای $25^{\circ}C$ از ۵۰۰ لیتر الکل پر شده است. اگر دما را به $10^{\circ}C$ کاهش دهند چه فضایی خالی از الکل بالای مخزن ایجاد می‌شود ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $5/62\times10^{-3}m^3$ ۲- $3/25\times10^{-2}m^3$

۳- $1/5\times10^{-5}m^3$ ۴- $2/3\times10^{-4}m^3$

۱۵- دمای آب ۲ درجه سانتی‌گراد را به ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسانیم. جرم حجمی آب چگونه تغییر می‌کند ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- بتدریج زیاد می‌شود. ۲- بتدریج کم می‌شود.

۳- ابتدا زیاد و سپس کم می‌شود. ۴- ابتدا کم و سپس زیاد می‌شود.

۱۶- مکعب آلومینیومی به ضلع ۰/۱m را از دمای $10^{\circ}C$ تا $30^{\circ}C$ گرم می‌کنند. تغییر چگالی آن چقدر است ؟ $\alpha=2/4\times10^{-5}C^{\circ-1}$

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $1/25\,Kg.m^{-3}$ ۲- $6/2Kg.m^{-3}$

۳- $4/24\,Kg.m^{-3}$ ۴- $3/89\,Kg.m^{-3}$

۹-۵ پاسخنامه تشریحی

۱-۳)

۲-۱) هنگامی که از گاز ایده‌آل استفاده می‌شود دمای نشان داده شده مستقل از نوع گاز می‌شود.

۳-۲) ۸۰ درجه در دماسنج‌مخصوص (۸۰-۱۰۰) معادل با ۱۰۰ درجه سلسیوس (۰-۱۰۰) است :

$$\Delta T = ۰/۸\Delta T_c$$

$$\frac{T_۲ - T_۱}{T_{۲C} - T_{۱C}} = \frac{T_۲ - ۲۰}{۲۵ - ۰} = ۰/۸ \Rightarrow T_۲ = ۴۰$$

۳-۴) گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر می‌رود.

۴-۵)

۳-۶) $$\Delta L = \alpha_{AL} L_۰ \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta L}{L_۰} = \alpha_{AL}\Delta T = ۲/۴\times ۱۰^{-۵}(۱۰ - ۲۰) = -۳۶\times ۱۰^{-۵}$$

۳-۷)

$$R' = R + R\lambda\Delta\theta \Rightarrow \boxed{R' - R = R\lambda\Delta\theta}$$

۸-۲) دمای مشترک میله فولادی و حلقه برنجی را $\theta_۲$ می‌گیریم.

$$\begin{cases} \text{قطر فولاد} = ۳Cm = \ell_۱ \\ \alpha_{\text{فولاد}} = ۱۱\times ۱۰^{-۶}/^\circ C \\ \alpha'_{\text{برنج}} = ۱۹\times ۱۰^{-۶}/^\circ C \\ \ell'_{۱\ \text{برنج}} = ۲/۹۹۲\ Cm \\ \ell'_{۲\ \text{فولاد}} = \ell'_{۲\ \text{برنج}} \end{cases}$$

$$\Delta\ell = \ell_۱\alpha\Delta\theta \Rightarrow \ell_۲ = \ell_۱(۱ + \alpha\Delta\theta)$$

$$\ell_۱ + \ell_۱\alpha\Delta\theta = \ell'_۱ + \ell'_۱\alpha'\Delta\theta$$

$$\Rightarrow ۳ + ۳\times ۱۱\times ۱۰^{-۶}\Delta\theta = ۲/۹۹۲ + ۲/۹۹۲\times ۱۹\times ۱۰^{-۶}\Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = ۳۳۵\ ^\circ C \Rightarrow \theta_۲ - \theta_۱ = ۳۳۵ \Rightarrow \theta_۲ - ۲۵ = ۳۳۶$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta_۲ = ۳۶۰\ ^\circ C}$$

۹-*)

چون ضریب انبساط حجمی مایع داده نشده قابل محاسبه نیست. با فرض ثابت بودن A سطح مقطع لوله داریم :

$$\Delta V = A\Delta L = \beta V_۰\Delta T = \beta Ah\Delta T = \beta A(۰/۵)(۳۰ - ۲۰)$$

۱۰-۱)

$$P' = \rho' g h' = \frac{M}{V'} g h' = \frac{M}{V(1+\beta\Delta T)} g(h+\Delta h) = \frac{M}{V} g h = \rho g h = P$$

تغییر حجم $\Delta V' = A\Delta h \Rightarrow \beta V \Delta T = \beta A h \Delta T = A\Delta h \Rightarrow \Delta h = \beta h \Delta T$

۱۱-*۳)

$$\begin{cases} T_1 = 10^\circ C \\ V_1 = 0/4 Cm^3 \\ P_1 \\ A = \text{سطح مقطع لوله جیوه} = 0/2\times10^{-3} Cm^3 \end{cases} \qquad \begin{cases} T_2 = 60^\circ C \\ P_2 = P_1 \\ \Delta h = \text{افزایش ارتفاع جیوه} = ? \\ \beta = \text{ضریب انبساط حجمی جیوه} = 18\times10^{-5} \frac{1}{^\circ C} \end{cases}$$

$$\Delta V = \beta V \Delta T = (18\times10^{-5})(0/4)(60-10) = 360\times10^{-5} Cm^3$$

$$\Delta V = (\Delta h)(A) \Rightarrow 360\times10^{-5} = (\Delta h)(0/2\times10^{-3}) \Rightarrow \Delta h = 18 Cm$$

پاسخ 18 Cm می‌شود در حالی که در گزینه‌ها 1/8Cm آمده است.

۱۲-۳)

$$\Delta V = \beta V \Delta T \ , \ V = 1 Lit = 10^3 Cm^3 \ , \ \Delta T = 25^\circ C \ , \ \Delta V = 6 Cm^3$$

$$3 = \beta(10)^3(25) \Rightarrow \beta = 0/12\times10^{-3} = 1/2\times10^{-4} \frac{1}{^\circ C}$$

۱۳-۲)

$$\begin{cases} k \cong 3\alpha \\ V = \frac{4}{3}\pi R^3 \end{cases}$$

$$\Delta V = V_1 k \Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta V = \frac{4}{3}\times3/14(10/1)^3\times3\times23\times10^{-6}\times100$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta V = 29/76 Cm^3}$$

این جواب در هیچ کدام از گزینه‌ها نیست ولی از طرفی مقدار $k > 3\alpha$ است که ما در مسئله تقریباً برابر در نظر گرفتیم پس مقدار بدست آمده به گزینه ۲ نزدیکتر است.

۱۴-*)

$$\Delta V = \beta V_\circ \Delta T = 11\times10^{-4}(500 lit)(10-25) = 825/00\times10^{-4} \text{ لیتر}$$

$$\Rightarrow \Delta V = 8/25\times10^{-3} m^3$$

پاسخ در میان گزینه‌ها نیست.

$$\beta = ۱۱\times۱۰^{-۴}\ ^{1}/_{^\circ c}$$

۱۵-۳) حجم آب تا ۴ درجه کاهش و سپس افزایش می‌یابد. بنابراین چگالی حجمی تا ۴ درجه زیاد و سپس کاهش می‌یابد.

۱۶-*)

$$m = \text{جرم مکعب} \quad \text{و} \quad \text{حجم} = L^۳ = (۰/۱)^۳$$

$$\Delta\rho = -۳\alpha\rho_۰\Delta T = -۳(۳/۴\times۱۰^{-۵})\rho_۰(۳۰-۱۰)$$

$$= ۰/۰۰۲۰۴\ \rho_۰$$

$$\rho_۰ = \frac{m}{(۰/۱)^۳}\ ,\ m = ?$$ جرم و یا چگالی اولیه داده نشده است.

فصل ششم

گرما و قانون اول ترمودینامیک

در قدیم فکر می‌شد که گرما چیزی است که در اثر اختلاف دمای بین یک سیستم و محیط اطرافش مبادله می‌گردد و نام آنرا کالریک نهاده بودند اما بعدها مشخص شد که "گرما شکلی از انرژی است که در اثر اختلاف دمای بین دوجسم از جسم بادمای‌بالاتر به‌جسم با دمای پایین‌تر منتقل می‌شود تا دو جسم به تعادل برسند" و با سایر انرژیها همچون انرژی مکانیکی هم ارز می‌باشد.

۱-۶ گرمای ویژه و معادله گرما

واحد گرما : واحد گرما کالری است و یک کالری مقدار گرمایی است که یک گرم آب می‌گیرد تا دمایش از $^{c}۱۴/۵$ به $^{c}۱۵/۵$ برسد.

الف) ظرفیت گرمایی : مقدار گرمایی که یک جسم می‌گیرد تا دمای آن یک درجه افزایش یابد.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad \frac{cal}{^{\circ}c}$$

ب) ظرفیت گرمایی ویژه : مقدار گرمایی است که واحد جرم جسم می‌گیرد تا دمایش یک درجه بالا رود.

$$c = \frac{۱}{m} \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad \frac{cal}{gr\ ^{\circ}C}$$

ج) معادله گرما : با داشتن ظرفیت گرمایی ویژه هر جسم می‌توان گرمایی که یک جسم به جرم m در اثر افزایش دما می‌گیرد $(\Delta T > ۰ \Rightarrow Q > ۰)$ و یا در اثر کاهش دما از دست می‌دهد را به دست آورد. $(\Delta T < ۰ \Rightarrow Q < ۰)$

$$Q = mc\Delta T$$

د) **ظرفیت گرمایی ویژه، تابع دما** : در حقیقت ظرفیت گرمایی ویژه تابع دما است ولی در دماهای معمولی آنرا ثابت در نظر می‌گیریم بنابراین اگر تغییرات ظرفیت گرمایی ویژه را با دما در نظر بگیریم.

$$C(T) = \frac{1}{m}\frac{dQ}{dT} \Rightarrow Q = m\int_{T_i}^{T_f} C(T)d_T$$

ه) **ظرفیت گرمایی مولی** : مقدار گرمایی است که یک مول از جسم می‌گیرد تا دمای آن یک درجه افزایش یابد : (n تعداد مولها)

$$C_m = \frac{1}{n}\frac{dQ}{dT}\frac{cal}{mol^\circ k} \Rightarrow Q = n\int_{T_i}^{T_f} C(T)\,d_T \qquad (Q = nc\Delta T \text{ داریم } C \text{ با فرض ثابت بودن})$$

رابطه ظرفیت گرمایی مولی و ویژه چنین است (M = جرم یک مول)

$$nC_m = mC \Rightarrow C_m = \frac{m}{n}C = MC$$

دولون و پتی نشان دادند که C_m برای تمام عناصر بجز چند مورد، مقداری در حدود $6\,cal/mol^\circ c$ دارد. ظرفیت مولی مواد با دما تغییر می‌کند و وقتی با افزایش دما به مقدار دولون و پتی نزدیک می‌شود، T_D دمای مشخصه‌ای به نام دمای دبی است و برای هر ماده‌ای مقدار ثابت و معینی دارد و برای $T > T_D$ ، مقدار C_m خیلی به مقدار دبی نزدیک می‌شود.

۲-۶ دمای تعادل

هرگاه چند جسم به جرم m_1 , m_2 و ... و دماهای اولیه T_1 , T_2 و ... با ظرفیت گرمایی ویژه C_1 , C_2 ,... در تماس قرار گرفته و مبادله حرارتی داشته باشند سرانجام به دمای تعادل T_f می‌رسند. با فرض اینکه اجسام با هم واکنش شیمیایی نداشته باشند دو حالت را بررسی می‌کنیم.

۱-۲-۶ هیچ گونه تغییر حالتی وجود ندارد

اگر در مبادله حرارتی بین اجسام هیچ جسمی ذوب، بخار، منجمد و یا تقطیر نشود داریم :

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + ... = m_1c_1(T_f - T_1) + m_2c_2(T_f - T_2) + ... = 0$$

$$\Rightarrow T_f = \frac{m_1c_1T_1 + m_2c_2T_2 + ... + m_nc_nT_n}{m_1c_1 + m_2c_2 + ... + m_nc_n}$$

۲-۲-۶ با تغییر حالت

ممکن است در مبادله حرارتی میان اجسام، یک یا چند جسم تغییر حالت دهند که در این صورت

انرژی گرمایی که صرف این کار می‌شود نیز باید در نظر گرفته شود.

الف) گرمای نهان ذوب L_f : مقدار گرمایی است که واحد جرم یک جسم می‌گیرد تا بدون تغییر دما از جامد به مایع تبدیل شود (برای آب $L_F = ۸۰ \frac{cal}{gr}$).

بدون تغییر دما $\begin{cases} \text{جرم M ذوب شود} & \Rightarrow Q = +ML_f \\ \text{جرم M منجمد شود} & \Rightarrow Q = -ML_f \end{cases}$

ب) گرمای نهان تبخیر L_v : مقدار گرمایی است که واحد جرم یک جسم می‌گیرد تا بدون تغییر دما از مایع به بخار تبدیل شود (برای آب $L_v = ۵۴۰ \frac{Cal}{gr}$).

بدون تغییر دما $\begin{cases} \text{جرم M بخار شود} & \Rightarrow Q = +ML_v \\ \text{جرم M مایع شود} & \Rightarrow Q = -ML_v \end{cases}$

به عنوان مثال در بررسی دمای نهایی ترکیب یخ و آب چند حالت ممکن است اتفاق افتد : تمام یخ آب شده و به دمای بالاتر از صفر برسد، تمام یخ، یخ صفر شده و محصول آب صفر و یخ صفر باشد، تمام محصول آب صفر باشد و ..... بنابراین حل مسئله با حالت ساده‌ای که هیچ گونه تغییر حالتی نداریم متفاوت است.

مثال

۱۰۰ گرم یخ $-۲۰^\circ C$ را داخل ۲۰۰ گرم آب $۵۰^\circ C$ می‌اندازیم، دمای تعادل و مقدار نهایی یخ و آب را به دست آورید.

حل :

برای مقایسه ابتدا فرض می‌کنیم هر کدام برای رسیدن به آب صفر درجه چه مقدار گرما باید بگیرند یا از دست بدهند (m جرم یخ و M جرم آب و $c = ۱ \frac{cal}{gr^\circ c}$ آب و $c = ۰/۵ \frac{cal}{grc^\circ}$ یخ).

$Q_۱ = ۲۰۰(۱)(۰-۵۰) = -۱۰۰۰۰$ cal آب ۵۰ به صفر

$Q_۲ = ۱۰۰(۰/۵)(۰-(-۲۰)) = +۱۰۰۰$ cal آب ۲۰- به یخ صفر

$Q_۳ = +۱۰۰(۸۰) = ۸۰۰۰$ cal یخ صفر به آب صفر

می‌بینیم اگر آب ۵۰ به آب صفر برسد می‌تواند ۹۰۰۰cal گرمای لازم برای رساندن یخ ۲۰- به یخ صفر را تأمین کند و هنوز ۱۰۰۰cal اضافه داریم :

$|Q_۱| > |Q_۲| + |Q_۳| \Rightarrow T_f > ۰$

بنابراین تمام یخ، به آب بالاتر از صفر تبدیل شده و نتیجه نهایی ۳۰۰ گرم آب با دمای T_f است که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$m(۰/۵)(۰-(-۲۰))+mL_f+m(۰/۵)(T_f-۰)+M(۱)(T_f-۵۰)=۰$$

مثال :

۱۰۰ گرم یخ $-۲۰^\circ C$ را داخل ۲۰۰ گرم آب $۲۵^\circ C$ می‌اندازیم، دمای تعادل و مقدار جرم یخ و آب نهایی چیست ؟

جرم یخ $m=۱۰۰\ gr$, یخ $c=۰/۵\ cal/gr^\circ c$

جرم آب $M=۲۰۰\ gr$, آب $c=۱\ cal/gr^\circ c$

با فرض آن که همه به آب صفر برسند داریم :

آب ۲۵ به آب صفر $Q_۱=۲۰۰(۱)(۰-(-۲۵))=-۵۰۰۰\ cal$

آب ۲۰- به یخ صفر $Q_۲=۱۰۰(۰/۵)(۰-(-۲۰))=+۱۰۰۰\ cal$

یخ صفر به آب صفر $Q_۳=+mL_f=+(۱۰۰)(۸۰)=۸۰۰۰\ cal$

می‌بینیم که $|Q_۱|>|Q_۲|$ ولی $|Q_۱|<|Q_۲|+|Q_۳|$. به عبارتی آب ۲۵° با رسیدن به آب صفر ۵۰۰۰ cal از دست می‌دهد که ۱۰۰۰ cal صرف رساندن یخ به یخ صفر می‌شود ولی برای آن که تمام یخ صفر را آب صفر کند ۴۰۰۰ cal کم دارد.

مقدار یخ صفر آب صفر شده $=\frac{۴۰۰۰}{L_f}=\frac{۴۰۰۰}{۸۰}=۵۰\ gr$

بنابراین (۵۰-۱۰۰) گرم یخ صفر باقی می‌ماند. پس دمای تعادل $T_f=۰$ است و نتیجه نهایی :

۱۰۰ گرم آب صفر + ۵۰ گرم یخ صفر آب شده + ۵۰ گرم یخ صفر است.

مثال :

۲ گرم آب ۲۵° را روی ۱۰۰ گرم یخ ۲۰- می‌ریزیم نتیجه نهایی چیست ؟ با فرض آنکه همه به آب صفر برسند : (m جرم یخ و M جرم آب)

آب ۲° به آب صفر $Q_۱=۲(۱)(۰-۲۵)=-۵۰\ cal$

آب ۲۰- به یخ صفر $Q_۲=۱۰۰(۰/۵)(۰-(-۲۰))=+۱۰۰۰\ cal$

یخ صفر به آب صفر $Q_۳=+mL_f=۱۰۰(۸۰)=+۸۰۰۰\ cal$

می‌بینیم که اگر آب به آب صفر برسد حتی نمی‌تواند یخ را به یخ صفر برساند $|Q_۱|<|Q_۲|$ بنابراین فرض می‌کنیم که همه به یخ صفر برسند.

آب ۲° به آب صفر $Q_۱=-۵۰\ cal$

آب صفر به یخ صفر $Q_۲=-ML_f=-(۲)(۸۰)=-۱۶۰\ cal$

یخ $Q_۳ = +۱۰۰۰\ cal$ یخ ۲۰- به یخ صفر

می‌بینیم که $|Q_۳| > |Q_۲| + |Q_۱|$ یعنی حتی با یخ شدن آب نیز، گرمای لازم برای یخ صفر شدن یخ ۲۰- تأمین نمی‌شود پس $T_f < ۰$ و داریم :

$$m(۰/۵)(T_f - (-۲۰) + M(۱)(۰ - ۲۵) - ML_f + M(۰/۵)(T_f - ۰) = ۰$$

و از معادله بالا می‌توان T_f را به دست آورد.

۶-۳ نکاتی در مورد ذوب و انجماد

هر جسم جامد خالص که در دمای معین و فشار ثابت شروع به ذوب شدن می‌کند تا هنگام تبدیل شدن به مایع، دمایش ثابت می‌ماند که آنرا دمای نقطه ذوب می‌گویند. مقدار جرم ذوب شده به مقدار گرمای داده شده بستگی دارد. عمل ذوب یک فرآیند گرماگیر بوده و با تغییر حجم همراه است. بجز یخ در موارد افزایش فشار سبب بالا رفتن نقطه ذوب می‌شود. برخی از مواد مانند ید مستقیماً از جامد به بخار تبدیل می‌شود.

هر مایع خالص در دمایی معین و فشار ثابت شروع به انجماد می‌کند و تا هنگام تبدیل شدن به جامد این دما ثابت می‌ماند که به آن دمای انجماد می‌گویند. عمل انجماد یک فرآیند گرمازا است و با تغییر حجم همراه است. بجز یخ، افزایش فشار سبب بالا رفتن نقطه انجماد می‌شود.

۶-۴ نکاتی در مورد تبخیر و میعان

پدیده تبخیر گرماگیر و در دمای ثابت صورت می‌گیرد و با تغییر حجم ماده همراه است. در حالی که پدیده ذوب در دمای معین صورت می‌گیرد پدیده تبخیر در هر دمایی انجام می‌گیرد.

انواع تبخیر عبارتند از :

۱) تبخیر در خلأ که با سرعت انجام می‌شود.

۲) تبخیر در مجاورت سایر گازها که در این مورد مایع به کندی تبخیر می‌شود.

۳) تبخیر سطحی

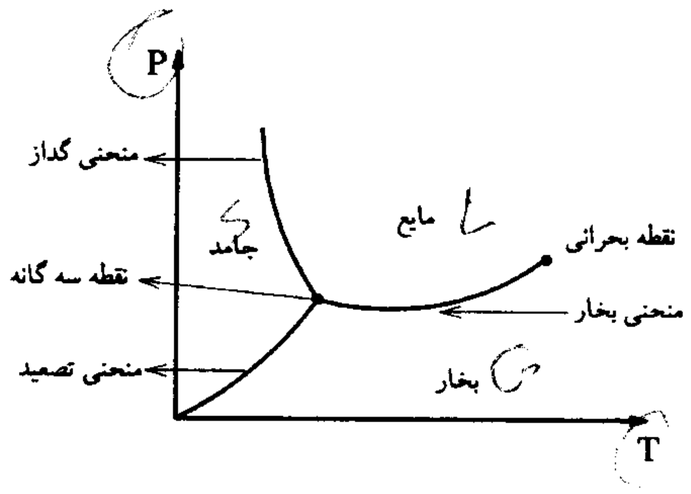
۴) تبخیر در اثر جوش

در فشار معین، هر مایع خالص در دمای مشخص (نقطه جوش) شروع به جوشیدن می‌کند و در طول مدت جوش، این دما ثابت است. گرمای تبخیر یک مایع به جنس آن مایع و نیز نقطه جوش آن بستگی دارد. با افزایش فشار، نقطه جوش آب بالا می‌رود و گرمای نهان تبخیر آن کاهش می‌یابد.

میعان تبدیل بخار به مایع است و می‌توان برای تبدیل آن از روشهای :
۱) کاهش دما ، ۲) تراکم و ۳) تراکم و کاهش دما استفاده کرد.

۵-۶ تغییرات نقطه جوش و ذوب

منحنی P-T برای ماده‌ای مانند آب که بر اثر ذوب شدن منقبض می‌شود مطابق شکل است. همان گونه از شکل مشخص است با افزایش فشار دمای نقطه جوش (بر روی منحنی تبخیر) بالا می‌رود و یا با افزایش فشار نقطه دمای ذوب (بر روی منحنی گداز) کاهش می‌یابد.



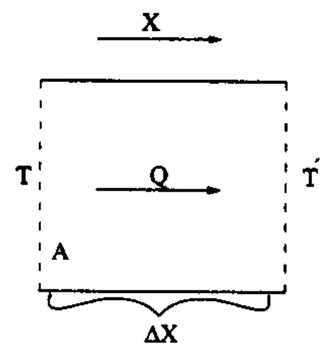
نقطه سه گانه آب نقطه‌ای است که در آن یخ و آب و بخار در فشار ۴/۵۸ mmHg و دمای ۲۷۳/۱۶ درجه کلوین (۰/۰۱°C) در حالت تعادل قرار دارند. چنان چه در این سیستم گرمایی مبادله نشود حجم یخ و آب و بخار ثابت می‌ماند.

۶-۶ رسانش

انتقال انرژی گرمایی میان قسمتهای مجاور یک جسم به علت اختلاف دمای میان آنها را رسانش گرمایی می‌نامند. یک بره به مساحت مقطع A و طول Δx و اختلاف دمای ΔT در نظر می‌گیریم. از آزمایش آهنگ انتقال گرما $H = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ داریم :

جهت Q از T به سمت $T' \Rightarrow T > T'$

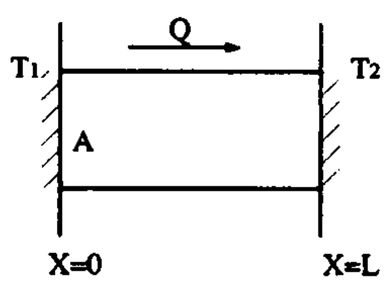
$$\begin{cases} H \propto \Delta T \\ H \propto \frac{1}{\Delta x} \end{cases} \Rightarrow H = -kA\frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \frac{cal}{s} \text{ یا } \frac{J}{s}$$
$$H \propto A$$



(چون با افزایش x ، دما کاهش می‌یابد $T' < T$ بنابراین $\frac{\Delta T}{\Delta x} < ۰$ و چون $H > ۰$ می‌باشد ضریب منفی قرار می‌دهیم). k ثابت رسانش است و واحد آن $\frac{cal}{s.cm.k}$ یا $\frac{J}{s.m.k}$ است.

الف) سطح مقطع ثابت

اگر جسمی به سطح مقطع ثابت A و طول L بین دو دمای ثابت $T_۱$ و $T_۲$ قرار گیرد $(T_۱ > T_۲)$



$$H = -kA\frac{\Delta T}{\Delta x} = -kA\frac{T_۲ - T_۱}{L - ۰} = kA\frac{T_۱ - T_۲}{L}$$

ب) سطح مقطع متغیر

اگر سطح مقطع ثابت نباشد و A(x) تابع x باشد با توجه به آنکه بنا بر بقای انرژی H ثابت است داریم :

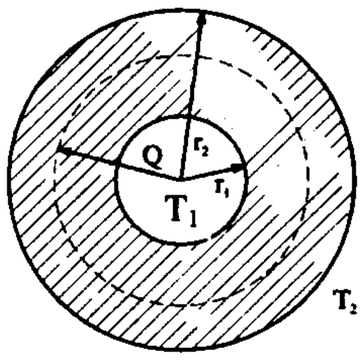
$$H = -kA(x)\frac{dT}{dx} \Rightarrow \int H\frac{dx}{A(X)} = \int -kdT = H\int\frac{dx}{A(x)} \Rightarrow H = \frac{\int_{T_۱}^{T_۲} -kdT}{\int_{X_۱}^{X_۲}\frac{dx}{A(x)}}$$

مثال

آهنگ شعاعی جریان گرما در ماده میان دو کره هم مرکز به شعاع داخلی $r_۱$ و $r_۲$ و دماهای $T_۱$ و $T_۲$ را به دست آورید.

حل :

با فرض آن که $T_۱ > T_۲$ ، جریان گرما از سطح داخلی به سطح خارجی می‌رود و در فاصله r از مرکز، $A(r) = ۴\pi r^۲$ است.



$$H = -k۴\pi r^۲\frac{dT}{dr} \Rightarrow H\int_{r_۱}^{r_۲}\frac{dr}{r^۲} = -۴\pi k\int_{T_۱}^{T_۲} dT$$

$$\Rightarrow H\left[-\frac{۱}{r}\right]_{r_۱}^{r_۲} = -۴\pi k(T_۲ - T_۱) \Rightarrow H = \frac{۴\pi k r_۱ r_۲ (T_۱ - T_۲)}{r_۲ - r_۱}$$

۱-۶-۶ محاسبه دما در نقطه‌ای خاص

می‌توان علاوه بر محاسبه آهنگ انتقال گرما در یک جسم، دما را نیز در نقطه‌ای خاص بدست آورد. به عنوان مقدمه یادآوری می‌شود که بنا بر اصل بقای انرژی H هنگام عبور از محیط‌های متوالی تغییر

نمی‌کند. جهت درک بهتر موضوع به اشکال زیر توجه کنید :

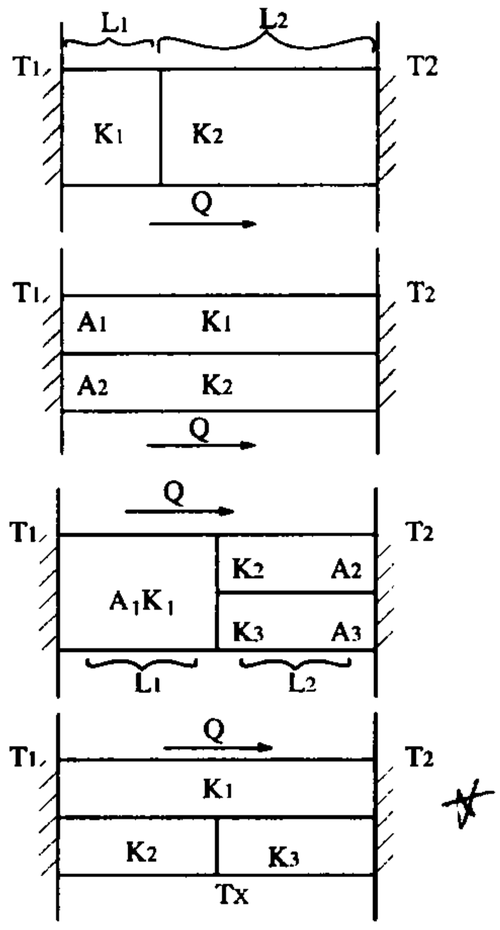
$T_1 > T_2 \qquad H_1 = H_2$

$H = H_1 + H_2 \qquad T_1 > T_2$

$H = H_1 = H_2 + H_3$

$H_2 = H_3$

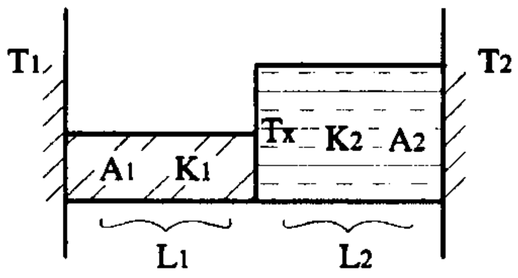
$H = H_1 + H_2 = H_1 + H_3$



الف) محاسبه دمای مجهول در محل تماس دو محیط متوالی : با برابر قرار دادن H در دو محیط می‌توان دمای مجهول و از آنجا خود H را به دست آورد.

مثال :

دمای T_x و آهنگ انتقال گرما میان دو میله با ثابت رسانش k_1, k_2 با سطح مقطع‌های A_1, A_2 و طولهای L_1, L_2 کدام است. $(T_1 > T_2)$



$$H_1 = -k_1 A_1 \frac{T_x - T_1}{L_1 - 0}, \; H_2 = -k_2 A_2 \frac{T_2 - T_x}{L_2 - 0}$$

$$H_1 = H_2 \Rightarrow k_1 A_1 \frac{T_1 - T_x}{L_1} = k_2 A_2 \frac{T_x - T_2}{L_2}$$

$$\Rightarrow k_1 A_1 T_1 L_2 - k_1 A_1 T_x L_2 = k_2 A_2 T_x L_1 - k_2 A_2 T_2 L_1$$

$$\Rightarrow T_x = \frac{k_1A_1T_1L_2 + k_2A_2T_2L_1}{k_1A_1L_2 + k_2A_2L_1}$$

با جاگذاری T_k در معادله H_1 یا H_2 را به دست می‌آوریم.

اگر سطح مقطع هر دو یکی باشد $(A_1 = A_2)$

$$T_x = \frac{k_1T_1L_2 + k_2T_2L_1}{k_1L_2 + k_2L_1} \quad , \quad H = \frac{A(T_1 - T_2)}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}}$$

نکته : اگر n محیط با سطح مقطع برابر بین دو دمای T_1 , T_2 داشته باشیم داریم :

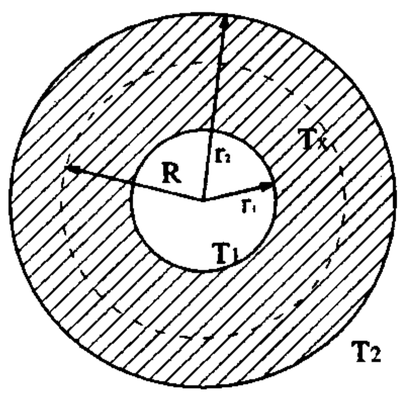
$$H = \frac{A(T_1 - T_2)}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + ... + \frac{L_n}{k_n}}$$

ب) محاسبه دما در نقطه‌ای از یک جسم

می‌توان در این حالت در محل مذکور جسم را به دو جسم متوالی تقسیم کرد و با نوشتن تساوی $H_1 = H_2$ باز دما را بدست آورد. با توجه به این نکته که $k_1 = k_2$ است.

مثال :

دما را در نقطه‌ای به فاصله R در ماده میان دو کره هم‌مرکز به شعاع‌های داخلی r_1 , r_2 و دماهای T_1 , T_2 بدست آورید. ثابت رسانش ماده k است. $(r_1 < R < r_2)$ و $(T_1 > T_2)$



چون یک محیط داریم برای محاسبه H احتیاج به محاسبه دما در نقطه‌ای خاص نداریم و در مثالی که قبلاً آمد دیدیم :

$$H = \frac{k4\pi(T_1 - T_2)r_1r_2}{r_2 - r_1}$$

اگر در $r = R$ محیط را دو قسمت کنیم. دو پوسته تو در تو داریم. اول با شعاع داخلی r_1 و خارجی R و دمای مجهول T_x و دوم با شعاع داخلی R و شعاع خارجی r_2 .

$$H_1 = \frac{4\pi k(T_1 - T_x)r_1R}{R - r} \quad , \quad H_2 = \frac{4\pi k(T_x - T_2)Rr_2}{r_2 - R}$$

از برابر قرار دادن $H_1 = H_2$ مقدار T_x را به دست می‌آوریم.

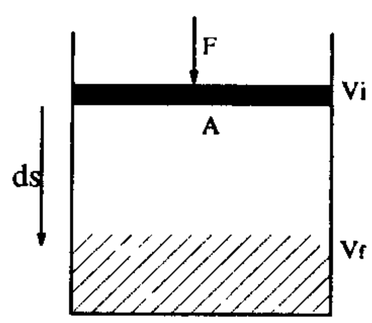
۷-۶ کار و گرما

کار و گرما چیزی نیستند که مقدار معینی از آنها در یک سیستم قرار داده شده باشد بلکه کار و گرما متضمن انتقال انرژی می‌باشند به عبارتی به سیستم داده و یا گرفته می‌شوند.

الف) کار انرژی است که از سیستمی به سیستم دیگر منتقل می‌شود به طریقی که اختلاف دما مستقیماً در آن دخالت ندارد. به عبارتی دیگر در بررسی وضعیت حرارتی یک سیستم اگر کار در درون سیستم و یا در درون محیط انجام گیرد $W = 0$ است و اگر کار بین سیستم و محیط انجام گیرد $W \neq 0$.

ب) گرما شکلی از انرژی است که در اثر اختلاف دما بین دو سیستم، از سیستمی به سیستم دیگر منتقل می‌شود. بنابراین اگر گرما در درون سیستم و یا در درون محیط جابجا شود $Q = 0$ است و اگر بین سیستم و محیط رد و بدل شود $Q \neq 0$ است.

ج) معادله کار : با در نظر گرفتن نیروی وارد بر یک پیستون که منجر به تغییر حجم V_i به V_f می‌شود داریم (A سطح مقطع پیستون)



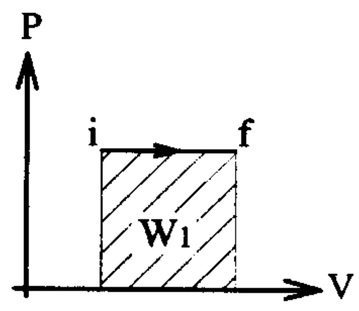
$$W = \int \vec{F}.\vec{ds} = \int fds = \int PAds = \int_{V_i}^{V_f} Pdv$$

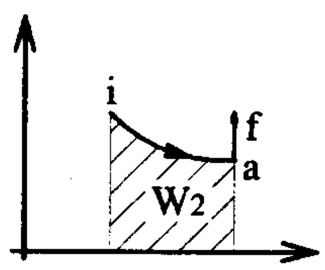
$V_f > V_i \Rightarrow W > 0$ سیستم کار گرفته است.

$V_f < V_i \Rightarrow W < 0$ سیستم کار انجام داده است.

کار به مسیر بستگی دارد. با توجه به آنکه W سطح زیر نمودار P-V است، اگر از دو مسیر متفاوت از i به f برویم تفاوت زیر سطح نمودار در دو مسیر کاملاً مشخص است.

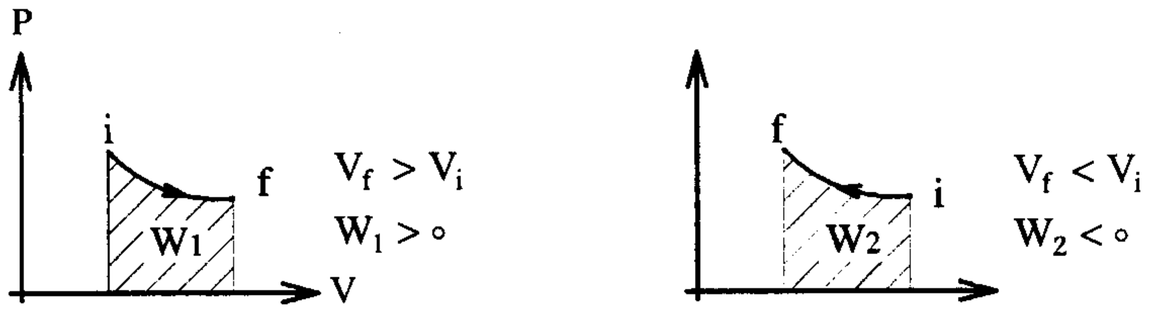
$W_1 \neq W_2$



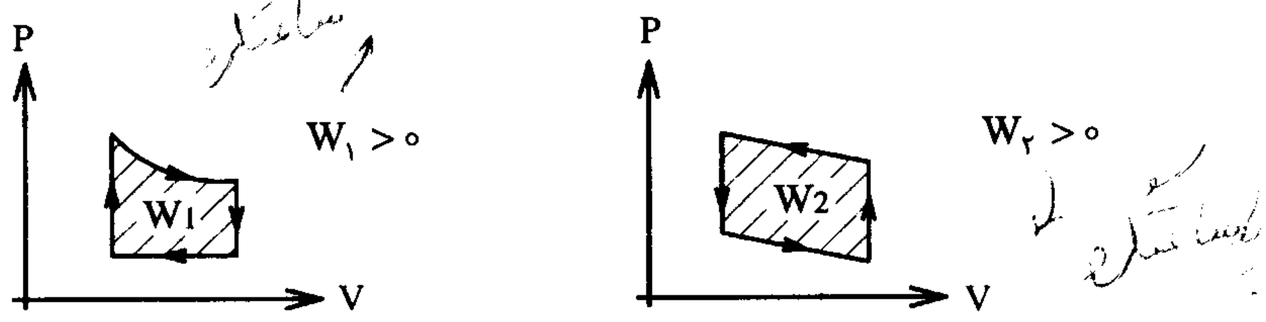


نکته : در فرآیند تک حجم $\Delta V = 0$ بنابراین $W = \int Pdv = 0$

نکته : اگر به منحنی P-V نگاه کنیم می‌توان با توجه به جهت تغییر حجم علامت کار را مشخص کرد.



نکته: در مورد یک چرخه سطح زیر نمودار بسته، کار کل را می‌دهد که با توجه به منحنی بالای چرخه می‌توان علامت کار را تشخیص داد.



نکته : گرما و کار هر دو به مسیر انتخاب شده بستگی دارند. با توجه به تبدیل کار و گرما به یکدیگر، این مسئله‌ای واضح است.

د) معادل مکانیکی گرما :

m بر حسب گرم، ΔT بر حسب $^\circ C$ یا k ، C بر حسب $\frac{cal}{gr.c}$ بنابراین Q بر حسب کالری

m بر حسب kg ، ΔT بر حسب $^\circ C$ یا k ، C بر حسب $\frac{J}{kg.c}$ بنابراین Q بر حسب ژول

اگر انرژی مکانیکی که معمولاً بر حسب ژول محاسبه می‌شود به انرژی گرمایی تبدیل شود، در صورتی که انرژی گرمایی بر حسب کالری محاسبه شود باید واحد انرژی را تبدیل کرد :

$1cal = ۴/۱۸۶\ J$

$\frac{cal}{gr^\circ c}$ ظرفیت گرمایی ویژه بر حسب $C = (\frac{J}{kg^\circ c}$ بر حسب $C)(۴۱۸۶)$

۸-۶ فرآیند ترمودینامیکی

سیستمی را در نظر می‌گیریم که با محیط هیچ‌گونه گرما و یا کاری مبادله نمی‌کند $(W = 0, Q = 0)$ این سیستم در تعادل اولیه با فشار، حجم و دمای اولیه P_i ، V_i و T_i است. هنگامی که سیستم با محیطش برهم کنش می‌کند و به مبادله کار یا گرما و یا هر دو می‌پردازد در واقع از حالت تعادل اولیه خارج و با طی یک فرآیند ترمودینامیکی خاص به حالت تعادل نهایی با P_f ، V_f

T_f می‌رود. Q و W معرف حالت تعادل یک سیستم نیستند بلکه تنها در جریان یک فرآیند است که بین سیستم و محیط مبادله شده و معنا پیدا می‌کنند.

۹-۶ قانون اول ترمودینامیک

هنگامی که در یک فرآیند سیستم از حالت اولیه i به حالت نهایی f می‌رود تغییر انرژی داخلی سیستم عبارت است از :

$$\Delta U = U_f - U_i = Q - W$$

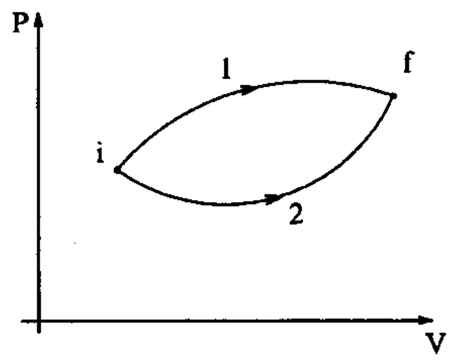
که Q و W گرما و کار مبادله شده میان سیستم و محیط می‌باشند. اگر تغییر بی‌نهایت کوچک در حالت سیستم صورت گیرد داریم : $d_u = đ_Q - đ_W$

- عدم وابستگی ΔU به مسیر

همان گونه که قبلاً بیان شد Q و W به مسیر بستگی دارند اما ΔU تنها به حالت اولیه و حالت نهایی بستگی دارد.

$$\Delta U = U_f - U_i = (\Delta U)_۱ = (\Delta U)_۲$$

$$= Q_۱ - W_۱ = Q_۲ - W_۲$$



اثبات :

اگر چرخه $i \xleftarrow{۱} f \xleftarrow{۲} i$ را در نظر بگیریم : $(\Delta U_{if} = -\Delta U_{fi})$

$$\Delta U_{i\to i} = U_i - U_i = ۰ = (\Delta U)_{if۱} + (\Delta U)_{fi۲}$$

$$\Rightarrow (\Delta U_{if})_۱ = (-\Delta U_{fi})_۲ = (\Delta U_{if})_۲$$

۱۰-۶ انواع فرآیند

به طور مختصر به معرفی انواع فرآیندها می‌پردازیم. در فصل بعد این فرآیندها دقیق‌تر بررسی می‌شود.

الف) تک حجم : $\Delta V = 0 \Rightarrow W = 0 \Rightarrow \Delta U = Q - 0 = \Delta U$

ب) تک فشار : $\Delta p = 0 \Rightarrow W = \int Pdv = P\int_{V_i}^{V_f} dv = P(V_f - V_i)$

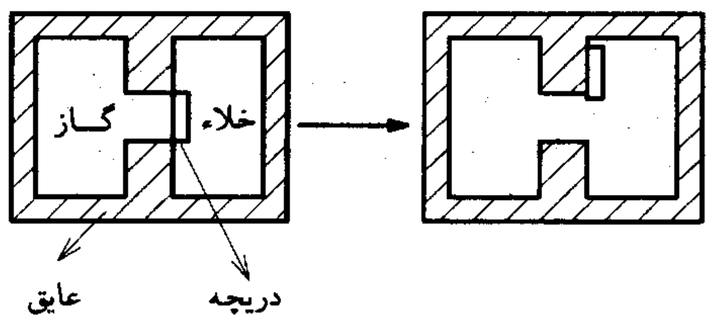
ج) تک دما : ثابت $= T$.

د) بی‌دررو : $Q = 0$. در این حالت سیستم کاملاً عایق‌بندی شده و هیچ گونه گرمایی با محیط مبادله نمی‌شود : $\Delta U = Q - W = -W$

اگر $W > 0$ باشد $\Delta U < 0$ و انرژی داخلی افت می‌کند و بالعکس.

ه) انبساط آزاد : فرآیندی است که بی‌دررو بوده و کاری بر روی سیستم و یا توسط سیستم انجام نمی‌شود و در نتیجه انرژی کل سیستم ثابت است.

$$W = 0 \, , \, Q = 0 \Rightarrow \Delta U = U_f - U_i = 0 \Rightarrow U_f = U_i$$



۱۱-۶ پرسشهای چند گزینه‌ای

۱- بر طبق مدل (تئوری) دبی برای تعیین ظرفیت گرمایی جامدات در کجاها قانون دولانگ - پتی معتبر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)**

۱- برای دماهای پایین
۲- برای دماهای بالا
۳- برای دمای بحرانی
۴- فقط برای عایقها

۲- افزایش دمای ممکن آب را در سقوط از آبشاری که ۴۹/۴ متر ارتفاع دارد، حساب نمایید. **(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)**

۱- $0/72^{\circ}C$
۲- $0/12^{\circ}C$
۳- $0/5^{\circ}C$
۴- $1^{\circ}C$

۳- چند گرم بخار آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد را با ۵۰۰ گرم آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط کنیم تا دمای تعادل ۴۰ درجه سانتی‌گراد شود ؟ (گرمای نهان تبخیر آب ۵۴۰ کالری بر گرم است) **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- ۱۰
۲- ۱۲/۵
۳- ۲۴
۴- ۲۵

۴- افزایش دمای آب در اثر به هم زدن آن به علت کدامیک از عبارات زیر است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۴)

۱- حرارت از محیط وارد آب می‌شود.
۲- گاز از محیط وارد آب می‌شود.
۳- انرژی جنبشی آب به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود.
۴- انرژی پتانسیل آب به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود.

۵- درجه حرارت ورودی و خروجی آب سرد به یک مبدل حرارتی به ترتیب ۲۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد است. اگر درجه حرارت ورودی آب گرم ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد، درجه حرارت آب گرم خروجی کدام است ؟ (دبی آب سرد و گرم یکسان هستند)
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای حرارت ۷۳)

۱- ۹۰
۲- ۷۰
۳- ۵۰
۴- ۳۰

۶- دمای ورودی و خروجی آب خنک کننده به یک مبدل حرارتی به ترتیب $۲۰^{\circ}C$ و $۶۰^{\circ}C$ است. اگر دمای ورودی آب گرم کننده به مبدل $۱۱۰^{\circ}C$ باشد دمای خروجی آب گرم چند درجه سانتی‌گراد است ؟ (دبی آب سرد و گرم یکسان است)

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای حرارت ۷۵)

۱- $۳۰^{\circ}C$ ۲- $۵۰^{\circ}C$ ۳- $۷۰^{\circ}C$ ۴- $۹۰^{\circ}C$

۷- اگر دمای ذوب یخ $۶/۰۱\frac{KJ}{mol}$ باشد، چقدر انرژی لازم است تا ۵۰ گرم یخ صفر درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $۱۶/۷KJ$ ۲- $۱۶/۷J$

۳- $۱۶۷J$ ۴- $۱۶۷KJ$

۸- یک سیستم مجزا شامل آب و هوا را در نظر بگیرید. اگر آب در حال یخ زدن باشد می‌توان گفت : (کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۰)

۱- دمای هوا در حال افزایش است.

۲- دمای هوا در حال کاهش است.

۳- دمای هوا تغییر نمی‌کند.

۴- به مقدار آب، یخ و حجم هوا بستگی دارد.

۹- یک ظرف آب را داخل ظرفی از یک مایع دیگر قرار می‌دهیم. آیا می‌توان با حرارت دادن به مایع مزبور باعث به جوش آمدن آب شد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۰)

۱- بله به شرطی که نقطه جوش مایع مزبور بالاتر از نقطه جوش آب باشد.

۲- بله به شرطی که نقطه جوش مایع مزبور پایین‌تر از نقطه جوش آب باشد.

۳- بله به شرطی که نقطه جوش مایع مزبور برابر نقطه جوش آب باشد.

۴- خیر

۱۰- یک قطعه یخ در صفر درجه سلسیوس که جرم اولیه‌اش ۵۰ کیلوگرم است، روی یک سطح افقی می‌لغزد این قطعه یخ با سرعت ۵/۳۸ متر بر ثانیه شروع به حرکت می‌کند و بعد از پیمودن ۲۸/۳ مترمتوقف می‌شود. جرم آن مقدار یخ را که بر اثر اصطکاک بین قطعه یخ و سطح ذوب می‌شود حساب کنید. (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)

۱- ۲۱۶ گرم ۲- ۴۳۲ گرم ۳- ۲/۱۶ گرم ۴- ۴/۳۲ گرم

۱۱- یک گرمکن غوطه‌ور شونده ۵۰۰ W در داخل یک کتری محتوی ۲ لیتر آب $20^{\circ}C$ قرار دارد. چه مدت طول می‌کشد تا آب به دمای جوش برسد به فرض این که ۸۰٪ انرژی در دسترس توسط آب جذب گردد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)

۱- ثانیه ۱۶۸۰ ۲- ثانیه ۳۳۶۰

۳- ثانیه ۱۸۰۰ ۴- ثانیه ۲۵۰۰

۱۲- ماده‌ای به ضخامت ۲ Cm و ضریب هدایت حرارتی $0/16 \frac{W}{m.^{\circ}k}$ بین دو صفحه بزرگ مسی و موازی با هم قرار دارد. اگر انتقال حرارت بین دو سطح $1\frac{W}{Cm^2}$ باشد اختلاف درجه حرارت بین دو صفحه کدام است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای حرارت ۷۳)

۱- $0/125\ ^{\circ}C$ ۲- $125\ ^{\circ}K$ ۳- $0/125\ ^{\circ}K$ ۴- $125\ ^{\circ}C$

۱۳- یک میله مسی به طول ۱۰ Cm و سطح مقطع $1Cm^2$ می‌باشد. اگر یک طرف آن در مخلوط آب و یخ و طرف دیگر در آب جوش قرار بگیرد، پس از رسیدن به حالت پایا گرادیان دمایی چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- $-2000\ C^{\circ}.m^{-1}$ ۲- $500\ C^{\circ}.m^{-1}$

۳- $-1000\ C^{\circ}.m^{-1}$ ۴- $1500\ C^{\circ}.m^{-1}$

۱۴- آهنگ اتلاف گرما بر حسب وات بر متر مربع، از یک پنجره شیشه‌ای به ضخامت سه میلی‌متر، چند وات بر متر مربع است ؟ (دمای سمت خارجی شیشه ۲۸- درجه فارنهایت و دمای سمت داخلی آن ۹۲ درجه فارنهایت و ضریب رسانش گرمایی شیشه ۰/۸ ژول بر متر، ثانیه، سانتی‌گراد فرض شود). (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹)

۱- ۲۴۸۰۰ ۲- ۱۷۷۶۰ ۳- ۲۵۷۹۰ ۴- ۱۳۶۲۷

۱۵- مساحت بدن شخصی ۱/۹ متر مربع و دمای پوست او $31^{\circ}C$ است وقتی که جریان خون به پوست تقریباً وجود ندارد (در این حالت بافت از نظر نارسانایی معادل ۳ میلیمتر هوا است) آهنگ انتقال گرما از طریق پوست چقدر است ؟ (ضریب رسانش $0/25\ W/m.^{\circ}c$ است). (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ۱۶ W ۲- ۹۵ W

۳- ۲۳۸ W ۴- ۱۱۵ W

۱۶- جعبه‌ای از جنس کف که نوشابه‌ها را خنک نگاه می‌دارد سطحی برابر $۰/۸m^۲$ و دیواره‌ای به ضخامت Cm ۲ دارد. این جعبه پر از نوشابه و یخ صفر درجه سانتی‌گراد است. اگر دمای بیرون $۳۰^\circ C$ باشد. با چه آهنگی گرما وارد جعبه می‌شود ؟

$(k = ۰/۰۱\ j.m^{-۱}.s^{-۱}.c^{\circ -۱})$ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)

۱- $۱۲\ js^{-۱}$ ۲- $۲۴\ js^{-۱}$ ۳- $۳۰\ js^{-۱}$ ۴- $۴\ js^{-۱}$

۱۷- قطعه‌ای یخ $۰^\circ C$ در آب ساکن دریاچه‌ای به دمای $۰^\circ C$ می‌افتد و نیم درصد از جرم یخ آب می‌شود ارتفاع سقوط را پیدا کنید. $L_f = ۳۳۴۰۰۰\ j/Kg$

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)

۱- ۱۴۰ m ۲- ۲۰۰ m ۳- ۱۲۰ m ۴- ۱۷۰ m

۱۸- مقدار گرمایی که باید به $۰/۰۰۲\ kg$ آب جوش بدهیم تا بخار شود در صورتی که گرمای نهان تبخیر در فشار یک اتمسفر $۵۳۹\ cal/gr$ باشد چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

۱- ۱/۰۸۷ cal ۲- ۱۰۷۸ cal ۳- ۵۳۹ cal ۴- $\frac{۵۳۹}{۲}$ cal

۱۹- علت کاهش افت حرارتی در پنجره‌های دو جداره نسبت به پنجره‌های یک جداره ولی مشابه با آنها به علت کدام یک از عوامل زیر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای حرارت ۷۴)

۱- افزایش مقاومتهای جابجایی و هدایت حرارتی

۲- افزایش مقاومت جابجایی

۳- افزایش مقاومت در برابر تشعشع

۴- افزایش مقاومت هدایت حرارتی

۲۰- در مورد یک سیستم حرارتی که از حالت تعادل (۱) به حالت تعادل (۲) می‌رود، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۰)

۱- کار مبادله شده بین سیستم و محیط مستقل از مسیر طی شده بین دو حالت است.

۲- حرارت مبادله شده بین سیستم و محیط مستقل از مسیر طی شده بین دو حالت است.

۳- تفاضل حرارت و کار مبادله شده مستقل از مسیر طی شده بین دو حالت است.

۴- مجموع حرارت و کار مبادله شده مستقل از مسیر طی شده بین دو حالت است.

۲۱- یک گرم آب ($1Cm^3$) وقتی در فشار ۱ atm به جوش Cm^3 ۱۶۷۱ بخار تولید می‌کند. در این فشار گرمای تبخیر J/gr ۲۲۵۶ است. کار انجام شده توسط آب هنگام تبخیر چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)**

۱- ۱۶۹ j
۲- ۲۰۰ j
۳- ۲۵۰ j
۴- ۱۹۸ j

۲۲- گازی در فشار $2\times10^5\ Nm^{-2}$ حجمی برابر با $0/30\ m^3$ را اشغال می‌کند در فشار ثابت حجم تا $0/45\ m^3$ افزایش می‌یابد کار انجام یافته بوسیله گاز برابر است با :
(کنکور کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی ژئوفیزیک "زمینه علوم فیزیک و ریاضی" ۸۰)

۱- $3\times10^3\ J$
۲- $3\times10^4\ J$
۳- $1\times10^3\ J$
۴- $2\times10^5\ J$

۲۳- در یک فرآیند $2/11\times10^5\ j$ گرما به دستگاهی داده می‌شود و دستگاه در برابر فشار خارجی ثابت $6/89\times10^5 Pa$ انبساط می‌یابد. انرژی داخلی دستگاه در ابتدا و انتهای فرآیند ثابت می‌ماند. افزایش حجم دستگاه چقدر است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $0/6m^3$
۲- $0/3m^3$
۳- $0/8m^3$
۴- $1/2m^3$

۲۴- گازی در فشار $10^5 Pa$ از حجم ۲ لیتر به ۱ لیتر متراکم می‌شود کار انجام شده بوسیله گاز برابر است با : **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)**

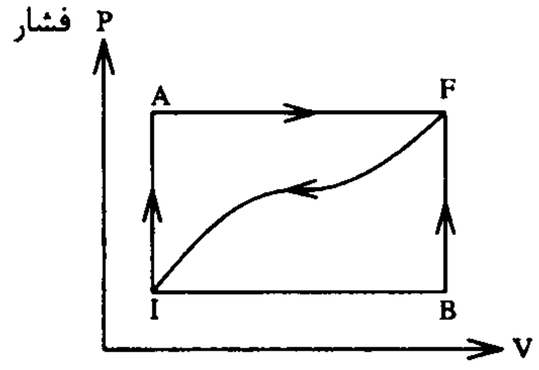
۱- -۱۰۰ J
۲- +۱۰۰ J
۳- +۰/۰۱ J
۴- -۰/۰۱ J

۲۵- اگر $\oint dx = 0$ و x یکی از خصوصیات ترمودینامیکی سیستم باشد. در آن صورت در مورد پارامتر x کدام عبارت صحیح است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۸)**

۱- اگر x خاصیت ترمودینامیکی باشد $\oint dx = 0$ می‌شود.
۲- چون انتگرال بر روی مسیر بسته برابر با صفر شده است x می‌تواند پارامتری وابسته به مسیر باشد.
۳- چون انتگرال بر روی مسیر بسته انجام شده است، خواه x خاصیت ترمودینامیکی باشد و یا نباشد $\oint dx = 0$ است.
۴- x نمی‌تواند خاصیت ترمودینامیکی باشد.

۲۶- مطابق شکل، سیستمی در طول مسیر IAF از حالت I به حالت F برده می‌شود در این فرآیند Q = ۵۰ cal و w = ۲۰ cal است. اگر این کار در مسیر IBF انجام شود Q = ۳۶ cal خواهد شد. مقدار W در طول مسیر IBF چند کالری است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹)



۱- ۶

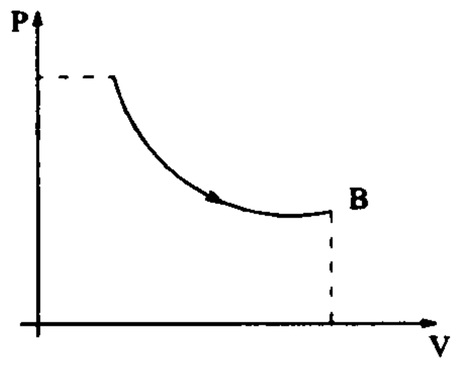
۲- ۱۶

۳- ۳۰

۴- ۴۶

۲۷- فرآیندی سریع طبق شکل مقابل انجام گرفته است :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)



۱- انرژی داخلی افزایش می‌یابد.

۲- انرژی داخلی کاهش می‌یابد.

۳- انرژی داخلی ثابت است ولی حجم و فشار آن تغییر می‌کند.

۴- انرژی داخلی ثابت است ولی دمای آن تغییر می‌کند.

۲۸- رابطه اصل اول ترمودینامیک در مورد یک تحول آدیاباتیک کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- $Q - W = \delta U$

۲- $\delta U = -W$

۳- $\delta U = Q$

۴- $PV = nRT$

۲۹- کار انجام شده بر روی یک گاز ایده‌آل در فرآیند تراکم آدیاباتیک به مسیر طی شده بستگی ندارد. این مسأله مؤید این مطلب است که :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

۱- انرژی داخلی گاز ثابت می‌ماند.

۲- بر طبق قانون اول ترمودینامیک، کار انجام شده سبب کاهش انرژی داخلی گاز می‌شود.

۳- کار انجام شده مستقیماً سبب افزایش انرژی داخلی گاز می‌شود.

۴- هیچ گرمایی بین گاز در محیط خارج مبادله نمی‌شود.

۳۰- اگر در یک فرآیند بی‌دررو (Adiabatic) ، کار توسط سیستم انجام شود، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۹)**

۱- دمای سیستم بالا می‌رود.

۲- انرژی داخلی سیستم افزایش می‌یابد.

۳- کار خارجی روی سیستم کاهش می‌یابد.

۴- انرژی داخلی سیستم کاهش می‌یابد.

۳۱- تابع انرژی داخلی یک گاز از رابطه $V = at - \frac{b}{V}$ بدست می‌آید a , b پارامترهای ثابت هستند در فرآیند تراکم آدیاباتیک بر روی این گاز حجم آن به $\frac{V}{۲}$ و دمایش به ۲ T افزایش می‌یابد. کار انجام یافته بر روی گاز مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)

۱- $-\frac{U}{۲}$ ۲- $+۲U$ ۳- $-U$ ۴- $+U$

۳۲- محفظه‌ای به شکل مکعب مستطیل توسط غشای نازکی به دو قسمت تقسیم شده است در یک ظرف، گاز فشرده‌ای قرار دارد و طرف دیگر کاملاً خلاء است. غشای نازک ناگهان پاره شده و گاز به سرعت منبسط می‌شود و تمامی محفظه را اشغال می‌کند. اگر گاز به عنوان سیستم انتخاب گردد. کار این سیستم برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۰)

۱- صفر ۲- $\int Pdv$

۳- یک مقدار ثابت ۴- یک مقدار منفی

۳۳- کار انجام شده بر روی یک گاز ایده‌آل در فرآیند تراکم آدیاباتیک به مسیر طی شده بستگی ندارد. این مسأله مؤید این مطلب است که :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- کار انجام شده مستقیماً سبب افزایش انرژی داخلی گاز می‌شود.

۲- انرژی داخلی گاز ثابت می‌ماند.

۳- کار انجام شده مستقیماً سبب کاهش انرژی داخلی گاز می‌شود.

۴- گرمای مبادله شده صرف افزایش انرژی داخلی گاز می‌شود.

۳۴- بر طبق مدل (تئوری) دبی برای تعیین ظرفیت گرمایی جامدات در کجاها قانون دولانگ پتی معتبر است ؟ **(آزمون GRE)**

۱- برای دماهای پایین

۲- برای دماهای بالا

۳- برای دمای بحرانی $T = T_c$

۴- فقط برای فلزات

۵- فقط برای عایقها

۳۵- قانون اول ترمودینامیک در فرآیند غیر آدیاباتیک برای یک سیستم ترمودینامیکی کدام است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)**

۱- $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$

۲- $\Delta U = Q - W$

۳- $U = \Delta Q - \Delta W$

۴- $\Delta U = Q - \Delta W$

۳۶- در عبور یک سیستم ترمودینامیکی از حالت تعادل (۱) به حالت تعادل (۲) ، کدام یک از کمیتهای زیر مستقل از مسیر طی شده بین دو حالت مذکور است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۱)

۱- کار مبادله شده بین سیستم و محیط آن

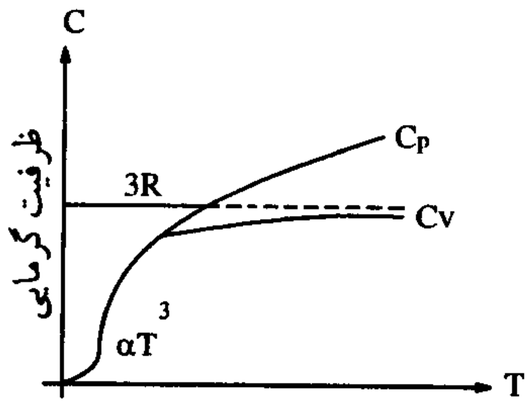
۲- گرمای مبادله شده بین سیستم و محیط آن

۳- مجموع حرارت و کار مبادله شده بین سیستم و محیط آن

۴- تفاضل حرارت و کار مبادله شده بین سیستم و محیط آن

۱۲-۶ پاسخنامه تشریحی

۱-۲) با توجه به نمودار مقابل و بنا بر مدل دبی در دماهای پایین C_p و C_v مربوط به جامدات عملاً یکسان هستند و با مکعب دما (T^3) متناسب هستند، ولی زمانی که دما بالا باشد (در حدود دمای اتاق)، مقدار C_v به مقدار ثابت $3R$ میل می‌کند که به قانون دولانگ - پتی، معروف است.



$$C_V = 3nR \Rightarrow \begin{cases} \text{اگر } T = 0K \Rightarrow C_V = 0 \\ \text{اگر } T \to \text{دمای بالا} \quad \Rightarrow C_V = 3nR \end{cases}$$

۲-۲)

$$mgh = mc\Delta T, \ \text{آب } C = 1\frac{cal}{grC} = 4186 \ \frac{J}{kgC}$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{gh}{C} = \frac{(9/8)(49/4)}{4186} = 0/115 \cong 0/12\,^{\circ}C$$

۳-۴)

$$\text{بخار} \begin{cases} m_1 = ? \\ T_1 = 100\ C \end{cases} + \text{آب} \begin{cases} m_2 = 500\ gr \\ T_1' = 10\ C \end{cases} \Rightarrow T_f = 40\ C\ ,\ L_v = 540\ \frac{cal}{gr}$$

چون دمای تعادل ۴۰ درجه است پس تمام بخار تبدیل به آب ۱۰۰ درجه و سپس آب ۴۰ درجه شده است.

$$-m_1L_v + m_1c(T_f - 100) + m_2c(T_f - 10) = 0 \Rightarrow -m_1(540) + m_1(1)(40 - 100) +$$

$$500\,(1)(40 - 10) = 0$$

$$\Rightarrow m_1 = \frac{500\,(30)}{540 + 60} = 25\,gr$$

۴-۳)

۵-۲) آب گرم q = آب سرد q

$$\overset{\circ}{m}c_p(۶۰-۲۰)=\overset{\circ}{m}c_p(۱۱۰-T_{ho})\Rightarrow T_{ho}=۱۱۰-۴۰=۷۰^\circ C$$

۶-۳) انرژی جذب شده توسط آب سرد = انرژی تلف شده توسط آب گرم

$$\overset{\circ}{m}_w\, c_p(T_{hi}-T_{ho})=\overset{\circ}{m}_w\, c_p(T_{co}-T_{ci})$$

$$۱۱۰-T_{ho}=۶۰-۲۰\Rightarrow T_{ho}=۷۰^{\circ C}$$

۷-۱)

$$L_f=۶/۰۱\ \frac{Kj}{mol}$$

جرم هر مول یخ $(H_۲O)$ برابر ۱۸ gr است پس ۵۰ گرم یخ معادل $\frac{۵۰}{۱۸}$ mol است.

$$Q=nL_f=(\frac{۵۰}{۱۸}mol)(۶/۰۱\ \frac{Kj}{mol})=۱۶/۶۹\ Kj$$

۸-۱)

چون سیستم ایزوله است انرژی کل ثابت است بنابراین با یخ زدن آب گرمای خارج شده وارد هوا شده و دمای هوا را بالا می‌برد.

۹-۱) در صورتی که نقطه جوش مایع کمتر از نقطه جوش آب باشد مایع زودتر تبخیر می‌شود، از طرفی در نقطه جوش برابر ممکن است $\ell_۷$ مایع کمتر بوده و زودتر تبخیر شود پس باید نقطه جوش مایع بالاتر باشد تا آنکه تا پایان تبخیر آب مایع باقی مانده و گرما را به آب انتقال دهد.

۱۰-۳) مقدار گرمایی که باعث ذوب شدن قسمتی از جرم یخ می‌شود برابر با کار نیروی اصطکاک است یعنی :

$$W=f.d=\frac{۱}{۲}mv^۲-\frac{۱}{۲}mv_.^۲=\frac{-۱}{۲}(۵۰)(۵/۳۸)^۲=-۷۲۳/۶۱\ J=\frac{-۷۲۳/۶۱}{۴/۱۸۶}cal$$

$$|W|=Q=mL_f\Rightarrow\frac{۷۲۳/۶۱}{۴/۱۸۶}=m\times۸۰\Rightarrow\boxed{m=۲/۱۶\ gr}$$

۱۱-۱)

گرمای لازم برای جوش : $Q_۲=mL_f=(۲)(۳۳۴۸۸۰\ \ )=۶۶۹۷۰$

گرمای لازم برای رسیدن به $۱۰۰^\circ C$:

$$Q_1 = mc\Delta T = (2)(1)(100 - 25) = 150\ cal = 150\ (4/186)J$$

جرم lit ۲ آب معادل kg ۲ است. با توجه به آنکه ۸۰٪ انرژی در دسترسی آب قرار می‌گیرد انرژی که در واحد زمان به آب داده می‌شود برابر با W (۵۰۰)(۰/۸۰) است یعنی ۴۰۰ ژول در ثانیه

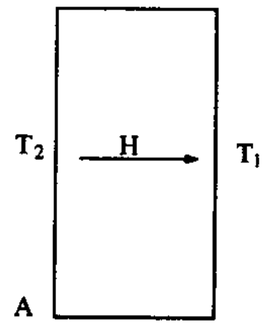
پاسخ نزدیک به گزینه ۱ است. $P = \frac{Q_1 + Q_2}{t} \Rightarrow 400 = \frac{66038۷/9}{t} \Rightarrow t = 1675/9s$ توان

(۴-۱۲

$$A = 1Cm^2\ ,\ L = 2Cm\ ,\ T_2 > T_1\ ,\ \frac{H}{A} = 1\ \frac{W}{Cm^2} = 10^4\ \frac{W}{m^2}$$

$$\frac{H}{A} = -k\ \frac{T_1 - T_2}{L - 0} \Rightarrow 10^4 = -(0/16)\frac{T_1 - T_2}{2\times10^{-2}}$$

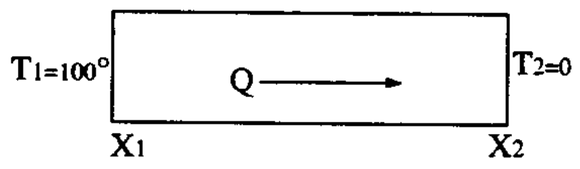
$$\Rightarrow T_2 - T_1 = 1250$$



(۳-۱۳

$$\frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{T_2 - T_1}{X_1 - X_2} = \frac{0 - 100}{0/1 - 0} = -1000\ \ ^\circ Cm^{-1}$$

$$X_2 = 10\ Cm = 0/1m$$



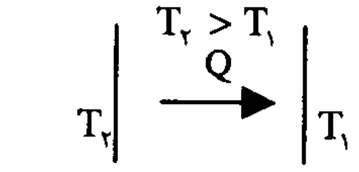
(۲-۱۴

$$\Delta x = 3\times10^{-3}\ m$$

$$T_2 = 92F \qquad T_F = 32 + 1/8T_c$$

$$T_1 = -28F \qquad \Rightarrow T_2 = \frac{92 - 32}{1/8} = 33/3^\circ c$$

$$k = 0/8\frac{J}{gr.s.^\circ c} \qquad T_1 = \frac{-32 - 28}{1/8} = -33/3^\circ c$$



$$H = -kA\frac{\Delta T}{\Delta x} = -0/8A\frac{T_1 - T_2}{3\times10^{-3}} \Rightarrow \frac{H}{A} = -0/8\frac{-33/3 - 33/3}{3\times10^{-3}} = 17760\ \ \frac{W}{m^2}$$

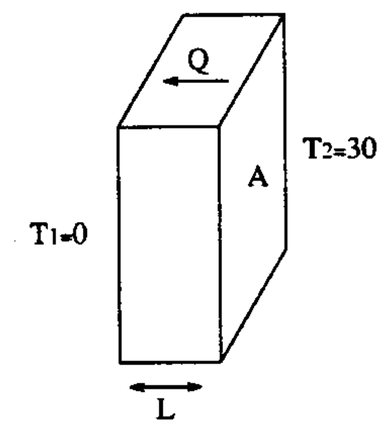
(۲-۱۵

$$\begin{cases} \theta_2 = 37^\circ c \\ \theta_1 = 31^\circ c \\ A = 1/9m^2 \\ k = 0/025 \end{cases}$$

$$H = -kA\,\Delta T/\ell = -0/025 \times \frac{1/9(31 - 37)}{3\times10^{-3}}$$

$$\Rightarrow \boxed{R = 95\ W}$$

۱-۱۶)



$$H = -kA\frac{T_1 - T_2}{L - 0}\ ,\ L = 2Cm = 0/02\ m$$

$$= -(0/01)(0/8)\frac{0 - 30}{0/02} = 12\ Js^{-1}$$

۴-۱۷)

نیم درصد از جرم m یخ در اثر انرژی بدست آمده از سقوط ذوب می‌شود.

$$mgh = \frac{0/5}{100}mL_f \Rightarrow h = \frac{5\times10^{-3}L_f}{g} = \frac{5\times10^{-3}\times334000}{9/8} = 170/4m$$

$$L_f = 334000\ \ {}^{j}/_{kg}$$

۲-۱۸)

$$\begin{cases} m = 0/002\ kg \\ \ell_v = 539\ {}^{cal}/_{gr} \end{cases} \qquad Q_v = m\ell_v = 0/002\times10^{3}(gr)\times539\ {}^{cal}/_{gr}$$

$$\Rightarrow \boxed{Q_v = 1078\ cal}$$

۴-۱۹) فضای بین دو جدار، به صورت مقاومت هدایتی عمل می‌نماید.

۳-۲۰)

$$\Delta U = Q - W$$

ΔU مستقل از مسیر است.

۱-۲۱)

فرآیند تکفشار $w = \int Pdv = P(V_v - V_L)$

بخار $V_v = 1671\times10^{-6}\ m^3$, مایع $V_L = 1cm^3 = 10^{-6}\ m^3$

$$W = 10^5(1671 - 1)\times10^{-6} = 16/7J \cong 169\ J$$

مقدار 1 atm کمی بیشتر از $10^5 pa$ است.

۲-۲۲)

$$W = \int Pdv \ , \ P = \text{ثابت} \Rightarrow W = P\int dv = P(V_f - V_i)$$

$$W = ۲\times ۱۰^{۵}\frac{N}{m^{۲}}(۰/۴۵ - ۰/۳)m^{۳} = ۳\times ۱۰^{۴}J$$

۲-۲۳)

$$U = \text{ثابت} \Rightarrow \Delta U = ۰ = Q - W \Rightarrow W = Q = ۲/۱۱\times ۱۰^{۵}J$$

$$P = cte \Rightarrow W = \int Pdv = P\int dv = P\Delta v \Rightarrow \Delta v = \frac{W}{P} = \frac{۲/۱۱\times ۱۰^{۵}}{۶/۸۹\times ۱۰^{۵}} = ۰/۳\,m^{۳}$$

۱-۲۴)

$$\begin{cases} P = ۱۰^{۵}Pa \\ V_۱ = ۲lit = ۲\times ۱۰^{-۳}m^{۳} \\ V_۲ = ۱lit = ۱۰^{-۳}m^{۳} \\ W = ? \end{cases} \qquad W = P(V_۲ - V_۱)$$

کار در حین انبساط مثبت است و چنانچه دستگاه متراکم شود، حجم آن کاهش یافته و کار منفی خواهد بود، بنابراین در فشار ثابت، داریم :

$$W = ۱۰^{۵}(۲-۱)۱۰^{-۳} = -۱۰۰\ J \Rightarrow W = -۱۰۰\ J$$

۱-۲۵) به عنوان مثال برای دما $\oint dT = ۰$ است و در نتیجه دما یک خصوصیت ترمودینامیکی سیستم است اما در یک مسیر بسته $\oint dw \neq ۰$ و کار پارامتری مربوط به مسیر است.

۱-۲۶)

$$\begin{cases} Q_{iAF} = ۵۰\,cal \\ W_{iAF} = ۲۰\,cal \end{cases} \Rightarrow \Delta U = ۵۰ - ۲۰ = ۳۰\,cal$$

$$\begin{cases} Q_{iBF} = ۳۶\,cal \\ W_{IBF} = ? \end{cases} \Rightarrow \Delta U = ۳۰ = ۳۶ - W_{IbF} \Rightarrow W_{IbF} = ۶cal$$

۲-۲۷)

$$\begin{cases} W > ۰ & \text{با توجه به شکل} \\ \Delta U_{int} = Q - W \end{cases}$$

فرآیند سریعاً صورت گرفته و انرژی گرمایی فرصت انتقال نداشته است. در فرآیند بی‌دررو (همانطور که شکل مسئله نشان می‌دهد) مقدار $Q = ۰$ است بنابراین :

$$\Delta U_{int} = -W$$

یعنی انرژی داخلی کاهش می‌یابد.

۲۸-۲) در فرآیند آدیاباتیک (بی‌دررو) $Q = ۰$

$$\delta U = Q - W \Rightarrow \boxed{\delta U = -W}$$

۲۹-۳)

فرآیند بی‌دررو $Q = ۰ \Rightarrow \Delta U = Q - W = -W \Rightarrow W = -\Delta U$

چون ΔU ربطی به مسیر ندارد در این حالت W نیز به مسیر ربط ندارد. فرآیند تراکمی است یعنی $\Delta V < ۰$ و بنابراین $W > ۰$ و آنگاه $\Delta U > ۰$ به عبارتی کار انجام شده مستقیماً سبب افزایش انرژی داخلی گاز می‌شود.

۳۰-۴)

فرآیند بی‌دررو $Q = ۰ \Rightarrow \Delta U = Q - W = ۰ - W = -W$

انرژی داخلی سیستم کاهش می‌یابد $\Rightarrow \Delta U < ۰ \Rightarrow W > ۰$ کار توسط سیستم انجام شده

۳۱-۳)

فرآیند بی‌دررو $Q = ۰ \Rightarrow \Delta U = Q - W = ۰ - W = -W \Rightarrow W = -\Delta U$

$$W = -[U_۲ - U_۱] = U_۱ - U_۲ = [aT - \frac{b}{v}] - [a(۲T) - \frac{b}{(\frac{v}{۲})}] = -at + \frac{b}{v}$$

$$= -[aT - \frac{b}{v}] = -U$$

۳۲-۱)

چون فرآیند انبساط آزاد است. $Q = ۰, W = ۰$

۳۳-۱)

کار بر روی سیستم انجام شده $\Rightarrow W < ۰$

$$\Delta U = Q - W = ۰ - W > ۰ \Rightarrow \Delta U = ۰$$

۲-۳۴) بنا بر قانون دولانگ - پتی $C_v = 3nR$ در جایی که n تعداد مولها باشد و $R = N_A k$ ثابت گازهای کامل (ایده‌آل) باشد. مقدار C_v در تئوری دبی و در دمای $T = 0K$ به صفر و در دماهای بالا (در حد دمای اتاق) مقدار C_v به $3nR$ نزدیک می‌شود، در نتیجه قانون دولانگ - پتی تنها برای جایی که $C_v = 3nR$ است معتبر می‌باشد.

۲-۳۵) **۴-۳۶)**

فصل هفتم

نظریه جنبشی گازها

در نظریه جنبشی گازها با روش فیزیکی و با استفاده از روش‌های میانگین‌گیری در ریاضی به محاسبه کمیاتی چون سرعت مولکولها و یا انرژی متوسط مولکولها پرداخته می‌شود.

۱-۷ گاز ایده‌آل

گاز ایده‌آل به صورت زیر توصیف می‌شود :

الف) توصیف ماکروسکوپیک

گاز ایده‌آل گازی است که در تمام شرایط از رابطه $PV = nRT$ پیروی می‌کند (P فشار بر حسب Pa ، V حجم بر حسب m^3 ، n تعداد مولها و T دما بر حسب کلوین است). در چگالیهای به اندازه کافی پایین، مقدار R برای تمام گازها یکسان است $R = ۸/۳۱۴ \ ^{J}/_{molk}$. اگر چگالی به اندازه کافی کم باشد رفتار تمام گازهای واقعی به گاز ایده‌آل نزدیک می‌شود.

ب) توصیف میکروسکوپیک

در یک گاز ایده‌آل فرض‌های زیر در نظر گرفته می‌شود :

۱) هرگازی از ذراتی به نام مولکول تشکیل شده است.

۲) مولکولها در حرکت کاتوره‌ای هستند (در تمام جهات و با سرعتهای گوناگون حرکت می‌کنند) و از قوانین حرکت نیوتن پیروی می‌کنند.

۳) تعداد کل مولکولها زیاد است.

۴) حجم مولکولها کسر بسیار کوچکی از حجم اشغال شده توسط گاز است.

۵) به جز هنگام برخورد، هیچ نیرویی که قابل ملاحظه باشد به مولکولها وارد نمی‌شود.

۶) برخوردها کشسان و در مدت ناچیزی صورت می‌گیرند.

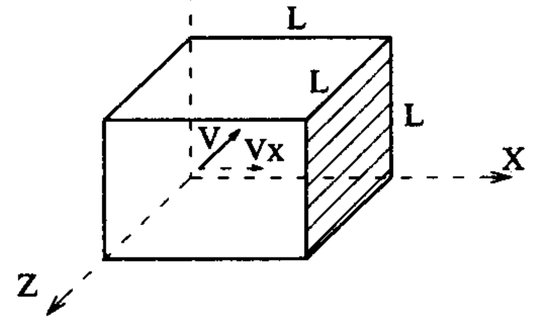
۲-۷ محاسبه فشار بر اساس نظریه جنبشی

گازی را درون یک ظرف مکعبی به طول L در نظر می‌گیریم. یک مولکول را در نظر می‌گیریم که با سرعت V (و با مؤلفه V_x) با دیواره (با مساحت L^2) برخورد کاملاً کشسان انجام می‌دهد.

F'_x = نیروی وارد از یک مولکول به دیواره

F_x = نیروی کل وارد بر دیواره

N = تعداد کل مولکولها



حجم گاز = L^3 و جرم یک مولکول = m وجرم کل گاز = M' و چگالی گاز $\rho = \frac{M'}{L^3}$

$$F'_x = \frac{\Delta P_x}{\Delta t} = \frac{mV_x - (-mV_x)}{2(\frac{L}{V_x})} = \frac{mV_x^2}{L}$$

زمانی که مولکول طول L را طی می‌کند $\frac{L}{V_x}$ است بنابراین زمان رفت به برگشت به دیواره (زمانی که یک برخورد داریم) دو برابر آن است.

$$F_x = \Sigma F'_x = \frac{m}{L}(V_{1x}^2 + V_{2x}^2 + ... + V_{Nx}^2)$$

$$\Rightarrow \text{فشار } \frac{F_x}{L^2} = \frac{m}{L^3}(V_{1x}^2 + ... + V_{NX}^2) = \frac{mN}{L^3}\frac{(V_{1x}^2 + V_{2x}^2 + ... + V_{NX}^2)}{N}$$

$$= \frac{\mathring{M}}{L^3}\overline{V_x^2} = \rho\overline{V_x^2}$$

با توجه به آنکه حرکت کاتوره‌ای است.

$$\overline{V}_x^2 = \overline{V}_y^2 = \overline{V}_z^2 \quad , \quad \overline{V}_x^2 + \overline{V}_y^2 + \overline{V}_z^2 = \overline{V}_2 \Rightarrow \overline{V}_x^2 = \frac{1}{3}\overline{V}^2$$

$$\Rightarrow \quad P = \frac{1}{3}\rho\overline{V}^2$$

P فشار بر حسب Pa ، چگالی ρ بر حسب $\frac{kg}{m^3}$ و سرعت بر حسب $\frac{m}{s}$ است.

۷-۲-۱ جذر میانگین مربعی سرعت V_{rms}

$$P=\frac{۱}{۳}\rho\overline{V}^{۲} \Rightarrow V_{rms}=\sqrt{\overline{V}^{۲}}=\sqrt{\frac{۳P}{\rho}}$$

باید توجه داشت که V_{rms} با $\overline{V}$ متفاوت است.

$$V_{rms}=\sqrt{\overline{V}^{۲}}=\sqrt{\frac{V_۱^{۲}+V_۲^{۲}+...+V_N^{۲}}{N}}$$

می‌توان V_{rms} را بر حسب دما نیز نوشت : (V' حجم)

$$\begin{cases}\rho=\dfrac{M'}{V'}=\dfrac{nM}{V'} \text{ , } M \text{ جرم هر مول و } n \text{ تعداد مولها}\\ P=\dfrac{nRT}{V'}\end{cases}$$

$$V_{rms}=\sqrt{\frac{۳P}{\rho}}=\sqrt{\frac{۳(\frac{nRT}{V'})}{\frac{nM}{V'}}}=\sqrt{\frac{۳RT}{M}}$$

اگر سرعت V_{rms} در یک گاز در دمای $T_۱$ ، $V_۱$ باشد در هر دمای $T_۲$ دیگر داریم :

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\sqrt{\frac{T_۲}{T_۱}}$$

و اگر سرعت V_{rms} برای گازی به جرم مولکولی $M_۱$ در دمای $T_۱$ برابر $V_۱$ باشد برای گازی دیگر به جرم مولکولی $M_۲$ در دمای $T_۲$ برابر $V_۲$ است و داریم :

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\sqrt{\frac{M_۱}{M_۲}\frac{T_۲}{T_۱}}$$

۷-۳ دما در نظریه جنبشی

می‌توان نشان داد که انرژی جنبشی هر مولکول (و یا هر مول) از یک گاز ایده‌آل تابع دما است. به عبارتی هنگامی که دمای دو جسم برابر است (دو جسم در تعادل گرمایی) انرژی مولکولهای آنها (و یا انرژی هر مول آنها) برابر است.

$$\begin{cases}PV=nRT \text{ و جرم کل جسم } =M'=\rho V\\ P=\dfrac{۱}{۳}\rho\overline{v}^{۲} \Rightarrow PV=\dfrac{۱}{۳}(\rho V)\overline{v}^{۲}=\dfrac{۱}{۳}M\overline{v}^{۲}\end{cases}$$

$$nRT = \frac{۱}{۳}Mv^{-۲} \Rightarrow \frac{۳}{۲}RT = \frac{۱}{۲}\frac{M'}{n}v^{-۲}$$

جرم هر مول $\frac{M'}{n} \Rightarrow$ $\boxed{\frac{۳}{۲}RT = \frac{۱}{۲}Mv^{-۲}}$

که $\frac{۱}{۲}Mv^{-۲}$ انرژی کل جنبشی انتقالی هر مول گاز ایده‌آل است. با توجه به آنکه در هر مول $N_۰$ مولکول داریم ($N_۰ = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ عدد آووگادرو)

انرژی جنبشی انتقالی هر مولکول $\frac{۱}{۲}mv^{-۲} = \frac{\frac{۱}{۲}Mv^{-۲}}{N_۰} = \frac{۳}{۲}(\frac{R}{N_۰})T = \frac{۳}{۲}KT$

که $k = ۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۳}\ \frac{J}{molecule.k}$ ثابت بولتزمان است.

اگر دو گاز با مولکولهایی به جرم $m_۱$, $m_۲$ در تعادل باشند :

$$T_۱ = T_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}m_۱v_۱^{-۲} = \frac{۱}{۲}m_۲v_۲^{-۲} \Rightarrow \boxed{\frac{v_{۱rms}}{v_{۲rms}} = \sqrt{\frac{m_۲}{m_۱}}}$$

مولکولی که سبکتر است، سریعتر حرکت می‌کند. همان گونه که دیدیم در تعادل گرمایی بودن دو جسم به معنی برابر انرژی کل نیست بلکه به معنای برابر انرژی مولکولهای دو جسم و یا مولهای دو جسم است.

بنابراین برای یک گاز که فقط انرژی جنبشی انتقال آنرا در نظر گرفته‌ایم (گاز تک اتمی) برای انرژی داخلی گاز داریم (N تعداد کل مولکولهای گاز و n تعداد مولها)

$$U = N(\frac{۳}{۲}kT) = n(\frac{۳}{۲}RT)$$

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{۳}{۲}Nk\Delta T = \frac{۳}{۲}nR\Delta T$$

۴-۷ تقسیم مساوی انرژی

برای‌یک‌گاز تک اتمی انرژی جنبشی هر مولکول را می‌توان بصورت حاصل جمع سه قسمت نوشت :

$$\frac{۱}{۲}mv^{-۲} = \frac{۱}{۲}mv_x^{-۲} + \frac{۱}{۲}mv_y^{-۲} + \frac{۱}{۲}mv_z^{-۲}$$

بر اساس تقسیم مساوی انرژی مقادیر میانگین این جمله‌ها مساوی و برابر $\frac{۱}{۲}kT$ است بنابراین برای

یک گاز تک اتمی :

$$\frac{۱}{۲}m\bar{v}^{۲} = ۳(\frac{۱}{۲}kT) = \frac{۳}{۲}kT = \text{انرژی یک مولکول}$$

$$\text{انرژی یک مول} = N_{۰}(\frac{۳}{۲}kT) = \frac{۳}{۲}N_{۰}kT = \frac{۳}{۲}RT$$

$$U = \frac{۳}{۲}nRT = \frac{۳}{۲}NkT \text{ انرژی کل گاز}$$

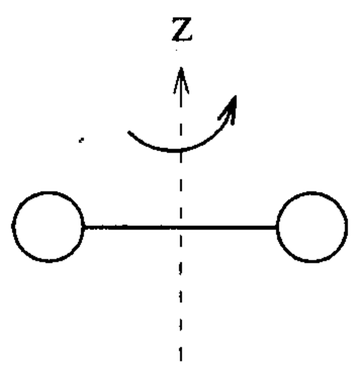
و برای گاز دو اتمی : هر مولکول را به شکل یک دمبل در نظر می‌گیریم.

$$\frac{۱}{۲}m\bar{v}^{۲} = \frac{۱}{۲}m\bar{v}_x^{۲} + \frac{۱}{۲}m\bar{v}_y^{۲} + \frac{۱}{۲}m\bar{v}_z^{۲} = ۳(\frac{۱}{۲}kT) \text{ انرژی جنبشی انتقال}$$

$$\frac{۱}{۲}I\bar{\omega}^{۲} = ۲(\frac{۱}{۲}kT) \text{ انرژی جنبشی دورانی}$$

$$\Rightarrow \text{انرژی جنبشی هر مولکول} = ۵(\frac{۱}{۲}kT)$$

$$\Rightarrow \text{انرژی جنبشی کل گاز} = \frac{۵}{۲}NkT = \frac{۵}{۲}nRT$$



و برای گازی با سه اتم و یا بیشتر : مولکول می‌تواند حول هر سه محور متعامد انرژی دورانی داشته باشد. انرژی جنبشی انتقالی مانند قبل سه قسمت دارد و برای انرژی جنبشی انتقالی داریم :

$$\frac{۱}{۲}I_{۱}\omega_{۱}^{۲} + \frac{۱}{۲}I_{۲}\omega_{۲}^{۲} + \frac{۱}{۲}I_{۳}\omega_{۳}^{۲} = ۳(\frac{۱}{۲}kT)$$

بنابراین :

$$\text{انرژی جنبشی هر مولکول} = ۶(\frac{۱}{۲}kT) = ۳kT$$

$$U = ۳NkT = ۳nRT \text{ انرژی کل گاز}$$

۵-۷ انرژی داخلی

همان‌گونه که در قبل آمد، انرژی داخلی گاز برای گاز تک اتمی $\frac{۳}{۲}nRT$ ، گاز دو اتمی $\frac{۵}{۲}nRT$ و سه اتمی به بالا $۳nRT$ است. اثبات خواهیم کرد که برای گاز تک اتمی $C_v = \frac{۳}{۲}R$ ، دو اتمی $C_v = \frac{۵}{۲}R$ و سه اتمی به بالا $C_v = ۳R$ است که C_v ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت است.

بنابراین به طور کلی :

$$U = nC_vT \Rightarrow \boxed{\Delta U = nC_v\Delta T}$$

این معادله برای تمامی فرآیند برقرار است و باید توجه داشت که حضور C_v در معادله به معنی فرآیند تک حجم نمی‌باشد.

۶-۷ ظرفیت گرمایی ویژه

الف) ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت $(v = cte \Rightarrow dw = ۰)$

$$\begin{cases} dQ = nC_v dT \Rightarrow C_v = \frac{۱}{n}(\frac{dQ}{dT})_v \\ dU = dQ - dw = dQ - ۰ \Rightarrow dQ = dU \end{cases}$$

$$\Rightarrow C_v = \frac{۱}{n}\frac{dU}{dT} \begin{cases} \text{تک اتمی} & dU = \frac{۳}{۲}nRdT \Rightarrow C_v = \frac{۳}{۲}R \\ \text{دو اتمی} & dU = \frac{۵}{۲}nRdT \Rightarrow C_V = \frac{۵}{۲}R \\ \text{سه اتمی به بالا} & dU = ۳nRdT \Rightarrow C_V = ۳R \end{cases}$$

ب) ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت $(Q = nc_p dT)$

$$\begin{cases} dU = dQ - dw \Rightarrow dQ = dU + dw = nC_v dT + Pdv \\ Pv = nRT \Rightarrow Pdv + VdP = nRdT \end{cases}$$

$$P = cte \Rightarrow dP = ۰ \Rightarrow PdV = nRdT$$

$$C_p = \frac{۱}{n}(\frac{dQ}{dT})_P = \frac{۱}{n}(\frac{dU + dw}{dT})_P = \frac{۱}{n}\frac{dU}{dT} + \frac{۱}{n}\frac{dw}{dT}$$

$$= \frac{۱}{n}\frac{nc_v dT}{dT} + \frac{۱}{n}\frac{nRdT}{dT} = C_v + R$$

بنابراین در گاز تک اتمی $C_p = \frac{۳}{۲}R + R = \frac{۵}{۲}R$ ، دو اتمی $C_p = \frac{۷}{۲}R$ و سه اتمی به بالا $C_P = ۴R$ است.

۷-۷ معادله حالت گاز ایده‌آل

همان‌گونه که قبلاً در توصیف ماکروسکوپیک گاز ایده‌آل آمد دیدیم که برای یک گاز ایده‌آل داریم $PV = nRT$ که از قوانین زیر به دست می‌آید :

$$\begin{cases} V \propto \frac{1}{P} & \text{در دمای ثابت : قانون بویل ماریوت} \\ V \propto T \Rightarrow V \propto \frac{Tn}{P} \Rightarrow VP = nRT & \text{در فشار ثابت : قانون شارل} \\ V \propto n \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} & \text{در فشار و حجم ثابت : قانون آووگادرو} \end{cases}$$

برای دو گاز در شرایط مساوی داریم (m جرم گاز و M جرم یک مول و $n = \frac{m}{M}$ تعداد مولهای گاز است).

$$\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{n_1}{n_2}\frac{T_1}{T_2} = \frac{m_1}{m_2}\frac{M_2}{m_1}\frac{T_2}{T_1}$$

حالتهای خاص :

۱) هنگامی که یک گاز تغییر حالت می‌دهد چون تعداد مولکولهایش تغییر نمی‌کند.

$$\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ یا } \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

۲) دمای ثابت $P_1V_1 = P_2V_2$

۳) فشار ثابت $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

۴) حجم ثابت $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

۸-۷ مخلوط چند گاز

هرگاه مخلوطی از چند گاز با فشارهای جزئی P_1 ، P_2 و ... را در نظر بگیریم برای فشار کل حاصل داریم (قانون دالتون).

$$P = P_1 + P_2 + ... = \frac{n_1RT}{V} + \frac{n_2RT}{V} + ... = (n_1 + n_2 + ...)\frac{RT}{V}$$

در صورتی که گاز داخل محفظه‌ای به حجم V با تعداد مول n و فشار P با نفوذ به محفظه‌های دیگر، میان محفظه با حجم V (با تعداد مول n' و فشار P') و محفظه‌های دیگر (با حجم V_1 ، V_2 و ... با تعداد مولهای n_1 ، n_2 و ... و فشارهای P_1 ، P_2 و ...) توزیع شود داریم :

$$n = n' + n_1 + n_2 + ... \ , \ \frac{PV}{T} = \frac{P'V}{T'} + \frac{P_1V_1}{T_1} + \frac{P_2V_2}{T_2} + ...$$

۷-۹ چگالی یک گاز کامل بر حسب فشار و دمای آن

اگر در شرایط متعارفی $(P = 1at\ ,\theta = 0^\circ c)$ اگر حجم مقدار معینی از گاز برابر V_0 باشد (در این شرایط حجم یک مول گاز ۲۲/۴ لیتر است) و جرم حجمی آن ρ_0 باشد داریم $m = \rho_0 V_0$ (جرم گاز) و اگر در دمای T فشار برابر P باشد داریم :

$$\frac{PV}{P_0V_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow V_0 = \frac{PV}{P_0} \times \frac{T_0}{T} \Rightarrow m = \frac{\rho_0 PVT_0}{P_0V_0}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \rho_0 \frac{P}{P_0} \times \frac{T}{T_0}$$

۷-۹-۱ تغییرات چگالی

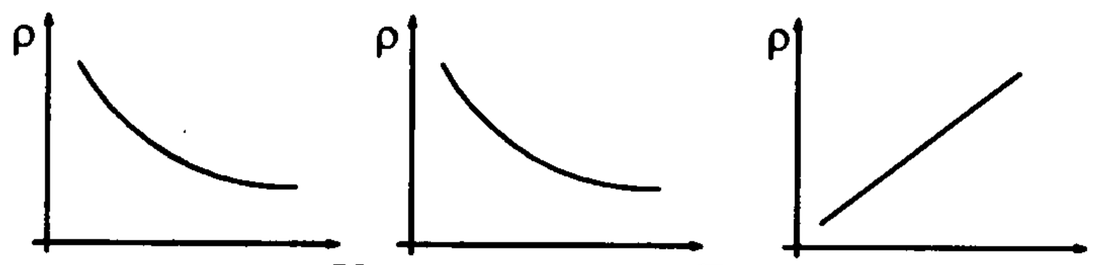
اگر M' جرم کل گاز و M جرم هر مول باشد با توجه به آنکه $M' = nM$ داریم :

$$\rho = \frac{M'}{V} = \frac{nM}{V} = \frac{nM}{(\frac{nRT}{P})} = \frac{MP}{RT}$$

الف) در فرآیند تک دما : $\rho = (\frac{M}{RT})P = \alpha P$ (که α ثابت است)

ب) در فرآیند تک فشار : $\rho = (\frac{MP}{R})\frac{1}{T} = \frac{\beta}{T}$ (که β یک ثابت است)

ج) در فرآیند تک حجم : $\rho = cte$



۷-۱۰ فرآیندها

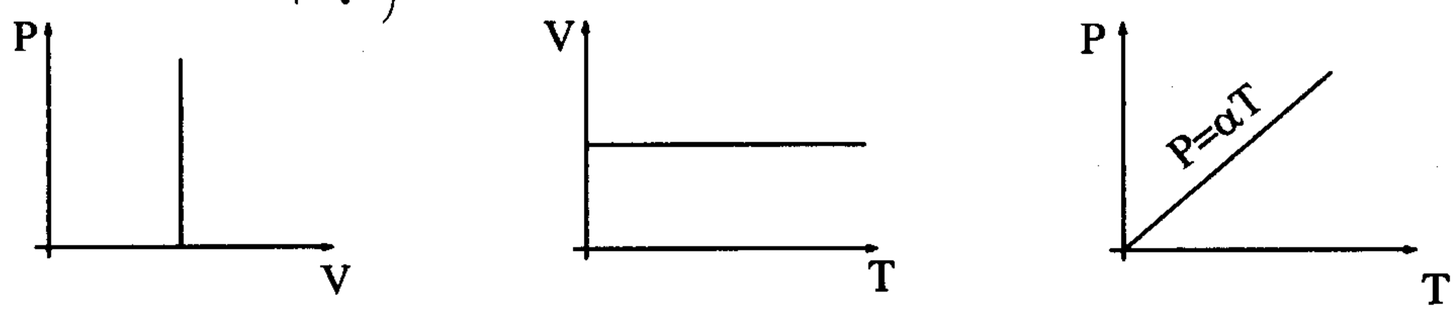
به طور کامل به بررسی فرآیندهایی می‌پردازیم که قبلاً معرفی شدند.

الف) فرآیند تک حجم (ایزوکور)

$$\begin{cases} V = cte \Rightarrow W = 0 \Rightarrow \Delta U = Q - W = Q - 0 = 0 \\ Q = \Delta U = nC_v\Delta T \end{cases}$$

(اگر از تعداد مولهای گاز کم نشود $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$)

$$PV = nRT \Rightarrow P = \left(\frac{nR}{V}\right)T = \alpha T$$

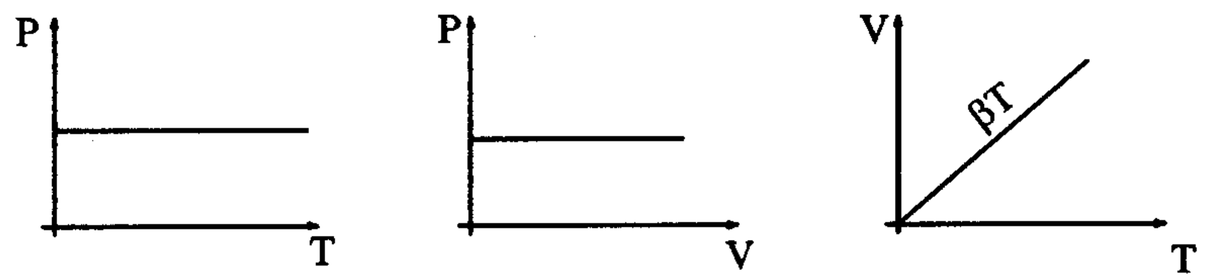


ب) فرآیند تک فشار (ایزوبار)

$$\begin{cases} P = cte \Rightarrow Q = nC_p\Delta T \\ \Delta U = nC_v\Delta T \\ W = \int PdV = P\int_{V_1}^{V_2} dV = P(V_2 - V_1) \\ \Delta U = Q - W \Rightarrow nC_v\Delta T = nC_p\Delta T - P\Delta V \end{cases}$$

(اگر تعداد مولهای گاز تغییر نکند $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$)

$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nR}{P}T = \beta T$$

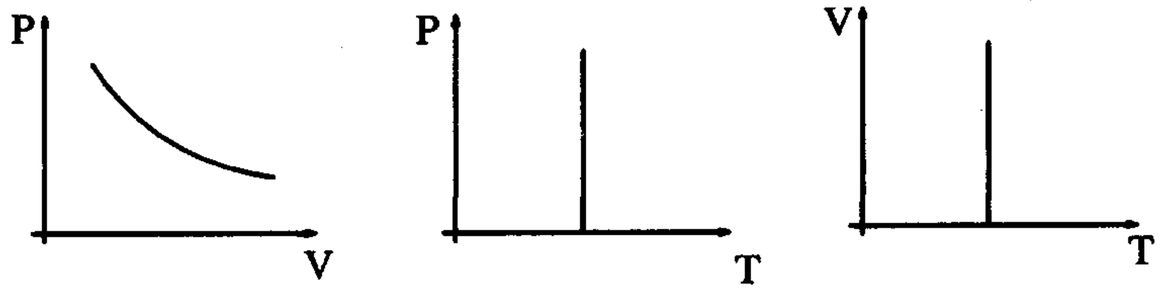


ج) فرآیند تک دما

$$T = cte \Rightarrow \Delta U = nc_v\Delta T = 0 \Rightarrow Q = W$$

$$Q = W = \int_{V_1}^{V_2} Pdv = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{v} = nRT\int_{V_1}^{V_2} \frac{dv}{v} = nRTLn\frac{V_2}{V_1}$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} = \frac{\text{ثابت}}{V}$$



د) فرآیند بی‌دررو (آدیاباتیک)

فرآیندی است که هیچ گرمایی بین سیستم و محیط مبادله نشود به عبارتی سیستم کاملاً ایزوله باشد. $(Q = 0)$

$$\begin{cases} PV = nRT \\ dQ = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} PdV + VdP = nRdt \\ dU = -dW \Rightarrow nC_v dT = -Pdv \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} dT = \dfrac{PdV + VdP}{nR} \\ dT = \dfrac{-PdV}{nC_v} \end{cases} \Rightarrow \frac{PdV + VdP}{nR} = \frac{-PdV}{nC_v}$$

$$\Rightarrow PC_v dV + VC_v dP = -PRdV$$

$$\Rightarrow P(C_v + R)dV + VC_v dP = 0$$

با توجه به آن که $Cp = C_v + R$ ، طرفین معادله را بر VPC_v تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{PC_p dV}{VpC_v} + \frac{VC_v dP}{VPC_v} = 0 \Rightarrow \left(\frac{C_p}{C_v}\right)\frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0$$

ضریب اتمیسیته گاز را مطابق $\gamma = \dfrac{C_p}{C_v}$ تعریف می‌کنیم.

$$\gamma\frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0 \Rightarrow \int \gamma\frac{dV}{V} + \int\frac{dP}{P} = cte$$

$$\Rightarrow \gamma LnV + LnP = LnV^{\gamma} + LnP = LnPV^{\gamma} = cte$$

$$\Rightarrow \boxed{PV^{\gamma} = e^{cte} = \text{ثابت}}$$

با توجه به آنکه $PV = nRT$ می‌توان نوشت : (چون nR ثابت است)

$$PV^{\gamma} = \left(\frac{nRT}{V}\right)V^{\gamma} = \text{ثابت} \Rightarrow TV^{\gamma-1} = \frac{\text{ثابت}}{nR} = \text{ثابت}$$

بنابراین هنگامی که یک گاز ایده‌آل تحت فرآیند بی‌دررو از حالت اولیه i به حالت نهایی f برده می‌شود علاوه بر آنکه $\dfrac{P_i V_i}{T_i} = \dfrac{P_f V_f}{T_f}$ داریم :

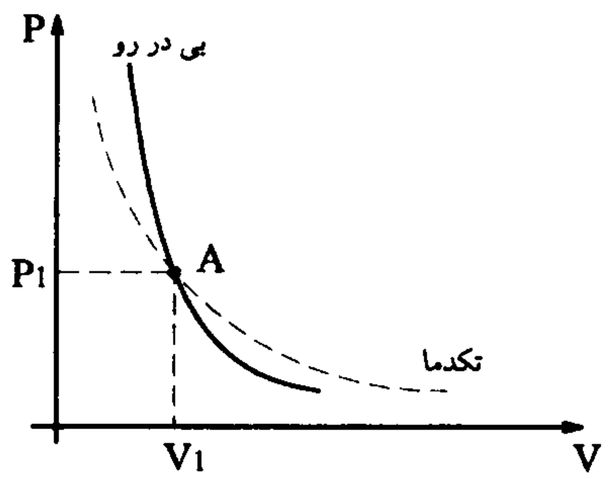
$$P_i V_i^{\gamma} = P_f V_f^{\gamma} \quad , \quad T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1}$$

$$\gamma = \frac{Cp}{C_v} \begin{cases} \text{تک اتمی} & : \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = ۱/۶۶ \\ \text{دو اتمی} & : \frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R} = ۱/۴ \\ \text{سه اتمی به بالا} & : \frac{۴R}{۳R} = ۱/۳۳ \end{cases}$$

منحنی P-V :

$$PV^{\gamma} = \text{ثابت} \Rightarrow P = \frac{\text{ثابت}}{V^{\gamma}} \Rightarrow P \alpha \frac{۱}{V^{\gamma}}$$

با توجه به آنکه $\gamma > ۱$ است منحنی P-V شبیه فرآیند تکدما است ولی شیب آن بیشتر است.

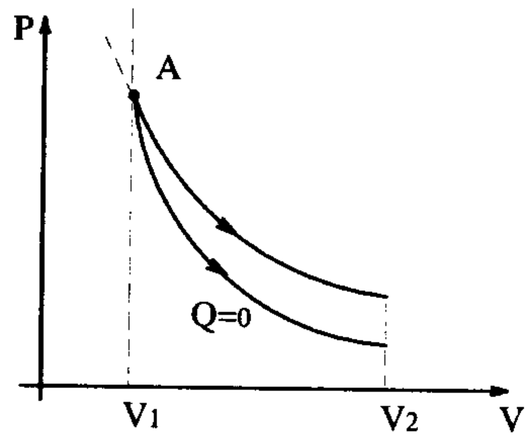


به عنوان مثال شیب دو منحنی را در نقطه A بررسی می‌کنیم.

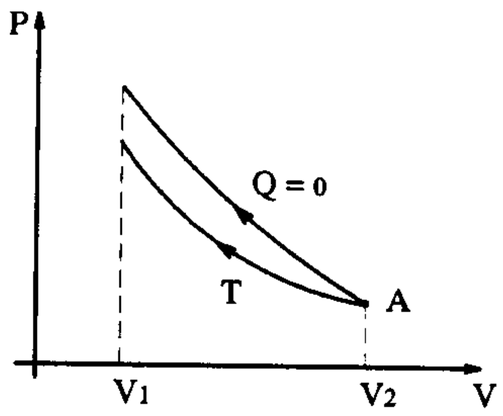
$$\text{تک دما}: \frac{dP}{dV} = \frac{d}{dV}\left(\frac{nRT}{V}\right) = nRT\frac{d}{dV}\left(\frac{۱}{V}\right) = \frac{-nRT}{V^{۲}} = \frac{-P}{V}$$

$$\text{بی‌دررو}: \frac{dP}{dV} = \frac{d}{dV}\ \frac{\text{ثابت}}{V^{\gamma}} = -\frac{\gamma\ \ (\text{ثابت})}{V^{\gamma+۱}} = -\frac{\gamma P}{V}$$

اگر حجم یک گاز را از $V_۱$ تا $V_۲$ افزایش دهیم کار انجام شده توسط سیستم $(W > ۰)$ در فرآیند تکدما بیشتر است.



ولی اگر بخواهیم حجم یک گاز را از V_1 تا V_2 کاهش دهیم کاری که بر روی سیستم باید انجام شود $(W > 0)$ در فرآیند بی‌دررو بیشتر است.



کار در فرآیند بی‌دررو :

$$Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -W \Rightarrow W = -\Delta U = -nC_v\Delta T$$

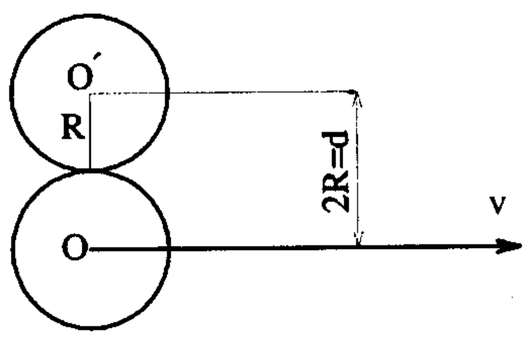
و یا اگر تغییر حجم از V_i تا V_f را داشته باشیم (ثابت $= PV^\gamma$).

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\text{ثابت}}{V^\gamma} dV = \text{ثابت} \int_{V_i}^{V_f} V^{-\gamma} dv = \frac{\text{ثابت}}{-\gamma+1} V^{-\gamma+1}\Big|_{V_i}^{V_f}$$

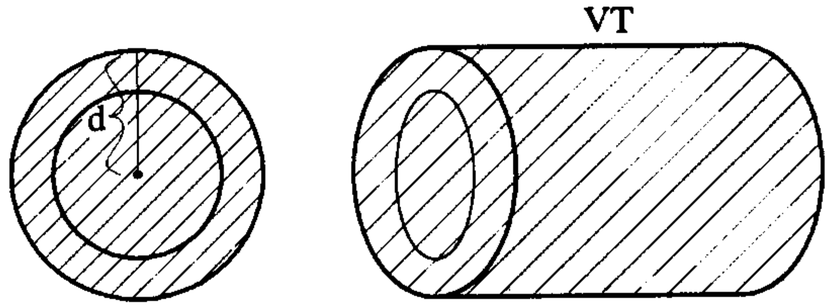
$$= \frac{(PV^\gamma)}{1-\gamma} V^{-\gamma+1}\Big|_{V_i}^{V_f} = \frac{PV}{1-\gamma}\Big|_{V_i}^{V_f} = \frac{P_f V_f - P_i V_i}{1-\gamma}$$

۱۱-۷ مسافت آزاد میانگین

مسافت آزاد میانگین فاصله متوسطی است که یک مولکول بین دو برخورد متوالی طی می‌کند. اگر شعاع هر مولکول که به صورت کروی در نظر می‌گیریم R و d قطر آن باشد. فاصله میان مراکز دو مولکول در برخورد باید برابر و یا کوچکتر از 2R یا d باشد.



اگر یک مولکول را که با سرعت v حرکت می‌کند در نظر بگیریم با کلیه مولکولهایی که مراکز o' آنها در مساحت πd^2 یک دایره به مرکز o (مرکز مولکول برخورد کننده) قرار می‌گیرد برخورد می‌کند.



n تعداد مولکول در واحد حجم و $L = vt$ مسافت طی شده در زمان t

$N' =$ تعداد برخورد در این زمان = تعداد مولکولهای در حجم جاروب شده $= n'\pi d^2 (v_{rel} t)$

$\bar{L} =$ فاصله میان دو برخورد متوالی $= \frac{L}{N'} = \frac{\upsilon t}{n'\pi d^2 \upsilon_{rel} t} = \frac{\upsilon t}{n'\pi d^2 \sqrt{2}\upsilon t} = \frac{1}{\pi d^2 n' \sqrt{2}}$

مولکولهای هدف را ساکن فرض کرده‌ایم بنابراین باید در مخرج سرعت نسبی را قرار داد $v_{rel} = \sqrt{2}v$. اما در صورت مسافت طی شده توسط مولکول را در نظر گرفتیم که vt است.

$\tau =$ زمان متوسط بین دو برخورد متوالی $= \frac{1}{v}$

$\frac{1}{\tau} = \frac{v}{L} =$ تعداد برخورد در واحد زمان = فرکانس برخورد

۱-۱۱-۷ مسافت آزاد میانگین بر حسب فشار

$$\begin{cases} \bar{L} = \dfrac{1}{\sqrt{2} n' \pi d^2} & n' = \dfrac{N}{V} \text{ تعداد مولکولها در واحد حجم} \\ PV = nRT = nN_A kT = NKT = n'VKT \Rightarrow P = n'KT \end{cases}$$

$$\bar{L} = \frac{1}{\sqrt{2}\frac{P}{KT}\pi d^2} = \frac{KT}{\pi\sqrt{2}Pd^2}$$

۷-۱۲ توزیع سرعتهای مولکولی

با سرعت جذر میانگین مربعی آشنا شدیم، در مقیاس وسیعتر در مورد تک تک مولکولها و برای هر گازی توزیع مشخصه‌ای از سرعتهای مولکولی وجود دارد که به دما وابسته است که هم اینک بررسی می‌کنیم.

۷-۱۲-۱ توزیع ماکسول - بولتزمن

به توزیع آماری انرژی که متضمن گاز ایده‌آل می‌باشد گفته می‌شود، بدین وسیله تعداد مولکولهایی که انرژی جنبشی آنها بین E و dE است برابر با :

$$N(E)dE = \frac{2N}{\sqrt{\pi}(kT)^{3/2}}\sqrt{E}\, e^{-E/KT}dE$$

میانگین انرژی جنبشی در تمام برخوردهای موجود بین N مولکول به صورت زیر است :

$$\bar{E} = \frac{1}{N}\int_0^\infty EN(E)dE = \frac{2}{\sqrt{\pi}(kT)^{3/2}}\int_0^\infty E^{\frac{3}{2}} e^{-E/kT}dE$$

$$\Rightarrow \bar{E} = \frac{2KT}{\sqrt{\pi}}\int_0^\infty x^{\frac{3}{2}} e^{-x}dx \qquad E = KTX$$

با محاسبه مقدار انتگرال فوق و با استفاده از جدول انتگرالها خواهیم داشت :

$$\bar{E} = \frac{2KT}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{3}{4}\sqrt{\pi}\right) \Rightarrow \boxed{\bar{E} = \frac{3}{2}KT}$$

انتظاری که می‌بایست داشته باشیم.

۷-۱۲-۲ بررسی توزیع ماکسول - بولتزمن به صورت تابعی از سرعت

توزیع ماکسول - بولتزمن را می‌توان با استفاده از $E = \frac{1}{2}mV^2$ بر حسب سرعت V بیان کرد، سپس با توجه به $dE = mVdV$ ، برای $N(V)$ تعداد ذرات دارای سرعت بین V و V + dV داریم :

$$N(V)dV = \sqrt{2/\pi}N\left(\frac{m}{kT}\right)^{\frac{3}{2}}V^2 e^{-mV^2/2KT}dV \qquad (1)$$

با تقسیم رابطه فوق به N ، می‌توان احتمال یافتن ذره بین V و V+dV به دست آورد.

$$N(V) = \sqrt{۲/\pi}(m/kT)^{\frac{۳}{۲}} V^{۲} e^{-mV^{۲}/۲kT} \qquad (۲)$$

نکته ۱ : اگر $V = \sqrt{۲kT/m}$ باشد مقدار $N(V)$ ماکزیمم خواهد بود یعنی :

$$dN/dV = ۰ \Rightarrow ۲V \exp[(\frac{-mV^{۲}}{۲kT}) - (\frac{mV^{۲}}{kT})] \exp\left[\frac{-mv^{۲}}{۲kT}\right] = ۰$$

$$\Rightarrow \boxed{V_P = \left[\frac{۲kT}{m}\right]^{۱/۲}}$$

V_p محتملترین سرعت است.

نکته ۲ : به همین ترتیب می‌توان نشان داد که توزیع سرعت ماکسول - بولتزمن بهنجار است یعنی $(\int N(V)\,dV = ۱)$ بوده و لذا $N(V)$ یک تابع واقعی چگالی احتمال است.

$$N = \int_{۰}^{\infty} N(V)dV = \frac{A}{\pi^{\frac{۱}{۲}}} A^{\frac{۳}{۲}} \int_{۰}^{\infty} V^{۲} e^{-AV^{۲}} dV \;,\; \boxed{A = \frac{m}{۲kT}}$$

مقدار انتگرال روی طرف راست برابر با $\frac{\pi^{۱/۲}}{۴A^{۳/۲}}$ در نتیجه مقدار انتگرال فوق برابر با :

$$\boxed{\int_{۰}^{\infty} N(V)dV = ۱}$$

نکته ۳ : با استفاده از رابطه ۱ می‌توان سرعت میانگین $(\overline{V})$ ، سرعت جذر میانگین مربعی (V_{rms}) و محتملترین سرعت (V_p) مولکولهای یک گاز را بر حسب پارامترهای گاز به دست آورد.

کمیت $N(V)dV$ تعداد ذراتی است که سرعت آن مابین V و $V + dV$ قرار دارد و $N(V)$ توسط معادله ۱ بیان می‌شود، سرعت میانگین از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\overline{V} = \frac{\int_{۰}^{\infty} VN(v)dv}{N}$$

با استفاده از رابطه ۱ و انتگرال‌گیری داریم :

$$\boxed{\overline{V} = \sqrt{\frac{۸}{\pi} kT/m} = ۱/۵۹ \sqrt{kT/m}}$$

سرعت میانگین مربعی از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\overline{V}^{۲} = \frac{\int_{۰}^{\infty} N(V)V^{۲}dV}{N}$$

و از آنجا خواهیم داشت :

$$V_{rms} = \sqrt{\overline{V}^{۲}} = \boxed{\sqrt{۳kT/m}} = ۱/۷۳\sqrt{kT/m}$$

محتملترین سرعت، عبارت است از سرعتی که به ازای آن N(V) بیشترین مقدار خود را دارد، پس می‌توان آن را با استفاده از شرط زیر بدست آورد.

$$\frac{dN(V)}{dV} = ۰ \Rightarrow V = V_P$$

با جاگذاری مقدار N(V) از معادله (۱) و مشتق‌گیری و عملیات ریاضی به نتیجه زیر خواهیم رسید.

$$V_p = \sqrt{۲kT/m} = ۱/۴۱\sqrt{kT/m}$$

۱۳- ۷ قانون اتمسفرها و استنتاج آن از قانون آماری ماکسول - بولتزمن و قانون گاز ایده‌آل

قانون اتمسفرها می‌گوید تعداد ذراتی با انرژی E در یک مجموعه متعادل با $e^{-E/kT}$ متناسب است (با این فرض که دما در تمام ارتفاعات موردنظر ثابت است).

الف) استنتاج قانون اتمسفرها از قانون آماری ماکسول - بولتزمن :

در انرژی مولکولهای هوا تنها عاملی که به ارتفاع قائم h بستگی دارد، انرژی پتانسیل گرانشی mgh است که m جرم متوسط یک مولکول هواست.

$$\begin{cases} n_u(h) \propto e^{(E(h)/kT)} = e^{-mgh/kT} \\ \Rightarrow \dfrac{[n_u(h)]}{[n_u(۰)]} = \dfrac{e^{-mgh/kT}}{۱} \;,\; \rho \propto n_u \\ \Rightarrow \dfrac{\rho(h)}{\rho(۰)} = e^{-mgh/kT} \;,\; P(h) \propto \rho(h) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{p(h) = p(۰)e^{-mgh/kT}} \longleftarrow \text{قانون اتمسفرها}$$

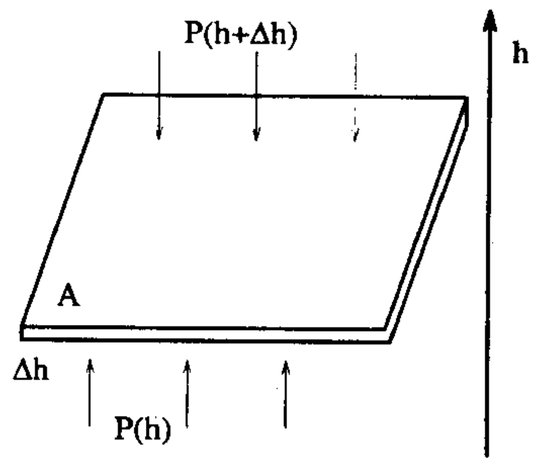
ب) استنتاج قانون اتمسفرها از قانون گاز ایده‌آل :

بره نازکی از هوا به ارتفاع h همانند شکل زیر در نظر می‌گیریم، وقتی که بره در حال تعادل است خواهیم داشت :

$$p(h) - p(h+\Delta h)]A = \rho g A \Delta h$$

$$dp/dh = -\rho g \qquad (1)$$

$$\begin{cases} p = \dfrac{\rho}{m} kT \longrightarrow \text{قانون گاز ایده‌آل} \\ \Rightarrow \rho = \dfrac{m}{kT} P \end{cases} \quad (2) \quad m \text{ جرم مولکولی متوسط هوا است}$$



با قرار دادن رابطه ۲ در رابطه ۱ خواهیم داشت :

$$\boxed{dp/dh = -\left(mg/kT\right)p}$$

با چشم‌پوشی از تغییرات g,T بر حسب ارتفاع خواهیم داشت :

$$\begin{cases} \int_{P_\circ}^{P} dp/p = -mg/kT \int_\circ^h dh \\ p = p_\circ e^{-(mg/kT)h} \end{cases}$$

۱۴-۷ معادله گازهای حقیقی (معادله واندروالس)

واندروالس معادله حرکت اصلاح شده‌ای را بدست آورد که در آن نشان داد که معادله $PV = nRT$ برای همه گازها در هر شرایطی صادق نیست، بلکه رابطه‌ای است تقریبی که خصایص پاره‌ای از گازها را و آن هم در شرایط محدود مشخص می‌کند (اگر $v = \dfrac{V}{n}$ حجم یک مول باشد برای گاز ایده‌آل داریم $Pv = RT$) یعنی گازهای حقیقی گازهایی هستند که :

۱) با چگالی زیاد بوده

۲) نیروی بین مولکولها زیاد بوده

۳) انرژیهای بدست آمده (انرژی داخلی) بین مولکولها زیاد است.

انرژی داخلی گازهای حقیقی علاوه بر دما به حجم نیز بستگی دارد، زیرا اگر بین مولکولهای نیروهای ربایشی وجود داشته باشد انرژی پتانسیل با افزایش فاصله متوسط بین مولکولها زیاد می‌شود.

اگر مولکولها به هم نزدیک شوند، علاوه بر فشار وارد از خارج، بر هم اثر متقابل گذاشته و ایجاد یک فشار داخلی نموده که مقدار آن برابر با $P' = \frac{a}{V^2}$ بنابراین رابطه $PV = RT$ به صورت زیر اصلاح می‌شود. حجم اشغال شده توسط یک مول $v - b$ است که b حجم مولکولهاست.

$$(P + P')(v - b) = RT$$

$$(P + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT$$

نکته ۱ : مقادیر ثابت a و b برای گازهای مختلف متفاوت است.

نکته ۲ : اگر جای یک مولکول گرم، n مولکول گرم گاز داشته باشیم، معادله فوق به صورت زیر خواهد بود :

$$(P + \frac{n^2 a}{V^2})(V - nb) = nRT$$

نکته ۳ : منحنی تکدمای P-V دارای یک ماکزیمم، یک مینیمم و یک نقطه عطف است. با افزایش دما این سه نقطه به یکدیگر نزدیک می‌شوند و در دمای بحرانی $T = T_C$ این سه نقطه یکی خواهند شد. برای $T > T_C$ منحنی به منحنی تکدمای گاز ایده‌آل نزدیک می‌شود.

نکته ۴ : ما می‌توانیم مقادیر P و V و T و a و b را در دمای بحرانی با دو شرط زیر به دست آوریم :

۱) در دمای ثابت، مماس بر منحنی تکدمای افقی است یعنی : $\frac{dp}{dV} = 0$ (۱)

۲) نقطه یک، نقطه عطف است یعنی در دمای ثابت $\frac{d^2p}{dV} = 0$ (۲)

از رابطه (۱) داریم $\frac{dp}{dv} = -\frac{RT}{(v-b)^2} + \frac{2a}{v^2} = 0$ (ثابت = T)

از رابطه (۲) داریم $\frac{d^2p}{dv^2} = \frac{2RT}{(v-b)^3} - \frac{6a}{v^4} = 0$ (ثابت = T)

با حل معادلات فوق خواهیم داشت :

$$T_{cr} = \frac{8a}{27bR}$$

$$v_{cr} = 3b$$

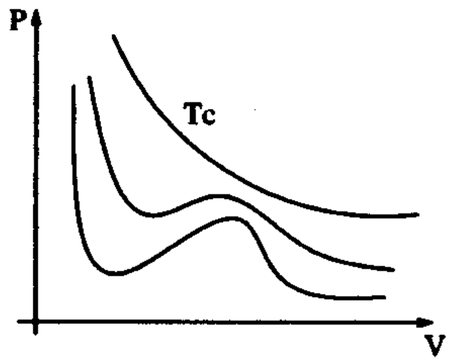
با قرار دادن مقادیر T_{cr} و v_{cr} در معادله $P=\frac{RT}{(v-b)}-\frac{a}{v^2}$ مقدار P_{cr} برابر با :

$$P_{cr}=\frac{a}{27b^2}$$

در نهایت با حذف v_{cr} از معادلات ۱ و ۲ مقادیر ثابت a و b برابر با :

$$b=\frac{RT_{cr}}{8P_{cr}}$$

$$a=\frac{27R^2T^2_{cr}}{64P_{cr}}$$



۱۵-۷ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- برای یک گاز ایده‌آل کدام یک از عبارات زیر صحیح است ؟

۱- انرژی داخلی یک گاز ایده‌آل فقط بستگی به فشار دارد.

۲- انرژی داخلی یک گاز ایده‌آل فقط بستگی به درجه حرارت دارد.

۳- انرژی داخلی یک گاز ایده‌آل بستگی به فشار و درجه حرارت دارد.

۴- هیچ کدام

۲- در مورد یک گاز ایده‌آل : **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)**

۱- انرژی داخلی گاز مستقل از انرژی جنبشی مربوط به حرکتهای انتقالی و دورانی مولکولهای تشکیل دهنده گاز است.

۲- دمای اندازه‌گیری شده به ماهیت گاز وابسته است. پس در دماسنج گازی بایستی از گاز مناسبی مثل هلیوم استفاده کرد.

۳- کار انجام شده در فرآیند تراکم آدیاباتیک به مسیر طی شده بستگی ندارد، زیرا کار انجام شده مستقیماً موجب افزایش انرژی داخلی گاز می‌شود.

۴- گرمای انتقال یافته برای تغییر حالت مشخصی به مسیر طی شده (یعنی شکل تغییرات P بر حسب V در این تغییر حالت) وابسته نیست زیرا این گرما تابع مختصات گاز است.

۳- حجمی را که یک گرم اکسیژن O_2 در شرایط استاندارد، فشار یک اتمسفر و دمای صفر درجه سانتیگراد اشغال می‌کند چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- ۲۲/۴ lit ۲- ۰/۷ lit

۳- ۱/۴ lit ۴- ۰/۳۵ lit

۴- چگالی گاز کامل از کدام رابطه‌زیر به دست‌می‌آید ؟(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- $\rho = \frac{PM}{RT}$ ۲- $\rho = \frac{PR}{MT}$ ۳- $\rho = \frac{RT}{PM}$ ۴- $\rho = \frac{PMT}{R}$

۵- هوا در $30^{\circ}c$ و فشار $200\,kpa$ در یک مخزن ۵۰۰ لیتری قرار گرفته است. مطلوب است محاسبه جرم هوای محصور به کیلوگرم .

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- ۱۱/۴۹ ۲- ۱۲/۴۹ ۳- ۱/۲۴۹ ۴- ۱/۱۴۹

۶- چگالی جرمی بخار آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر چقدر است؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا و هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $۰/۵۸۸\ kgm^{-۳}$ ۲- $۵/۸۸\ kgm^{-۳}$
۳- $۳/۰۶\ kgm^{-۳}$ ۴- $۳۰۶\ kgm^{-۳}$

۷- ۰/۱۵ متر مکعب هوا در فشار مطلق $۱/۱MN/m^{۲}$ و درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد، بصورت ایزوترم منبسط می‌گردد. تا حجم آن به ۰/۷۵ متر مکعب برسد، معین کنید فشار نهایی هوا را.(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا و هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- $۲۸۰\ \frac{KN}{m^{۲}}$ ۲- $۲۲۰\ \frac{KN}{m^{۲}}$ ۳- $۵۵۰\ \frac{KN}{m^{۲}}$ ۴- $۱۰۰۰\ \frac{KN}{m^{۲}}$

۸- چند فوت مکعب از هوا در فشار جو $۱/۰۱\times۱۰^{۵}\ \frac{N}{m^{۲}}$ لازم است تا تانک ۱۴/۲ لیتری را با فشار $۱/۴۵\times۱۰^{۷}\ \frac{N}{m^{۲}}$ را پر کند ؟ (کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷۹)

۱- ۸۰ ۲- ۷۲ ۳- ۱۰۰ ۴- ۱۲۰

۹- دمای مقدار معینی گاز را در فشار ثابت $۳۰^{\circ}c$ افزایش می‌دهیم و در نتیجه حجم گاز به اندازه $\frac{۱}{۱۰}$ حجم اولیه آن افزایش پیدا می‌کند دمای اولیه گاز چند درجه سلسیوس بوده است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- ۳ ۲- ۴ ۳- ۲۷ ۴- ۲۸

۱۰- با تکنولوژی جدید می‌توان خلاء نسبی با فشار در حدود $۱۰^{-۱۰}atm$ ایجاد کرد. جرم ازت موجود در $۲۰۰۰\ Cm^{۳}$ در این فشار و در دمای $۲۷^{\circ}c$ چقدر است ؟
$R = ۸/۳۱۴\ j.Mol^{-۱}.k^{-۱}$ و $M = ۲۸\ gr$
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)

۱- $۱/۵\times۱۰^{-۱۰}\ Kg$ ۲- $۰/۷۵\times۱۰^{-۸}\ Kg$
۳- $۲/۲۷\times۱۰^{-۱۳}\ Kg$ ۴- $۶/۵\times۱۰^{-۱۵}\ Kg$

۱۱- دانسیته (جرم حجمی) متان در $۲۰^{\circ}C$ و در فشار ۵ اتمسفر چقدر است ؟ (یک کیلوگرم مول متان ۱۶ کیلوگرم و $R = ۸۳۱۴\ j/kmol.k$ و $n = ۱k\ mol$ است).
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)

۱- $۲۲/۲\ Kgm^{۳}$ ۲- $۸/۷۵\ Kgm^{۳}$ ۳- $۳/۳۳\ Kgm^{۳}$ ۴- $۱۳/۳\ Kgm^{۳}$

۱۲- گاز اکسیژنی مخزنی به حجم ۵۰ را در فشار ۱/۵ و ۳۰۰ اشغال نموده است. در صورتی که گاز به آهستگی از مخزن خارج شود تا فشار نصف گردد، جرم گاز باقیمانده در مخزن چند گرم است ؟ (گاز را ایده‌آل فرض نمایید R=۸۳/۱۴)

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۸)

۱- ۲ ۲- ۱

۳- ۴۸ ۴- ۸۲

۱۳- اتاقی با ابعاد ۵m ، ۴m و ۳m با اکسیژن خالص $20^{\circ}C$ پر شده است. چند مول اکسیژن در اتاق وجود دارد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- $3/8\times10^{2}$ ۲- $2/5\times10^{3}$ ۳- 5×10^{2} ۴- $6/5\times10^{4}$

۱۴- بالونی به حجم $500\ m^3$ را باید از هیدروژن با فشار ۱ atm پر کنند. اگر هیدروژن در کپسول‌هایی به حجم $2/5m^3$ و با فشار $15\times10^{5}Pa$ ذخیره شده باشد. چند کپسول برای پر کردن بالون لازم است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)

۱- ۱۰ ۲- ۱۳/۵ ۳- ۱۷ ۴- ۱۲/۵

۱۵- مقداری گاز در استوانه‌ای زیر پیستون متحرکی قرار گرفته و پر کاهی در آن غوطه‌ور است اگر در فشار ثابت گاز را سرد کنیم پر کاه :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- به پایین سقوط می‌کند.

۲- همچنان غوطه‌ور می‌ماند.

۳- به طرف بالا صعود می‌کند.

۴- ابتدا به بالا صعود می‌کند و سپس به پایین سقوط می‌کند.

۱۶- فشار هوای داخل یک لامپ در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مساوی با یک اتمسفر است، در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد فشار هوای داخل لامپ چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- ۱/۲۶ اتمسفر ۲- ۱/۴۴ اتمسفر

۳- ۲/۵۶ اتمسفر ۴- ۲/۶۸ اتمسفر

۱۷- اگر یک مول از گاز ایده‌آل را در فشار یک اتمسفر از ^{oc} ۲۰ به ^{oc} ۴۰ در فشار ثابت گرم کنیم نسبت $\frac{V_1}{V_2}$ برابر خواهد بود با : (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۵)

۱- $\frac{1}{2}$ ۲- ۰/۹۴ ۳- ۲ ۴- ۱/۵

۱۸- دو کیلوگرم هوا در دمای ۳۰۰k داخل یک سیلندر و پیستون قرار دارد. طی یک پروسه فشار ثابت با انتقال حرارت به سیلندر، حجم هوای اولیه را سه برابر می‌کنیم. مقدار انتقال حرارت طی پروسه برابر است با : (هوا را گاز ایده‌آل فرض نمایید. $C_p = ۱/۰۰۰۳۵ \ kj/kg^{\circ}k$) (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی ۷۸)

۱- ۲۰۰/۷ kj ۲- +۱۰۰/۳۵ kj ۳- ۶۰۲/۱ kj ۴- ۱۲۰۴/۲ kj

۱۹- اگر حجم یک گاز ایده‌آل دو برابر و دمای آن ثابت باشد، فشار نهایی چند برابر می‌شود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷٤)

۱- به دمای گاز بستگی دارد. ۲- دو برابر می‌شود.

۳- فرقی نمی‌کند. ۴- نصف می‌شود.

۲۰- یک سیلندر با یک پیستون متحرک حاوی گاز در دمای ۱۲۷ درجه سانتی‌گراد و فشار ۳۰ kpa و حجم $۴m^3$ می‌باشد اگر گاز متراکم شود تا به حجم $۲/۵m^3$ و فشار ۹۰ kpa برسد دمای نهایی آن چند درجه کلوین است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۸)

۱- ۷۵۰/۳ ۲- ۳۳۳/۳ ۳- ۲۳۸/۱ ۴- ۱۹۲۰

۲۱- نسبت‌ضریب‌انبساط‌حجمی گاز ایده‌آل در فشار ثابت (β) به ضریب تراکم همان گاز در دمای ثابت (k) یعنی $\frac{\beta}{k}$ مساوی است با :(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- nR ۲- $\frac{nR}{P}$ ۳- $\frac{nR}{T}$ ۴- $\frac{nR}{V}$

۲۲- بر روی یک گاز ایده‌آل فرآیندهای زیر صورت گرفته است. ابتدا در دمای ثابت، حجم گاز را به دو برابر حالت اولیه می‌رسانیم، سپس در فشار ثابت حجم را به دو برابر حالت قبل افزایش می‌دهیم. در نتیجه دمای گاز به ..... به حالت اولیه می‌رسد.
(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- نصف ۲- یک چهارم ۳- دو برابر ۴- چهار برابر

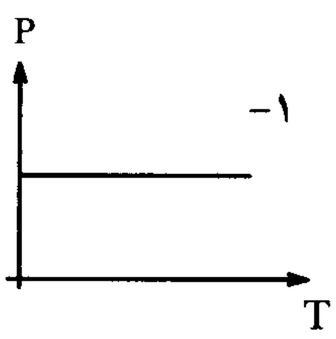
۲۳- فضانوردی از داخل سفینه‌اش که در خلاء قرار دارد مقداری آب به خارج می‌ریزد، آب به چه صورت در می‌آید ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

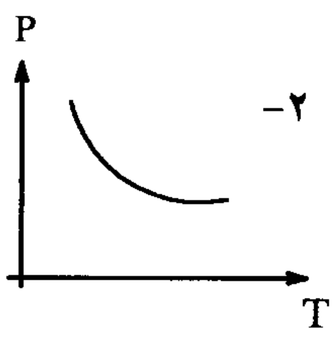
۱- منجمد می‌شود. ۲- بخار می‌شود. ۳- مایع باقی می‌ماند. ۴- پلاسما می‌شود.

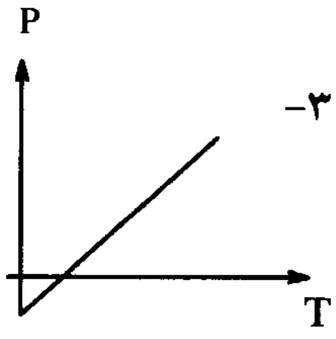
۲۴- در فرآیند هم فشار برای n مول از یک گاز ایده‌آل، دمای گاز از T به ۲T افزایش می‌یابد. کار انجام یافته کدام است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)**

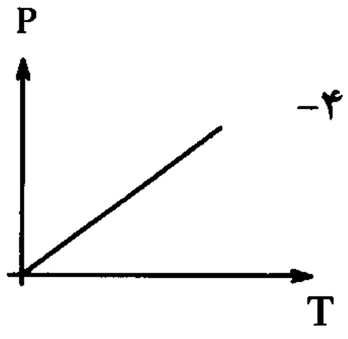
۱- nRT ۲- $2nRT$ ۳- $\frac{1}{2}nRT$ ۴- $3nRT$

۲۵- کدام یک از نمودارهای زیر نمایش قابل قبولی تغییرات فشار با دمای مطلق برای مقدار معینی گاز در حجم ثابت است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷٤)**

۱- 

۲- 

۳- 

۴- 

۲۶- هرگاه دمای مطلق گازی را ۲ برابر و فشار گاز را ۳ برابر کنیم جرم حجمی گاز به چه نسبتی تغییر می‌کند ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱- $\frac{2}{3}$ ۲- $\frac{3}{2}$ ۳- ۲ ۴- ۳

۲۷- فشارسنجی روی کپسول گاز هیدروژن نصب است در زمستان که دمای محیط $3^{\circ}C$ است، فشار ۳ اتمسفر را نشان می‌دهد. در تابستان که دمای محیط به ۲۷ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، فشارسنج چه فشاری را نشان می‌دهد (انبساط کپسول ناچیز و فرض بر این است که گاز مصرف نشده باشد). **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)**

۱- ۳/۸ اتمسفر ۲- ۳۱۰۰ اتمسفر

۳- ۴/۲ اتمسفر ۴- ۳/۳ اتمسفر

۲۸- برای یک گاز ایده‌آل می‌توان نشان داد که ضریب انبساط حجمی در فشار ثابت مساوی است با : **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷٦)**

۱- $\frac{1}{P}$ ۲- $\frac{1}{T}$ ۳- $\frac{nR}{P}$ ۴- $\frac{nR}{V}$

۲۹- یک کپسول هوا را در داخل یک مخزن خلاء به حجم ۲۸۰ لیتر قرار داده‌ایم. دما، فشار و حجم کپسول هوا به ترتیب $20^{\circ}c$ و ۱۴ MPa و ۰/۲۳ lit است. ناگهان کپسول را می‌ترکانیم. اگر هوا را گاز کامل فرض کرده و جدار مخزن عایق حرارت باشد. فشار نهایی هوا برابر است با : (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۰)

۱- ۰/۶۷۱ kPa
۲- ۱۴ MPa
۳- ۱۱/۵ kPa
۴- هیچ کدام

۳۰- در داخل یک پیستون سیلندر به حجم $0/3m^3$ هوا در فشار ۵۰ kPa و دمای $100^{\circ}c$ قرار دارد. هوا به آرامی متراکم می‌شود به طوری که در طی فرآیند(ثابت - PV) است. اگر فشار نهایی در اثر تراکم ۱ Mpa باشد کار فرآیند چند کیلوژول است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۴)

۱- -۱۵
۲- ۱۵
۳- -۴۴/۹
۴- ۴۴/۹

۳۱- نوعی گاز دو اتمی قابل دسترس تجارتی از یک بخش دو اتمی و یک بخش یک اتمی تشکیل شده است $\delta = \frac{m_1}{m}$ درجه تجزیه می‌باشد که در آن m_1 جرم بخش تک اتمی و m جرم کل سیستم است. با استفاده از قانون فشارهای جزئی دالتن معادله حالت گاز را بدست آورید. جرم بخش تک اتمی A گرم در هر مول می‌باشد. (آزمون GRE)

۱- $PV = m(1+\delta)RT/A$
۲- $PV = m(1+\delta)RT/2A$
۳- $PV = m_1RT/A$
۴- $PV = mRT/2A$
۵- $PV = m_1(1+\delta)RT/A$

۳۲- رابطه $p_m = \sum p_i$ (p_m فشار مخلوط گاز، $\sum p_i$ مجموع فشار گازهای مخلوط شونده) در کدام یک از حالات زیر صادق است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی مهندسی مکانیک ۷۷)

۱- حجم و دمای مساوی، فشار مختلف
۲- حجم و دمای نامساوی، فشار مختلف
۳- حجم مساوی، دمای نامساوی، فشار مختلف
۴- حجم نامساوی، دمای مساوی، فشار مختلف

۳۳- یک کپسول محتوی هوا (معادل با گاز کامل) به حجم V ، دمای T و فشار P است. به این کپسول پمپی وصل شده است که به ازای هر مقداری هوا با همان دمای T و به حجم V_1 و فشار P_1 به کپسول وارد شده در نتیجه فشار هوای داخل کپسول P_2 افزایش می‌یابد، اما دما ثابت می‌ماند می‌توان نشان داد که :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)

۱- $P_2V = PV + P_1V_1$

۲- $PV = P_1V_1 + P_2V$

۳- $P_2V = PV - P_1V_1$

۴- $PV = P_1V_1 - P_2V_2$

۳۴- نوعی گاز دو اتمی قابل دسترس تجارتی یک بخش دو اتمی و یک بخش یک اتمی تشکیل شده است. درجه $\delta = \frac{m_1}{m}$ درجه تجزیه می‌باشد که در آن m_1 جرم بخش تک اتمی و m جرم کل سیستم است با استفاده از قانون فشارهای جزئی دالتن معادله حرکت گاز را بدست آورید (جرم بخش تک اتمی A گرم در هر مول می‌باشد).

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)

۱- $PV = m(1+\delta)RT / A$

۲- $PV = m(1+\delta)RT / 2A$

۳- $PV = \frac{m_1RT}{2A}$

۴- $PV = \frac{mRT}{2A}$

۳۵- به چهار کیلوگرم هوا در فشار ثابت ۳/۵ اتمسفر و درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد، مقدار گرمایی معادل ۱۴۰ کیلوگرم وارد می‌شود. کدام یک از گزینه‌های زیر درجه حرارت، هوا می‌باشد ؟ $Cp = 0/24\ kcal/kg$ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۷)

۱- ۱۶۵ °c

۲- ۱۵۰ °c

۳- ۱۳۰ °c

۴- ۱۴۵ °c

۳۶- یک کیلوگرم گاز ایده‌آل در یک سیستم بسته در شرایط ۱۰۰ kpa و ۴۰۰ k موجود می‌باشد. ابتدا طی یک فرآیند فشار ثابت بازگشت‌پذیر و سپس طی یک فرآیند حجم ثابت سیستم را گرم می‌کنیم. اگر نهایتاً فشار و حجم سیستم ۲ برابر مقادیر اولیه باشند گرمای انتقال یافته به سیستم چند kj است ؟

$(C_v = 0/75\ \frac{kj}{kg.k}\ ,\ R = 0/3\ \frac{kj}{kg.k})$ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۶)

۱- ۹۸۰

۲- ۱۰۲۰

۳- ۱۲۶۰

۴- ۱۴۴۰

۳۷- یک مول اکسیژن را که دمای آن صفر درجه سلسیوس است در فشار ثابت گرم می‌نماییم. چه مقدار گرما باید به گاز داد تا حجم آن دو برابر گردد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)

۱- ۳۲۰۰ ۲- ۴۰۸۰ ۳- ۸۰۴۰ ۴- ۱۶۰۰

۳۸- انرژی‌جنبشی‌متوسط مولکولهای یک گاز در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد چقدر است ؟

$k = ۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۳} \frac{J}{^\circ K}$ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)**

۱- $۶/۴۲ \times ۱۰^{-۱۱}$ J ۲- $۴/۳ \times ۱۰^{-۲۲}$ J ۳- $۶/۴۲ \times ۱۰^{-۲۱}$ J ۴- $۴/۲۷ \times ۱۰^{-۲۱}$ J

۳۹- تعبیر دما در نظریه جنبشی گازها به قرار زیر است.

(کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۰)

۱- به عنوان معیاری از گرمای موجود در سیستم ترمودینامیکی

۲- متناسب است با میزان انرژی مبادله شده در سطح مولکولی بین سیستم و محیط

۳- متناسب با میانگین انرژی جنبشی مولکولی است.

۴- معرف خاصیتی ماکروسکوپی است بدون آنکه تعبیری در سطح میکروسکوپی داشته باشد.

۴۰- انرژی‌جنبشی متوسط مولکولهای یک‌گاز در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد چقدر است ؟

$k = ۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۳} \frac{J}{^\circ K}$ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- $۶/۹ \times ۱۰^{-۲۱}$ ژول ۲- $۶/۲ \times ۱۰^{-۲۱}$ ژول

۳- $۶/۴۲ \times ۱۰^{-۲۱}$ ژول ۴- $۶/۶۳ \times ۱۰^{-۲۱}$ ژول

۴۱- آیا می‌توان برای خلاء دمایی تعریف کرد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی فلسفه علم ۸۰)

۱- بله و مقدار آن صفر است. ۲- بله و مقدار آن منفی است.

۳- بله ومقدارآن‌به‌شرایط سیستم‌بستگی دارد. ۴- خیر

۴۲- دو جسم A و B همجنس و دارای دمای یکسان‌اند ولی جرم آنها متفاوت است، کدام یک از کمیتهای زیر برای این دو جسم متفاوت است ؟

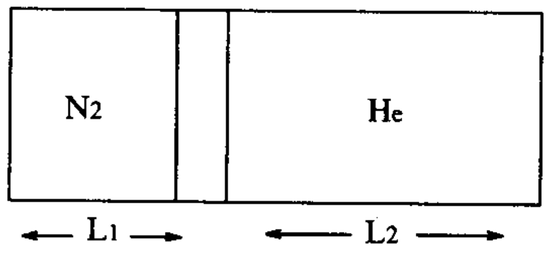
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- ظرفیت گرمایی ویژه ۲- انرژی متوسط مولکولها

۳- ظرفیت گرمایی ۴- دانسیته حجم

۴۳- در سیلندر بسته‌ای پیستون متحرکی قرار دارد که در دو طرف آن گازهای نیتروژن و هلیوم قرار دارد و این پیستون در حال تعادل است نسبت $\frac{L_1}{L_2}$ چقدر است ؟ (جرم گاز نیتروژن ۲۵ mg و جرم گاز هلیوم ۴ گرم است)

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)



۱- $\frac{L_1}{L_2} = ۰/۵$ ۲- $\frac{L_1}{L_2} = ۰/۰۸$

۳- $\frac{L_1}{L_2} = ۱/۲$ ۴- $\frac{L_1}{L_2} = ۰/۳۵$

۴۴- سرعت میانگین مولکولهای هیدروژن در دمای صفر درجه سلسیوس ۱۶۹۴ متر بر ثانیه است. سرعت میانگین ذرات کلوئیدی با وزن مولکولی $۳/۲\times۱۰^{۳}$ کیلوگرم را حساب نمایید.

۱- $۲/۶ m.s^{-۱}$ ۲- $۱/۸ m.s^{-۱}$ ۳- $۲/۵ m.s^{-۱}$ ۴- $۱/۳ m.s^{-۱}$

۴۵- سرعت صوت در یک گاز صفر درجه ۳۳۰ متر بر ثانیه است. سرعت صوت در گاز دیگری که چگالی آن نسبت به هوا ۱/۲ است در ۵۴/۶ درجه سانتی‌گراد چند متر بر ثانیه است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای ۷٤)

۱- ۳۳۰ ۲- ۴۰۰ ۳- ۳۴۰ ۴- ۶۶۰

۴۶- انرژی داخلی گاز ایده‌آل با حجم V_0 و فشار P_0 و درجه حرارت T_0 برابر U_0 است. انرژی داخلی این گاز در اثر انبساط از حجم V_0 به V و درجه حرارت ثابت T_0 برابر U_1 می‌باشد و چنان چه این انبساط از V_0 به V در فشار ثابت P_0 انجام گیرد و انرژی داخلی آن U_2 باشد. (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)

۱- $U_1 > U_2$ ۲- $U_1 < U_2$ ۳- $U_1 = U_2$ ۴- $U_0 = \frac{U_1 + U_2}{2}$

۴۷- کدام گزینه برای یک گاز ایده‌آل صحیح است ؟ در تراکم ایزوترمال، گرمای اضافی ایجاد شده : (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)

۱- از سیستم خارج می‌شود، حجم و فشار گاز تغییر می‌یابند، اما انرژی داخلی آن ثابت می‌ماند.

۲- ازسیستم خارج‌می‌شود، به‌همین‌جهت کاهش‌انرژی‌داخلی گاز سبب تغییر حجم و فشار می‌شود.

۳- سبب کاهش حجم و افزایش فشار گاز می‌شود، اما انرژی داخلی ثابت می‌ماند.

۴- سبب افزایش دمای گاز شده و انرژی داخلی آن ثابت می‌ماند.

۴۸- انرژی داخلی یک گاز ایده‌آل متشکل از مولکولهای دو اتمی برابر است با ..... زیرا انرژی داخلی جنبشی مربوط به : (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- $\frac{۵}{۲}nRT$ حرکتهای انتقالی و دورانی هر مولکول منظور شده است.

۲- $\frac{۳}{۲}nRT$ حرکت دورانی هر مولکول ناچیز به حساب می‌آید.

۳- $\frac{۵}{۲}nRT$ حرکت دورانی هر مولکول قابل ملاحظه‌تر است.

۴- $\frac{۳}{۲}nRT$ حرکتهای انتقالی و دورانی هر مولکول منظور شده است.

۴۹- در یک گلخانه خالی با حجم $۶۰m^۳$ به علت وجود پنجره و درز، فشار برابر فشار بیرون یعنی ۱۰۰ kPa است بر اثر تشعشع خورشیدی دمای گلخانه از $۱۰^\circ C$ (دمای بیرون) به $۴۰^\circ C$ می‌رسد هوا را گاز ایده‌آل می‌گیریم. $C_V = ۰/۷۱۵۹ kj.kg^\circ k$

$R = ۰/۲۸۷ kj/kg^\circ k$ انرژی ذخیره شده در گلخانه برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)

۱- ۲۳۵۰ kj ۲- ۱۰۷ kj

۳- ۰ kj ۴- ۲۴ kj

۵۰- گرمای انتقال یافته برای تغییر حالت مشخصی در یک سیستم (PVT) به مسیر طی شده یعنی شکل تغییرات P برحسب اینتغییر حالت وابسته است زیرا این گرما تابع : (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- حالت اولیه سیستم است. ۲- مختصات P,V نیست.

۳- مختصات P,V است. ۴- نوع تغییر حالت انجام گرفته نیست.

۵۱- گرمای ویژه در فشار ثابت برای یک گاز ایده‌آل $C_P = \frac{۷}{۲}R$ باشد، می‌توان نشان داد که انرژی داخلی این گاز مساوی است با : (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)

۱- $\frac{۳}{۲}nRT$ ۲- $\frac{۵}{۲}nRT$

۳- $\frac{۷}{۲}nRT$ ۴- $۷nRT$

۵۲- یک پمپ، آب را از فشار ۱۰۰ kPa و دمای ۲۰°C به فشار ۸۰۰ kPa می‌رساند. تحول آدیاباتیک و برگشت‌پذیر است. اگر توان مصرفی پمپ ۴kw باشد. شدت جریان آب چند کیلوگرم بر ثانیه است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- ۵/۷ ۲- ۱۳/۴

۳- ۲۹/۲ ۴- ۰/۸۵

۵۳- در یک فرآیند ایزونتروپیک دما و فشار ورودی هوا به ترتیب ۲۵°C و ۱۰۰ kPa است. اگر حجم در انتهای تراکم ۰/۱ حجم اولیه باشد. تغییر انرژی داخلی هوا چند کیلوژول بر کیلوگرم است ؟ $k = ۱/۴ \ , \ \overline{R} = ۸/۳۱۴ \ kj/kmol.^\circ K$

(کنکور کارشناسی ارشد تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۴)

۱- ۱۳۴۵ ۲- ۲۳۲

۳- ۴۵۵ ۴- ۳۲۵

۵۴- اگرانرژی‌داخلی یک گاز که مانند گاز ایده‌آل رفتار می‌کند، $U = \frac{۵}{۲}nRT$ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که گرمای ویژه گاز در حجم ثابت مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)

۱- $\frac{۳}{۲}R$ ۲- $\frac{۵}{۲}R$

۳- $\frac{۷}{۲}R$ ۴- $۵R$

۵۵- انرژی داخلی یک مول گاز ایده‌آل در دمای ۲۷۳^{k} چقدر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- ۴۳۲۰ j ۲- ۳۴۰۳ j

۳- ۲۳۴۷ j ۴- ۳۵۰۰ j

۵۶- یک ظرف کاملاً ایزوله به دو قسمت مساوی تقسیم و توسط غشای نازکی جدا شده است. در یک قسمت گاز ایده‌آلی با فشار ۲ اتمسفر ۲۰ درجه سانتی‌گراد موجود است. در قسمت دیگر غشاء خلاء می‌باشد. در یک لحظه غشا پاره می‌شود و گاز تمامی فضای ظرف را پر می‌کند. درجه حرارت نهایی ظرف کدام است ؟

۱- ۱۰°C ۲- ۲۰°C ۳- کمتر از ۲۰°C ۴- بیشتر از ۲۰°C

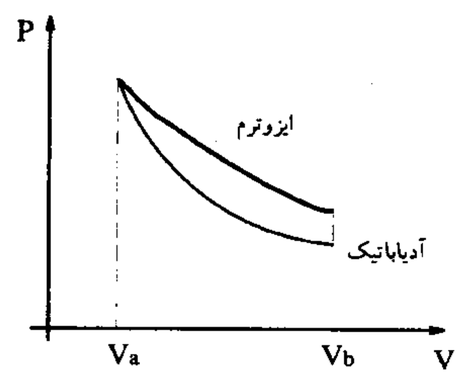
۵۷- خمیرگیری ۵۰ کیلوگرم خمیر ۲۵ درجه سانتی‌گراد را با موتور همزنی به قدرت ۰/۷۵ کیلووات برای مدت ۲۰ دقیقه هم می‌زند. در این فاصله حرارتی برابر با ۳۰۰ کیلوژول از ظرف خمیر به خارج دفع می‌گردد. چنان چه ظرفیت حرارتی خمیر $0/8 kj/kg^{\circ}c$ باشد درجه حرارت نهایی خمیر را حساب کنید. (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۳)

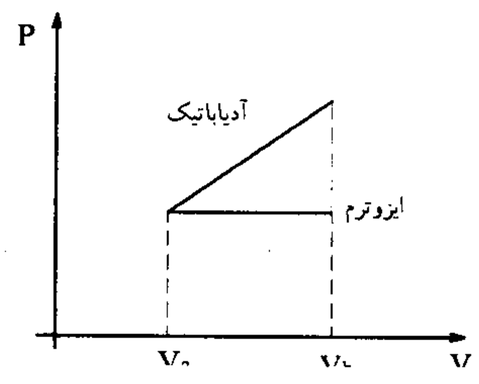
۱- $22/5^{\circ}C$ ۲- $27/5^{\circ}C$ ۳- $40^{\circ}C$ ۴- $17/5^{\circ}C$

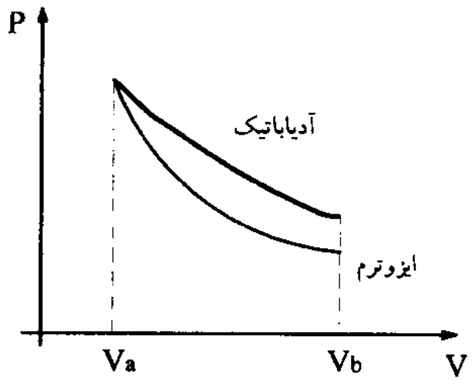
۵۸- سیستمی به جرم ثابت منبسط شده، حجم آن ۱۰ برابر و فشار آن $\frac{1}{10}$ برابر می‌شود (گاز کامل است) انتقال گرما به سیستم برابر است با :
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۶)

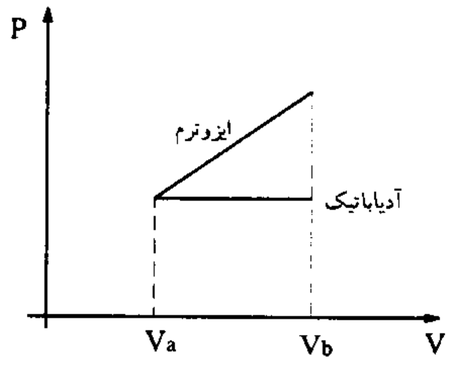
۱- Δu ۲- $C_p \Delta T$
۳- $C_v \Delta T$ ۴- $\int pdV$

۵۹- سیستمی از حجم اولیه V_a به حجم نهایی V_b طی دو پروس ایزوترم و آدیاباتیک می‌تواند منبسط گردد. کدام یک از دیاگرامهای زیر P-V زیر صحیح است ؟

۱-


۲-


۳-


۴-


۶۰- اگر در یک سیستم فرآیند آدیاباتیک انجام شود دما باید ..... یابد.
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۶)

۱- افزایش ۲- افزایش و سپس کاهش
۳- کاهش ۴- کاهش و سپس افزایش

۶۱- هوای داخل بادکنک را سیستم در نظر بگیرید. فشار داخل آن P_1 و فشار محیط P_0 است. اگر در اثر تزریق هوا به داخل بادکنک فشارش به P_2 تغییر کند، کار انجام شده توسط سیستم به محیط کدام است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۵)

۱- $\int_1^2 Vdp$ ۲- $P_2V_2 - P_1V_1$ ۳- $\int_1^2 pdV$ ۴- $P_0(V_2 - V_1)$

۶۲- یک گاز ایده‌آل در درون یک سیلندر پیستون بدون اصطکاک از فشار یک اتمسفر به ۱۰ صورت برگشت‌پذیر (Reversible) و هم دما (Isothermal) فشرده می‌شود. اگر دمای اولیه ۲۰۰ °F باشد، مقدار کار لازم بر حسب BTU/lbmole را حساب کنید.

۱- ۱۱۰۹/۷ ۲- -۱۱۰۹/۷

۳- -۳۰۱۹/۷ ۴- ۳۰۱۹/۷

۶۳- مقداری گاز ایده‌آل در شرایط اولیه $V = 0/25\ m^3$ و $T = 300\ ^\circ k$ و $p = 800\ kPa$ در یک سیلندر و پیستون محبوس است. اگر در یک فرآیند دمای ثابت تا حجم $0/75\ m^3$ منبسط شود چند kj کار انجام شده است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۶ و مهندسی مکانیک ۷۱)

۱- ۲/۲ ۲- ۲۲ ۳- ۲۲۰ ۴- ۲۲۰۰

۶۴- در فرآیند انبساط ایزوترمال در دمای T برای یک گاز ایده‌آل، حجم نهایی به دو برابر حجم اولیه می‌رسد. کار انجام یافته (W) گرمای مبادله شده (Q) و تغییر انرژی داخلی گاز (ΔU) مساوی است با : (دیفرانسیل کار به شکل $dW = pdV$ تعریف می‌شود) (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- $\Delta U = 0\ ,\ Q = -W = nRTLn2$ ۲- $W = 0, \Delta U - Q = nRTLn2$

۳- $Q = 0, \Delta U = W = nRTLn2$ ۴- $\Delta U = 0, Q = W = nRTLn2$

۶۵- یک مول از گاز ایده‌آلی را تحت دمای ثابت T متراکم نموده، حجم آن‌را از V_1 به V_2 کاهش می‌دهیم. در نتیجه قدر مطلق کار انجام یافته مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

۱- $RTLn(\frac{V_1}{V_2} + 1)$ ۲- $RTLn(1 - \frac{V_2}{V_1})$

۳- $RTLn\frac{V_1}{V_2}$ ۴- $RTLn(V_1 - V_2)$

۶۶- در یک فرآیندی بی‌نهایت کوچک برای یک گاز خیالی که تغییر دما و تغییر انرژی داخلی به ترتیب dT و du می‌باشد، $du = \frac{a}{T}dt$ که a مقداری است ثابت. در یک تراکم آدیاباتیک دما از T_1 به T_2 افزایش یافته قدر مطلق کار انجام شده مساوی است با :
(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

۱- $a \ln \frac{T_2}{T_1}$
۲- $\frac{R}{a}(T_2 - T_1)$
۳- $\ln \frac{T_2}{aT_1}$
۴- $R \ln \frac{aT_2}{T_1}$

۶۷- در مورد ظرفیت حرارتی در فشار ثابت (c_p) کدام یک از عبارات زیر صحیح است ؟

۱- تمام گازهای ایده‌آل c_p مشابه هستند.
۲- c_p مستقل از فشار می‌باشد.
۳- c_p گاز ایده‌آل مستقل از درجه حرارت است.
۴- هیچ کدام

۶۸- کدام یک از عبارات برای گرمای ویژه صحیح نمی‌باشد ؟

۱- گرمای ویژه یک فرآیند بستگی به مسیر فرآیند دارد.
۲- گرمای ویژه برای فرآیندی که کار تولید نمی‌کند برابر است با مشتق تابع انرژی داخلی سیستم نسبت به درجه حرارت
۳- برای سیستمی که فشار آن ثابت می‌باشد گرمای ویژه عبارت است از مشتق تابع انرژی داخلی سیستم نسبت به درجه حرارت
۴- گرمای ویژه یک فرآیند بستگی به ثابت بودن فشار و یا حجم فرآیند دارد.

۶۹- کدام یک از عبارات زیر صحیح نمی‌باشد؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۶)

۱- $\frac{C_p}{C_v} < 1$
۲- در جامدات و مایعات C_p و C_v تقریباً با هم برابرند.
۳- در صفر مطلق C_p و C_v با هم برابر می‌شوند.
۴- $(C_p - C_v)$ همواره مقداری مثبت است.

۷۰- اگر (C_v گرمای ویژه در حجم ثابت) و (C_p گرمای ویژه در فشار ثابت) باشد. کدام یک از گزینه‌های زیر صادق است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۷)**

۱- $C_v > C_p$ ۲- $C_v < C_p$

۳- $C_v = C_p$ ۴- $C_v + C_p = R$

۷۱- کدام یک از عبارتهای زیر برای گرمای ویژه صحیح نمی‌باشد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷٤)

۱- گرمای ویژه فرآیندی که کار تولید نمی‌کند برابر است با مشتق تابع انرژی داخلی سیستم نسبت به درجه حرارت

۲- گرمای ویژه یک فرآیند بستگی به ثابت بودن فشار و یا حجم فرآیند دارد.

۳- گرمای ویژه یک فرآیند بستگی به مسیر فرآیند دارد.

۴- برای سیستمی که فشار آن ثابت می‌باشد، گرمای ویژه عبارت است از مشتق تابع انرژی داخلی سیستم نسبت به درجه حرارت

۷۲- به کمک قانون دولانگ - پتی ظرفیت گرمایی سکه‌ای مسی را به دست آورید.

(آزمون GRE)

۱- ۰/۰۴۷ $cal/g.k$ ۲- ۱/۰ $cal/g.k$ ۳- ۰/۵۴ $cal/g.k$ ۴- ۰/۲۷ $cal/g.k$

۵- ۰/۰۹۴ $cal/g.k$

۷۳- در یک فرآیند حجم ثابت دمای ورودی هوا ۷۰۰ k و انتقال حرارت به آن ۱۶۰۰ kj/kg است. دمای نهایی هوا چند درجه کلوین است ؟ $\overline{R} = ۸/۳۱۴ \frac{kj}{kmol.k}$, $\gamma = ۱/۴$

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷٤)

۱- ۱۶۳۱ ۲- ۲۹۱۶

۳- ۲۲۸۴ ۴- ۹۰۹

۷۴- گرمای ویژه در فشار ثابت برای یک گاز تک اتمی که مثل گاز ایده‌آل رفتار می‌کند، $C_p = \frac{۵}{۲}R$ می‌باشد ضریب ۷ برای یک گاز مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷٦)

۱- ۱/۴۰ ۲- ۱/۴۲

۳- ۱/۵۳ ۴- ۱/۶۷

۷۵- گرمای ویژه در حجم ثابت برای یک گاز چند اتمی $C_v = ۳R$ ضریب γ برای این گاز برابر است با : (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

۱- ۱/۱۳ ۲- ۱/۲۳ ۳- ۱/۳۳ ۴- ۱/۴۳

۷۶- گاز ایده‌آلی به ظرفیت گرمایی C ، فشار P ، حجم V و دمای T موجود است. در یک فرآیند هم فشار، حجم و دمای گاز را به دو برابر افزایش می‌دهیم. گرمای انتقال یافته مساوی است با : (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

۱- $\frac{۱}{۲}(CT + PV)$ ۲- $CT + PV$ ۳- $۲CT + \frac{PV}{۲}$ ۴- $۲(CT + PV)$

۷۷- برای یک گاز ایده‌آل نسبت گرمای ویژه در فشار ثابت به گرمای ویژه در حجم ثابت $\frac{C_p}{C_v} = \frac{۵}{۳}$ می‌باشد می‌توان نشان داد که : (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- $C_V = ۳R \ , C_p = ۵R$ ۲- $C_V = \frac{۳}{۴}R \ , C_p = \frac{۵}{۴}R$

۳- $C_V = \frac{۳}{۲}R \ , C_p = \frac{۵}{۲}R$ ۴- $C_V = \frac{۲}{۵}R \ , C_p = \frac{۲}{۳}R$

۷۸- سیلندر و پیستونی حاوی هوا در دمای $۲۵\ ^\circ C$ و فشار ۲۰۰ kPa می‌باشد. هوا طی یک فرآیند آدیاباتیک و برگشت‌پذیر تا فشار ۱/۶ Mpa متراکم می‌گردد. با فرض گرمای ویژه ثابت برای هوا ($C_p = ۱^{kj}/_{kg} \ , k = ۱/۴$) مقدار کار انجام شده بر روی هوا چند kj/kg است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۲)

۱- ۱۴/۵ ۲- ۲۴۲ ۳- ۱۷۲/۸ ۴- ۹۸/۵

۷۹- گازی با حجم V توسط یک پیستون در یک سیلندر نگاه داشته شده است و فشاری معادل P به پیستون اعمال می‌کند گاز با آرامی منبسط می‌شود و پیستون را به سمت خارج هدایت می‌کند. اگر رابطه P و V در هر لحظه از فرمول $PV^{۱/۲} = k$ به دست آید (که V بر حسب $m^۳$ و p بر حسب pa می‌باشد). در این صورت کار انجام شده توسط گاز بر روی پیستون را محاسبه نمایند. فرض کنید که حجم و فشار اولیه گاز به ترتیب معادل $۰/۰۳ m^۳$ و $۱۵\times۱۰^۵ pa$ و حجم و فشار نهایی گاز به ترتیب معادل $۰/۱۶۰۸ m^۳$ و $۲\times۱۰^۵ pa$ باشند. (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی ۷۸)

۱- ۵۰۰ j ۲- ۵۰۲۰۰ j ۳- ۶۴۲۰۰ j ۴- ۱۰۰۰۰ j

۸۰- در انبساط آدیاباتیک ایستاوار برای یک گاز ایده‌آل، اگر گاز از حالت (P_i , V_i) به حالت (P_f , V_f) برسد کار انجام یافته (W) مساویست :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)

۱- $(\gamma - ۱)(P_i V_i - P_f V_f)$

۲- $\frac{P_f V_f - P_i V_i}{(\gamma + ۱)}$

۳- $(\gamma + ۱)(P_f V_f - P_i V_i)$

۴- $\frac{P_i V_i - P_f V_f}{(\gamma - ۱)}$

۸۱- فرآیند آدیاباتیک عبارت است از فرآیندی که در آن :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- فشار ثابت است.

۲- انرژی داخلی ثابت است.

۳- افزایش پیدا می‌کند.

۴- نیاز به اطلاعات بیشتری جهت جواب دادن است.

۸۲- در یک فرآیند آدیاباتیک برای یک مول گاز ایده‌آل، دمای گاز از T_i به T_f افزایش می‌یابد. اگر $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ باشد، قدر مطلق کار انجام یافته مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۸)

۱- $(\gamma - ۱)R(T_f - T_i)$

۲- $\frac{R}{\gamma + ۱}(T_f - T_i)$

۳- $(\gamma + ۱)R(T_f - T_i)$

۴- $\frac{R}{۱ - \gamma}(T_f - T_i)$

۸۳- طی یک فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیر، همواره : (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- گرما به سیستم وارد و خارج نمی‌شود.

۲- سیستم تغییر آنتاپی نمی‌دهد.

۳- انرژی داخلی سیستم تغییر نمی‌کند.

۴- روی سیستم کار ترمودینامیکی انجام نمی‌شود.

۸۴- در انبساط آدیاباتیک (بی‌دررو) یک گاز ایده‌آل، اگر حجم گاز از $V_۰$ به $۲V_۰$ تغییر یابد (دو برابر شود) دما چه تغییری خواهد کرد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴)

۱- به $۱/۵۹ T_۰$ افزایش می‌یابد.

۲- ثابت باقی می‌ماند.

۳- به $۰/۵ T_۰$ کاهش می‌یابد.

۴- به $۰/۶۳ T_۰$ کاهش می‌یابد.

۸۵- گاز ایده‌آل که به طور حرارتی ایزوله شده به طور شبه استاتیک از حالت اولیه حجم $V_\circ$ و فشار $P_\circ$ به حالت نهایی حجم V_f و فشار P_f فشرده می‌شود. کار انجام شده روی گاز در این فرآیند را بیابید. (آزمون GRE)

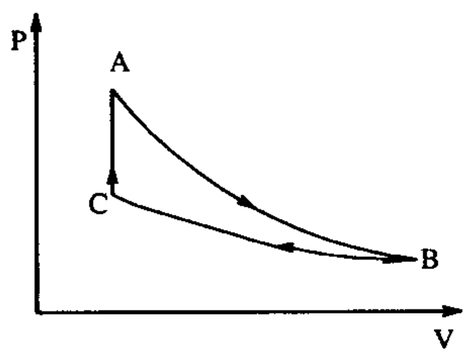
۱- $P_f V_f - P_\circ V_\circ$ ۲- ۰

۳- $(C_p - C_v)/R(P_f V_f - P_\circ V_\circ)$ ۴- $(C_P/R)(P_f V_f - P_\circ V_\circ)$

۵- $(C_V/R)(P_f V_f - P_\circ V_\circ)$

۸۶- یک مول گاز یک اتمی از نقطه $(P_A = 1atm, T_A = 273\ K)$ شروع به انبساط بی‌دررو کرده و به نقطه B می‌رسد که در آن $V_b = 2V_A$ سپس با یک تراکم تک دما به نقطه C با همان حجم اولیه $(V_C = V_A)$ رسیده و بالاخره با افزایش فشار و حجم ثابت به نقطه A برمی‌گردد. کار انجام شده در این چرخه چقدر است ؟ $\gamma = \frac{5}{3}$

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)



۱- ۳۰۰ j

۲- ۲۲۵ j

۳- ۳۴۰ j

۴- ۲۶۸ j

۸۷- هوا طی یک فرآیند درون یک سیلندر و پیستون از فشار ۱۰۰ kPa به ۳۰۰ kPa متراکم می‌گردد. حجم اولیه هوا ۲۰۰ lit است و فرآیند به صورت $PV^{1/2} = C$ می‌باشد. مقدار کار طی پروسه فوق چقدر است ؟ هوا را گاز ایده‌آل فرض نماییم.

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی ۷۸)

۱- -۴/۰۱۸ kj ۲- +۴/۰۱۸ kj

۳- -۶۴۹/۴ kj ۴- -۴۹/۴ kj

۸۸- یک مول از یک گازایده‌آل به‌ظرفیت حرارتی ثابت در یک فرآیند مکانیکی برگشت‌پذیر شرکت می‌کند. در این تحول تغییر انرژی داخلی برابر کدام است :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۵)

۱- $(y-1)\Delta(PV)$ ۲- $(y-1)\Delta(PV)^y$

۳- $\frac{1}{(y-1)}\Delta(PV)^y$ ۴- $\frac{1}{(y-1)}\Delta(PV)$

۸۹- در یک تجربه آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری چگالی یک جسم کروی شعاع کره اندازه‌گیری شده برابر $r = ۲۵\ cm \pm ۰/۱ cm$ جرم کره برابر $m = ۱۸۳\ gr \pm ۳gr$ می‌باشد خطای نسبی ρ را که با $\frac{\Delta P}{P}$ نشان داده می‌شود بدست آورید. (آزمون GRE)

۱- ۰/۰۱۶ ۲- ۰/۰۰۴ ۳- ۰/۰۱۲ ۴- ۰/۰۲۰ ۵- ۰/۰۰۸

۹۰- انتقال صوتی در گاز ممکن است به شکل آدیاباتیک در طبیعت باشد. برای یک گاز کامل با سه درجه آزادی با چه ضریبی سرعت صوت تغییر می‌کند. هرگاه فشار در چگالی ثابت دو برابر شود ؟ (آزمون GRE)

۱- با ضریب $\sqrt{۲}$ افزایش پیدا می‌کند. ۲- با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.

۳- با ضریب ۲ کاهش پیدا می‌کند. ۴- با ضریب $\sqrt{۲}$ کاهش پیدا می‌کند.

۵- ثابت می‌ماند.

۹۱- نسبت سرعت متوسط مولکولهای هیدروژن به اکسیژن در دمای یکسان برابر است با: (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- ۴ ۲- $\frac{۱}{۴}$ ۳- $\frac{۱}{۸}$ ۴- ۸

۹۲- در فشار ثابت دمای یک مولکول گاز تک اتمی را دو برابر می‌کنیم، سرعت متوسط اتمها چند برابر می‌شود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- ۴ برابر ۲- ۲ برابر

۳- $\sqrt{۲}$ برابر ۴- $۲\sqrt{۲}$

۹۳- اگر تغییر حالت ماده خالص در فشار ثابتی (کمتر از خط فشار سه گانه) انجام گیرد این تغییر حالت باید : (کنکور کارشناسی ارشد تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷٤)

۱- از مایع به بخار یا بالعکس باشد. ۲- از بخار به مخلوط مایع و جامد باشد.

۳- از جامد به مایع یا بالعکس باشد. ۴- از جامد به بخار یا بالعکس باشد.

۹۴- راه‌های مؤثر برای افزایش تعداد برخوردهای مولکولهای یک گاز در واحد زمان عبارت است از : (کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۰)

۱- افزایش دمای گاز با حرارت دادن آن ۲- افزایش فشار گاز با منقبض کردن آن

۳- افزایش حجم گاز با منبسط کردن آن ۴- موارد ۱ و ۲

۹۵- از توزیع سرعت ماکسول برای یافتن نسبت سرعت متوسط مولکول N_2 سرعت فرار از سطح زمین استفاده کنید و میزان آن را بیابید. **(آزمون GRE)**

۱- ۱/۰

۲- ۰/۴۴

۳- ۰/۰۳۸

۴- ۱/۸۶

۵- ۰/۰۵۶

۹۶- مسافت آزاد میانگین برای ۱۵ مهره ژلاتینی کروی که در داخل کیسه‌ای با شدت تکان داده می‌شود چقدراست ؟ حجم‌کیسه را یک‌لیتر و قطر هرمهره ژلاتینی را یک سانتی-متر بگیرید. **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۶)**

۱- ۱/۵ سانتی‌متر ۲- ۰/۱۵ سانتی‌متر

۳- ۱۵۰ سانتی‌متر ۴- ۱۵ سانتی‌متر

۹۷- معادله واندروالس برای یک گاز از رابطه $P=\frac{RT}{V-b}-\frac{a}{V^2}$ به دست می‌آید. در این معادله : **(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)**

۱- b یک ضریب تصحیح برای فشار ناشی از نیروهای جاذبه بین مولکولی است.

۲- b معرف حجم یک مولکول و $\frac{a}{V^2}$ نشانگر فشار ناشی از یک مولکول است.

۳- b یک ضریب تصحیح برای حجم اشغال شده توسط مولکولهاست.

۴- $\frac{a}{V^2}$ معرف حجم یک مولکول و b فشار ناشی از یک مولکول را بیان می‌دارد.

۹۸- یک مول از یک گاز در یک پیستون از حجم V_1 به حجم V_2 انبساط پیدا نموده است. فرض نمایید که فرآیند، هم دما (Isothermal) و برگشت‌پذیر انجام می‌شود و گاز از معادله $p(v-b)=RT$ که b عدد ثابت می‌باشد، پیروی نماید. معادله کار انجام شده برای فرآیند فوق عبارت است از :

۱- $RTLn\frac{P_1}{P_2}$ ۲- $RTLn\frac{V_1}{V_2}$

۳- $RTLn\frac{P_2-b}{V_1-b}$ ۴- هیچ کدام

۹۹- گاز واندروالس با حجم مولی V_1 و درجه حرارت T_1 در یک پیستون به صورت آدیاباتیک متراکم شده و حجم آن به V_2 و درجه حرارت آن به T_2 رسیده است. اگر گرمای ویژه گاز C_V باشد، کار انجام شده کدام است ؟ (پارامتر معادله حرکت = a)

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۸)

۱- $a(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1})$

۲- $C_v(T_2-T_1)$

۳- $C_v(T_2-T_1)+a(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1})$

۴- هیچ کدام

۱۰۰- در معادله حرکت واندروالس $(P+\frac{a}{V^2})(V-b)=RT$ برای گازها :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۸)

۱- a تابعی از فشار می‌باشد.

۲- a حجم واقعی مولکولهای گاز است.

۳- $\frac{a}{V^2}$ ضریب تصحیح برای نیروهای واندروالس می‌باشد.

۴- ضریب ویربال می‌باشد.

۱۰۱- معادله حالت یک گاز حقیقی از رابطه $P(V-b)=RT$ پیروی می‌کند که در آن P فشار و b مقدار ثابت معینی است. یک مول این گاز در یک فرآیند انبساط برگشت‌پذیر هم دما از حجم اولیه V_1 به حجم نهایی V_2 می‌رسد. کار انجام شده برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۶)

۱- $bRTLn(\frac{V_2}{V_1})$

۲- $RTLn(\frac{V_2-b}{V_1-b})$

۳- $RTLn(b\frac{V_2}{V_1})$

۴- $Ln(RTb\frac{V_2}{V_1})$

۱۰۲- درمعادله $(P+\frac{a}{v^2})(v-b)=RT$ (معادله واندروالس) مقادیر a و b چنین می‌باشند ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۶)

۱- مقادیر a همواره مثبت و مقادیر b همواره منفی است.

۲- مقادیر a و b می‌توانند مثبت و یا منفی باشند.

۳- مقادیر a و b همواره مقادیر ثابت و مثبت می‌باشند.

۴- مقادیر a و b همواره منفی می‌باشند.

۱۰۳- در مورد معادله حالت واندروالس کدام جمله صادق است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۵)

۱- پارامترهای این معادله (a,b) فقط تابع دما هستند.

۲- درشرایط‌دما وفشارنقصانی‌یکسان (T_r , P_r) همه‌اجسام خالص ضریب تراکم‌پذیری یکسان دارند.

۳- در شرایط تعادل دو فاز مایع و بخار، همواره ۳ جواب حقیقی برای ضریب تراکم‌پذیر دارد.

۴- قادر به محاسبه فشار بخار اشباع مایعات خالص نیست.

۱۰۴- در انبساط ایزوترمال یک گاز به معادله حالت $P(V-b)=nRT$ ، حجم را از ۲b به b ۳ افزایش می‌دهیم. اگر گرمای انتقال یافته به گاز برابر ۲ واحد باشد، تغییر انرژی داخلی گاز مساوی است با : (دیفرانسیل کار به شکل $dW = pdv$ تعریف شود).

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- $۲ + nRTLn\frac{۲}{۳}$ ۲- $۲ - nRTLn\frac{۳}{۲}$

۳- $۲ + nRTLn۲$ ۴- $۲ - nRTLn۲$

۱۰۵- در معادله حالت $P=\frac{RT}{v-b}-\frac{a}{v^۲}$ کدام یک از عبارات زیر در مورد پارامتر b صادق است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷٤)

۱- تأثیر فاصله بین مولکولهای گاز ۲- تأثیر نیروهای داخلی بین مولکولی

۳- تأثیر نیروهای جذبی بین مولکولی ۴- تأثیر حجم اشغال شده توسط مولکولها

۱۰۶- مدول‌بالک آب برابر است با $B = ۲/۰۴ \times ۱۰^۹ Pa$ طول موج موجی با فرکانس Hz ۲۶۲ را بیابید.

(آزمون GRE)

۱- ۱۰/۹ M ۲- ۵/۴۵ M ۳- ۸/۳۲ M ۴- ۴/۱۶ M

۵- ۱۵/۳ M

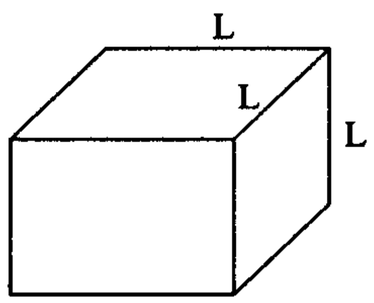
۱۰۷- لاستیک اتومبیلی در دمای $۲۰^\circ c$ تابستان با فشار psi ۳۵ پر شده است، فشار لاستیک هنگامی که دما به صفر درجه در زمستان می‌رسد چقدر می‌شود ؟ توجه کنید که حجم تغییری ندارد و فشار اتمسفر دارای مقدار ثابت psi ۱۴/۷ است.

(آزمون GRE)

۱- ۴۹/۷ psi ۲- ۳۵ psi ۳- ۱۴/۷ psi ۴- ۳۱/۶ psi

۵- ۴۶/۴ psi

+ ۱۰۸- جعبه مکعبی به طول L شامل n مولکول به شعاع a در هر cc می‌باشد. تعداد متوسط برخوردهایی که یک مولکول گاز ایده‌آل در داخل جعبه انجام می‌دهد را حدس بزنید. $\alpha = ۱۸^\circ, L = ۱۰۰\ m$ (آزمون GRE)



۱- $۱۰^{۲۰}$

۲- $۱۰^{۱۷}$

۳- $۱۰^{۸}$

۴- $۱۰^{۱۰}$

۵- $۱۰^{۲۴}$

۱۰۹- سه مول از گاز کامل دو اتمی به دمای ۳۰۰ درجه کلوین حجم ۲۰ متر مکعب را اشغال می‌کند چنانچه این گاز به شکل آدیاباتیک منبسط شود و به حجم ۴۰ متر مکعب برسد فشار نهایی چقدر است ؟ (آزمون GRE)

۱- $۱/۶۲ \times ۱۰^{۳}\ d/cm^{۲}$

۲- $۱/۴۲ \times ۱۰^{۳}\ d/cm^{۲}$

۳- $۲/۸۴ \times ۱۰^{۳}\ d/cm^{۲}$

۴- $۱/۸۲ \times ۱۰^{۳}\ d/cm^{۲}$

۵- $۳/۷۴ \times ۱۰^{۳}\ d/cm^{۲}$

۱۱۰- در انبساط همدمای یک گاز ایده‌آل ..... (کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۱)

۱- فشار و انرژی داخلی هر دو کاهش می‌یابند.

۲- فشار کاهش یافته انرژی داخلی ثابت می‌ماند.

۳- کار انجام یافته صرف افزایش انرژی داخلی می‌شود.

۴- کار انجام یافته صرف کاهش انرژی داخلی می‌شود.

۱۱۱- کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فلسفه علم ۸۱)

۱- دمای یک سیستم حاکی از گرمای موجود در آن سیستم است.

۲- دمای یک سیستم فقط در سطح ماکروسکوپی مفهوم دارد.

۳- دمای یک سیستم حاکی از میانگین انرژی جنبشی مولکولهای آن است.

۴- دمای یک سیستم فقط در صورتی معنادار است که سیستم با محیط خود انرژی مبادله کند.

۱۶-۷ پاسخنامه تشریحی

۱-۲)

۲-۳) انرژی داخلی به انرژی حرکتهای انتقالی و دورانی ملکولها وابسته بوده و دما نیز مستقل از ماهیت گاز بوده و گرما نیز به مسیر طی شده و فرآیند بستگی دارد. از طرفی گرما و کار به مسیر وابسته‌اند اما در فرآیند آدیاباتیک $Q=0$ و بنابراین $W=-\Delta U$ و در نتیجه W مستقل از مسیر است چون ΔU مستقل از مسیر است.

۲-۳)

حجم اشغال شده یک مول اکسیژن (۳۲ گرم) = ۲۲/۴ lit

$$\text{حجم اشغال شده یک گرم} = \frac{۲۲/۴}{۳۲} = ۰/۷\text{lit}$$

۱-۴)

$$\frac{PV}{T} = nR \ , \ V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow \frac{pm}{\rho T} = nR \Rightarrow \boxed{\rho = \frac{pm}{nRT}} = \frac{PM}{RT}$$

$$M = \frac{m}{n} \text{ جرم هر مول} \Rightarrow m = \text{حجم کل گاز}$$

۴-۵)

$$PV = nRT \Rightarrow (۲۰۰ \times ۱۰^{۳}\text{pa})(۵۰۰ \times ۱۰^{-۳}\text{m}^{۳}) = n(۸/۳۱۴)(۳۰۳)$$

$$\Rightarrow \text{تعداد مولها} = ۳۹/۶۹ \text{ مول}$$

تقریباً ۷۸٪ حجم هوا N_2 و ۲۱٪ اکسیژن است. اگر از بقیه موارد صرف‌نظر کنیم :

$$(M_{N_2} = ۲۸ \ , M_{O_2} = ۳۲)$$

$$m = (۰/۷۸)(۳۹/۶۹)(۲۸) + (۰/۲۱)(۳۹/۶۹)(۳۲) = ۱۱۳۳ \ \text{gr}$$

پاسخ نزدیک به گزینه ۴ است.

۱-۶)

$$PV = nRT \quad T = ۲۷۳ + ۱۰۰ = ۳۷۳ \ ^{\circ}\text{k}$$

$$n = ۱ \Rightarrow \text{حجم یک مول } V = nRT/P = \frac{(۱)(۸/۳۱۴)(۳۷۳)}{۱۰^{۵}} = ۰/۰۳۱ \ \text{m}^{۳}$$

$\rho =$ چگالی جرمی $= M/V$ ، جرم یک مول آب $= ۱۸\ gr (= ۲\times۱+۱\times۱۶)$

$$\Rightarrow \rho = \frac{۱۸\times۱۰^{-۳}\ kg}{۰/۰۳۱} \cong ۰/۵۸۸\ kgm^{-۳}$$

(۲-۷

ثابت $= T = ۸۰\ C$ ، $P_۱V_۱ = P_۲V_۲$: فرآیند ایزوترم (تک‌دما)

$$(۰/۱۵\ m^۳)(۱/۱\frac{MN}{m^۲}) = P_۲(۰/۷۵\ m^۳) \Rightarrow P_۲ = ۰/۲۲\ \frac{MN}{m^۲} = ۰/۲۲\ \frac{۱۰^۶ N}{m^۲} = ۲۲۰\ \frac{KN}{m^۲}$$

(۲-۸

دما ثابت است : $P_۱V_۱ = P_۲V_۲$

$$\Rightarrow V_۲ = \frac{P_۱V_۱}{P_۲} = \frac{(۱/۴۵\times۱۰^۷)(۱۴/۲\times۱۰^{-۳})}{۱/۰۱\times۱۰^۵} = ۲/۰۳\ m^۳$$

پس از تبدیل به $ft^۳$ برابر با : $\cong ۷۲\ ft^۳$

(۳-۹

$$\frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲}\ ,\ T_۲ = T_۱ + ۳۰\ ,\ V_۲ = V_۱ + \frac{۱}{۱۰}V_۱$$

(T بر حسب کلوین است و $\Delta T_c = \Delta T_k = ۳۰$)

$$\Rightarrow \frac{۱}{T_۱} = \frac{۱+\frac{۱}{۱۰}}{T_۱ + ۳۰} \Rightarrow T_۱ + ۳۰ = T_۱ + \frac{T_۱}{۱۰} \Rightarrow T_۱ = ۳۰۰\ k = ۲۷۳ + ۲۷$$

بنابراین $T_۱ = ۲۷^\circ C$ است.

(*-۱۰

$$P = ۱۰^{-۱۰}\ atm = ۱۰^{-۱۰}(۱۰^۵)\ pa = ۱۰^{-۵} pa\ ,\quad \text{جرم مولی} = ۲۸\ gr$$

$$V = ۲۰۰۰ cm^۳ = ۲\times۱۰^{-۳}\ m^۳\ ,\ T = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰ k$$

$$\text{تعداد مول}\ n = \frac{PV}{RT} = \frac{(۱۰^{-۵})(۲\times۱۰^{-۳})}{۸/۳۱۴\ (۳۰۰)} = \frac{۲\times۱۰^{-۶}}{۸/۳۱۴\times۳} \cong ۸/۰۱\times۱۰^{-۸}$$

$$m = nM = (۸/۰۱)\times۱۰^{-۸}\times۲۸ = ۲/۲۴\times۱۰^{-۶}\ gr = ۲/۲۴\times۱۰^{-۹}\ kg$$

(۳-۱۱

$$\begin{cases} P = ۵\,atm = ۵\times ۱۰^{۵}\,Pa \\ T = ۲۷۳ + ۲۰ = ۲۹۳\ k \\ n = ۱ kmol \Rightarrow M = ۱۶\ kg \end{cases} \Rightarrow \text{حجم یک مول } V = \frac{nRT}{P} = \frac{(۱)(۸/۳۱۴)(۲۹۳)}{۵\times ۱۰^{۵}}$$

$$\Rightarrow \text{جرم یک مول } = ۱۶\times ۱۰^{-۳}$$

$$\Rightarrow V = ۴۸۷/۲\times ۱۰^{-۵}\,m^{۳}$$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{۱۶\times ۱۰^{-۳}}{۴۸۷/۲\times ۱۰^{-۵}} \cong ۳/۳۳\ \frac{kg}{m^{۳}}$$

(۳-۱۲

$$PV = nRT \Rightarrow ۰/۷۵\times ۵۰ = n\times ۸۳/۱۴\times ۳۰۰$$

$$n = ۰/۰۰۱۵$$

$$m = nM_{O_۲} = ۰/۰۰۱۵\times ۳۲ = ۰/۰۴۸\ kg = ۴۸\ gr$$

(۲-۱۳

$$\text{حجم } V = (۳)(۴)(۵) = ۶۰\ m^{۳}$$

$$T = ۲۷^{\circ} + ۲۷۳/۱۶ = ۳۰۰/۱۶\ k\ ,\ \text{جو } P = ۱۰^{۵}\,Pa$$

$$PV = nRT \Rightarrow \text{تعداد مولها } n = \frac{PV}{RT} = \frac{(۱۰^{۵})(۶۰)}{(۸/۳۱۴)(۳۰۰/۱۶)} = ۲۴۰۴\ mol$$

$$\cong ۲/۵\times ۱۰^{۳}$$

(۲-۱۴

$$V = ۵۰۰\ m^{۳}\ ,\ P = ۱ atm = ۱۰^{۵} Pa$$

دمای گاز در بالون و کپسول یکی است اگر V' حجم گاز بالون در فشار $P' = ۱۵\times ۱۰^{۵} Pa$ باشد.

$$P'V' = PV \Rightarrow V' = ۱۰^{۵}(۵۰۰)/۱۵\times ۱۰^{۵} = ۳۳/۳۳\ m^{۳}$$

$$\text{تعداد کپسول} = \frac{۳۳/۳۳}{۲/۵} \cong ۱۳/۵$$

(۳-۱۵

$$P = cte\ ,\ \frac{PV}{T} = nR \Rightarrow \text{کاهش دما } \Delta T < ۰ \Rightarrow$$ حجم کاهش می‌یابد.

با کاهش حجم چگالی گاز بالا رفته و نیروی ارشمیدس وارده ρvg افزایش می‌یابد و پر کاه به طرف بالا صعود می‌کند.

(۲-۱۶

$$\text{حجم لامپ ثابت است} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{۱۰^۵}{۲۷۳ + ۲۰} = \frac{P_2}{۲۷۳ + ۱۵۰}$$

$$\Rightarrow P_2 = ۱/۴۴ \times ۱۰^۵ Pa = ۱/۴۴ \, At$$

(۲-۱۷

$$\left.\begin{matrix} P_1V_1 = RT_1 \\ P_2V_2 = RT_2 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{۲۹۳/۱۵}{۳۱۳/۱۵} = ۰/۹۴$$

(۴-۱۸

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_1(۳V_1)}{T_2} \Rightarrow T_2 = ۳T_1 = ۳(۳۰۰) = ۹۰۰$$

$$Q = mc_p(T_2 - T_1) = ۲(۱/۰۰۰۳۵)(۹۰۰ - ۳۰۰) = ۱۲۰۴/۲ kj$$

(۴-۱۹

$$T = \text{ثابت} \quad \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2} = \frac{P_1V_1}{۲V_1} = \frac{P_1}{۲}$$

(۲۰-۱

$$\begin{cases} T_1 = ۱۲۷ + ۲۷۳ = ۴۰۰ \, k \\ P_1 = ۳۰ \times ۱۰^۳ Pa \\ V_1 = ۴m^۳ \, , \, V_2 = ۲/۵ m^۳ \\ P_2 = ۹۰ \times ۱۰^۳ Pa \, , \, T_2 = ? \end{cases}$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{۳۰ \times ۱۰^۳ \times ۴}{۴۰۰} = \frac{۹۰ \times ۱۰^۳ \times ۲/۵}{T_2} \Rightarrow \boxed{T_2 = ۷۵۰ \, k}$$

(۴-۲۱

$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nR}{P}T$$

$$P = \text{ثابت} \, , \, T_1 \rightarrow T_2 \Rightarrow \Delta V = \frac{nR}{P}(T_2 - T_1) = \frac{nR}{VP}V(T_2 - T_1) = \beta V \Delta T$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{nR}{VP}, k = -\frac{۱}{V}\frac{dV}{dP} = -\frac{۱}{V}\frac{-nRT}{P^۲} = \frac{۱}{P} \Rightarrow \frac{\beta}{k} = \frac{nR}{V}$$

۳-۲۲)

$$۱\to ۲\to ۳ \qquad V_۳ = ۲V_۲ = ۲(۲V_۱) = ۴V_۱ \ , \ T_۲ = T_۱$$

$$۱\to ۲: \frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲(۲V_۱)}{T_۱} \Rightarrow P_۲ = (\frac{P_۱}{۲}) \ , \ ۲\to ۳ : P_۳ = P_۲ = (\frac{P_۱}{۲})$$

$$۲\to ۳ : \frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۳V_۳}{T_۳} = \frac{(\frac{P_۱}{۲})(۴V_۱)}{T_۳} \Rightarrow T_۳ = ۲T_۱$$

۱-۲۳) با توجه به حجم ثابت آب و افت فشار، دما سریعاً کاهش می‌یابد.

۱-۲۴)

تک‌فشار : $\frac{PV}{T} = \frac{PV'}{۲T} \Rightarrow V' = ۲V$

$$W = \int PdV = P\int_{v}^{۲v} dV = P(۲V - V) = PV \ , \ PV = nRT \Rightarrow W = nRT$$

۴-۲۵) با توجه به رابطه $\frac{PV}{T} = nR$ وقتی که مقدار V ثابت باشد همواره خواهیم داشت :

$$P/T = \text{ثابت} \Rightarrow P \propto T$$

یعنی P با T یک رابطه خطی دارد.

۲-۲۶)

$$\begin{cases} T_۲ = ۲T_۱ \\ P_۲ = ۳P_۱ \\ \rho_۲ = ?\rho_۱ \end{cases} \qquad \frac{\rho_۲}{\rho_۱} = \frac{P_۲}{P_۱}\frac{T_۱}{T_۲} \Rightarrow \frac{\rho_۲}{\rho_۱} = \frac{۳P_۱}{P_۱}\frac{T_۱}{۲T_۱} = \frac{۳}{۲}$$

$$\Rightarrow \rho_۲ = \frac{۳}{۲}\rho_۱$$

۴-۲۷)

$$\begin{cases} \theta_۱ = -۳^\circ C \\ P_۱ = ۳\,atm \\ \theta_۲ = ۲۷^\circ C \\ P_۲ = ? \end{cases} \qquad T_۱ = -۳ + ۲۷۳ = ۲۷۰\ ^\circ k \ , \ T_۲ = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰\ k$$

$$P_۱V_۱/T_۱ = P_۲V_۲/T_۲ \Rightarrow \frac{۳}{۲۷۰} = \frac{P_۲}{۳۰۰} \Rightarrow \boxed{P_۲ = ۳/۳\,atm}$$

حجم کپسول ثابت و $V_۱ = V_۲$ است.

۲-۲۸)

$$\begin{cases} PV = nRT \Rightarrow V = (\frac{nR}{P})T \ , \ P = \text{ثابت} \\ T_1 \to T_2 \Rightarrow \Delta V = (\frac{nR}{P})(T_2 - T_1) = (\frac{nR}{PV})V(T_2 - T_1) = \beta V(T_2 - T_1) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{nR}{PV} = \frac{1}{T}$$

۲-۲۹)

$V_1 = 0/23 \text{ lit}, V_2 = 280 \text{ lit}$

$P_1 = 14 \text{ Mpa} \ , \ P_2 = ?$

$T_1 = T_2 = 293 \text{ k}$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = 11/5 \text{kPa}$$

۲-۳۰)

$$P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow 0/3 \times 50 \times 10^{-3} = 1 \times 10^{6} V_2 = C$$

$$\Rightarrow V_2 = 15 \times 10^{-3} m^3$$

$$W = \int_1^2 PdV = \int_1^2 \frac{C}{V} dV \Rightarrow 0/3 \times 50 \times 10^{-3} \text{Ln} \frac{V_2}{V_1} = -15 \times 10^{-3} \text{ j} = 15 \text{ kj}$$

۲-۳۱) با استفاده از قانون دالتون داریم :

$$P = P_1 + P_2 = (n_1 + n_2)\frac{RT}{V}$$

$$= (\frac{m_1}{A} + \frac{m_2}{2A})\frac{RT}{V} \Rightarrow PV = [m_1 + \frac{1}{2}(m - m_1)]RT/A$$

$$= \frac{1}{2A} m(1 + \delta)RT$$

۲-۳۲)

تعداد مولها $n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4$

$$\frac{PV}{RT} = \frac{P_1V_1}{RT_1} + \frac{P_2V_2}{RT_2} + \frac{P_3V_3}{RT_3} + \frac{R_4V_4}{RT_4}$$

اگر نسبت $\frac{V_i}{T_i}$ ها برابر باشد :

$$P\frac{V}{T} = \frac{V_۱}{T_۱}(P_۱ + P_۲ + P_۳ + P_۴)$$

$$P = \sum P_i \Rightarrow \frac{V}{T} = \frac{V_۱}{T_۱}$$

۳۳-۱) حجم کپسول (V) در هر دو حالت ثابت است ولی تعداد مولها در حالت دوم برابر تعداد مولهای کپسول اولیه و هوای ورودی است.

$$\begin{cases} P_۱V_۱ = n_۱RT & \text{هوای وارد شده} \quad , \quad PV = nRT \quad \text{کپسول در حالت اولیه} \\ P_۲V = (n + n_۱)RT & \text{کپسول در حالت نهایی} \end{cases}$$

$$P_۲V = nRT + n_۱RT = PV + P_۱V_۱$$

۳۴-۲) بنا بر قانون دالتون داریم :

$$P = P_۱ + P_۲$$

و با استفاده از قانون گاز ایده‌آل :

$$P = (n_۱ + n_۲)\frac{RT}{V} = (\frac{m_۱}{A} + \frac{m_۲}{۲A})\frac{RT}{V}$$

$$\Rightarrow PV = (m_۱ + \frac{۱}{۲}(m - m_۱))\frac{RT}{A} = \frac{۱}{۲}m(۱ + \frac{m_۱}{m})\frac{RT}{A}$$

$$\Rightarrow \boxed{PV = \frac{۱}{۲A}m(۱ + \delta)RT}$$

۳۵-۱)

$$Q = mc(T_۲ - T_۱)$$

$$۱۴۰ = ۴ \times ۰/۲۴(T_۲ - ۲۰) \Rightarrow T_۲ = ۱۶۵ \ ^\circ C$$

۳۶-۲)

$$P_۱ = ۱۰۰ \ kPa = P_۱ \qquad T_۱ = ۴۰۰ \ k \qquad P_۳ = ۲۰۰ \ kPa$$

$$V_۳ = ۲V_۱ = V_۲$$

در فرآیند B داریم : $Q_{۲-۳} = C_V(T_۳ - T_۲)$ در فرآیند A داریم : $Q_{۱-۲} = C_p(T_۲ - T_۱)$

$$\frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{V_۱}{۴۰۰} = \frac{۲V_۱}{T_۲} \Rightarrow T_۲ = ۸۰۰ \ ^\circ k$$

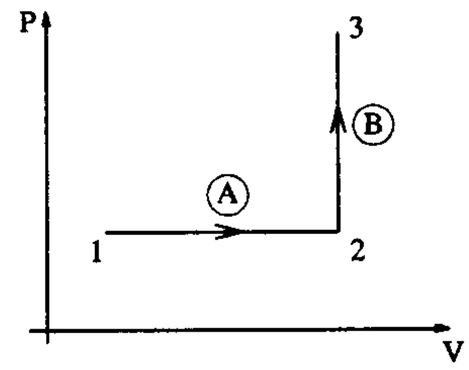
$$\frac{P_۲}{T_۲}=\frac{P_۳}{T_۳}\Rightarrow\frac{۱۰۰}{۸۰۰}=\frac{۲۰۰}{T_۳}\Rightarrow T_۳=۱۶۰۰\ ^\circ k$$

$$C_p-C_V=R\Rightarrow C_p=۰/۴+۰/۷۵=۱/۰۵\ {}^{kj}/_{kg.k}$$

$$Q_{۱-۲}=۱/۰۵(۸۰۰-۴۰۰)=۴۲۰\ kj$$

$$Q_{۲-۳}=۰/۷۵(۱۶۰۰-۸۰۰)=۶۰۰\ kj$$

$$\text{کل } Q=Q_{۱-۲}+Q_{۲-۳}=۱۰۲۰\ kj$$



(۳-۳۷

$$P=\text{ثابت}\Rightarrow\frac{V_۱}{T_۱}=\frac{V_۲}{T_۲}\ ,V_۲=۲V_۱\Rightarrow T_۲=۲T_۱$$

$$Q=nC_p\Delta T=(۱)(\frac{۷}{۲}R)(۲T_۱-T)$$

$$\text{گاز دو اتمی}: C_p=\frac{۷}{۲}R\ ,\ T_۱=۲۷۳\ /۱۶+۰^c=۲۷۳\ /۱۶\,k$$

$$Q=(۱)(\frac{۷}{۲}\times۸/۳۱۴)(۲۷۳\ /۱۲)=۷۹۴۸$$

پاسخ نزدیک به گزینه ۳ است.

(۳-۳۸

$$T=۲۷۳+۳۷=۳۱۰\ k$$

البته با فرض تک اتمی بودن گاز

$$\bar{E}_k=\frac{۳}{۲}KT=\frac{۳}{۲}۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳}\times۳۱۰=۶/۴۲\times۱۰^{-۲۱}\ j$$

(۳-۳۹

$$\text{هر مولکول } \bar{E}_k=\frac{۳}{۲}KT\Rightarrow\bar{E}_k\propto T$$

(۳-۴۰

$$\begin{cases}T=۳۷+۲۷۳\ /۱۶=۳۱۰\ /۱۶\ ^\circ\\ \text{ثابت بولتزمن}\quad k=۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳}\ \dfrac{J}{K}\end{cases}$$

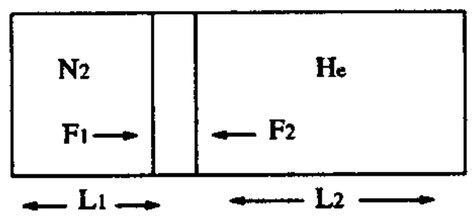
$$\bar{E}=\frac{۳}{۲}kT=۶۴۲\times۱۰^{-۲۳}\ j=۶/۴۲\times۱۰^{-۲۱}\ j$$

(۴-۴۱

۳-۴۲) ظرفیت گرمایی ویژه مقدار گرمایی است که واحد جرم جسم می‌گیرد تا دمایش یک درجه بالا رود بنابراین چون جنس دو جسم برابر است، در هر دو یکی است. برای انرژی متوسط مولکولها نیز $\overline{E} = \frac{۳}{۲}KT$ و چون دما یکی است $\overline{E}$ هر دو برابر است. از طرفی با برابری دماها ρ نیز برابر است ولی $C = mc$ به علت تفاوت m در دو ظرف متفاوت است.

۲-۴۳) پیستون در تعادل است پس $F_۱ = F_۲ \Rightarrow P_۱ = P_۲$ ، از طرفی دو گاز در تماس و در تعادل هستند بنابراین $T_۱ = T_۲$. اگر A سطح مقطع پیستون باشد :

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{V_{He}}{n_{He}} = \frac{V_{N۲}}{n_{N۲}} \Rightarrow \frac{V_{N۲}}{V_{N۱}} = \frac{AL_۱}{AL_۲} = \frac{n_{He}}{n_{N۲}}$$



جرم He برابر ۴ gr است پس $n_{He} = ۱$ و جرم نیتروژن ۲۵ gr است بنابراین :

$$n_{N۲} = \frac{۲۵}{۲۸} \Rightarrow \frac{L_۱}{L_۲} = \frac{۱}{(\frac{۲۵}{۲۸})} = ۱/۱۲$$

پاسخ نزدیک به گزینه ۲ است.

۴-۴۴)

$H_۲$ جرم مولکولی $M_۱ = ۲\,gr = ۲\times۱۰^{-۳}\,kg$, $V_۱ = ۱۶۹۴\ \frac{m}{s}$

$$M_۲ = ۳/۲\times۱۰^{-۳}\,kg \Rightarrow \frac{V_۲}{V_۱} = \sqrt{\frac{M_۱}{M_۲}} \Rightarrow V_۲ = ۱۶۹۴\ \sqrt{\frac{۲\times۱۰^{-۳}}{۳/۲\times۱۰^{-۳}}} \cong ۱/۳\,\frac{m}{s}$$

۱-۴۵)

$$\frac{V_۲}{V_۱} = \sqrt{\frac{M_۱}{M_۲}\ \frac{T_۲}{T_۱}} = \sqrt{\frac{M_۱}{۱/۲M_۱}\ \frac{۲۷۳ + ۵۴/۶}{۲۷۳}} = \sqrt{۱}$$

$$\Rightarrow V_۲ = V_۱ = ۳۳۰\ \frac{m}{s}$$

۲-۴۶)

$$U = U_{\circ} \begin{cases} V_{\circ} \\ P_{\circ} \\ T_{\circ} \end{cases} \rightarrow U_{۱} \begin{cases} V \\ P \\ T_{\circ} \end{cases} \Rightarrow \Delta U = nc_v \Delta T = \circ \Rightarrow U_{۱} = U_{\circ}$$

$$\begin{cases} V_{\circ} \\ P_{\circ} \\ T_{\circ} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V > V_{\circ} \\ P_{\circ} \\ T \end{cases} \qquad \frac{P_{\circ}V_{\circ}}{T_{\circ}} = \frac{P_{\circ}V}{T} \;,\; V > V_{\circ} \Rightarrow T > T_{\circ} \Rightarrow \Delta U = nC_v \Delta T > \circ$$

$$\Delta U > \circ \rightarrow U_{۲} - U_{\circ} > \circ \Rightarrow U_{۲} > U_{\circ} = U_{۱}$$

۱-۴۷)

$\Delta U = nC_v \Delta T = \circ \Rightarrow Q = W$ فرآیند تک دما

$\Rightarrow Q > \circ \Rightarrow W > \circ$ گرمای اضافی ایجاد شده

بنابراین انرژی به صورت کار از سیستم خارج می‌شود و از طرفی ثابت = $PV = nRT$ بنابراین با افزایش V فشار کاهش یافته و بالعکس و همین‌طور $\Delta U = \circ$ و انرژی داخلی ثابت می‌ماند.

۱-۴۸) همانگونه که در متن درس آمده بر اساس اصل تقسیم مساوی انرژی، انرژی هر مولکول دو اتمی $۲(\frac{۱}{۲}kT)$ مربوط به حرکت دورانی است و در نتیجه انرژی داخلی $\frac{۵}{۲}nRT$ است.

***-۴۹)**

$$m = \frac{P_{۲}V_{۲}}{RT_{۲}} = \frac{۱۰۰ \times ۶۰}{۰/۲۸۲۷\ (۲۷۳ + ۴۰)} = ۶۶/۷۹ \;,\; R = ۰/۲۸۷ \times ۱۰^{۳}\ \frac{J}{kgK}$$

$$Q = \Delta U = mC_{\circ}(T_{۲} - T_{۱}) = ۶۶/۷۹ \times ۰/۷۱۵۹(۳۰) = ۱۴۳۴kJ$$

پاسخ در میان گزینه‌ها نیست.

۳-۵۰)

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow Q = \Delta U + W = nC_v \Delta T + \int PdV$$

۲-۵۱)

$$C_p = \frac{۷}{۲}R = C_v + R \Rightarrow C_v = \frac{۷}{۲}R - R = \frac{۵}{۲}R$$

$$U = nC_v T = \frac{۵}{۲} nRT$$

(۱-۵۲

$$\overset{\circ}{W} = \int_{۱}^{۲} \overset{\circ}{v} dp \Rightarrow \overset{\circ}{v}(P_۲ - P_۱)$$

$$\overset{\circ}{\upsilon} \approx cte$$

$$\overset{\circ}{\upsilon} = \frac{۴}{۸۰۰ - ۱۰۰} = \frac{۴}{۷۰۰} = ۰/۰۰۵۷ \ \frac{m}{kg.s}$$

$$\overset{\circ}{m} = ۰/۰۰۵۷ \times \rho_{آب} = ۰/۰۵۷ \times ۱۰۰۰ = ۵/۷ \ kg/s$$

(۴-۵۳

$$\Delta U = C_V \Delta T$$

$$(\frac{T_۲}{T_۱}) = (\frac{V_۱}{V_۲})^{\gamma - ۱}$$

$$\Rightarrow \frac{T_۲}{۲۹۸/۱۵} = (۱۰)^{-۰/۴} \Rightarrow T_۲ = ۷۴۸/۹۱^\circ k$$

$$C_V = \frac{R}{\gamma - ۱} = \frac{(۸/۳۱۴)((۲۹/۲))}{۰/۴} = ۰/۷۱۱ \Rightarrow \Delta u = ۰/۷۱۱ \times (۷۴۸/۹۱ - ۲۹۸/۱۵) = ۳۲۰$$

$$\Delta u = \frac{۵}{۲} nRT = nC_v T \Rightarrow C_v = \frac{۵}{۲} R$$

(۲-۵۴

$$n = ۱ \Rightarrow U = \frac{۳}{۲} nRT = \frac{۳}{۲} RT = \frac{۳}{۲}(۸/۳۱۴)(۲۷۳) = ۳۴۰۴ \ j$$

(۲-۵۵

البته در سؤال این که گاز چند اتمی است نیامده است ولی با فرض دو اتمی و یا سه اتمی بودن گاز انرژی داخلی بدست آمده در گزینه‌ها نیست.

(۲-۵۶

$$Q - W = \Delta u$$

$$\text{انبساط آزاد} \begin{cases} Q = ۰ \Rightarrow \Delta u = ۰ \\ W = ۰ \end{cases}$$

چون انرژی داخلی تابع دماست پس :

$$\Delta T = ۰ \Rightarrow T_۱ = T_۲ = ۲۰^\circ C$$

(۳-۵۷

$$Q_{۱-۲} = U_۱ - U_۲ + W_{۱-۲} \Rightarrow U_۲ - U_۱ = ۳۰۰ - ۰/۷۵ \times ۲۰ \times ۶۰ = mc\Delta T$$

$$\Rightarrow T_۲ = ۴۰^\circ C$$

(۴-۵۸

$$\left.\begin{array}{l} Q_{۱-۲} = U_۱ - U_۲ + W_{۱-۲} \\ \dfrac{P_۱V_۱}{T_۱} = \dfrac{P_۲V_۲}{T_۲} \end{array}\right\} T_۱ = T_۲$$

$$P = \frac{۱}{۱۰}P_۱$$

$$V_۲ = ۱۰V_۱$$

چون فرآیند دما ثابت است بنابراین تغییرات انرژی داخلی برابر صفر می‌باشد.

$$\Delta u = ۰$$

$$\Rightarrow \Delta u = ۰ = Q - W \Rightarrow Q = W = \int PdV$$

۵۹-۱) همان گونه که می‌دانیم شیب منحنی بی‌دررو (آدیاباتیک) از شیب منحنی تکدما بیشتر است.

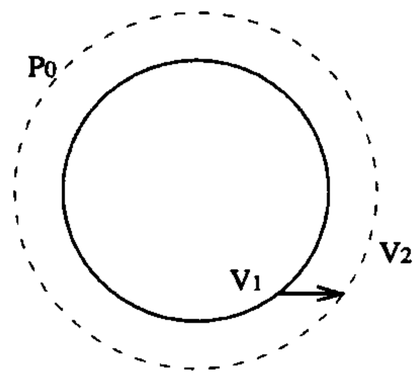
(*-۶۰

$$\begin{cases} \Delta U = Q - W, Q = ۰ \Rightarrow \Delta U = -W \\ \Delta U = nC_v\Delta T \end{cases}$$

اگر کار بر روی سیستم انجام شود $W < ۰$, $\Delta U > ۰$ و دما بالا می‌رود ولی اگر کار از سیستم گرفته شود $W > ۰$, $\Delta U < ۰$, $\Delta T < ۰$ می‌شود. سؤال در این مورد که کار به سیستم داده شده یا گرفته شده مفهوم نیست.

(۴-۶۱

$$W = P_۰(V_۲ - V_۱)$$



(۳-۶۲

$$W = RTLn\frac{P_1}{P_2} = ۱/۹۸۷ \times ۶۶۰ Ln\frac{۱}{۱۰} = -۳۰۱۹/۷ \, BTU/lb.mole$$

(۳-۶۳

$$PV = RT \Rightarrow P = \frac{RT}{V}$$

$$W = \int_1^2 PdV \Rightarrow P_1V_1\int_1^2 \frac{dV}{V} = ۸۰۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۰/۲۵ \, Ln\frac{V_2}{V_1} = ۸۰۰ \times ۰/۲۵ \times Ln\frac{۰/۷۵}{۰/۲۵} = ۲۲۰ \, kj$$

(۴-۶۴

$\Delta U = ۰ \Rightarrow Q = W = \int_v^{۲v} PdV = \int_v^{۲v} \frac{nRT}{V} dv = nRTLn\frac{۲V}{V} = nRELn۲$ فرآیند تک دما

(۳-۶۵

$$W = \int_{v_1}^{v_2} PdV = \int_{v_1}^{v_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT\int_{v_1}^{v_2} \frac{dV}{V} = nRTLn\frac{V_2}{V_1}$$

$$V_2 < V_1 \Rightarrow W < ۰ \Rightarrow |W| = nRT\left|Ln\frac{V_2}{V_1}\right| = nRT|LnV_2 - LnV_1| = nRT(LnV_1 - LnV_2)$$

$$= nRTLn\frac{V_1}{V_2}$$

(۱-۶۶

$Q = ۰ \Rightarrow \Delta U = ۰ - W \Rightarrow W = -\Delta U = -(U_2 - U_1)$ فرآیند بی‌دررو

$$W = U_1 - U_2 = \int_{T_2}^{T_1} \frac{a}{T} dT = aLnT\Big|_{T_2}^{T_1} = aLn\frac{T_1}{T_2}$$

$$T_2 > T_1 \Rightarrow W < ۰ \Rightarrow |W| = \left|aLn\frac{T_1}{T_2}\right| = aLn\frac{T_2}{T_1}$$

۴-۶۷) C_p گازهای ایده‌آل مستقل از فشار و درجه حرارت نیست (به طور کلی).

(۳-۶۸

۱ (۴-۶۹

$C_p - C_v = R > ۰$ $C_p > C_v$

(۲-۷۰

$$C_p = C_v + R \Rightarrow C_p > C_v$$

(۴-۷۱

$$dU = dQ - dW$$

$$C_{pn} = \frac{1}{n}\left(\frac{dQ}{dT}\right)_p = \frac{1}{n}\left(\frac{dU}{dT} + \frac{PdV}{dT}\right) \neq \frac{1}{n}\frac{dU}{dT}$$

در حالی که در فرآیند تک حجم چون $dV = 0$ است $C_v = \frac{1}{n}\frac{dU}{dT}$

۴-۷۲) بنا بر قانون دولانگ - پتی در مورد ظرفیت گرمایی مولکولی داریم :

$$C_v = 3R = 3(8/314 \times 10^7 \text{erg/mol°k})\left(\frac{\text{cal}}{4/184 \times 10^7 \text{erg}}\right) = 5/96 \ \text{cal/mol}$$

از جرم اتمی می‌توانیم برای محاسبه گرمای ویژه استفاده کنیم.

$C_v = C_v \times \frac{1(\text{mol})}{A(g)} = 5/96 \ \text{cal/mol°k} - \frac{1}{63/5}\ \text{mol/g} = 0/094$ Aجرم اتمی است.

(۲-۷۳

در فرآیند حجم ثابت $Q = U_2 - U_1 + \int pdV \Rightarrow Q = C_V(T_2 - T_1)$

$$cp \approx 1 \Rightarrow \frac{C_p}{C_v} = k \Rightarrow C_v = \frac{1}{1/4}$$

$$1600 = \frac{1}{1/3}(T_2 - 700) \Rightarrow T_2 = 2916$$

(۴-۷۴

$$C_p = C_v + R \Rightarrow C_v = C_p - R = \frac{5}{2}R - R = \frac{3}{2}R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3} = 1/67$$

(۳-۷۵

$$C_p = C_v + R = 3R + R = 4R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{۴R}{۳R} = ۱/۳۳$$

(۲-۷۶

$$\Delta U = C_v \Delta T = Q - W \, , W = \int PdV = P\Delta V = P(۲V - V) = PV$$

$$C_v(۲T - T) = Q - PV \Rightarrow Q = C_v T + PV$$

(۳-۷۷

$$\begin{cases} \frac{C_p}{C_v} = \frac{۵}{۳} \Rightarrow C_p = \frac{۵}{۳} C_v \\ C_p = C_v + R \Rightarrow \frac{۵}{۳} C_v = C_v + R \Rightarrow C_v = \frac{۳}{۲} R \end{cases}$$

$$C_p = \frac{۳}{۲} R + R = \frac{۵}{۲} R$$

۳-۷۸) رابطه بین فشار و دما در یک فرآیند آنتروپی ثابت

$$\frac{T_۲}{T_۱} = \left(\frac{P_۲}{P_۱}\right)^{\frac{k-۱}{k}} \Rightarrow \frac{T_۲}{۲۹۸} = \left(\frac{۱/۶}{۰/۲}\right)^{\frac{۰/۴}{۱/۴}} \Rightarrow T_۲ = ۵۴۰ \, ^\circ k$$

$$k = \frac{C_p}{C_v} \Rightarrow C_v = ۰/۷۱۴ \Rightarrow R = C_p - C_v = ۰/۲۸۶$$

$$W_{۱-۲} = \frac{mR}{۱-k}(T_۲ - T_۱) \Rightarrow \frac{W_{۱-۲}}{m} = \frac{R}{۱-k}(T_۲ - T_۱) = ۱۷۳ \ kj/kg$$

(۳-۷۹

$$W_{۱-۲} \text{ (در فرآیند پلی تروپیک)} = \frac{P_۲V_۲ - P_۱V_۱}{۱-n} \Leftarrow PV^n = C$$

$$= \frac{۲\times۱۰^۵ \times ۰/۱۶۰۸ \ - ۱۵\times۱۰^۵ \times ۰/۰۳}{۱-۱/۲} = ۰/۶۴۲ \times ۱۰^۵$$

۴-۸۰) همان‌گونه که در متن اثبات شد در یک فرآیند بی‌دررو که در آن :

$$Q = ۰ \ , \ PV^γ = \text{ثابت} \Rightarrow W = \frac{P_f V_f - P_i V_i}{۱-\gamma}$$

(۳-۸۱

آدیاباتیک $\Rightarrow Q = ۰ \Rightarrow \Delta U = -W$

اگر $W > ۰$ (یا $W < ۰$) باشد انرژی کاهش (یا افزایش) می‌یابد.

۸۲-۴) همانگونه که در متن درس اثبات شده در فرآیند بی‌دررو : (برای $n = ۱$ مول)

$$W = \frac{P_f V_f - P_i V_i}{۱-\gamma} = \frac{nRT_f - nRT_i}{۱-\gamma} = \frac{R}{۱-\gamma}(T_f - T_i)$$

۸۳-۱)

۸۴-۴)

در گاز تک اتمی $\gamma = ۱/۶۷$

$$T_۱ V_۱^{\gamma-۱} = T_۰ V_۰^{\gamma-۱} \Rightarrow T_۱ = T_۰ (\frac{V_۰}{۲V_۰})^{۱/۶۷-۱}$$

$$\Rightarrow T_۱ = T_۰ (۰/۵)^{۰/۶۷} \Rightarrow \boxed{T_۱ = ۰/۶۳\ T_۰}$$

۸۵-۵)

گاز به طور حرارتی ایزوله شده یعنی $dQ = ۰$, $PV^{\gamma} = k$

$$W = -\int_{V_۰}^{V_f} PdV = -\int_{V_۰}^{V_f} kV^{-\gamma}dV$$

$$\Rightarrow W = \frac{k}{-\gamma+۱} V^{-\gamma+۱} \Big]_{V_f}^{V_۰} = \frac{۱}{\gamma-۱}(P_f V_f - P_۰ V_۰)$$

$$\gamma - ۱ = C_p/C_v - ۱ = \frac{C_p - C_v}{C_v} = R/C_v \quad , \quad \boxed{W = \frac{C_v}{R}(P_f V_f - P_۰ V_۰)}$$

۸۶-۴)

$$A \rightarrow B \begin{cases} T_A V_A^{\gamma-۱} = T_B V_B^{\gamma-۱} \Rightarrow T_B = T_A (\frac{V_A}{V_B})^{\gamma-۱} = ۲۷۳\ (\frac{۱}{۲})^{\frac{۵}{۳}-۱} = ۱۷۱/۹۷k \\ \Delta U = Q - W = ۰ - W \Rightarrow W = -\Delta U = -nC_v\Delta T = -۱(\frac{۳}{۲}\times ۸/۳۱۴)(۱۷۲/۷۷ - ۲۷۳) \\ \Rightarrow W \cong ۱۲۵۹/۸۳ \end{cases}$$

$$B \rightarrow C \Rightarrow W = nRTLn\frac{V_C}{V_B} = ۱\times ۸/۳۱۴ \times (۱۷۲/۷۷)Ln\left(\frac{۱}{۲}\right) = -۹۹۵/۶۴$$

$$V_C = V_A = \frac{V_b}{۲} \qquad \Rightarrow W = ۱۲۵۹/۸۳ - ۹۹۵/۶۴ = ۲۶۴\ J$$

پاسخ نزدیک به گزینه ۴ است.

(*-۸۷

$$W = \int_{۱}^{۲} PdV = C\int_{۱}^{۲} \frac{dV}{V^{\frac{۱}{۲}}} = ۲\times P_۱V_۱^{\frac{۱}{۲}}(V_۲^{\frac{۱}{۲}} - V_۱^{\frac{۱}{۲}})$$

$$P_۱V_۱^{\frac{۱}{۲}} = P_۲V_۲^{\frac{۱}{۲}} \Rightarrow V_۲ = \frac{P_۱^{۲}V_۱}{P_۲^{۲}} = \frac{(۱۰۰)^{۲}\times(۲۰۰)}{(۳۰۰)^{۲}} = ۲۲/۲۲\,\text{Lit}$$

$$W_{۱-۲} = ۲\times(۱۰۰\times۱۰^{۳})\times(۲۰۰\times۱۰^{-۳})^{\frac{۱}{۲}}[(۲۲/۲۲\times۱۰^{-۳})^{\frac{۱}{۲}} - (۲۰۰\times۱۰^{-۳})^{\frac{۱}{۲}}]$$

$= ۸۹/۴۴\times۱۰^{۳}[-۰/۲۹\times۹] = -۲۶/۶۴\,\text{kj}$ پاسخ در میان گزینه‌ها نیست.

(۴-۸۸

$$\Delta u = C_V\Delta T \qquad (۱) \qquad y = \frac{C_p}{C_v}$$

$$C_v = \frac{R}{(y-۱)} \qquad (۲)$$

$$PV = RT \Rightarrow \Delta(PV) = R\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta(PV)}{R} \qquad (۳)$$

$$(۱)\,,\,(۲)\,,\,(۳) \Rightarrow \Delta u = \frac{R}{(y-۱)}\times\frac{\Delta(PV)}{R} \Rightarrow \frac{۱}{(y-۱)}\Delta(PV)$$

(۴-۸۹

$$\begin{cases} \rho = \dfrac{m}{V} = \dfrac{m}{\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}}\,,\ \Delta f = \sqrt{(\dfrac{\delta f}{\delta x_۱}\Delta x_۱)^{۲} + \ldots + (\dfrac{\delta f}{\delta x_n}\Delta x_N)^{۲}} \\ \Rightarrow \Delta\rho = \sqrt{(\dfrac{\delta\rho}{\delta m}\Delta m)^{۲} + (\dfrac{\delta\rho}{\delta v}\Delta V)^{۲}} \Rightarrow \dfrac{\Delta\rho}{\rho} = \sqrt{(\dfrac{\Delta m}{m})^{۲} + ۹(\dfrac{\Delta r}{r})^{۲}} = \end{cases}$$

$$\sqrt{(\frac{۳}{۱۸۳})^{۲} + ۹(\frac{۰/۱}{۲۵})^{۲}} = ۰/۰۲۰$$

(۱-۹۰

$$PV^{۲} = \text{ثابت} \qquad \gamma = \frac{۵}{۳}\,,\ \rho' = ۲\rho$$

$$V = \sqrt{\gamma P/\rho} \Rightarrow V \propto \sqrt{P} \Rightarrow \boxed{V' \propto \sqrt{۲P} = \sqrt{۲}V}$$

۹۱-۱)

$$V = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} \quad \begin{cases} \gamma = ۱/۴ & \text{برای گازهای دو اتمی} \\ M = \text{جرم مولکولی} \ , \ R = \text{ثابت گازهای کامل} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_H}{V_o} = \sqrt{\frac{M_o}{M_H}} = \sqrt{\frac{۳۲}{۲}} = ۴}$$

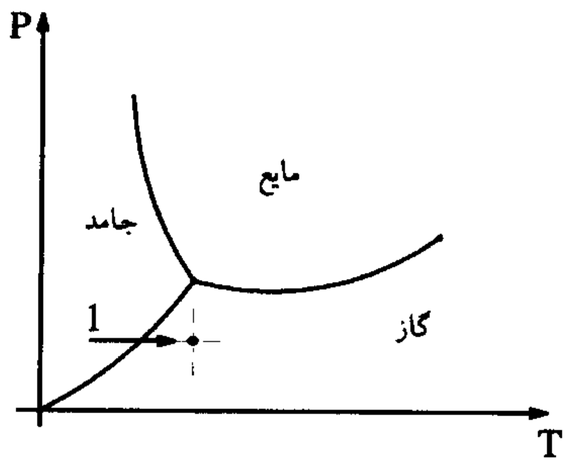
۹۲-۳)

$V = \sqrt{\gamma RT/M}$, $T' = ۲T$, $\gamma =$ ثابت , $M =$ جرم مولکولی

$R =$ ثابت عمومی گازها

$$V' = \sqrt{\gamma \frac{R(۲T)}{M}} = \sqrt{۲}\sqrt{\gamma RT/M} = \sqrt{۲}V \Rightarrow \boxed{V' = \sqrt{۲}V}$$

۹۳-۴) با توجه به شکل زیر خط فرآیند می‌تواند ۲-۱ یا بالعکس باشد (جامد به گاز یا بالعکس).



۹۴-۲) زمان متوسط میان دو برخورد متوالی $T = \frac{\ell}{v}$, $\bar{\ell} = \frac{KT}{\pi\sqrt{۲}Pd^۲}$

مسافت آزاد میانگین $\bar{\ell} = \frac{۱}{\sqrt{۲}n\pi d^۲}$

$$\Rightarrow \text{تعداد برخورد واحد زمان } f = \frac{۱}{T} = \frac{v}{\bar{\ell}} = \frac{\sqrt{\frac{۳RT}{M}}}{\frac{KT}{\pi\sqrt{۲}pd^۲}} = \text{ثابت} \times \frac{P}{\sqrt{۲}}$$

با افزایش فشار f بیشتر می‌شود.

۹۵-۳)

$< V >= \frac{\int VF(V)dV}{\int F(V)dV}$ V سرعت متوسط مولکول است.

در یک تابع ماکسول بولتزمن مقدار <V> برابر با $\sqrt{2KT/m}$

$$\Rightarrow < V >= \sqrt{2(1/38\times10^{-16})(300)/(28\times6/02\times10^{23})} = 4/22\times10^{4}\ cm/s$$

$$\rightarrow \frac{1}{2}mV^{2} = GMm/R \Rightarrow V = \sqrt{2GM/R} = \sqrt{2\frac{(6/67\times10^{-8})(5/98\times10^{27})}{6/38\times10^{8}}} = 1/11\times10^{6}\ m/s$$

$$\Rightarrow < V > / V = 0/038$$

۴-۹۶) رابطه مسافت آزاد میانگین عبارت است از :

$\sigma = \pi d^{2} = 3/4(1)^{2}$ مسافت آزاد میانگین $\bar{\ell} = \frac{1}{\sqrt{2}n\sigma}$

$$\bar{\ell} = \frac{1}{\sqrt{2}\times15\times10^{-3}\times3/14(1)^{2}} = 15\ Cm$$

$n = 15/1000$ مهره در واحد حجم

۳-۹۷)

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^{2}} \Rightarrow (P+\frac{a}{v^{2}})(v-b) = RT$$

از معادله مشخص است که b یک تصحیح برای حجم اشغال شده توسط یک مول و $\frac{a}{v^{2}}$ یک تصحیح برای فشار ناشی از نیروی مولکولها بر هم است.

۱-۹۸)

$$W = \int_{V_1}^{V_2} pdV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V-b}dV = RTLn\frac{V_2-b}{V_1-b}$$

$$W = RTLn\frac{\frac{RT}{P_2}}{\frac{RT}{P_1}} = RTLn\frac{P_1}{P_2}$$

۲-۹۹)

$$Q_{۱-۲} = du + W_{۱-۲}$$
$$Q_{۱-۲} = ۰$$
$$\Rightarrow W = -du = C_V(T_۲ - T_۱) = C_v(T_۱ - T_۲)$$

۳-۱۰۰) $\frac{a}{V_۲}$ جمله‌ای است که به دلیل نیروهای جاذبه بین مولکولی وارد شده است.

۲-۱۰۱)

$$\left.\begin{array}{l} W = \int_۱^۲ pdV \\ \rho = \dfrac{RT}{V-b} \end{array}\right\} \Rightarrow W = \int_۱^۲ (\frac{RT}{V-b})\,dV = RT\int_۱^۲ \frac{dV}{V-b}$$

$$\Rightarrow RTLn(\frac{V_۲ - b}{V_۱ - b})$$

۳-۱۰۲) **۲-۱۰۳)**

۴-۱۰۴)

$$W = \int pdV = \int_{۲b}^{۳b} \frac{nRT}{v-L}dv = nRTLnv - b\Big|_{۲b}^{۳b} = nRTLn\frac{۳b-b}{۲b-b}$$

$$= nRTLn\frac{۲b}{b} = nRTLn۲ \quad , \quad Q = ۲$$

$$\Delta U = Q - W = ۲ - nRTLn۲$$

۴-۱۰۵)

۲-۱۰۶)

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{۲/۰۴\times۱۰^۹}{۱۰۰۰}} \quad , \quad \text{چگالی آب } \rho = ۲۰۰۰ \ \frac{kg}{m^۳}$$

$$v = \sqrt{۲/۰۴}\times۱۰^۳ = \lambda\upsilon = \lambda(۲۶۲\ Hz) \Rightarrow \lambda = ۵/۴۵ \text{ متر}$$

۴-۱۰۷) مقدار فشار خالص P برابر با مجموع فشار اتمسفر و فشار فشارسنج می‌باشد.

$$P = P_A + P_G = ۳۵ + ۱۴/۷ = ۴۹/۷psi = p_s$$

و با استفاده از قانون گاز کامل و حجم ثابت داریم :

$$PV = nRT \ , {P_w}/{P_s} = {T_w}/{T_s} \Rightarrow P_w = P_s \frac{T_w}{T_s} = ۴۹/۷ \times \frac{۲۷۳}{۲۹۳} = ۳۱/۶ psi$$

۲-۱۰۸) با توجه به رابطه مسافت آزاد میانگین خواهیم داشت :

$$\lambda = \frac{۱}{\sqrt{۲} n \pi (۲a)^۲} \ , L = \sqrt{N}\lambda \ , N = {L^۲}/{\lambda^۲} \ , \quad n = \frac{۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}}{۲۲/۴ \times ۱۰^{۳} Cm^۳} = ۲/۶۹ \times ۱۰^{۱۹} / cc$$

$$N = ۳۲ \pi^۲ n^۲ a^۴ L^۲ = ۲/۲۸ \times ۱۰^{۱۷} \cong ۱۰^{۱۷}$$

۲-۱۰۹) با توجه به قانون گاز کامل داریم :

$$PV = nRT$$

$$P_۰ = \frac{nRT}{V_۰} = ۳(۸/۳۱۴ \times ۱۰^۷)(۳۰۰)/(۲ \times ۱۰^۷) = ۳/۷۴ \times ۱۰^۳ \ {d}/{Cm^۲} \quad \text{در حالت اولیه}$$

در یک فرآیند آدیاباتیک (بی‌دررو) داریم :

$$PV^\gamma = \text{ثابت} \quad \Rightarrow P_۰ V_۰^\gamma = P_F V_F^\gamma \Rightarrow P_F = P_۰ ({V_۰}/{V_F})^\gamma$$

مقدار γ برابر است با :

$$\gamma = {(C_V + R)}/{C_V} = (\frac{۵}{۲}R + R)/(\frac{۵}{۲}R) = \frac{۷}{۵}$$

$$P_F = ۳/۷۴۱ \times ۱۰^۳ (\frac{۲ \times ۱۰^۷}{۴ \times ۱۰^۷})^{۷/۵} = ۱/۴۲ \times ۱۰^۴ \ {d}/{Cm^۲}$$

۲-۱۱۰)

$\Delta T = ۰ \Rightarrow \Delta U = ۰ \Rightarrow$ انرژی داخلی ثابت است.

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{\text{ثابت}}{V} , \Delta V > ۰ \Rightarrow \Delta P < ۰$$

۳-۱۱۱)

فصل هشتم

آنتروپی و قانون دوم ترمودینامیک

۸-۱ فرآیندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر

فرآیندها را می‌توان به دو دسته برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر تقسیم کرد :

الف) فرآیند برگشت‌پذیر فرآیندی است که به گونه‌ای انجام شود که در پایان فرآیند هم سیستم و هم محیط بدون آنکه تغییری در بقیه جهان ایجاد کنند می‌توانند به حالت اولیه برگردند. به عبارتی فرآیندی دوسویه است.

ب) فرآیند برگشت‌ناپذیر فرآیندی است که در پایان فرآیند هم سیستم و هم محیط نمی‌توانند بدون تغییرات در محیط خودشان به حالت اولیه برگردند به عبارتی فرآیندی یکسویه است.

فرآیندهای طبیعی تماماً برگشت‌ناپذیر بوده و فرآیندهای مصنوعی هم به صورت برگشت‌ناپذیر و هم برگشت‌پذیر می‌توانند انجام شوند. البته فرآیند برگشت‌پذیر ایده‌آل وجود ندارد و در حقیقت تمام فرآیندها برگشت‌ناپذیرند. برای آنکه یک فرآیند برگشت‌پذیر باشد باید :

۱- بدون اتلاف باشد.

۲- به طور ایستاوار انجام گیرد.

به عبارتی سیستم از بین حالتهای تعادل ترمودینامیکی که می‌توانند در یک جهت و یا در جهت مخالف آن پیموده شوند عبور کند. بنابراین مشخص است این فرآیند باید تحت کنترل انجام شود.

۸-۲ چرخه برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر

یک چرخه از چند فرآیند تشکیل شده است که در نهایت سیستم به حالت اولیه خود برمی‌گردد.

اگر تمام فرآیندهای چرخه برگشت‌پذیر باشد چرخه برگشت‌پذیر است.

در غیر این صورت حتی اگر یکی از فرآیندها برگشت‌ناپذیر باشد چرخه برگشت‌ناپذیر است.

۱-۲-۸ یک چرخه به عنوان ماشین حرارتی

در چرخه یک ماشین حرارتی $W > 0$ و چون $\Delta U = 0$ است بنابراین $Q = W > 0$. البته منظور از W و Q ، کار و گرمای کل مبادله شده بین سیستم و محیط است.

مجموع انرژی‌های تلف شده - مجموع انرژی‌های ورودی = W

$$\text{درصد اتلاف} = \frac{\text{انرژی‌های تلف شده}}{\text{انرژی‌های ورودی}} \times ۱۰۰ \quad ,\quad \text{بازده (یا e)} \quad \eta = \frac{W}{\text{مجموع انرژی‌های ورودی}}$$

به عنوان مثال اگر در یک ماشین حرارتی در یکی از فرآیندهایش گرمای Q_1 را بگیرد $(Q_1 > 0)$ و در فرآیندی دیگر گرمای Q_2 را از دست بدهد $(Q_2 = -|Q_2|)$ در آن صورت داریم :

$$W = Q_1 - |Q_2|$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

$$\text{درصد اتلاف} = \frac{|Q_2|}{Q_1} \times ۱۰۰$$

۳-۸ چرخه کارنو

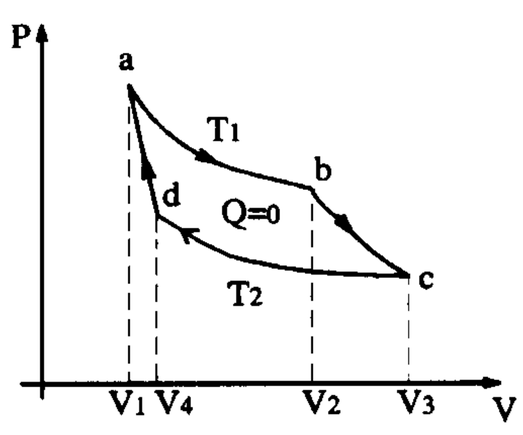
یک چرخه کارنو از چهار فرآیند برگشت‌پذیر تشکیل شده است. مطابق شکل این چرخه از ۲ فرآیند تکدمای برگشت‌پذیر و ۲ فرآیند بی‌دررو برگشت‌پذیر تشکیل شده است. در شکل یک چرخه کارنو به عنوان یک ماشین حرارتی نمایش داده شده است. $(T_1 > T_2)$

$a \to b$; تکدما $Q_1 = W_1 = nRT_1 Ln\frac{V_2}{V_1}$

$b \to c$; بی‌دررو $Q = 0$

$c \to d$; تکدما $Q_2 = W_2 = nRT_2 Ln\frac{V_4}{V_3}$

$d \to a$; بی‌دررو $Q = 0$



کل $W = W_1 + W_{bc} + W_2 + W_{da}$ ، کل $Q = Q_1 - |Q_2|$

$$\Delta U = 0 \Rightarrow W = Q_1 - |Q_2| \quad , \quad |Q_2| = \left|nRT_2 Ln\frac{V_4}{V_3}\right| = nRT_2 Ln\frac{V_3}{V_4}$$

$$e = ۱ - \frac{|Q_۲|}{Q_۱}$$

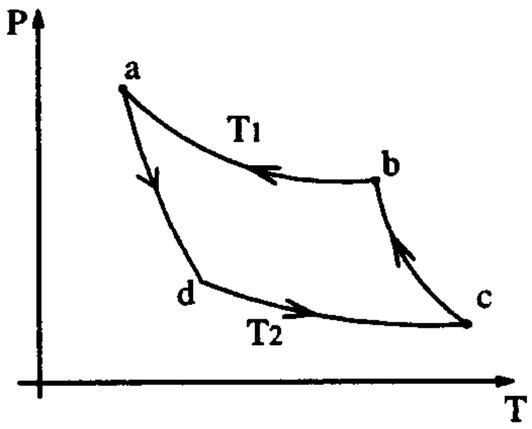
$T_۲$ دمای منبع سرد را گاهی با T_c و $Q_۲$ با Q_c نمایش داده و $T_۱$ دمای منبع گرم را با T_H و $Q_۲$ را با Q_H نمایش می‌دهند.

اگر چرخه کارنو در جهت عکس شکل بالا طی شود ما یک یخچال خواهیم داشت :

$$b \to a \quad Q'_۱ = W_۱ = nRT_۱ Ln \frac{V_۱}{V_۲} < ۰$$

$$c \to b \,,\, a \to d \qquad Q = ۰$$

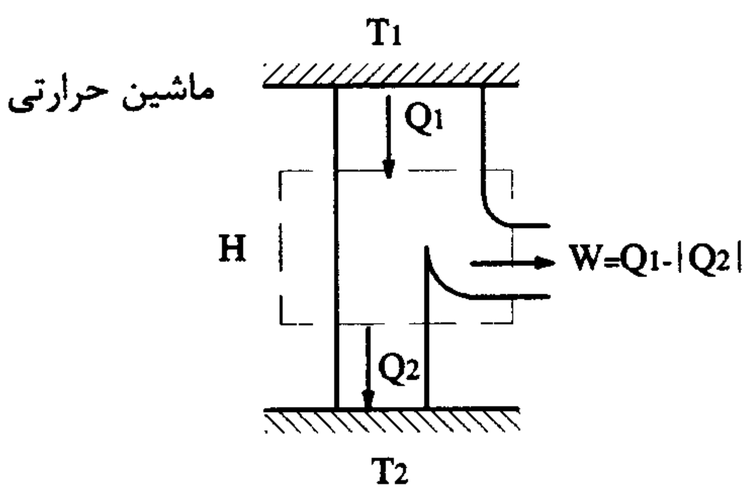
$$d \to c \qquad Q'_۲ = nRT_۲ Ln \frac{V_۳}{V_۴} > ۰$$

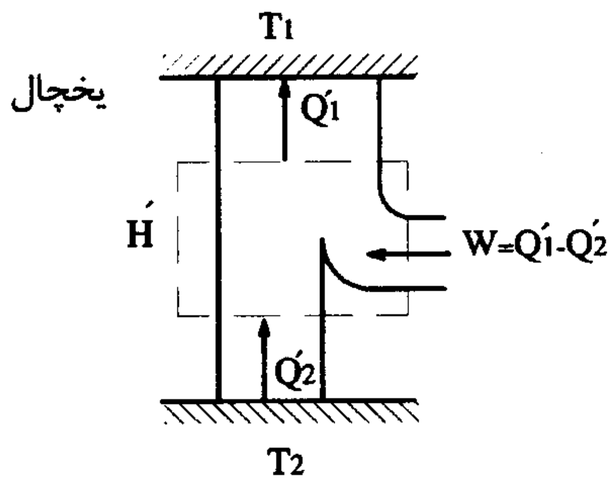


به عبارتی یخچال گرمای $Q'_۲$ را از منبع سرد $T_۲$ گرفته و گرمای $Q'_۱$ را به منبع گرم $T_۱$ می‌دهد و برای این کار لازم است که کار W به یخچال داده شود.

$$\text{کل} \quad W = W_۱ + W_{cb} + W_۲ + W_{ad} = Q'_۱ - Q'_۲$$

ماشین حرارتی و یخچال را می‌توان به صورت زیر نمایش داد.





۸-۴ معادله بازده خاص چرخه کارنو

$$e = ۱ - \frac{|Q_۲|}{Q_۱} = ۱ - \frac{nRT_۲ Ln \frac{V_۳}{V_۴}}{nRT_۱ Ln \frac{V_۲}{V_۱}}$$

$$b , a : P_1V_1 = P_2V_2$$
$$c , b : P_2V_2^{\gamma} = P_3V_3^{\gamma}$$
$$d , c : P_3V_3 = P_4V_4$$
$$a , d : P_4V_4^{\gamma} = P_1V_1^{\gamma}$$

$$\Rightarrow P_1P_2P_3P_4V_1V_2^{\gamma}V_3V_4^{\gamma} = P_2P_3P_4P_1V_2V_3^{\gamma}V_4V_1^{\gamma}$$

$$\Rightarrow (V_2V_4)^{\gamma-1} = (V_3V_1)^{\gamma-1} \Rightarrow V_2V_4 = V_3V_1 \Rightarrow \frac{V_3}{V_4} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Rightarrow \text{Ln}\frac{V_3}{V_4} = \text{Ln}\frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \boxed{e = 1 - \frac{T_2}{T_1}} , \quad \boxed{\frac{|Q_2|}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}}$$

این فرمول خاص چرخه کارنو است.

۸-۵ قانون دوم ترمودینامیک

قانون دوم ترمودینامیک دارای دو بیان مختلف است که با هم هم ارزند به عبارتی نقیض یکی از بیانها منجر به نقض دیگری می‌شود.

الف) بیان کلوین : امکان ندارد که تنها اثر یک ماشین حرارتی این باشد که بطور مداوم گرما را از منبع گرمتر گرفته و به کار تبدیل کند (به عبارتی ماشین حرارتی ایده‌آل که بازده آن صددرصد است وجود ندارد).

ب) بیان کلاسیوس : امکان ندارد که تنها اثر یک چرخه این باشد که بطور مداوم گرما را از منبع سردتر گرفته و به منبع گرمتر منتقل می‌کند (به عبارتی یخچال ایده‌آل نداریم).

۸-۶ قضیه کارنو

تمام چرخه‌های برگشت‌پذیری که بین دو دمای بالای T_1 و پایین T_2 کار می‌کنند دارای بازده‌ای برابرند و تمام چرخه‌های برگشت‌ناپذیری که بین همین دو دما کار می‌کنند دارای بازده‌ای برابر و یا کوچکترند.

یکی از چرخه‌های برگشت‌پذیر که بین دو دما کار می‌کنند چرخه کارنو است. بنابراین بازده تمام چرخه‌های برگشت‌پذیر که بین T_1 و T_2 کار می‌کنند $(T_1 > T_2)$ برابر بازده کارنو یعنی $e = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ بوده و e' بازده چرخه‌های برگشت‌ناپذیر بین این دو دما $e' \leq e$ است.

۷-۸ ضریب عملکرد یخچال

ضریب عملکرد یک یخچال نسبت گرمای گرفته شده از منبع سرد به کار لازم جهت طی چرخه می‌باشد.

$$k = \frac{|Q_2|}{W}$$

که اگر چرخه یک چرخه کارنو (در جهت عکس) باشد این ضریب بصورت نظری عبارت است از :

$$W = Q_1 - |Q_2| = |Q_2|(\frac{Q_1}{|Q_2|} - 1) = |Q_2|(\frac{T_1 - T_2}{T_2})$$

$$k = \frac{|Q_2|}{|Q_2|(\frac{T_1 - T_2}{T_2})} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

اگر e بازده یک ماشین حرارتی ایده‌آل برگشت‌پذیر باشد رابطه آن با k هنگامی که چرخه در جهت عکس بعنوان یک یخچال بازگشت‌پذیر کار می‌کند عبارت است از :

$$e = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \ , \ k = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \Rightarrow ek = \frac{T_2}{T_1}$$

۸-۸ مقیاس دمای ترمودینامیکی (کلوین)

اگر در یک چرخه کارنو دمای منبع گرم را θ_1 و دمای منبع سرد را θ_2 در نظر بگیریم داریم :

$$\frac{|Q_2|}{Q_1} = \frac{\theta_2}{\theta_1} \Rightarrow \theta_1 = \theta_2 \frac{Q_1}{|Q_2|}$$

اگر منبع سرد در نقطه سه گانه قرار گرفته $\theta_2 = \theta_{tr} = 273/16\ k$ باشد در آن صورت داریم :

$$|Q_2| = |Q_{tr}|$$

بنابراین دمای هر جسم به عنوان منبع گرم که گرمای Q از آن وارد چرخه می‌شود عبارت است از :

$$\theta = 273/16 \frac{Q}{Q_{tr}}$$

تاکنون در روابط، مثلاً در چرخه کارنو منظور از T دما در مقیاس دمای گاز کامل بود و دیدیم $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$ به عبارتی داریم $\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{T_2}{T_1}$ ، این تناسب به معنای برابر T بر حسب مقیاس دمای گاز

کامل و θ بر حسب کلوین نیست اما این دو آنقدر بهم نزدیکند که معمولاً برابر در نظر گرفته می‌شوند.

۸-۸-۱ صفر مطلق

اگـر فـرض کنیـم در یک ماشین حرارتی ایده‌آل برگشت‌پذیر که بر اساس چرخه کارنو کار می‌کند دمای منبع سرد صفر باشد $(\theta = 0K)$ داریم :

$$\theta_2 = 0 \Rightarrow e = 1 - \frac{\theta_2}{\theta_1} = 1 = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} \Rightarrow |Q_2| = 0$$

به عبارتی برای منبع سرد هم دما ثابت و صفر است و هم با بیرون گرمایی مبادله نمی‌شود بنابراین اگر در یک سیستم بدون انتقال گرما یک فرآیند تکدمای برگشت‌پذیر روی دهد دمای سیستم صفر مطلق است.

۸-۸-۲ قانون سوم ترمودینامیک

با هیچ روشی، هر قدر هم ایده‌آل باشد امکان ندارد که دمای یک سیستم را بتوان با انجام تعداد محدود عملیات، تا صفر مطلق کاهش داد.

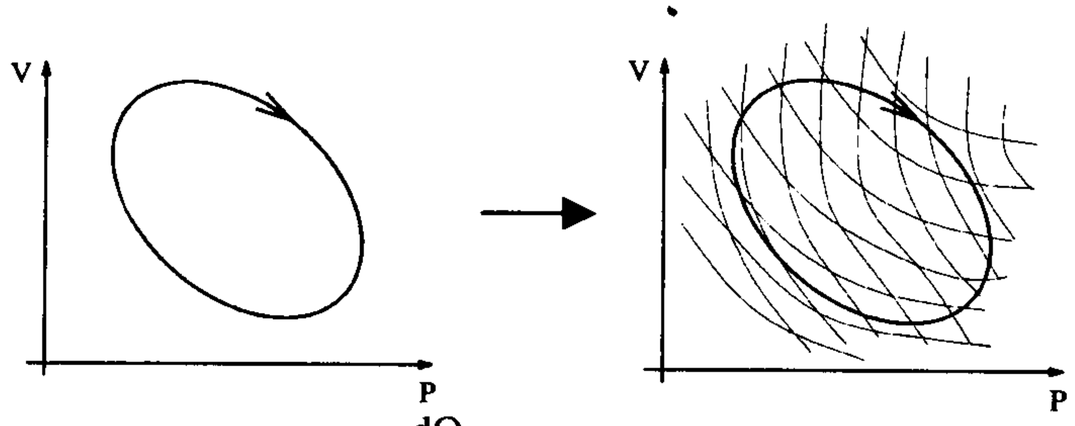
۸-۹ آنتروپی

از نتایج قانون دوم ترمودینامیک معرفی متغیری ترمودینامیکی به نام آنتروپی (s) است.

در یک چرخه کارنو $\frac{|Q_2|}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{Q_1}{T_1} + \frac{-|Q_2|}{T_2} = 0$

$$Q_2 = -|Q_2| \Rightarrow \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = \Sigma \frac{Q_i}{T_i} = 0$$

می‌توان نشان داد که هر چرخه برگشت‌پذیر را می‌توان بصورت تعداد زیاد می‌چرخد کوچک کارنو در نظر گرفت. بنابراین برای هر چرخه برگشت‌پذیر داریم :



$$\sum \frac{\Delta Q}{T} = 0 \Rightarrow \text{برای یک چرخه برگشت‌پذیر} \quad \oint \frac{dQ}{T} = 0$$

$S \rightarrow$ آنتروپی $\Rightarrow dS = \frac{dQ}{T}$

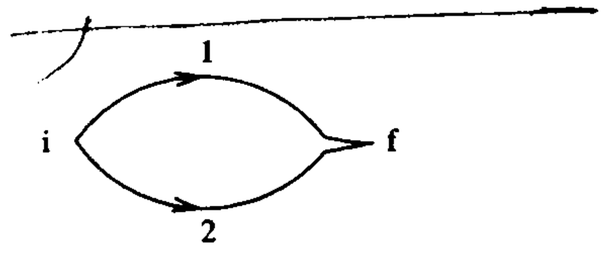
$\Delta S = \int_i^f \frac{dQ}{T}$ برای یک فرآیند

برای یک چرخه برگشت‌پذیر $\Delta S = \oint \frac{dQ}{T} = 0$ است اما برای یک فرآیند برگشت‌پذیر می‌تواند $\Delta S > 0$ یا $\Delta S = 0$ و یا $\Delta S < 0$ باشد. با توجه به آنکه $\oint dS = 0$ است S یک متغیر حالت است، بنابراین $\Delta S_{i\to f}$ ربطی به مسیر ندارد.

$$(\Delta S)_{i\to i} = \oint dS = 0 = (\Delta S_{if})_1 + (\Delta S_{fi})_1 = 0$$

$$\Rightarrow (\Delta S_{if})_1 = -(\Delta S_{fi})_2 \ , \ -(\Delta S_{fi})_2 = (\Delta S_{if})_2$$

$$\Rightarrow (\Delta S_{if})_1 = (\Delta S_{if})_2$$



به طور کلی برای یک گاز ایده‌آل داریم تحت یک فرآیند برگشت‌پذیر داریم :

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{dU + dW}{T} = \int \frac{dU + pdV}{T} = \int \frac{nC_v dT + d(PV) - VdP}{T}$$

$$d(PV) = nRdT \Rightarrow \Delta S = \int \frac{nC_v dT + nRdT - VdP}{T} = \int \frac{n(C_v + R)dT}{T} - \int \frac{dp}{(\frac{T}{V})}$$

$$= \int_{T_1}^{T_2} \frac{nC_p dT}{T} - nR\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P} \Rightarrow \boxed{\Delta S = nC_p Ln\frac{T_2}{T_1} - nRLn\frac{P_2}{P_1}}$$

ΔS را برای حالات خاص بررسی می‌کنیم (چون dW و dQ دیفرانسیل کامل نیستند معمولاً آنها را به صورت đW و đQ نمایش می‌دهند).

الف) تک حجم برگشت‌پذیر

$$\Delta S = \int_i^f \frac{dQ}{T} = \int_i^f \frac{nC_v dT}{T} = nC_v Ln\frac{T_f}{T_i}$$

$$\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta S > 0, \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta S < 0$$

ب) تک فشار برگشت‌پذیر

$$\Delta S = \int_i^f \frac{dQ}{T} = \int_i^f \frac{nC_p dT}{T} = nC_p Ln\frac{T_f}{T_i}$$

$$\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta S > 0, \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta S < 0$$

ج) تکدمای برگشت‌پذیر

$$dU = 0 \Rightarrow dQ = dW = PdV = \frac{nRT}{V}dV$$

$$\Delta S = \int_i^f \frac{dQ}{T} = \int_i^f \frac{\frac{nRT}{V}dV}{T} = nR\int_{v_i}^{v_f} \frac{dV}{V} = nRLn\frac{V_f}{V_i}$$

$$\Delta V > 0 \Rightarrow \Delta S > 0, \Delta V < 0 \Rightarrow \Delta S < 0$$

فقط در فرآیند تکدمای برگشت‌پذیر با توجه به ثابت بودن دما می‌توان نوشت :

$$\Delta S = \frac{dQ}{T} = \frac{1}{T}\int dQ = \frac{Q}{T}$$

د) بی‌درروی برگشت‌پذیر

$$dQ = 0 \Rightarrow \Delta S = 0 \Rightarrow S_f = S_i$$

ه) در یک چرخه برگشت‌پذیر همواره داریم $\Delta S = 0$

همچنین اگر دمای جرم m با ظرفیت گرمایی ویژه C در یک فرآیند برگشت‌پذیر از T_1 تا T_2 تغییر کند داریم :

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_i}^{T_f} \frac{mcdT}{T} = mcLn\frac{T_f}{T_i}$$

۱-۹-۸ آنتروپی در فرآیندهای برگشت‌ناپذیر

آنتروپی یک متغیر حالت است بنابراین هنگامی که سیستم از حالت اولیه i به حالت نهایی f می‌رود باید بتوانیم صرف‌نظر از آنکه فرآیند برگشت‌پذیر یا برگشت‌ناپذیر است ΔS را حساب کنیم ولی معادله $\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$ بر اساس چرخه کارنو برای فرآیندهای برگشت‌پذیر بدست آمد. برای محاسبه ΔS در یک فرآیند برگشت‌ناپذیر باید مسیری برگشت‌پذیر پیدا کرد که سیستم را از حالت i به f ببرد و بر آن اساس ΔS را بدست آورد.

برای فرآیندهای برگشت‌ناپذیر (و همین‌طور یک چرخه برگشت‌ناپذیر) همیشه داریم $\Delta S > 0$ (حتی در فرآیند بی‌درروی برگشت‌ناپذیر $\Delta S > 0$ است). به عنوان مثال اگر حجم گازی در اثر انبساط آزاد از V_i تا V_f افزایش یابد می‌توان یک فرآیند برگشت‌پذیر تکدما را در نظر گرفته که حجم گاز در آن از V_i تا V_f افزایش می‌یابد (در انبساط آزاد $\Delta U = Q - W = 0 - 0 = 0$ بنابراین $\Delta T = 0$ است) که در نتیجه : $\Delta s = nRLn\frac{V_f}{V_i} = nRLn2 > 0$

۸-۹-۲ آنتروپی و قانون دوم

هر فرآیند طبیعی که از یک حالت تعادل شروع می‌شود و در حالت تعادل دیگر خاتمه می‌یابد در جهتی پیش می‌رود که آنتروپی موجود در سیستم و محیط زیاد شود.

به عبارتی متغیر ترمودینامیکی مفیدی به نام آنتروپی وجود دارد. فرآیندهای طبیعی تماماً برگشت-ناپذیرند بنابراین همواره برای آنها $\Delta S > 0$ است (در حالی که برای فرآیندهای برگشت‌پذیر، آنتروپی مجموعه سیستم و محیط بدون تغییر می‌مانند $\Delta S = \Delta S_{\text{سیستم}} + \Delta S_{\text{محیط}} = 0$)

۸-۹-۳ آنتروپی و بی‌نظمی

هنگامی که می‌گوییم برای فرآیندهای طبیعی آنتروپی سیستم + آنتروپی محیط در حال افزایش است مترادف با این مطلب است که بی‌نظمی سیستم + محیط در حال افزایش است. افزایش آنتروپی همراه با افزایش بی‌نظمی است.

می‌توان آنتروپی را به صورت زیر تعریف کرد که در آن k ثابت بولتزمن و W پارامتر بی‌نظمی است که احتمال وجود سیستم در یک حالت از میان حالتهای ممکن آن است :

$$S = k \text{Ln} W$$

به عنوان مثال احتمال آنکه حالتی شامل N مولکول در حجم V باشد برابر است $W = (CV)^N$ که C یک ثابت است.

$W_1 \propto V \Rightarrow W_1 = CV$ احتمال یافتن یک مولکول در حجم V

(اگر حجم را ۲ برابر کنیم احتمال حضور الکترون در آن حجم ۲ برابر می‌شود بنابراین $W_1 \propto V$).

حال احتمال حضور N الکترون در حجم V برای حاصلضرب احتمالات است.

$$W = \overbrace{W_1 . W_1 ... W_1}^{\text{N بار}} = W_1^N = (CV)^N$$

۸-۱۰ منحنی T-S

اگر منحنی T-S برای یک فرآیند رسم شود سطح زیر منحنی برابر Q مبادله شده در آن سیستم است. در زیر، این منحنی را برای دو فرآیند تکدما و بی‌دررو رسم می‌کنیم :

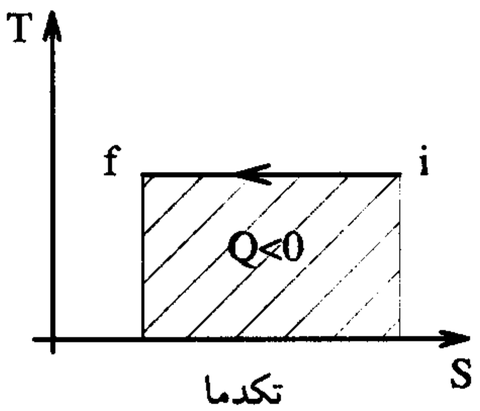
$$ds = \frac{dQ}{T} \Rightarrow dQ = Tds$$

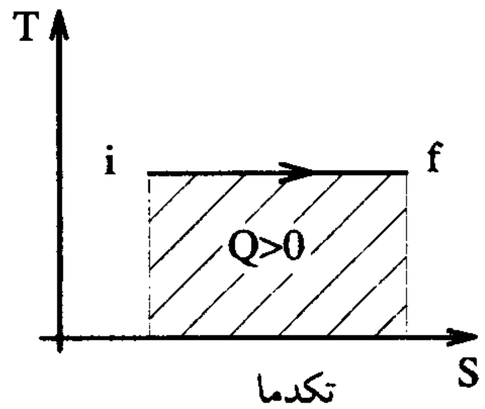
الف) تکدما :

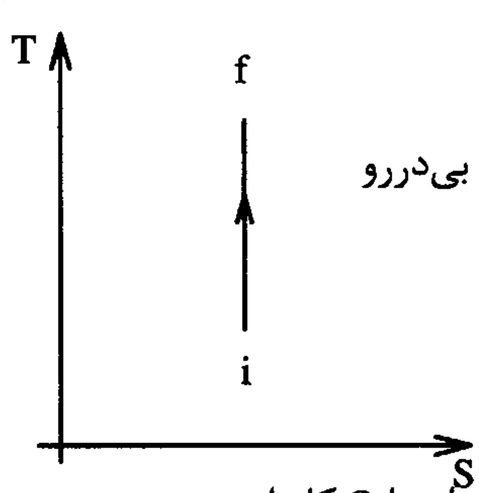
$$\Delta Q = \int_i^f Tds = T\int_i^f ds = T(S_f - S_i)$$

ب) بی‌دررو :

$dQ = 0 \Rightarrow ds = 0 \Rightarrow S = cte$







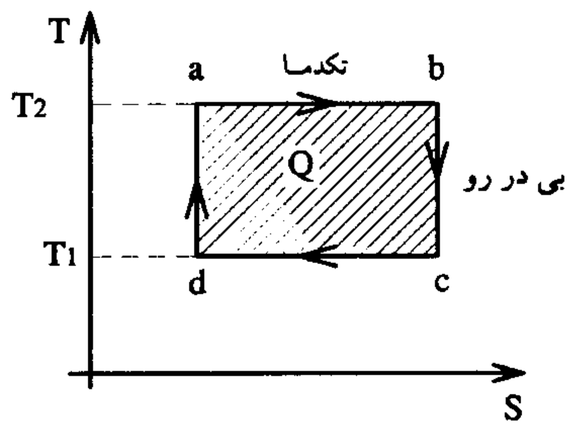
در یک چرخه سطح زیر منحنی برابر با Q کل است.

$\Delta u = 0 \Rightarrow$ کل $W =$ کل Q

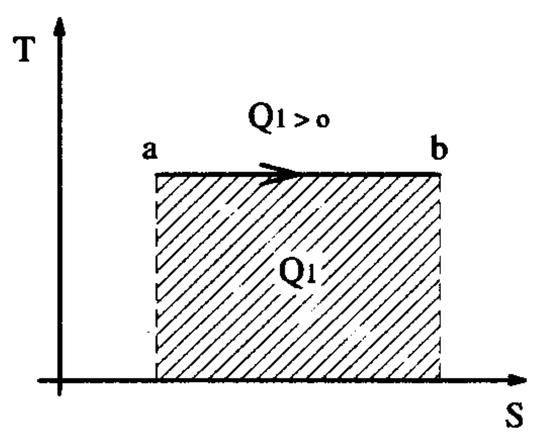
چرخه کارنو از دو فرآیند تکدما و دو فرآیند بی‌دررو تشکیل شده است.

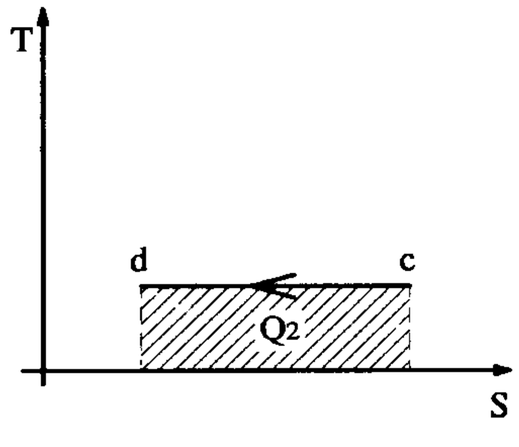
$T_2 > T_1$

$W = Q = Q_1 - |Q_2|$



$Q_2 = -|Q_2| < 0$





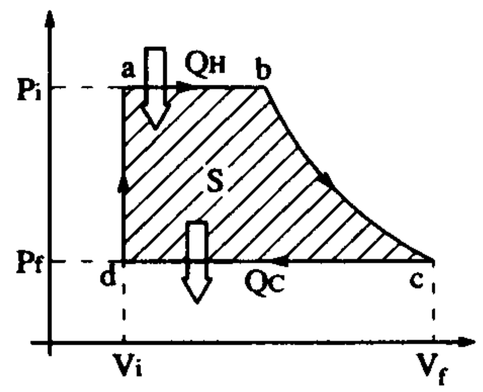
با داشتن $|Q_۲|$ از سطح زیر منحنی cd می‌توان بازده را به دست آورد.

$$e = ۱ - \frac{|Q_۲|}{Q_۱} = \frac{W}{Q_۱}$$

۱۱-۸ ماشین بخار

در هر چرخه تغییر انرژی داخلی سیستم صفر است و در پایان به وضعیت اولیه برمی‌گردد.

$$\begin{cases} \Delta U = ۰ & \text{در یک چرخه کامل} \\ W_{da} = ۰ \quad d \to a & \text{در طول فرآیند} \\ W = Q & \text{در هر چرخه کامل} \end{cases}$$



کار مبادله شده $W = W_{ab} + W_{bc} + W_{cd}$

$$\begin{cases} W_{ab} = P_i (V_b - V_c) \\ W_{bc} = \frac{۱}{۱ - \gamma} (P_f V_c - P_i V_b) \\ W_{cd} = -P_f (V_d - V_c) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Q_H = \text{مقدار گرمایی که سیستم از چشمه گرم دریافت می‌کند.} \\ Q_C = \text{مقدار گرمایی که سیستم به چشمه سرد می‌دهد (گرمای تلف شده)} \\ Q = Q_H - |Q_c| \quad \text{گرمای مبادله شده بین سیستم و محیط} \\ W = Q \end{cases}$$

$$\begin{cases} a \to b & \text{فرآیند همفشار} \\ b \to c & \text{فرآیند آدیاباتیک (بی‌دررو)} \\ c \to d & \text{فرآیند هم فشار} \\ d \to a & \text{فرآیند تک حجم (هم حجم)} \end{cases}$$

۱۲-۸ ماشین‌های درون‌سوز

در این مورد می‌توان به دو نوع ماشین (موتور) اشاره کرد :

الف) موتورهای بنزینی (اتو)

ب) موتورهای گازوئیلی (دیزلی)

الف) موتورهای (ماشینهای) بنزینی : در ماشینهای بنزینی، چرخه شش فرآیند دارد که چهار تای آنها مستلزم حرکت پیستون هستند و ضرب نامیده می‌شود.

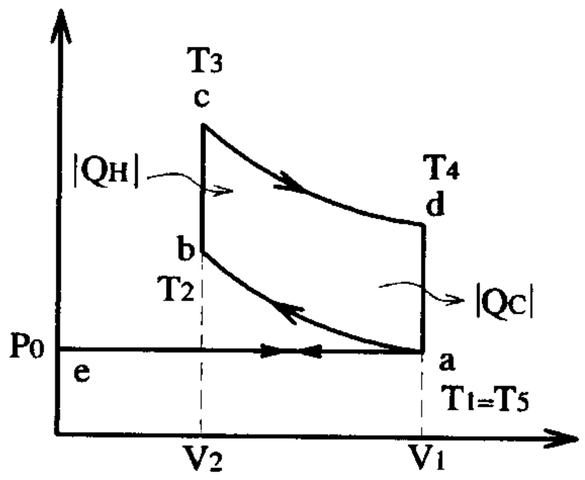
در نمودار زیر شش فرآیند را بررسی می‌کنیم.

نحوه عمل یک ماشین بنزینی را می‌توان با فرض کردن مجموعه‌ای از شرایط کامل، به طور تقریبی بیان کرد، این شرایط عبارتند از :

۱) ماده کارکن همیشه هواست که مانند یک گاز کامل با ظرفیتهای گرمایی ثابت عمل می‌کند.

۲) تمام فرآیندها ایستاوارند.

۳) هیچ اصطکاکی وجود ندارد.



بر اساس فرضیه‌های فوق چرخه استاندارد اتو که با هوا کار می‌کند از شش فرآیند ساده گاز کامل تشکیل شده است که به شرح زیر است.

(۱) فرآیند مکش (همفشار) (۱) از $e \to a$

(۲) فرآیند تراکم (آدیاباتیک) (۲) از $a \to b$

(۳) فرآیند اشتعال (انفجار) (هم‌حجم) (۳) از $b \to c$

(۴) فرآیند ضربه قدرت (بی‌دررو) (۴) از $c \to d$

(۵) فرآیند خروج گاز از دریچه (دود) (هم‌حجم) (۵) از $d \to a$

(۶) فرآیند خروج دودورسیدن به وضعیت اولیه (۶) از $a \to e$

از $e \to a$ یک ورودی ایستاوار هم فشار را در فشار اتمسفر نشان می‌دهد حجم بر طبق معادله $P_0V = nRT_1$ از صفر به V_1 می‌رسد و P_0 فشار اتمسفر و T_1 دمای هوای بیرون است.

از $a \to b$ معرف تراکم بی‌دروی ایستاوار n_1 مول هواست، تغییر دما از T_1 به T_2 طبق معادله زیر انجام می‌گیرد.

(۱) $\boxed{T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}}$

از $b \to c$ معرف افزایش دما و فشار n_1 مول هوا به طور هم حجم است.

از $c \to d$ معرف یک انبساط ایستاوار بی‌درروی n_1 مول هوا است که در آن دما بر طبق معادله زیر افت می‌کند و از T_2 به T_4 می‌رسد.

$$(۲) \quad \boxed{T_2 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1}}$$

از $d \to a$ کاهش ایستاوار دما و فشار n_1 مول هوا را به طور هم حجم در گستره دمای T_4 تا T_1 نشان می‌دهد.

از $a \to e$ خروج ایستاوار همفشار را در فشار اتمسفر نشان می‌دهد حجم از V_1 به صفر می‌رسد و دما در مقدار ثابت T_1 باقی می‌ماند.

نکته : دو فرآیند هم فشار $a \to e, e \to a$ اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند و تأثیری در فرآیند نهایی ندارد.

با فرض ثابت بودن C_V در فرآیند $b \to c$ خواهیم داشت.

$$(۳) \quad Q_H = \int_{T_2}^{T_3} C_v dT = C_v (T_3 - T_2)$$

همچنین برای فرآیند $d \to a$ داریم :

$$(۴) \quad |Q_C| = \int_{T_4}^{T_1} C_v dT = C_v (T_4 - T_1)$$

بنابراین بازده گرمایی برابر است با :

$$\eta = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_H} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

از کم کردن دو معادله بی‌دررو (۱) و (۲) خواهیم داشت :

$$(T_4 - T_1) V_1^{\gamma-1} = (T_3 - T_2) V_2^{\gamma-1} \Rightarrow \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = (\frac{V_2}{V_1})^{\gamma-1}$$

با نشان دادن نسبت V_1/V_2 به r که نسبت تراکم یا نسبت انبساط خوانده می‌شود خواهیم داشت :

$$\eta = 1 - \frac{1}{(V_1/V_2)^{\gamma-1}} = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}}$$

به r ضریب تراکم می‌گویند که همواره $r > 1$ است.

در یک ماشین بنزینی واقعی، r نمی‌تواند بیشتر از ۱۰ باشد، بنابراین اگر r را مساوی ۹ و γ برای هوا را ۱/۵بگیریم در آن صورت بازده یک موتور بنزینی برابر با :

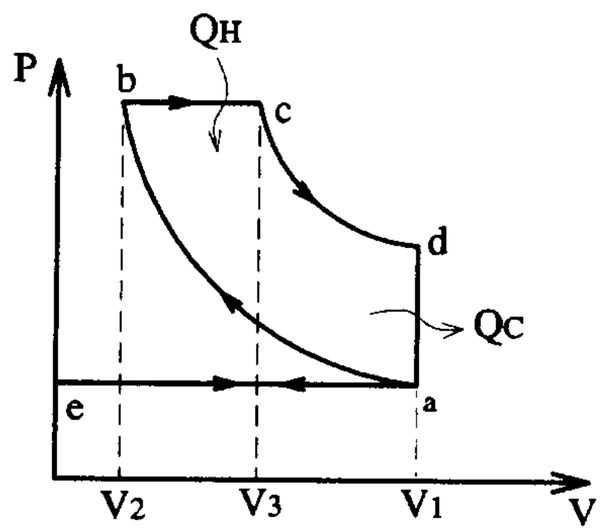
$$\begin{cases} \gamma = 1/5 \\ r = 9 \end{cases} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} = 1 - \frac{1}{r^{1/5-1}} = 1 - \frac{1}{r^{-/5}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{r}}$$

$$\Rightarrow \eta = ۱ - \frac{۱}{\sqrt{۹}} = ۱ - \frac{۱}{۳} = \frac{۳-۱}{۳} = \frac{۲}{۳} = ۰/۶۷$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta = \%۶۷}$$

ب) موتورهای (ماشینهای) گازوئیلی یا دیزلی : در ماشین دیزلی فقط هوا در قسمت ورودی وارد سیلندر می‌شود، یعنی هوا به طوری بی‌دررو متراکم می‌شود تا بتواند گازوئیلی را که به داخل استوانه پاشیده می‌شود پس از تراکم محترق کند و میزان پخش گازوئیل طوری تنظیم می‌شود که احتراق تقریباً بطور همفشار انجام گیرد بقیه چرخه یعنی ضربه قدرت خروج گاز از دریچه ضربه خروج دقیقا مانند ماشین بنزینی است.

(۱) $a \rightarrow b$ فرآیند بی‌دررو
(۲) $b \rightarrow c$ فرآیند هم فشار
(۳) $c \rightarrow d$ فرآیند بی‌دررو
(۴) $d \rightarrow a$ فرآیند هم حجم



بازده یک ماشین در یک چرخه دیزل ایده‌آل از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\eta = ۱ - \frac{۱}{\gamma} \frac{(\frac{۱}{r_E})^{\gamma} - (۱/r_c)^{\gamma}}{(۱/r_E) - (۱/R_c)}$$

نسبت انبساط $r_E = \frac{V_۱}{V_۲}$

نسبت تراکم $r_c = V_۱ / V_۲$

نکته : در عمل نسبت تراکم یک ماشین دیزل می‌تواند خیلی بزرگتر از مقدار متناظر آن در ماشینهای بنزینی باشد زیرا در اینجا فقط هوا تراکم پیدا می‌کند و لذا هیچ گونه نگرانی از بابت اشتغال پیش‌رس موجود نیست.

$$\begin{cases} \text{اگر} \quad r_c = ۱۵ \\ \quad r_E = ۵ \\ \quad \gamma = ۱/۵ \end{cases} \Rightarrow \eta = ۱ - \frac{۲}{۳} \frac{(\frac{۱}{۵})^{۳/۲} - (\frac{۱}{۱۵})^{۳/۲}}{\frac{۱}{۵} - \frac{۱}{۱۵}} = ۱ - ۵(۰/۰۸۹۵ \quad - ۰/۰۱۷۲)$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta = \% ۶۴}$$

که بازده ماشینهای دیزلی کمتر از بنزینی است.

۱۳-۸ پرسشهای چندگزینه‌ای

۱- یکی از علایم برگشت‌پذیر بودن یک عملیات ترمودینامیکی این است که عملیات ..... .

۱- در فشار ثابت انجام گیرد.

۲- در دمای ثابت انجام گیرد.

۳- در حجم ثابت صورت گیرد.

۴- عملیات خیلی آهسته صورت گیرد.

۲- سیکل کارنو از دو تحول ..... تشکیل شده است.

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۵)

۱- آنتروپی ثابت و دو تحول ثابت

۲- دما ثابت برگشت‌پذیر و دو تحول آنتروپی ثابت

۳- آدیاباتیک برگشت‌پذیر و دو تحول ایزوترم

۴- فشار ثابت برگشت‌پذیر و دو تحول آیزونتروپیک

۳- در یک ماشین گرمایی (Heat Engine) برگشت‌پذیر، طبق اصل کارنو (Carnot) :

۱- نوع سیال به کار رفته بر راندمان ماشین مؤثر است.

۲- راندمان به‌نوع سیکل به کار رفته بستگی نداشته و فقط تابع دمای دو منبع گرم و سرد می‌باشد.

۳- استفاده از بخار داغ نسبت به سیالات دیگر ارجحیت دارد.

۴- با کاهش تلفات انرژی می‌توان راندمان را به ۱۰۰ درصد نزدیک کرد.

۴- مخترعی ادعا می‌کند که ماشینی اختراع کرده است که برای یک سیکل کار می‌کند و با دریافت ۱۰۰ kj انرژی گرمایی از منبع گرمایی بالا به دمای ۵۲۳ k و دفع گرما به محیطی در دمای ۲۹۸ ، ۵۰ kj کار تولید می‌کند، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۸)

۱- راندمان این ماشین از سیکل کارنو بیشتر است و فرآیند امکان‌پذیر نیست.

۲- راندمان این ماشین از سیکل کارنو کمتر است و فرآیند امکان‌پذیر است.

۳- راندمان این ماشین برابر با سیکل کارنو است و فرآیند ممکن است امکان‌پذیر باشد.

۴- اطلاعات کافی برای پاسخگویی ارائه نشده است.

۵- فرض می‌شود موتوری بر اساس سیکل استاندارد هوایی کارنو بین دماهای $T_L = ۳۰۰\ K$ و $T_H = ۱۰۰۰\ K$ عمل نماید کدام رابطه می‌تواند صحت داشته باشد ؟
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۰)

۱- $q_H = \frac{۱۰}{۷} q_L$ ۲- $q_H = \frac{۱۳}{۱۰} q_L$

۳- $q_H = \frac{۱۰}{۳} q_L$ ۴- $q_H = \frac{۱۳}{۷} q_L$

۶- بازده حرارتی یک ماشین کارنو که با گاز ایده‌آل کار می‌کند، مساوی است با :
(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۶)

۱- $(Q_H - Q_C)/Q_H$ ۲- $(Q_H + Q_C)/Q_H$

۳- $(T_H + T_C)/T_H$ ۴- $(T_H - T_C)/T_H$

۷- از پمپ حرارتی برای گرم کردن خانه‌ای در زمستان استفاده می‌شود. اگر بخواهند اتاق را در ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگاه دارند در حالی که دمای محیط ۱۰- درجه سانتی-گراد و تبادل حرارتی اتاق با محیط ۲۵ kw باشد حداقل قدرت مصرفی پمپ حرارتی عبارت است از : **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)**

۱- ۱۰/۶ kw ۲- ۲/۵۶ kw

۳- ۲/۸۵ kw ۴- ۱۳/۲ kw

۸- یک ماشین حرارتی برگشت‌پذیر بین دمای منبع گرم ۶۶۰ °C و دمای منبع سرد ۱۰۰ °C در حال کار می‌باشد. سیال عامل این ماشین حرارتی (ماشین اول) آب است. حال ماشین حرارتی برگشت‌پذیری دیگر در نظر می‌گیریم که سیال عامل آن یک گاز ایده‌آل باشد و بین همان دو منبع گرم و سرد عمل نماید (ماشین دوم) کدام یک از عبارات زیر صحیح است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)**

۱- راندمان حرارتی ماشین اول ۰/۶ و راندمان حرارتی ماشین دوم کمتر از ماشین اول خواهد بود.

۲- راندمان ماشین حرارتی اول ۰/۸۵ و راندمان ماشین حرارتی دوم برابر با ماشین حرارتی اول خواهد بود.

۳- راندمان ماشین حرارتی اول ۰/۶ و راندمان ماشین حرارتی دوم و اول برابر است.

۴- راندمان ماشین حرارتی اول ۰/۸۵ و راندمان ماشین حرارتی دوم کمتر از ماشین حرارتی اول خواهد بود.

۹- چهار فرآیند در سیکل کارنو عبارتند از :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- دو فرآیند ایزوترمال برگشت‌ناپذیر و دو فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیر

۲- دو فرآیند ایزوترمال برگشت‌پذیر و دو فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیر

۳- دو فرآیند ایزوترمال برگشت‌ناپذیر و دو فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیر

۴- دو فرآیند ایزوترمال برگشت‌پذیر و دو فرآیند فشار ثابت

۱۰- برای آنکه بازده حرارتی یک سیکل کارنو به ۱ برسد :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۸۰)

۱- بایستی دمای منبع گرم به سمت "بی‌نهایت" میل کند تا مبادله گرمایی بین موتور حرارتی و این منبع به طور وقفه‌ناپذیر صورت گیرد.

۲- بایستی دمای منبع سرد به سمت "صفر مطلق" میل کند تا گرما به طور وقفه‌ناپذیر از منبع گرم به منبع سرد انتقال یابد.

۳- بایستی دمای منبع گرم به سمت "بی‌نهایت" و دمای منبع سرد به سمت "صفر" میل کند تا مبادله گرمایی بین موتور حرارتی و این دو منبع به طور کامل صورت گیرد.

۴- نبایستی هیچ گرمایی بین موتور حرارتی و منبع سرد مبادله شود، زیرا دمای منبع سرد برابر با "صفر مطلق" است.

۱۱- بازده حرارتی برای یک سیکل کارنو از رابطه زیر بدست می‌آید :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۹)

۱- $\frac{|Q_H|+|Q_C|}{|Q_H|}=\frac{T_H-T_C}{T_H}$

۲- $\frac{|Q_H|+|Q_C|}{|Q_H|}=\frac{T_H+T_C}{T_H}$

۳- $\frac{|Q_H|-|Q_C|}{|Q_H|}=\frac{T_H-T_C}{T_H}$

۴- $\frac{|Q_H|-|Q_C|}{|Q_H|}=\frac{T_H+T_C}{T_H}$

۱۲- راندمان حرارتی در یک سیکل کارنو در صورتی که دمای حداکثر و حداقل به ترتیب ۱۶۰۰ و ۷۵۰ درجه کلوین باشد، کدامیک از گزینه‌های زیر می‌باشد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- ٪۵۰

۲- ٪۵۳

۳- ٪۴۵

۴- ٪۴۹

۱۳- دو سیستم مشابه با گرمای ویژه C_P در حالتهای اولیه T_1 , T_2 وجود دارند طوری که $T_2 > T_1$ اگر این دو سیستم به عنوان منابع ماشین کارنو که در هر سیکل کار ناچیز dw انجام می‌دهند مورد استفاده قرار گیرند دمای تعادل نهایی این منبع برابر است با : (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- $T_F = \frac{T_1 + T_2}{2}$

۲- $T_F = (T_2 - T_1)^{1/2}$

۳- $T_F = (T_1 T_2)^{1/2}$

۴- $T_F = (T_2 + T_1)^{1/2}$

۱۴- بازده‌ماشین کارنویی که ماده‌کار آن گاز ایده‌آل باشد از کدام رابطه به دست می‌آید؟ (T_2, T_1 به ترتیب درجه حرارت منابع گرم و سرد است).

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- T_1 / T_2

۲- $(1 - T_1 / T_2)$

۳- T_2 / T_1

۴- $(1 - T_2 / T_1)$

۱۵- کدام یک از موارد زیر صحیح است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- غیر ممکن است ماشین بین دو منبع حرارتی کار کند و راندمانی بالاتر از ماشین برگشت‌پذیر داشته باشد.

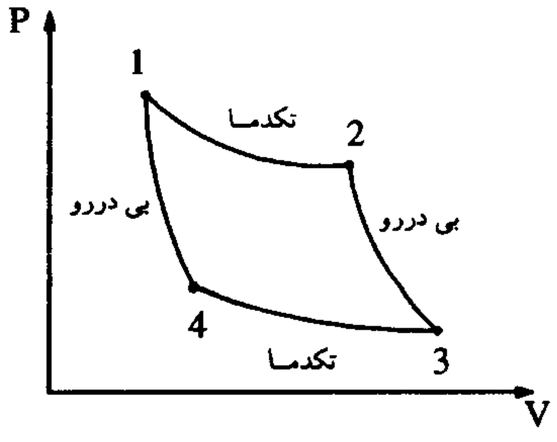
۲- ماشینهایی که در سیکل کارنو بین دو منبع همدما کار کند راندمانی یکسان دارند.

۳- موارد ۱ و ۲

۴- هیچ کدام

۱۶- در چرخه شکل زیر کدام رابطه درست است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)



۱- $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$

۲- $V_1 V_2 = V_3 V_4$

۳- $\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_3}{V_4}$

۴- $\frac{V_4}{V_1} = \frac{V_2}{V_3}$

۱۷- یک ماشین کارنو بین یک منبع گرم با دمای ۳۲۰ k و یک منبع سرد با دمای ۲۶۰ k کار می‌کند. اگر این ماشین ۵۰۰ ژول گرما از منبع گرم بگیرد. چه مقدار کار تحویل می‌دهد ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)**

۱- ۹۳/۷۵ j
۲- ۸۵/۵ j
۳- ۷۴/۲ j
۴- ۸۰ j

۱۸- مخترعی مدعی است که یک ماشین حرارتی طراحی کرده که ۱۰۰۰ Btu گرما از منبع گرم با دمای ۱۰۰۰ °K گرفته و ۵۰۰ BTU کار تحویل می‌دهد. ساخت چنین ماشینی عملی .....

۱- است و به صورت برگشت‌پذیر کار می‌کند.
۲- نیست.
۳- است و به صورت غیر برگشت‌پذیر کار می‌کند.
۴- است.

۱۹- سه موتور کارنو را در نظر بگیرید که اولی بین درجه حرارت T_i, T_n و دومی بین T_c, T_i و سومی بین T_c, T_n کار نماید رابطه راندمان حرارتی بین این سه موتور به صورت زیر خواهد بود. **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۵)**

۱- $\eta_3 = \eta_1 \eta_2$
۲- $\eta_3 = \eta_1 + \eta_2$
۳- $\eta_3 = \eta_1 + \eta_2 + \eta_1 \eta_2$
۴- $\eta_3 = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2$

۲۰- کدام گزینه در مورد بازده ماشین گرمایی صحیح است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- $\frac{Q-W}{W}$
۲- $\frac{1}{W}$
۳- $\frac{1}{Q}$
۴- $\frac{W}{Q}$

۲۱- یخچال فرضی ۵ kw حرارت از محیطی دریافت می‌کند و دمای آن محیط را در ۳۳ °C - ثابت نگه می‌دارد. اگر این یخچال ۲۵ kw حرارت به اتاقی به دمای ۲۷ °C بدهد این یخچال چگونه است؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)**

۱- برگشت‌پذیر
۲- ایده‌آل
۳- غیر ممکن
۴- برگشت‌ناپذیر

۲۲- راندمان یا ضریب عملکرد یک یخچال الکتریکی برابر ۵ است. اگر یخچال در اطاقی به دمای $۲۰^{\circ}C$ قرار داشته باشد کمترین دمای ممکن محفظه تولید یخ یخچال عبارت است از :

۱- $-۲۹^{\circ}C$ ۲- $-۱۸^{\circ}C$ ۳- $۰^{\circ}C$ ۴- $-۳۵^{\circ}C$

۲۳- یک‌یخچال با سیکل کارنو کارمی‌کند و گرمارا ازمنبع‌سرد ۲۰F می‌گیرد وبه منبع گرم ۸۰ F پس می‌دهد. ضریب عملکرد آن کدام است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۸)

۱- ۲ ۲- ۸ ۳- ۲۰ ۴- ۸۰

۲۴- یک فریزر باید در یک روز تابستان، دمایی معادل $۲۳۸^{\circ}K$ ایجاد کند. این در حالی است که دمای محیط $۳۰۶^{\circ}k$ می‌باشد. لذا لازم است که حرارت به نرخ $۱۲۳۰ \frac{j}{S}$ از فریزر خارج شود. حداکثر ضریب عملکرد (W) و حداقل توانی که به فریزر اعمال شود، چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی ۷۸)

۱- $W = ۴/۶ \ , |W| = ۵۰w$ ۲- $W = ۳/۵ \ , |W| = ۳۵۱/۴w$

۳- $W = ۱/۵ \ , |W| = ۱۰۰/۵w$ ۴- $W = ۰/۵ , |W| = ۴۹۶/۵w$

۲۵- یک سرد کننده گازی در هر دقیقه j ۴۰۰۰ گرما را از هوای اتاق گرفته و در همین مدت j ۱۲۰۰۰ گرما به هوای خارج پس می‌دهد. ضریب عمل دستگاه چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)

۱- ۱/۵ ۲- ۰/۵ ۳- ۲/۵ ۴- ۵

۲۶- کدام یک از عبارات زیر در مورد ضریب عملکرد یک یخچال صادق است ؟ (Q_H, Q_L به ترتیب برابر با انتقال حرارت از ناحیه سرد به سیکل و از سیکل به ناحیه گرم است) (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷٤)

۱- $\frac{Q_L}{W_{in}}$ ۲- $\frac{Q_L}{Q_H}$ ۳- $\frac{W_{in}}{Q_H}$ ۴- $۱ - \frac{Q_L}{W_H}$

۲۷- در یک سیکل توربینی گاز ایده‌آل، توان توربین kw ۱۰۰ و توان مصرفی کمپرسور kw ۴۰ است. اگر راندمان توربین و کمپرسور هر دو ۸۰ درصد باشد، نسبت توان خالص واقعی به حالت ایده‌آل چقدر است؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۵)

۱- ۰/۴ ۲- ۰/۵ ۳- ۰/۸ ۴- ۰/۶۴

۲۸- قدرت تولید شده در سیلندرهای یک موتور اتومبیل ۳۰ KW است. در صورتی که قدرت خروجی از میل لنگ این موتور ۲۴ KW باشد. راندمان مکانیکی این موتور چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی فیزیک دریا ۸۰)**

۱- ۵۰ درصد ۲- ۴۰ درصد

۳- ۸۰ درصد ۴- ۱۰۰ درصد

۲۹- نسبت گرمای مفید به گرمای وارد شده به دستگاه در یک ماشین حرارتی نشانگر کدام یک از راندمانهای زیر می‌باشد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ٦٦)

۱- مکانیکی ۲- اقتصادی ۳- حرارتی ۴- حجمی

۳۰- عمل احتراق در موتورهای بنزینی چهار زمانه :

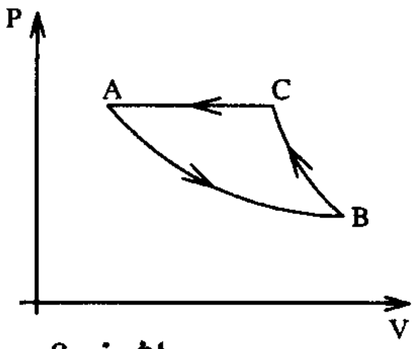
۱- در فشار ثابت انجام می‌شود. ۲- در حجم ثابت انجام می‌شود.

۳- به صورت آدیاباتیک انجام می‌شود. ۴- در فشار و حجم متغیر انجام می‌شود.

۳۱- یک متر مکعب از یک گاز ایده‌آل در درجه حرارت ۶۰۰ k و فشار ۹۰۰ kPa به اندازه ۹ برابر حجم اولیه خود انبساط پیدا نموده است این فرآیند آدیاباتیک (Adiabatic) از نظر مکانیکی برگشت‌پذیر می‌باشد فرض نمایید $\frac{C_p}{C_v}=\frac{۳}{۲}$ است کار انجام شده تقریباً برابر است با :

۱- ۶۰۰ kj ۲- ۱۲۰۰ kj ۳- ۱۸۰۰ kj ۴- هیچ کدام

۳۲- یک مول گاز ایده‌آل تک اتمی تحت فرآیند زیر واقع می‌شود.



مرحله $A \to B$ ایزوترم و برگشت‌پذیر

مرحله $B \to C$ آدیاباتیک و برگشت‌پذیر

مرحله $C \to A$ فشار ثابت

کدام یک از معادلات زیر برای تغییر در آنتروپی مرحله ایزوترم صحیح می‌باشند ؟

۱- $\Delta s = Ln\frac{V_B}{V_A} + CLn\frac{T_C}{T_A}$

۲- $\Delta s = \frac{y}{۱-y}RLn\frac{T_C}{T_A}$

۳- $\Delta s = \frac{y}{۱-y} + RLn\frac{T_C}{T_A}$

۴- $\Delta s = \frac{y}{۱-y}RLn\frac{T_A}{T_C}$

۳۳- تعریف راندمان حرارتی مطابق کدام عبارت است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای حرارت ۷۷)

۱- کار واقعی به کار آنیرنتروپیک

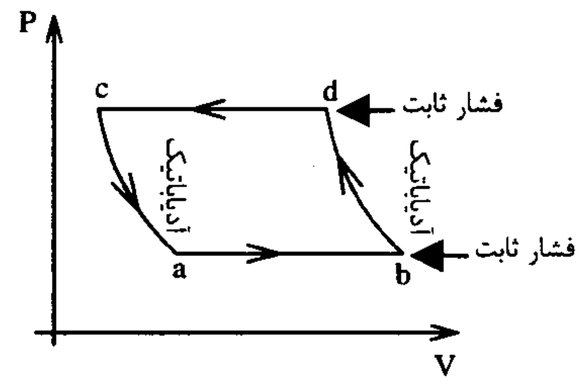
۲- کار واقعی به حرارت داده شده به سیکل

۳- نسبت کار ایده‌آل به حرارت داده شده به سیکل

۴- نسبت کار اندیکاتور به حرارت داده شده به سیکل

۳۴- موتور ایده‌آل، یک مول از یک گاز کامل سیکل abcda را می‌پیماید. اگر گرمای ویژه در فشار ثابت C_P فرض شود، بازده حرارتی این موتور مساوی است با :

(کنکور کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و هواشناسی ۷۷)



۱- $[(T_a + T_b) - (T_c + T_d)]/(T_b - T_a)$

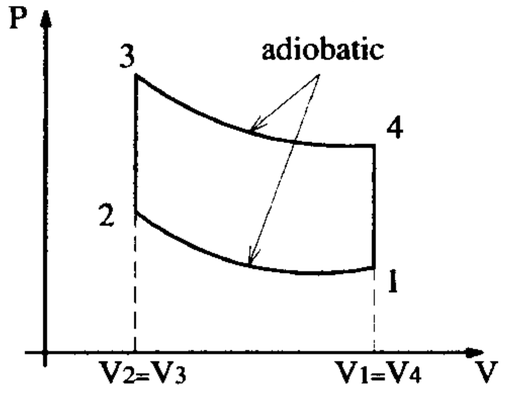
۲- $[(T_a + T_c) - (T_b + T_d)]/(T_b - T_a)$

۳- $[(T_b + T_d) - (T_a + T_c)]/(T_b - T_a)$

۴- $[(T_a + T_c) - (T_a + T_d)]/(T_b - T_a)$

۳۵- بازده حرارتی برای یک موتور حرارتی برگشت‌پذیر که در یک سیکل اتو (ottocycle) کار می‌کند چقدر است (به شکل زیر مراجعه کنید) در این سیستم یک گاز ایده‌آل به ظرفیت حرارتی ثابت به عنوان سیال کار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فرض شود $r = \frac{V_1}{V_2}$



۱- $\eta = 1 - (\frac{1}{r})^{\lambda}$

۲- $\eta = 1 - (\frac{1}{r})^{\lambda-1} \frac{1}{r-1}$

۳- $\eta = 1 - (\frac{1}{r})^{\lambda-1}$

۴- $\eta = 1 - (\frac{1}{r}) \times \frac{1}{\lambda}$

۳۶- یک سیکل گاز ایده‌آل شامل تحولات : ۱- تراکم همدما در درجه حرارت T_1 ۲- افزایش گرما از T_1 به T_2 در فشار ثابت ۳- انبساط آدیاباتیک برگشت‌پذیر به درجه حرارت T_1 می‌باشد. راندمان حرارتی این سیکل کدام است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۶)

۱- $\eta = ۱ - \frac{T_۲ Ln(\frac{T_۳}{T_۲})}{(T_۳ - T_۱)}$

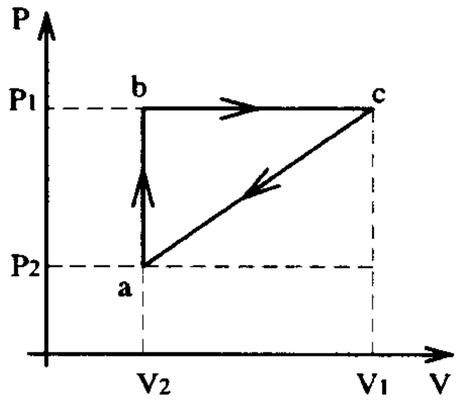
۲- $\eta = ۱ - \frac{T_۲ Ln(\frac{T_۲}{T_۳})}{(T_۱ - T_۲)}$

۳- $\eta = ۱ - \frac{T_۱ Ln(\frac{T_۲}{T_۱})}{(T_۳ - T_۲)}$

۴- $\eta = ۱ - \frac{T_۲ Ln(\frac{T_۱}{T_۲})}{(T_۳ - T_۱)}$

+ ۳۷- شکل زیر یک شکل خیالی برای ماشین گازی است. بازده این ماشین را با فرض ثابت بودن گرمای ویژه C_V و C_P به دست آورید. (بر حسب $C_V, C_P, P_۲, P_۱, V_۲, V_۱$)

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۶۸)



۱- $\eta = \frac{۱}{۲}(۱ - \frac{C_V}{C_P})(\frac{V_۱}{V_۲} - ۱)$

۲- $\eta = \frac{R}{C_V(\frac{V_۲}{V_۱ - V_۲}) + C_P \frac{V_۱}{P_۱ - P_۲}}$

۳- $\frac{P_۱ V_۲ - P_۲ V_۱}{P_۱(V_۱ - V_۲)}$

۴- هیچ کدام

+ ۳۸- کدام تعریف برای قانونهای اول و دوم ترمودینامیک به ترتیب صحیح است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۸)

۱- اصل بقای انرژی یک فرآیند و جهت انجام یک فرآیند را نشان می‌دهد.

۲- اصل بقای انرژی و تبدیل انرژی را از یک نوع به نوع دیگر نشان می‌دهد.

۳- تبدیل انرژی یک فرآیند و جهت فرآیند برگشتی را نشان می‌دهد.

۴- جهت حرکت انرژی یک فرآیند و مربوط به آنتروپی فرآیند می‌باشد.

– ۳۹- کدام گزینه قانون دوم را نقض می‌کند ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۶)**

۱- انجام یک فرآیند ایزونتروپیک غیر ممکن است.

۲- در تحول برگشت‌ناپذیر نمی‌توان کار را از $W = \int PdV$ به دست آورد.

۳- می‌توان ماشینی را ساخت که فقط از یک منبع، گرما بگیرد و بدون تبادل با منبع دیگر کار انجام دهد.

۴- سیستمی به مقدار Q با محیط در دمای $T_۰$ تبادل گرما می‌کند و تغییر آنتروپی سیستم کمتر از $\frac{Q}{T_۰}$ است.

۴۰- کدام یک از جملات زیر غلط است ؟

۱- هر سیستمی که به طور سیکل (Cycle) عمل می‌کند، نمی‌تواند به طور کامل حرارت را به کار تبدیل کند.

۲- هر سیستمی که به طور سیکل (Cycle) عمل می‌کند، تنها اثرش نمی‌تواند انتقال حرارت از یک محیط سرد به یک محیط گرم باشد.

۳- هر ماشین که بین دو منبع حرارتی (سرد و گرم) کار می‌کند، نمی‌تواند راندمانش بیش از راندمان ماشین برگشت‌پذیر باشد.

۴- کلیه ماشینهایی که بین دو منبع حرارتی و سرد و گرم کار می‌کند دارای راندمان برابرند.

۱- ۱ ۲- ۲ ۳- ۴ ۴- هیچ کدام

۴۱- به موجب اصل دوم ترمودینامیک :

۱- تغییرات آنتروپی سیستم در یک تحول همواره بزرگتر و یا حداقل برابر صفر است.

۲- مسیر تحول یک سیستم همواره در جهتی است که در آن افزایشی در آنتروپی سیستم مشاهده می‌شود.

۳- مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط آن همواره بزرگتر و یا حداقل مساوی صفر است.

۴- سه جمله فوق تفاوتی با یکدیگر ندارند و هر سه قانون دوم را بیان می‌کنند.

۴۲- کاربرد قانون اول و دوم ترمودینامیک عبارتند از :

۱- قانون اول اثرات کار و گرما را برای هر تغییر در حالت سیستم محاسبه می‌کند و قانون دوم جهت و احتمال اتفاق یک فرآیند را تعیین می‌نماید.

۲- قانون‌دوم‌تغییرات‌انرژی را محاسبه‌می‌نماید و قانون‌اول جهت‌تغییرات‌انرژی‌را پیش‌بینی‌می‌نماید.

۳- قانون اول اصل بقای انرژی و آنتروپی است.

۴- هیچ کدام

۴۳- کدام یک از عبارات زیر در ارتباط با قانون دوم ترمودینامیک صحیح می‌باشد؟

۱- آنتروپی جهت تغییرات یک فرآیند را مشخص می‌نماید.

۲- آنتروپی مانندکار یک خاصیت ترمودینامیکی است که بستگی به مسیر حرکت یک فرآیند دارد.

۳- آنتروپی یک سیستم بسته آدیاباتیک (Adiabatic) در یک فرآیند خود به خود کاهش می‌یابد.

۴- تغییرات آنتروپی یک فرآیند همیشه منفی است.

۴۴- یک مخترع ادعا می‌نماید که موتوری ساخته است که در طول سیکل کامل، میزان ۱۲۰۰ kj حرارت به یک منبع گرم منتقل نموده و میزان ۱۰۰۰ kj کار مصرف نموده است. این ادعا کدام یک از قوانین ترمودینامیک را نقض می‌کند ؟

۱- قانون اول ۲- قانون دوم

۳- هر دو قانون ۴- هیچ کدام

۴۵- بهترین دلیل برای وجود قانون دوم می‌توان این باشد که :

۱- قانون اول تنها نماند.

۲- به خاطر اینکه قانون اول به بعضی از سؤالات پاسخ ندارد.

۳- برای اینکه بتوانیم قانون سوم را بنویسیم.

۴- قانون دوم وجودش اضافی است.

۴۶- بنا بر قانون اول ترمودینامیک از دیدگاه نظری، چند درصد از انرژی مکانیکی را می‌توان به انرژی گرمایی تبدیل کرد ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۵)

۱- ٪۱۰۰ ۲- ٪۵۰ ۳- ٪۷۵ ۴- ٪۹۰

۴۷- بیان قانون دوم ترمودینامیک کدام گزینه است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۷)

۱- انتگرال سیکلی $\oint \frac{\delta Q}{T}$ نمی‌تواند بزرگتر از صفر شود.

۲- قابلیت کاردهی انرژی در جهان ثابت است.

۳- نمی‌توان همه کار را در یک فرآیند یا سیکل به گرما تبدیل کرد.

۴- نمی‌توان همه گرما را در یک فرآیند به کار تبدیل کرد.

۴۸- کدام یک از معادلات زیر متعلق به مجموعه قانون اول و قانون دوم ترمودینامیک می‌باشد ؟

۱- $du = Tds - pdV$ ۲- $du = Tds - Vdp$ ۳- $du = sdT - pdV$ ۴- $du = dq - dw$

۴۹- کدام یک از تساویهای زیر نشانگر آنتروپی در حالت کلی می‌باشد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ٦٦)

۱- $ds = \frac{dW}{T}$ ۲- $ds = \frac{T}{dQ}$ ۳- $ds = \frac{T}{dW}$ ۴- $ds = \frac{dQ}{T}$

۵۰- یک مول از گاز ایده‌آلی از فشار P_1 تا فشار P_2 فشرده می‌شود در کدام یک از فرآیندهای زیر تغییر آنتروپی گاز مستقل از نوع گاز است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۸)

۱- آدیاباتیک ۲- حجم ثابت

۳- همدما (ایزوترمال) ۴- پلی تروپیک

۵۱- مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط، طی یک فرآیند برگشت‌پذیر :

(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۳)

۱- صفر است. ۲- منفی است.

۳- مثبت است. ۴- بطور متناوب تغییر می‌کند.

۵۲- در یک تحول آدیاباتیک کدام یک از عبارات زیر در مورد تغییر آنتروپی صحیح‌تر است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷٤)

۱- کاهش می‌یابد اگر دما کاهش یابد. ۲- افزایش می‌یابد.

۳- صفر است. ۴- کاهش می‌یابد.

۵۳- آنتروپی سیستم ایزوله شده :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- یا ثابت می‌ماند یا افزایش می‌یابد. ۲- ثابت می‌ماند.

۳- همیشه افزایش می‌یابد. ۴- همیشه کاهش می‌یابد.

۵۴- اگر در فرآیندی مقدار آنتروپی ثابت بماند این فرآیند :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)

۱- حتماً آدیاباتیک و برگشت‌پذیر است. ۲- لزوماً آدیاباتیک و برگشت‌پذیر نیست.

۳- ایزوترم و برگشت‌پذیر است. ۴- هیچ کدام

۵۵- معادله حالت یک گاز کامل به صورت ثابت $= PV^{۰/۲۵}$ است تغییر آنتروپی گاز را که از حالت $P_1 = ۱at, T_1 = ۱۰^\circ C$ به حالت $T_2 = ۲۰^\circ C$ تغییر می‌کند بر حسب $\frac{kj}{kg.^\circ k}$ به دست آورید؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای حرارت ۷۵)

۱- صفر ۲- ۰/۶۹۳

۳- ۱/۳۸۶ ۴- ۵/۷۶۳

۵۶- در یک سیکل برگشت‌پذیر، دمای منبع از ۱۵۰۰ k به ۳۰۰ k (دمای محیط) تقلیل می‌یابد در حالی که دمای منبع سرد (محیط) ثابت و در ۳۰۰ k باقی می‌ماند. پس از متوقف شدن سیکل ملاحظه می‌شود که منبع سرد کلاً ۱۵۰ kj حرارت دریافت کرده است. تغییر آنتروپی منبع گرم چند کیلوژول بر کلوین می‌باشد ؟

۱- ۰/۵- ۲- ۰/۵+ ۳- ۲- ۴- ۱۲-

۵۷- آنتروپی حالتهای ابتدایی و انتهایی یک سیستم طی یک فرآیند برابرند ($S_2 = S_1$) کدام عبارت در مورد این فرآیند درست است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۶)

۱- انتقال گرما نمی‌تواند به محیط باشد. ۲- انتقال گرما نمی‌تواند به سیستم باشد.

۳- تحول ایزونتروپیک ۴- تحول آدیاباتیک است.

۵۸- اگر یک قطعه فنر مثلاً آهن به جرم معین در داخل یک دریاچه بیفتد، میزان تغییرات آنتروپی سیستمی مرکب آهن و دریاچه چه مقداری خواهد بود ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۶)

۱- $\Delta s = 0$ ۲- $\Delta s > 0$ ۳- $\Delta s < 0$ ۴- $\Delta s \leq 0$

۵۹- آنتروپی جرم معینی از گاز ایده‌آل پس از طی یک فرآیند تراکمی و دما ثابت :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۷)

۱- کاهش و یا افزایش آنتروپی وابسته به مقدار برگشت‌پذیری فرآیند است.

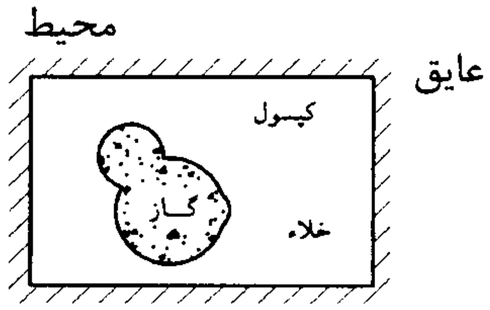
۲- تغییر نمی‌کند.

۳- افزایش می‌یابد.

۴- کاهش می‌یابد.

۶۰- یک کپسول گازی در یک ظرف بزرگ عایق و خالی - مانند شکل - قرار دارد. اگر کپسول خود به خود پاره شود و گاز همه حجم را پر کند در این عمل :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۷)



۱- انرژی داخلی سیستم ثابت مانده و آنتروپی آن افزایش می‌یابد.

۲- انرژی داخلی سیستم ثابت و آنتروپی عالم افزایش و آنتروپی محیط کاهش می‌یابد.

۳- آنتروپی سیستم می‌تواند کاهش و یا افزایش یابد.

۴- انرژی داخلی سیستم کاهش و آنتروپی آن افزایش می‌یابد.

۶۱- اگر تغییرات آنتروپی برابر با صفر باشد ($\Delta s_{sys} = 0$) ، کدام عبارت در تمامی شرایط برای تغییرات آنتروپی کل (سیستم و محیط) صحیح می‌باشد ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۸)

۱- بزرگتر از صفر ۲- بزرگتر و یا مساوی صفر

۳- برابر با صفر ۴- کوچکتر و یا مساوی صفر

۶۲- کدام یک از عبارت زیر صحیح است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۰)

۱- یک فرآیند ایزونتروپیک (Isentropic) فقط باید آدیاباتیک و برگشت‌پذیر باشد.

۲- یک فرآیند ایزونتروپیک می‌تواند برگشت‌ناپذیر ولی آدیاباتیک باشد.

۳- یک فرآیند ایزونتروپیک می‌تواند به صورت برگشت‌ناپذیر اتفاق بیافتد.

۴- یک فرآیند ایزونتروپیک تحت هیچ شرایطی امکان‌پذیر نیست زیرا قانون دوم ترمودینامیک نقض می‌شود.

۶۳- سیستمی که از یک شرایط اولیه تعادلی به شرایط ثانویه مشابه تعادلی توسط دو فرآیند مختلف برسد و یکی از دو فرآیند برگشت‌پذیر (فرآیند I) و دیگری برگشت-ناپذیر (II) باشد. در این صورت کدام یک از روابط زیر صادق است ؟

۱- $\Delta S_I = \Delta S_{II}$ ۲- $\Delta S_I > \Delta S_{II}$ ۳- $\Delta S_I < \Delta S_{II}$ ۴- $\Delta S_I \leq \Delta S_{II}$

۶۴- اگر در فرآیندی مقدار آنتروپی ثابت بماند، این فرآیند ..... .

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۱)

۱- حتماً آدیاباتیک (بی‌دررو) و برگشت‌پذیر است.

۲- لزوماً آدیاباتیک و برگشت‌پذیر نیست.

۳- همدما (ایزوترمال) و برگشت‌پذیر است.

۴- هیچ کدام

۶۵- سیستمی طی یک فرآیند ۱۵۰ kj حرارت در دمای ۳۰۰ °k از دست می‌دهد و مقدار ۱۰۰ kj کار روی آن انجام می‌شود. تغییر آنتروپی (Δs) سیستم .....

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۱)

۱- همواره منفی است. ۲- همواره مثبت است.

۳- برابر ۰/۵ kj/k ۴- بزرگتر و یا مساوی ۰/۵ kj/k-

۶۶- وقتی یک کیلوگرم آب $20^{\circ}C$ را با ۲ Kg آب $80^{\circ}C$ مخلوط کنند تغییر آنتروپی چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۸۰)**

۱- ۲۴/۸ j/k ۲- ۸۰ j/k ۳- ۴۷/۴ j/k ۴- ۲۰ j/k

۶۷- سر یک میله برنجی با یک منبع در ۱۲۷ درجه سلسیوس و سر دیگر آن با منبع دیگری در ۲۷ درجه سلسیوس در تماس است. تغییر کل آنتروپی حاصل از فرآیند هدایت ۱۲۰۰ کالری گرما توسط این میله را حساب نمایید.

۱- $2/5 Cal.k^{-1}$ ۲- $1/5 Cal.k^{-1}$

۳- $1 Cal.k^{-1}$ ۴- $2 Cal.k^{-1}$

۶۸- دویست گرم آلومینیوم ($C_P = 0/215 \frac{Cal}{g.c^{\circ}}$) در دمای صد درجه سلسیوس، با پنجاه گرم آب بیست درجه مخلوط می‌شود. اختلاف آنتروپی نهایی سیستم با حالت قبل از اختلاط چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۴ و ۷۵ و ۷۶)**

۱- $6/9 \frac{Cal}{k}$ ۲- $0/69 \frac{Cal}{k}$

۳- $0/68 \frac{Cal}{k}$ ۴- $6/8 \frac{Cal}{k}$

۶۹- در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و فشار جو می‌توان از آب گرما گرفت. بدون آنکه یخ ببندد، بشرط آنکه آشفتگی ایجاد شده در آب اندک باشد. فرض کنید آب قبل از شروع به یخ بستن تا دمای ۵- درجه سانتی‌گراد سرد شود. تغییر آنتروپی که در حین انجماد ناگهانی حاصل می‌شود برای واحد جرم آب کدام یک از گزینه‌های زیر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد فیزیک دریا ۸۰)**

۱- $0/3 \frac{Cal}{g^{\circ}k}$ ۲- $-3 \frac{Cal}{g^{\circ}k}$ ۳- $3 \frac{Cal}{g^{\circ}k}$ ۴- $-0/3 \frac{Cal}{g^{\circ}k}$

۷۰- یک کیلوگرم یخ $0^{\circ}C$ ذوب شده و به یک کیلوگرم آب $0^{\circ}C$ تبدیل می‌شود. تغییر آنتروپی آن چقدر است ؟ **(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)**

۱- ۱۵۰۰ jk^{-1} ۲- ۱۲۲۳ jk^{-1} ۳- ۱۴۲۸ jk^{-1} ۴- ۲۴۰۰ jk^{-1}

۷۱- اگر ۷۵ lb فولاد $(C_p = ۰/۱۲\ BTU/lbm.m^\circ F)$ از درجه $۸۰۰^\circ F$ به $۱۰۴/۸^\circ F$ خنک بشود. مقدار آنتروپی آن چقدر عوض خواهد شد ؟

۱- $-۷/۲۲\ \frac{BTU}{R}$
۲- صفر
۳- $-۱۸/۳\ \frac{BTU}{R}$
۴- $+۱۸/۳\ \frac{BTU}{R}$

۷۲- تغییر آنتروپی ۲ مول گاز ایده‌آل را که تحت یک انبساط آزاد حجمش به سه برابر مقدار اولیه برسد چقدر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی ۷۷)

۱- $-۱۸/۳\ J/K$
۲- $۱۸/۳\ J/K$
۳- $۴/۶\ J/K$
۴- $-۴/۶\ J/K$

۷۳- دو مول گاز کامل به دمای $۳۰۰^\circ k$ به طور تکدما از حجم $۰/۰۲\ m^۳$ تا حجم $۰/۰۴\ m^۳$ انبساط می‌یابد. تغییر آنتروپی گاز چقدر است ؟
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۹)

۱- $۲۱/۵\ \frac{j}{k}$
۲- $۵/۵\ \frac{j}{k}$
۳- $۱۱/۵\ \frac{j}{k}$
۴- $۲۵\ \frac{j}{k}$

۷۴- هوا $(C_p = ۱/۰۰۴\ kj/kg, k = ۱/۴)$ در داخل یک ظرف صلب در اثر تبادل حرارت با محیط از دمای $۶۰۰\ K$ به دمای $۳۵۰\ k$ می‌رسد چنان چه گرمای ویژه هوا ثابت و دمای محیط $۲۵^\circ C$ باشد. تغییر آنتروپی محیط برحسب $kj/kg^\circ k$ برابر است با :
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۸)

۱- ۰/۶
۲- ۰/۸۴
۳- ۷/۲
۴- -۰/۸۴

۷۵- اگر یک مول گاز ایده‌آل از حالت $۱۲۰^\circ F$ و ده اتمسفر به طور غیر قابل برگشت به شرایط‌یک اتمسفر و $۷۰^\circ F$ منبسط بشود مقدار آنتروپی آن چقدر عوض خواهد شد ؟
برای گاز ایده‌آل $(C_p = ۷\ \frac{BTU}{mole^\circ F})$

۱- $۰/۷۷\ \frac{BTU}{lb.mole^\circ F}$
۲- $-۰/۷۷\ \frac{Btu}{lbmole^\circ F}$
۳- $۳/۹۵\ \frac{BTU}{lb.mole^\circ F}$
۴- هیچ کدام

۷۶- تغییر آنتروپی یک گاز ایده‌آل در کدام یک از فرآیندهای زیر منفی است ؟

۱- انبساط ایزوترم
۲- انبساط آدیاباتیک برگشت‌ناپذیر
۳- فشرده شدن ایزوترم
۴- فشرده شدن آدیاباتیک برگشت‌ناپذیر

۷۷- تغییرات آنتروپی یک گاز ایده‌آل در یک فرآیند از حالت (T_1,V_1) به حالت (T_2,V_2) عبارت است از :

۱- $\Delta s = nRLn\frac{V_2}{V_1} + C_V Ln\frac{T_2}{T_1}$
۲- $\Delta s = nRLn\frac{P_1}{P_2} + C_p Ln\frac{T_2}{T_1}$
۳- $\Delta s = nRLn\frac{T_2}{T_1}$
۴- هر دو جواب ۱ و ۲ صحیح می‌باشد.

۷۸- یک بلوک آهنی به جرم ۵۰ کیلوگرم در دمای ۵۰۰ k به داخل یک دریاچه با دمای ۲۸۵ °K می‌افتد. این بلوک آهنی نهایتاً به تعادل حرارتی با آب دریاچه خواهد رسید با فرض اینکه گرمای ویژه آهن ۰/۴۵ kj/kg.°k باشد تغییرات آنتروپی آهن چه مقدار خواهد بود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۵)

۱- ۱۲/۶۵ kj/k-
۲- ۱۵/۴۵ kj/k-
۳- ۱۲/۵ kj/k+
۴- ۱۴/۵ kj/k+

۷۹- دو قطعه بسیار بزرگ آهنی با درجه حرارت یکی ۱۲۰۰ °k و دیگری ۶۰۰ °k به وسیله یک میله آهنی به هم متصل شده‌اند انتقال حرارت به صورت بازگشت‌پذیر از طریق این میله با نرخ ۱۲ kj/s انجام می‌گیرد. نرخ افزایش آنتروپی در این فرآیند برابر با چند j/kg.k است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۶)

۱- ۱۰-
۲- صفر
۳- ۱۰
۴- ۲۰

۸۰- در مورد $S_2 - S_1$ تغییر آنتروپی یک ماده خالص برابر است با : (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۶)

۱- $\int_1^2 C_v \frac{dT}{T} + \int_1^2 (\frac{\partial p}{\partial T})_v dV$
۲- $\int_1^2 C_p \frac{dT}{T} + \int_1^2 (\frac{\partial V}{\partial T})_p dp$
۳- $\int_1^2 C_v \frac{dT}{T} - \int_1^2 (\frac{\partial p}{\partial T})_v dV$
۴- $\int_1^2 C_p \frac{dT}{T} - \int_1^2 (\frac{\partial p}{\partial T})_v dv$

۸۱- یک قطعه مسی به جرم یک کیلوگرم را حرارت داده تا دمای آن از ۲۷ °C به ۳۲۷ °C برسد گرمای ویژه مس $0/4\ \frac{kj}{kg^\circ k}$ است. تغییر انرژی داخلی و تغییر آنتروپی مس در ضمن این فرآیند عبارت است از : (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۸)

۱- $\Delta s = -۱ \, kj/k$, $\Delta u = ۱۲۰ \, kj$

۲- $\Delta s = ۰$, $\Delta u = ۱۲۰ \, kj$

۳- $\Delta s = ۰/۲۸ \, kj/k$, $\Delta u = ۱۲۰ \, kj$

۴- $\Delta s = ۱ \, kj/k$, $\Delta u = ۱۲۰ \, kj$

۸۲- اگر ۲ kg آب در حالت مایع در دمای $۳۶۳ \, ^\circ K$ به طور آدیاباتیک و در فشار ثابت، با ۳ kg آب در حالت مایع در دمای ۲۸۳ مخلوط شود، تغییرات آنتروپی کل (ΔS_{total}) حاصل از این فرآیند چقدر خواهد بود ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی ۷۸)

$C_{PH_۲O} = ۴۱۸ \, ۴ \, j/kg.^\circ k$

۱- $۱۵۷/۸ \, j/k$ ۲- $۵۰/۲ \, j/k$ ۳- $۲۰۰/۳ \, j/k$ ۴- $-۲۱۰/۶ \, jk$

۸۳- تغییر آنتروپی برای گاز آرمانی در یک فرآیند برابر است با : $\Delta s = RLn \frac{V_۲}{V_۱}$ چگونه فرآیندی صورت گرفته است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ۷۸)

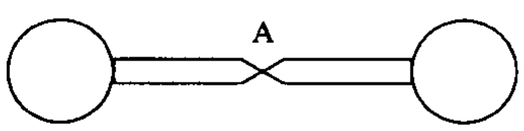
۱- آدیاباتیک

۲- ایزونتروپیک

۳- دما ثابت

۴- فشار ثابت

۸۴- مطابق شکل دو مخزن که هر کدام یک متر مکعب حجم دارند و کاملاً ایزوله شده‌اند به وسیله شیر A به یک دیگ متصل شده‌اند در ابتدا یکی از مخازن دارای گاز ایده‌آل با فشار ۲ بار (Bar) و درجه حرارت ۲۹۰ K می‌باشد. مخزن دوم کاملاً خلاء می‌باشد. اگر شیر A را باز نماییم بعد از مدتی که فشار و درجه حرارت به تعادل رسید. تغییرات آنتروپی گاز .....



۱- ثابت می‌ماند.

۲- $nRLn۲$ (n تعداد مولهای گاز و Ln لگاریتم طبیعی می‌باشد).

۳- $-nRLn۲$

۴- هیچ کدام

۸۵- یک قطعه فلز به جرم ۱۰ کیلوگرم و با ظرفیت حرارتی $۰/۴ \, kj/kg.k$ را از دمای $۱۰۰۰ \, ^\circ k$ تا دمای محیط $۲۵ \, ^\circ C$ سرد می‌کنند. مقدار کار تلف شده (Lost Work) (غیر بازگشتی) در این تحول عبارت است از :

۱- $۵۷۶ \, kj$ ۲- $۲۶۳۲ \, kj$

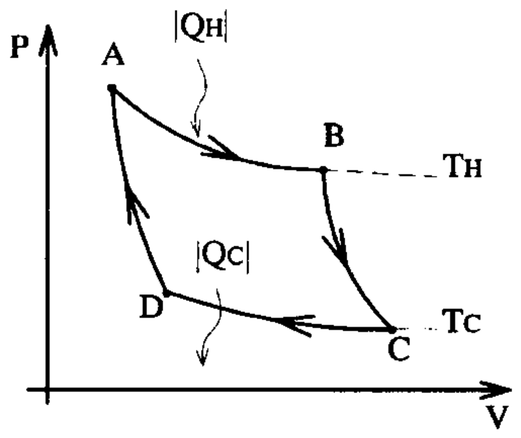
۳- $۱۳۶۵ \, kj$ ۴- هیچ کدام

۸۶- طی یک فرآیند برگشت‌پذیر که روی یک سیستم بسته صورت می‌گیرد. سیستم ۴۰kj کار انجام داده و حرارت جذب شده توسط سیستم kj ۴۰ است. تغییر آنتروپی سیستم ..... . (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۰)

۱- صفر است. ۲- منفی است.

۳- مثبت است. ۴- با اطلاعات موجود نمی‌توان پاسخ گفت.

۸۷- برای یک مول از گاز ایده‌آل چرخه کارنو مطابق شکل زیر به تصویر در آمده است. $Q_H - Q_C$ را بیابید. (آزمون GRE)



۱- $RT_H In(V_A / V_B) - RT_C In(V_C / V_D)$

۲- $RT_H In(V_A / V_B) - RT_C In(V_D / V_C)$

۳- $RT_H In(V_A / V_B) - RT_C In(V_D / V_C)$

۴- $R[T_H - T_C]$

۵- $RT_H In(V_B / V_A) - RT_C In(V_C / V_D)$

۸۸- اگر هوا را از فشار یک اتمسفر و دمای $27^\circ C$ تا فشار ۳/۵ اتمسفر و دمای $127^\circ C$ تغییر دهیم تغییر آنتروپی بر حسب kj/kg.k چقدر است ؟

$R = 0/287\ kj/kg.k\ ,\ C_p = 1 kj/kg.k$

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۴)

۱- ۰/۷- ۲- ۰/۰۷ ۳- ۰/۰۶۴۷- ۴- ۰/۶۴۷

۸۹- فشار یک گاز ایده‌آل در یک سیستم بسته طبق رابطه $PV^{\frac{1}{2}} = const$ از یک حالت به حالت دیگر افزایش می‌یابد در صورتی که نسبت گرمای ویژه گاز k = ۱/۲۷۵ باشد در طی این فرآیند ..... (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۰)

۱- آنتروپی سیستم افزایش می‌یابد. ۲- آنتروپی سیستم کاهش می‌یابد.

۳- آنتروپی سیستم تغییر نمی‌کند. ۴- با اطلاعات موجود نمی‌توان پاسخ گفت.

۹۰- در ظرفی به حجم lit ۳۰۰ هوا تحت فشار Mpa ۵ و دمای $20^\circ C$ قرار دارد. هوای محیط اطراف در Mpa ۰/۱ و $20^\circ C$ است. ماکزیمم کار مفیدی که هوای موجود در ظرف می‌تواند انجام بدهد برابر است با : $(R = 0/287\ kj/kg.k)$

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷٤)

۱- ۱۲۰۰۰ kj
۲- ۵۸۶۵/۵ kj
۳- ۱۴۷۰ kj
۴- ۴۳۹۶ kj

۹۱- تغییر آنتروپی گاز کامل را می‌توان از رابطه $S_1 - S_2 = CpLn\frac{T_2}{T_1} - RLn\frac{P_2}{P_1}$ محاسبه کرد. اگر بتوان در یک تحول پلی تروپیک راندمان پلی تروپیکی را از رابطه $\frac{n}{n-1} = \frac{y}{y-1}\eta_{pol}$ تعریف کرد که در این رابطه n توان پلی‌تروپیکی، y توان ایزونتروپیکی و η_{pol} راندمان پلی‌تروپیکی هستند. میزان تغییر آنتروپی از کدام رابطه قابل محاسبه است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۸)

۱- $S_2 - S_1 = Ry(1 - y\eta_{pol})LnP_2 / P_1$
۲- $S_2 - S_1 = R(1 - \eta_{pol})LnP_2 / P_1$
۳- $S_2 - S_1 = (1 - \frac{y}{y-1}\eta_{pol})LnT_2 / T_1$
۴- $S_2 - S_1 = \frac{Ry}{y-1}(1 - \eta_{pol})LnT_2 / T_1$

۹۲- نیم کیلوگرم از یک مایع در دمای T_1 با نیم کیلوگرم از همان مایع در دمای T_2 در یک ظرف عایق مخلوط می‌گردد با فرض گرمای ویژه ثابت C برای این مایع تغییرات آنتروپی سیستم (مایع) و محیط روی هم چقدر است ؟

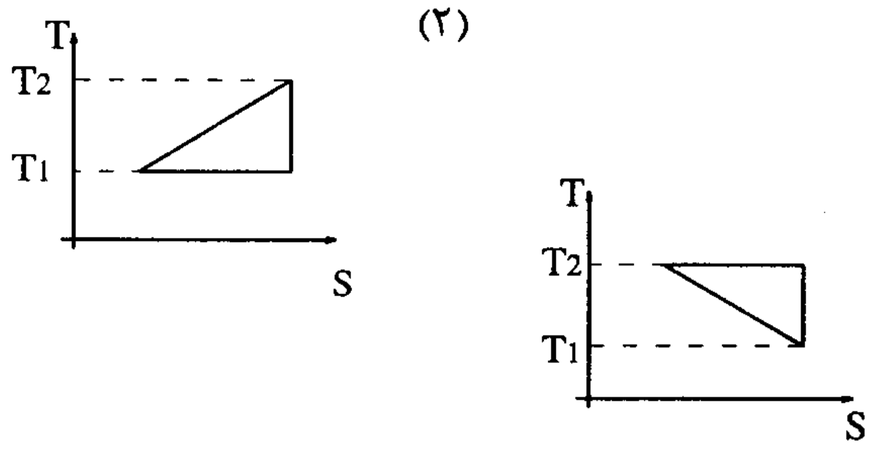
(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۲)

۱- $\Delta s = cLn\left[\frac{(T_1 + T_2)^2}{T_1 T_2}\right]$
۲- $\Delta s = cLn\left[\frac{(T_1 T_2)^{1/2}}{2(T_1 + T_2)}\right]$
۳- $\Delta s = cLn\left[\frac{(T_1 + T_2)}{2(T_1 T_2)^{1/2}}\right]$
۴- $\Delta s = cLn\left[\frac{(T_1 T_2)}{(T_1 + T_2)^2}\right]$

۹۳- یک کیلوگرم هوا در ظرفی به حجم V_1 تحت فشار P_1 و دمای محیط قرار دارد. اگر فشار و دمای محیط T_0, P_0 باشند ماکزیمم کار مفیدی که هوای منقبض می‌تواند انجام دهد برابر است با : (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷٦)

۱- $P_0 V_2 - P_1 V_1$
۲- $T_0(S_2 - S_1)$
۳- $T_0(S_2 - S_1) - P_0(V_2 - V_1)$
۴- $T_0(S_2 - S_1) - (P_1 V_1 - P_0 V_2)$

۹۴- دو ماشین حرارتی برگشت‌پذیر در دیاگرام T-S مطابق شکل زیر در نظر می‌باشد. نشان دهید مقدار راندمان حرارتی سیکل ۱ به سیکل ۲ وقتی $T_۲$ به سمت بی‌نهایت میل می‌کند عبارت است از : (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۳)



۱- $\frac{\eta_۱}{\eta_۲} = ۱$

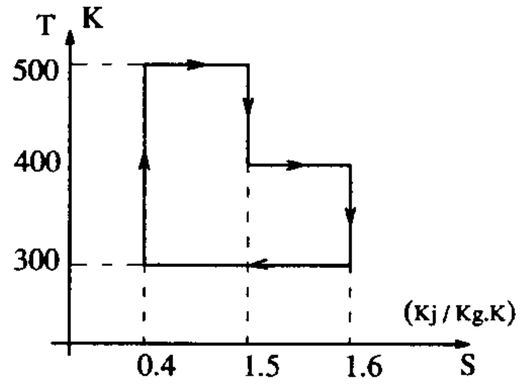
۲- $\frac{\eta_۱}{\eta_۲} = \frac{۱}{۲}$

۳- $\frac{\eta_۱}{\eta_۲} = \infty$

۴- $\frac{\eta_۱}{\eta_۲} = \frac{۱}{۳}$

۹۵- راندمان حرارتی سیکل برگشت‌پذیر شکل زیر برابر است با :

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۱)



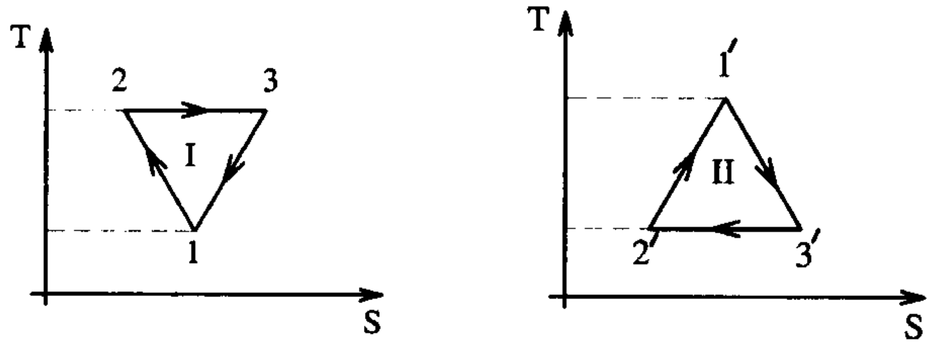
۱- ٪۸۰

۲- ٪۳۳/۳۳

۳- ٪۶۰

۴- ٪۴۲

۹۶- در هر دو سیکل نشان داده شده بازگشت‌پذیر بوده و در آنها مقدار کار خالص و نیز دماهای حداقل و حداکثر یکی است. در مورد بازده‌های حرارتی (η) این دو سیکل داریم : (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۲)



۱- $\eta_۱ = \eta_۲$

۲- $\eta_۱ > \eta_۲$

۳- $\eta_۱ < \eta_۲$

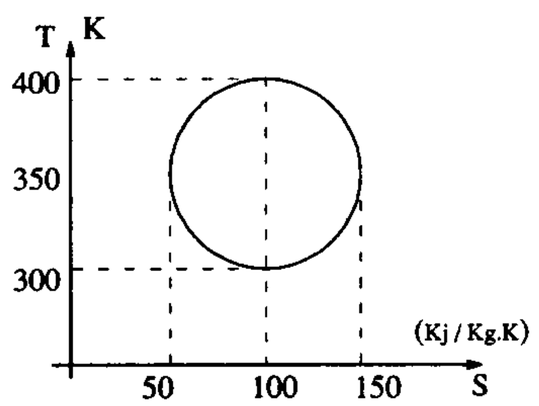
۴- هیچ کدام

۹۷- گاز ایده‌آلی با فشار و دمای اولیه $P_۱$ و $T_۱$ در دو فرآیند متفاوت تا دمای $T_۲$ گرم می‌شود. فرآیند اول فشار ثابت و فرآیند دوم حجم ثابت است. آنتروپی نهایی گاز $S_۲$ در کدام حالت بیشتر است ؟ (کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۷۲)

۱- در انتهای فرآیند حجم ثابت ۲- در انتهای فرآیند فشار ثابت

۳- در انتهای هر دو فرآیند برابر است. ۴- تغییر آنتروپی در هر دو فرآیند صفر است.

۹۸- در سیکل برگشت‌پذیر نشان داده شده در شکل بازده حرارتی سیکل برابر است با :



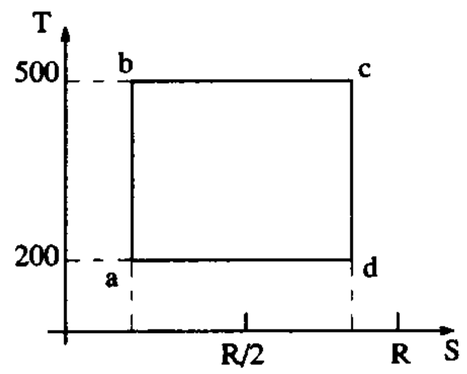
۱- ٪۱۱/۲

۲- ٪۲۰/۱۷

۳- ٪۷۵

۴- ٪۲۵

۹۹- سیستم شکل مقابل حول سیکل a-b-c-d و دیاگرام T-S که برگشت‌پذیر است نشان داده شده است. سیکل موردنظر :



۱- ماشین حرارتی (سیکل کارنو است)

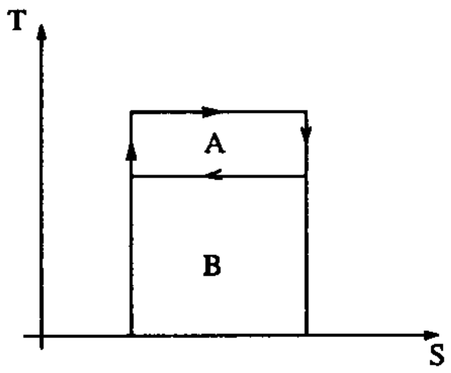
۲- پمپ حرارتی است (سیکل تبرید).

۳- هم ماشین حرارتی و هم سیکل تبرید است.

۴- هیچ کدام

۱۰۰- در شکل مقابل کدام مساحت مشخص کننده حرارت خارج شده از پمپ حرارتی است که در یک سیکل کارنو عمل می‌کند ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)



۱- A-B

۲- A

۳- A+B

۴- B

۱۰۱- یک سیکل کارنو بین دو منبع گرمایی در دمای ۵۰۰°C و ۲۰°C عمل می‌کند. اگر کار تولید شده این ماشین ۱۰۰۰ kj باشد گرمای دفع شده چند kj است ؟

(کنکور کارشناسی ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ۷۷)

۱- ۲۶۱۰ ۲- ۸۵۰

۳- ۶۱۰ ۴- ۱۶۰۰

۱۰۲- قانون دوم ترمودینامیک بطـور نزدیکی به انتقال حرارت و عمل ماشین مربوط می‌شود. کدام یک از عبارات زیر در پرتو این قانون درست نیست ؟

(آزمون GRE)

۱- ممکن نیست که فقط گرما به کار گرفته شده از منبع با دمای یکنواخت تبدیل شود.

۲- غیر ممکن است که یک ماشین دائمی از نوع دوم بسازیم.

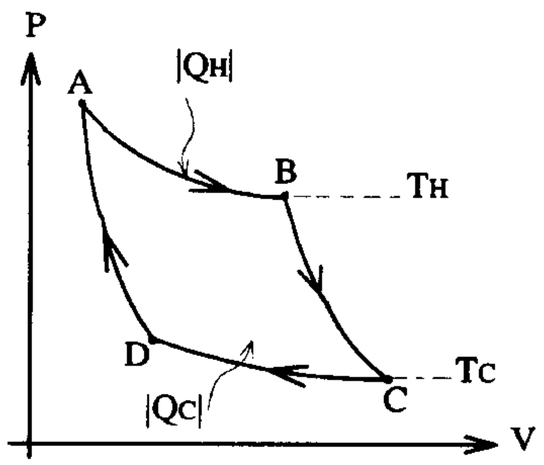
۳- غیر ممکن است که فقط گرما از حجمی با دمای بالاتر به جسمی با دمای پایین‌تر انتقال یابد.

۴- اگر گرما به وسیله هدایت از جسم A به جسم B جاری شود، پس غیر ممکن است که فقط گرما از جسم B به جسم A انتقال یابد.

۵- غیر ممکن است که فقط کار به گرما تبدیل شود در حالی که جسم در دمای یکنواخت است.

۱۰۳- سیکل کارنو یک یخچال نمایش داده شده است. بازده آن را به دست آورید.

(آزمون GRE)



۱- $e = ۱ - T_C / T_H$

۲- $e = ۱ - T_H / T_C$

۳- $e = ۱ + T_C / T_H$

۴- $e = T_C / T_H - ۱$

۵- $e = T_H / T_C - ۱$

۸-۱۴ پاسخنامه تشریحی

۱-۴) تحول برگشت‌پذیر، تحول شبه تعادلی است و باید با آهستگی صورت گیرد.

۲-۳) در تحول تکدمای برگشت‌پذیر و دو تحول بی‌درروی برگشت‌پذیر که در آن $dQ = ۰$ است و برگشت‌پذیر است آنتروپی آن ثابت است.

۳-۲)

۴-۱)

$\eta_{(۲)} = \frac{W}{Q_۲} = \frac{۵۰}{۱۰۰} = \%۵۰$ چرخه و $\eta_{(۱)} = ۱ - \frac{T_L}{T_H}$ راندمان سیکل کارنو $۱ - \frac{۲۹۸}{۵۲۳} = ۰/۴۳$

۵-۳)

$$\frac{q_H}{q_L} = \frac{T_H}{T_L} \Rightarrow \frac{q_H}{q_L} = \frac{۱۰۰}{۳۰۰} \Rightarrow q_h = \frac{۱۰}{۳} q_L$$

۶-*) اگر Q_H گرمای گرفته شده از منبع گرم با دمای T_H و Q_C گرمای داده شده به منبع سرد با دمای T_C باشد.

$$\begin{cases} \text{بازده} \quad e = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} \\ \frac{Q_C}{Q_H} = \frac{T_C}{T_H} \end{cases} \Rightarrow e = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

هر دو گزینه ۱ و ۴ صحیح است.

۷-۲) با فرض آنکه چرخه کارنو باشد :

$$\text{راندمان سیکل کارنو} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} = ۱ - \frac{۲۶۳}{۲۹۳} = ۰/۱۰۲۳$$

$$\eta = \frac{W}{Q} \Rightarrow W = ۲/۵۶ \quad , \quad Q = ۲۵\,kw$$

۸-۳)

$$\eta_{th} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} = ۱ - \frac{۲۷۳ + ۱۰۰}{۶۶۰ + ۲۷۳} = ۰/۶$$

و چون کارآیی سیکل کارنو بستگی به سیال فعال ندارد و فقط تابع دماست پس جواب ۳ درست است.

۹-۲)

۱۰-۲)

$$e = ۱ - \frac{T_۲}{T_۱} = ۱ \Rightarrow T_۲ = ۰ \text{ دمای منبع سرد}$$

به عبارتی باید منبع سرد در صفر مطلق باشد.

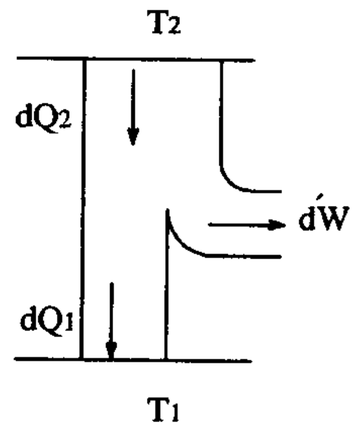
۱۱-۳)

۱۲-۲)

$$\eta = ۱ - \frac{T_L}{T_H} = ۱ - \frac{۷۵۰}{۱۶۰۰} = \%۵۳$$

۱۳-۱) چون کار ناچیز است پس می‌توان چنین نتیجه گرفت که دو منبع سرد و گرم به هم متصل می‌شوند که به حالت تعادل برسند.

$$d'W = ۰ \Rightarrow |dQ_۱| = |dQ_۲|$$
$$d'Q_۱ + dQ_۲ = ۰$$
$$T_F = \frac{T_۱ + T_۲}{۲}$$
$$m(T_F - T_۱) + m(T_F - T_۲) = ۰$$



۱۴-۴) همان گونه در متن درس آمد برای چرخه کارنو :

$$e = ۱ - \frac{Q_۲}{Q_۱} \, , \frac{Q_۲}{Q_۱} = \frac{T_۲}{T_۱} \Rightarrow e = ۱ - \frac{T_۲}{T_۱}$$

۱۵-۳) در سیکل کارنو که یک سیکل برگشت‌پذیر می‌باشد توضیح داده شده که غیر ممکن است که راندمان سیکلی بالاتر از سیکل کارنو باشد.

و همچنین راندمان در سیکل کارنو برابر است با $\eta = ۱ - \frac{T_L}{T_H}$

که تنها تابع دو منبع حرارتی بالا و پایین می‌باشد.

۱۶-۱)

همان گونه که در متن خلاصه درس آمد در چرخه کارنو اثبات شد $\frac{V_3}{V_4}=\frac{V_2}{V_1}$ و بنابراین :

$$\eta=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}=1-\frac{\left|nRT_2Ln\frac{V_4}{V_3}\right|}{nRT_1Ln\frac{V_2}{V_1}}=1-\frac{T_2Ln\frac{V_3}{V_4}}{T_1Ln\frac{V_2}{V_1}}=1-\frac{T_2}{T_1}$$

۱۷-۱)

$T_1=320\ k$ منبع گرم , $T_2=260\ k$ سرد

$Q_1=500\ J$ گرمای گرفته شده از منبع گرم , $\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{T_1}{T_2}\Rightarrow Q_2=Q_1\frac{T_2}{T_1}$

$$W=Q_1-Q_2=Q_1(1-\frac{T_2}{T_1})=500\ (1-\frac{260}{320})=93/75\ J$$

۱۸-۲)

$\eta=\frac{Q_H-Q_L}{Q_H}=\frac{1000\ -500}{1000}=0/5$ راندمان این سیکل

$n_R=\frac{T_H-T_L}{T_H}=\frac{1000\ -537}{100}=0/463$ = راندمان سیکل کارنو

در این مسأله دمای T_L را دمای محیط $77^\circ F=537^\circ R$ در نظر می‌گیریم.

چون راندمان این سیکل از راندمان سیکل کارنو بیشتر است پس امکان‌پذیر نیست.

۱۹-۴)

$\eta=1-\frac{T_L}{T_H}$ راندمان سیکل کارنو

$$\eta_1=1-\frac{T_n}{T_i}$$

$$\eta_2=1-\frac{T_i}{T_C}\quad \eta_2=\eta_1+\eta_2-\eta_1\eta_2$$

$$\eta_2=1-\frac{T_n}{T_C}$$

$$(\eta_2=(1-\frac{T_n}{T_i})+(1-\frac{T_i}{T_C})-(1-\frac{T_n}{T_i})(1-\frac{T_i}{T_c}))=$$

$$= ۲ - \frac{T_n}{T_i} - \frac{T_i}{T_C} - (۱ - \frac{T_i}{T_C} - \frac{T_n}{T_i} + \frac{T_n}{T_i} \times \frac{T_i}{T_c}) = ۱ - \frac{T_n}{T_C}$$

۲۰-۴) بنا به تعریف بازده (راندمان) ماشین گرمایی عبارت است از نسبت کار مفید (W) به گرمای دریافتی ماشین (Q)

۲۱-۴) بازده تمام چرخه‌های برگشت‌پذیر که بین $T_L = -۳۳ + ۲۷۳$ و $T_H = ۲۷ + ۲۷۳$ کار می‌کنند (مثل کارنو)

$$e = ۱ - \frac{T_L}{T_H} = ۱ - \frac{۲۴۰}{۳۰۰} = ۰/۲۵$$

اما در این چرخه :

$$e = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - |Q_L|}{Q_H} = \frac{۲۵ - ۵}{۲۵} = ۰/۸$$

بنابراین چرخه برگشت‌پذیر نیست و چون $e \neq ۱$ ایده‌آل نیست.

۱-۲۲)

$$K = \frac{T_L}{T_H - T_L} = ۵ \ , \ T_H = ۲۹۳ \ /۱۵$$

$$\Rightarrow T_L = ۲۴۴ \ /۳^\circ K = -۲۸ \ /۹^\circ C$$

۲-۲۳)

$$T_L = ۲۰^\circ F = -۶/۶۶ \ ^\circ C$$

$$T_H = ۸۰^\circ F = ۲۶/۶۶ \ ^\circ C$$

$$K = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{۲۷۳ \ -۶/۶۶}{۲۶ \ /۶۶ + ۶/۶۶} = ۷/۹۹ \approx ۸$$

۲-۲۴)

$$W = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{۲۳۸}{۳۰۶ \ - ۲۳۸} = ۳/۵$$

$$W = \frac{Q}{w} = \frac{۱۲۳۰}{۳/۵} = ۳۵۱ \ /۴ \ w$$

۲-۲۵)

$Q_۲ = ۴۰۰۰ \ j$ گرمای گرفته شده از منبع سرد

گرمای داده شده به منبع گرم $Q_1 = ۱۲۰۰۰ \ J$

$$k = \frac{Q_۲}{W} = \frac{Q_۲}{Q_۱ - Q_۲} = \frac{۴۰۰۰}{۱۲۰۰۰ - ۴۰۰۰} = \frac{۱}{۲}$$

(۱-۲۶

$$\beta = \frac{\text{انرژی گرفته شده}}{\text{انرژی داده شده}} = \frac{Q_L}{w_{in}}$$

(۲-۲۷

نسبت $= \frac{۳۰}{۶۰} = ۰/۵$ توان ایده‌آل خالص $= ۱۰۰ - ۴۰ = ۶۰$

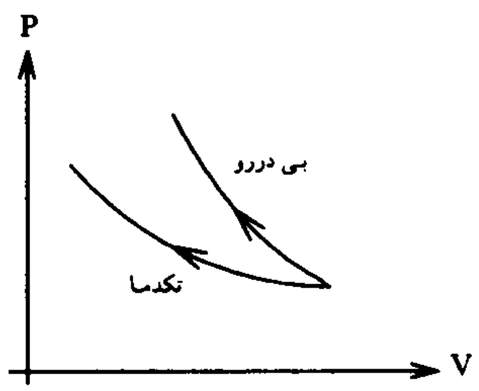
توان واقعی خالص $= ۱۰۰ \times ۰/۸ - \frac{۴۰}{۰/۸} = ۳۰$

(۳-۲۸

$P_۱ = ۳۰ kw \ , \ P_۲ = ۲۴ kw$

$$e = \frac{P_۲}{P_۱}\left(= \frac{(\frac{w}{t})}{(\frac{u}{t})} = \frac{w}{u} \right) = \frac{۲۴}{۳۰} = ۰/۸ = \%۸۰$$

۱-۲۹) به علت شیب بیشتر فرآیند بی‌دررو به هنگام تراکم سطح زیر منحنی آدیاباتیک بیشتر از سطح زیر منحنی تکدما است.



(۲-۳۰

$$V_۱ = ۱m^۳ \ , T_۱ = ۶۰۰k \ , P_۱ = ۹۰۰kpa, \gamma = \frac{۳}{۲}$$ (۲-۳۱

$$P_۱V_۱^{\gamma} = P_۲V_۲^{\gamma} \Rightarrow P_۲ = P_۱(\frac{V_۱}{V_۲})^{\gamma} = ۹\times۱۰^۵(\frac{۱}{۹})^{\frac{۳}{۲}} = \frac{۹\times۱۰^۵}{۲۷} = \frac{۱۰^۵}{۳}$$

$$W=\frac{P_f V_f - P_i V_i}{1-\gamma}=\frac{(\frac{10^5}{3})(9)-9(10^5)(1)}{1-\frac{3}{2}}=12\times10^5\,j=1200\,kj$$

$\Delta S = \frac{\Delta W}{T}$

۴-۳۲)

$$\Delta s = nRLn\frac{V_B}{V_A}\,,\ \begin{cases}P_B V_B^{\gamma}=P_C V_C^{\gamma}\\ P_A=P_C\Rightarrow P_C V_A=P_B V_B\end{cases}\Rightarrow\frac{V_B}{V_A}=(\frac{V_B}{V_C})^{\gamma}\Rightarrow\Delta s=\gamma nRLn\frac{V_B}{V_C}$$

$$T_C V_C^{\gamma-1}=T_B V_B^{\gamma-1}\Rightarrow(\frac{V_B}{V_C})^{\gamma-1}=\frac{T_C}{T_B}$$

$$\Rightarrow\Delta s=\gamma nRLn(\frac{T_C}{T_B})^{\frac{1}{\gamma-1}}=\frac{\gamma nR}{\gamma-1}Ln\frac{T_C}{T_B}=\frac{\gamma nR}{1-\gamma}Ln\frac{T_B}{T_C}$$

$$T_B=T_A$$

بنابراین : $(\gamma = y)$

$$\Delta S=\frac{\gamma nR}{1-\gamma}Ln\frac{T_A}{T_C}$$

۴-۳۳)

۳-۳۴)

تکفشار $c\to d$, $\frac{V_c}{T_c}=\frac{V_d}{T_d}$, $V_d<V_c\Rightarrow T_d<T_c\Rightarrow Q_{cd}=nC_p(T_d-T_c)<0$

تکفشار $a\to d$, $\frac{V_b}{T_b}=\frac{V_a}{T_a}$, $V_b>V_a\Rightarrow T_b>T_a\Rightarrow Q_{ab}=nC_p(T_b-T_a)>0$

$$e=1-\frac{|Q_{cd}|}{Q_{ab}}=1-\frac{|T_d-T_c|}{T_b-T_a}=1-\frac{T_c-T_d}{T_b-T_a}=\frac{(T_b-T_a)-(T_c-T_d)}{T_b-T_a}$$

$$=\frac{(T_b+T_d)-(T_a+T_c)}{T_b-T_a}$$

۳-۳۵) سیستم در فرآیند $3\to2$ گرمای Q_1 را گرفته و در فرآیند $1\to4$ گرمای Q_2 را از دست می‌دهد.

$$\eta = ۱ - \frac{|Q_۲|}{Q_۱} = ۱ - \frac{|nC_p(T_۱ - T_۴)|}{nC_p(T_۳ - T_۲)} = ۱ - \frac{T_۴ - T_۱}{T_۳ - T_۲} = ۱ - \frac{T_۱(\frac{T_۴}{T_۱} - ۱)}{T_۲(\frac{T_۳}{T_۲} - ۱)}$$

$$\begin{cases} T_۱ V_۱^{\lambda-۱} = T_۴ V_۲^{\lambda-۱} \\ T_۴ V_۴^{\lambda-۱} = T_۳ V_۳^{\lambda-۱} \end{cases} , \; V_۳ = V_۲ \; , \; V_۱ = V_۴ \Rightarrow \frac{T_۳}{T_۲} = \frac{T_۴}{T_۱}$$

$$\Rightarrow \eta = ۱ - \frac{T_۱}{T_۲} = ۱ - (\frac{V_۲}{V_۱})^{\lambda-۱} = ۱ - (\frac{۱}{r})^{\lambda-۱} \; , r = \frac{V_۱}{V_۲}$$

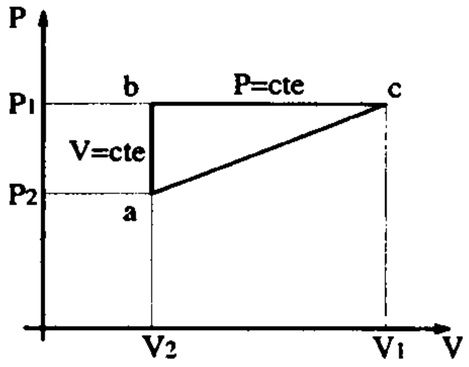
(۳-۳۶

$$\eta = ۱ - \frac{q_L}{q_H} \; , q_L = W_{۱-۲} + (u_۲ - u_۱) = \int_۱^۲ pd\upsilon = RT_۱ Ln \frac{v_۲}{v_۱} = RT_۱ Ln \frac{P_۱}{P_۲}$$

$$q_H = q_{۲۳} = W_{۲۳} + u_۳ - u_۲ = P_۲(v_۳ - v_۲) + u_۳ - u_۲ =$$

$$\left. \begin{array}{l} = h_۳ - h_۲ = C_p(T_۳ - T_۲) \\ \eta = ۱ - \dfrac{RT_۱ Ln \dfrac{P_۱}{P_۲}}{C_p(T_۳ - T_۲)} \\ \text{فرآیند ایزونتروپیک} \quad = \dfrac{P_۱}{P_۲} = \dfrac{P_۱}{P_۳} = (\dfrac{T_۱}{T_۳})^{(\frac{k-۱}{k})} \end{array} \right\} \Rightarrow \eta = ۱ - \frac{T_۱ Ln(T_۳ / T_۱)}{T_۳ - T_۲}$$

(۴-۳۷



$$Q_{a-b} = C_V(T_b - T_a)$$

$$Q_{b-c} = C_p(T_c - T_b)$$

کل حرارت داده شده با سیستم $= Q_H = Q_{a+b} + Q_{b-c} = C_V(T_b - T_a) + C_p(T_c - T_b)$

کار انجام شده $= P - v$ مساحت مثلث abc در نمودار $= \frac{۱}{۲}(P_۱ - P_۲)(V_۱ - V_۲)$

$$\eta_{th} = \frac{W}{QH} = \frac{\frac{۱}{۲}(P_۱ - P_۲)(V_۱ - V_۲)}{C_V(T_b - T_a) + C_p(T_c - T_b)} \Rightarrow T_a = \frac{P_۲V_۲}{R}\ ,\ T_b = \frac{P_۱V_۲}{R}, T_C = \frac{P_۱V_۱}{R}$$

پس از جایگزینی داریم $\Rightarrow \eta_{th} = \dfrac{\frac{۱}{۲}R}{\frac{C_۲V_۲}{V_۱ - V_۲} + \frac{C_pP_۱}{P_۱ - P_۲}}$

۱-۳۸)

۳-۳۹) در بیان کلوین - پلانک داریم : نمی‌توان ماشینی ساخت که فقط با یک منبع حرارتی، تبادل انرژی گرمایی نماید و کار تولید کند، بنابراین گزینه ۳ مطابق قانون دوم ترمودینامیک نیست.

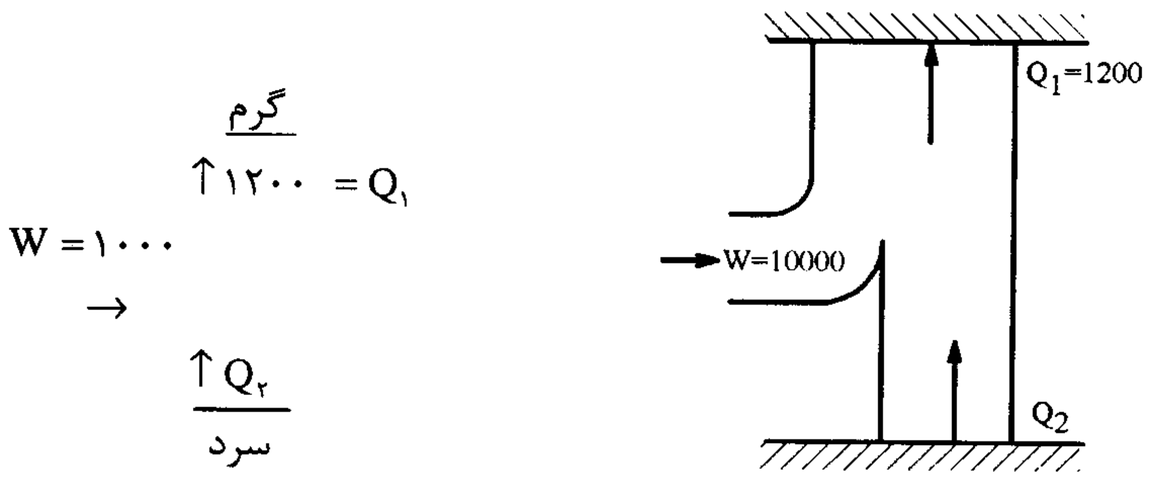
۴-۴۰) کلیه‌ماشینهایی برگشت‌پذیری که بین‌دومنبع‌سرد و گرم کارمی‌کنند دارای راندمان برابرند.

۳-۴۱) اگر فرآیند برگشت‌پذیر باشد تغییرات آنتروپی می‌تواند صفر باشد و اگر برگشت‌ناپذیر باشد مثلاً طبیعی باشد حتماً بزرگتر از صفر است.

۱-۴۲)

۱-۴۳) آنتروپی به مسیر بستگی نداشته و برای فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیر صفر و آدیاباتیک برگشت‌ناپذیر بزرگترازصفراست و تغییراتآنتروپی بسته‌به‌نوع‌فرآیند ممکن، صفر، مثبت و یا منفی باشد.

۴-۴۴) چون $W = -Q_۲ = -۱۲۰۰$ به ازاء $Q_۲ = ۲۰۰\ kj$ برقرار است که بقای انرژی را طبق قانون اول نشـان مـی‌دهد و از طـرفی بیان کلوین از قانون دوم را بعنوان یک ماشین حرارتی معمولی نشان می‌دهد.



۲-۴۵)

۴۶-۱) قانون اول ترمودینامیک بقای انرژی را بیان می‌کند و از دیدگاه نظری تبدیل تمام انرژی مکانیکی به گرما امکان‌پذیر است.

۴۷-۴)

۴۸-۱) $du = dQ - dw = dQ - Pdv \ , \ \frac{dQ}{T} = ds$

$\Rightarrow dU = Tds - PdV$

اگر چه $dU = dQ - dw$ متعلق به قانون اول است اما به معرفی آنتروپی که نتیجه قانون دوم است نمی‌پردازد.

۴۹-۴)

۵۰-۲) اگر فرآیند بی‌درروی برگشت‌پذیر باشد برای هر نوع گاز $\Delta s = 0$ است.

۵۱-۱) تغییر آنتروپی ds برای سیستم $\frac{dQ}{T}$ و برای محیط $-\frac{dQ}{T}$ است بنابراین ds کل صفر است.

۵۲-۳) البته مشروط بر آنکه برگشت‌پذیر باشد چرا که اگر برگشت‌ناپذیر باشد $\Delta s > 0$ است.

۵۳-۱) اگر فرآیند برگشت‌پذیر باشد $dQ = 0$ و $\Delta s = \int \frac{dQ}{T} = 0$. اما اگر فرآیند برگشت‌ناپذیر باشد علی‌رغم آنکه $dQ = 0$ است $\Delta s > 0$ است.

۵۴-۱) برای فرآیند برگشت‌پذیر داریم $\Delta s = \int_i^f \frac{dQ}{T}$ و در فرآیند آدیاباتیک $dQ = 0$ در حالی که در تمام فرآیندهای برگشت‌ناپذیر $\Delta s > 0$ است.

۵۵-۱) البته با فرض برگشت‌پذیر بودن فرآیند.

۵۶-۱)

برگشت‌پذیر $\Delta s = 0$

$$\Delta s = (\Delta s)_H + (\Delta s)_C = ۰$$

$$(\Delta s)_c = \frac{۱۵۰}{۳۰۰} = ۰/۵ \qquad \Rightarrow \text{گرم } (\Delta S)_H = -۰/۵$$

۳-۵۷)

۲-۵۸) بر اساس قانون دوم ترمودینامیک در یک فرآیند طبیعی تغییر آنتروپی مجموع سیستم و محیط افزایش می‌یابد.

$\Delta s > ۰$ محیط $+\Delta s$ سیستم

$\Delta s \approx ۰$ محیط چون آب دریاچه خیلی زیاد است

۴-۵۹)

$$\Delta T = ۰ \Rightarrow \Delta u = ۰ = dQ - dW \Rightarrow dQ = dW$$

$$\Delta v < ۰ \Rightarrow dW < ۰ \Rightarrow dQ < ۰ \Rightarrow \Delta S = \int \frac{dQ}{T} < ۰$$

۱-۶۰) فرآیند انبساط آزاد است پس $\Delta u = ۰$ از طرفی یک فرآیند طبیعی است پس $\Delta s > ۰$.

۲-۶۱) اگر فرآیند بی‌دررروی برگشت‌پذیر باشد $dQ = ۰$ در آن صورت $\Delta s = ۰$ و اگر برگشت-ناپذیر باشد چون آنتروپی (سیستم + محیط) افزایش می‌یابد پس $\Delta s > ۰$ که البته برای سیستم $\Delta s = ۰$ و برای محیط $\Delta s > ۰$ بوده است.

۱-۶۲) در فرآیند ایزونتروپیک $S_۲ = S_۱$ یا $\Delta s \geq ۰$

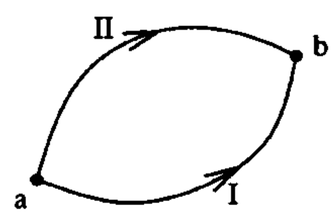
$\Delta s > ۰$ در فرآیندهای برگشت‌ناپذیر

$\Delta s = ۰$ در فرآیندهای برگشت‌پذیر

۳-۶۳) مسیر $a \xrightarrow{II} b$ برگشت‌ناپذیر و مسیر $a \xrightarrow{I} b$ برگشت‌پذیر است. برای چرخه برگشت‌ناپذیر حتماً $\Delta s > ۰$ است. این چرخه $a \xrightarrow{II} b \xrightarrow{I} a$ است چون یکی از فرآیندهایش برگشت‌ناپذیر است پس کل چرخه برگشت‌پذیر است.

$$\Delta s \text{ (چرخه)} = (\Delta S_{ab})_{II} + (\Delta S_{ba})_I > ۰$$

$$\Rightarrow (\Delta S_{ab})_{II} > -(\Delta S_{ba})_I = (\Delta S_{ab})_I$$



۶۴-۱) در فرآیند بی‌دررو $dQ = ۰$ و در فرآیند بی‌دررو برگشت‌پذیر

$$\Delta s = \int \frac{dQ}{T} = ۰$$

۶۵-۴)

$$(\Delta s)_{\text{سیستم}} \geq \frac{\delta Q}{T} \Rightarrow \Delta s_{\text{سیستم}} \geq \frac{-۱۵۰}{۳۰۰} = -۰/۵ \, kj/k$$

۶۶-۴)

$$\begin{cases} m_۱ = ۱۰۰۰ \ gr \\ c = ۱ \dfrac{Cal}{grc} \\ T_۱ = ۲۰^\circ c = ۲۹۳ \ k \end{cases} \qquad \begin{cases} m_۲ = ۲۰۰۰ \ gr \\ c = ۱ \dfrac{Cal}{grc} \\ T_۲ = ۸۰^\circ c = ۳۵۳ \ k \end{cases}$$

$$m_۱c_۱(T_f - T_۱) + m_۲C_۲(T_f - T_۲) = ۱۰۰۰ \ (۱)(T_f - ۲۰) + ۲۰۰۰ \ (۱)(T_f - ۸۰) = ۰$$

$$\Rightarrow T_f = ۶۰^\circ c = ۲۷۳ + ۶۰ \ k = ۳۳۳ \ k$$

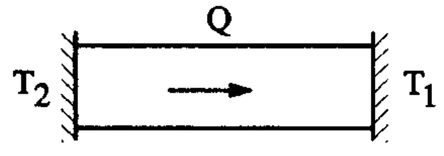
$$\Delta s = m_۱c_۱ Ln \frac{T_f}{T_۱} + m_۲c_۲ Ln \frac{T_f}{T_۲} = ۱۰۰۰ \ (۱) Ln \frac{۳۳۳}{۲۹۳} + ۲۰۰۰ \ (۱) Ln \frac{۳۳۳}{۳۵۳}$$

$$= ۱۲۷/۹۶ - ۱۱۶/۶۵ = ۱۱/۳ \frac{Cal}{k} = ۱۱/۲ \times ۴/۱۸۶ \ \frac{J}{k} \cong ۴۷/۴ \frac{J}{k}$$

۶۷-۳)

$$T_۱ = ۲۷۳ + ۲۷ \ , \ T_۲ = ۲۷۳ + ۱۲۷$$

$$\Delta S_۲ = \frac{-Q}{T_۲} \ , \ \Delta S_۱ = \frac{+Q}{T_۱} \ , \ Q = ۱۲۰۰ \ Cal$$



$$\Delta S = \Delta S_۱ + \Delta S_۲ = Q(\frac{۱}{T_۱} - \frac{۱}{T_۲}) = ۱۲۰۰ \ (\frac{۱}{۳۰۰} - \frac{۱}{۴۰۰}) = ۱ \frac{Cal}{k}$$

۶۸-۳)

$$\begin{cases} \text{آب} & m_۱ = ۵۰ \ gr \ , \ C_۱ = ۱ \dfrac{Cal}{grc} \ , \ \theta_۱ = ۲۰^\circ C \Rightarrow T_۱ = ۲۹۳/۱۶ \ k \\ \text{آلومینیوم} & m_۲ = ۲۰۰ \ gr \ , \ C_۲ = ۰/۲۱۵ \ \dfrac{Cal}{grc} \ , \ \theta'_۱ = ۱۰۰ \ C \Rightarrow T'_۱ = ۳۷۳/۱۶ \ k \end{cases}$$

$$Q = Q_۱ + Q_۲ = m_۱c_۱(\theta_f - \theta_۱) + m_۲c_۲(\theta_t - \theta_۲) = ۵۰(۱)(\theta_f - ۲۰) + ۲۰۰(۰/۲۱۵)(\theta_f - ۱۰۰) =$$

$$\Rightarrow \theta_f = ۵۷^\circ C = ۲۷۳\ /۱۶ + ۵۷ = ۳۳۰\ /۱۶\,k$$

$$\Delta S = \Delta S_۱ + \Delta S_۲ = m_۱c_۱ Ln\frac{T_f}{T_۱} + m_۲c_۲ Ln\frac{T_f}{T_۱} = ۵۰(۱)Ln\frac{۳۳۰\ /۱۶}{۲۹۳\ /۱۶} + ۲۰۰\ (۰/۲۱۵\ )Ln\frac{۳۳۶}{۳۷۳\ /۱۶}$$

$$= ۰/۶۸\ \frac{Cal}{k}$$

(۱-۶۹

آب ۱۶/ ۲۷۳ → یخ ۱۶/ ۲۷۳ → یخ $C = ۰/۵\frac{Cal}{gr.c}$ ، $m = ۱gr$ ،

$$\Delta S = \Delta S_۱ + \Delta S_۲ = mCLn\frac{۲۷۳\ /۱۶}{۲۷۳\ /۱۶ - ۵} + \frac{mL_f}{۲۷۳\ /۱۶}$$

$$= (۱)(۰/۵)(۰/۰۱۸\ ) + \frac{(۱)(۸۰)}{۲۷۳\ /۱۶} = ۰/۳$$

(۲-۷۰

$$\Delta S = \int\frac{dQ}{T} = \frac{۱}{T}\int dQ = \frac{۱}{T}(Q_f) = \frac{۱}{۲۷۳}(mL_f) = \frac{۱}{۲۷۳/۱۶}(۱\times۸۰\times۴۱۸۶) = ۱۲۲۳\frac{J}{K}$$

فرآیند در دمای ثابت اتفاق افتاده ($T = ۰ + ۲۷۳\ /۱۶$) و $Q = +mL_f$

$$L_f = ۸۰\frac{Cal}{gr} = ۸۰\times۴۱۸۶\frac{J}{Kg}$$

(۱-۷۱

$$ds = mC_p\frac{dT}{T}\ \text{(کلوین)}\quad T \equiv \frac{۵}{۹}(\theta_F + ۴۶۰\ )$$

$$\Delta s = mC_p Ln\frac{T_۲}{T_۱} = ۷۵\times۰/۱۲\ Ln\frac{\frac{۵}{۹}(۱۰۴\ /۸ + ۴۶۰\ )}{\frac{۵}{۹}(۸۰۰ + ۴۶۰\ )} = -۷/۲۲\ BTU/R$$

۲-۷۲) می‌توان فرآیند را با یک فرآیند تکدمای برگشت‌پذیر که در آن حجم به ۳ برابر مقدار اولیه می‌رسد جایگزین کرده و تغییر آنتروپی را محاسبه کرد.

$$dU = ۰ \Rightarrow dQ = dW = pdV = \frac{nRT}{V}dV$$

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{nRTdV}{VT} = nR\int_{V_1}^{2V_1} \frac{dV}{V} = nRLn\frac{2V_1}{V_1} = 2(8/314)Ln2$$

$$\Delta S = 18/27 \cong 18/3 \frac{J}{K}$$

(۳-۷۳

$$n = 2\ ,\ T = 300\ K\ ,\ V_1 = 0/02\ m^3 \rightarrow V_2 = 0/04\ m^3$$

$$\Delta S = nRLn\frac{V_2}{V_1} = (2)(8/314)Ln\frac{0/04}{0/02} \cong 11/5\frac{J}{K}$$

(۱-۷۴

$$\Rightarrow \Delta U = Q - W = Q - 0 = mC_V\Delta T\ ,\ C_V = \frac{C_P}{K} \quad \text{حجم ظرف ثابت}$$

$$\Rightarrow Q = m\frac{1/004}{1/4}(350 - 600) = -179/28\ m\,kJ$$

این گرما به محیط منتقل می‌شود در حالی که دما ثابت است.

$$Q = +179/28\ mkJ\ ,\ T = 25 + 273 \quad \text{محیط}$$

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \frac{1}{T}\int dQ = \frac{Q}{T} = \frac{179/28}{298} = 0/6\frac{kj}{kg^\circ k}$$

البته ΔS برای واحد جرم جسم است.

(۳-۷۵

$$\Delta S = C_pLn\frac{T_2}{T_1} - RLn\frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta S = VLn\frac{\frac{5}{9}(70 + 460)}{\frac{5}{9}(120 + 460)} - 1/98\ 6Ln\frac{1}{10}$$

$$\Delta S = 3/95$$

(۳-۷۶

$\Delta S = C_pLn\frac{T_2}{T_1} - RLn\frac{P_2}{P_1}$ در گاز ایده‌آل

با توجه به رابطه فوق در فشرده شدن ایزوترم تغییرات آنتروپی منفی است.

در فرآیند ایزوترم $C_P Ln\frac{T_2}{T_1} = 0$

$$\Rightarrow \Delta S = 0$$

در فشرده شدن داریم : $RLn\frac{P_2}{P_1} < 0$

و یا $\Delta S = nRTLn\frac{V_2}{V_1}$ و چون $V_2 < V_1$ است داریم $\Delta S < 0$

۴-۷۷) در متن درس اثبات شده که ΔS را به صورت گزینه ۲ می‌توان نوشت و :

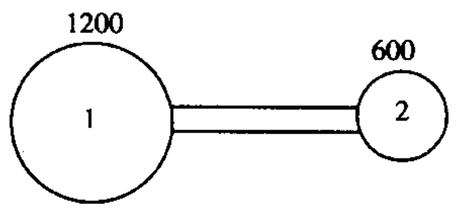
$$\Delta S = \int\frac{dQ}{T} = \int\frac{dU + dW}{T} = \int\frac{nC_v dT + PdV}{T} = nC_v\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T} + \int\frac{PdV}{T}$$

$$= nC_V Ln\frac{T_2}{T_1} + \int_{V_1}^{V_2}\frac{\frac{nRT}{V}dV}{T} = nC_V Ln\frac{T_2}{T_1} + nRLn\frac{V_2}{V_1}$$

۱-۷۸)

$S_2 - S_1 = mcLn\frac{T_2}{T_1} = ۵۰ \times ۰/۴۵\, Ln\frac{۲۸۵}{۵۰۰} = -۱۲/۶۵\ kj/kg$ در جامدات و مایعات

۳-۷۹) قطعه ۱ انرژی گرما را می‌دهد پس تغییر آنتروپی آن برابر است با :



$$\Delta S_1 = \frac{-۱۲ \times ۱۰^۳}{۱۲۰۰} = -۱۰$$

قطعه ۲ انرژی گرما را دریافت می‌کند پس داریم : $\Delta S_2 = \frac{\delta Q}{T} = \frac{۱۲ \times ۱۰^۳}{۶۰۰} = ۲۰$

کل $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = ۱۰$

۱-۸۰)

$$dU = dQ - dW \Rightarrow dS = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{T} + \frac{Pdv}{T}$$

$$Tds = dU + pdV \Rightarrow ds = \frac{dU}{T} + \frac{P}{T}dV$$

$$\Rightarrow S_2 - S_1 = \int_1^2 C_V\frac{dT}{T} + \int_1^2 (\frac{\partial P}{\partial T})_V dV$$

۳-۸۱)

$T_1 = ۲۷ + ۲۷۳ \quad T_2 = ۳۲۷ + ۲۷۳$

تغییرات آنتروپی در مایعات و جامدات $\Delta S = CLn\frac{T_2}{T_1} = ۰/۴Ln\frac{۶۰۰}{۳۰۰} = ۰/۲۸\ kj/kg$

$\Delta U = C_V(T_2 - T_1) = ۰/۴(۳۰۰) = ۱۲۰\ kj/kg$

(۱-۸۲

$\text{دمای تعادل آب} = \frac{m_1t_1 + m_2t_2}{m_1m_2} = \frac{۲\times۳۶۳ + ۳\times۲۸۳}{۳+۲} = ۳۱۵\ ^\circ k$

$\Delta S_1 = mc_pLn\frac{T_2}{T_1} = ۲\times۴۱۸۴\ Ln\frac{۳۱۵}{۳۶۳} = -۱۱۸۶\ /۸۳\ j/^\circ k$ آب دو کیلوگرمی به دمای تعادل می‌رسد

$\Delta S_2 = mc_pLn\frac{T_2}{T_1} = ۳\times۴۱۸۴\ Ln\frac{۳۱۵}{۲۸۳} = ۱۳۴۴\ /۶۴۲\ j/^\circ k$ آب سه کیلوگرمی به دمای تعادل می‌رسد

کل $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = ۱۵۷\ /۸۱\ j/^\circ k$

(۳-۸۳

تکدما $\Delta U = ۰ \Rightarrow dQ = dW = pdV$

$$\Delta S = \int\frac{dQ}{T} = \int\frac{PdV}{T} = \int_1^2 \frac{\frac{nRT}{V}dV}{T} = nRLn\frac{V_2}{V_1}$$

(۲-۸۴

$$\left.\begin{array}{rl} \text{طبق قانون اول} & Q - W = \Delta U \\ \text{به خاطر ایزوترم بودن سیستم} & Q = ۰ \\ \text{چون تنها انبساط آزاد صورت گرفته} & \Rightarrow W = ۰ \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta U = ۰$$

چون تغییرات انرژی داخلی تابع دما است پس دما ثابت می‌باشد. $T_1 = T_2$

تغییرات آنتروپی گازهای ایده‌آل $\Delta S = C_pLn\frac{T_2}{T_1} - RLn\frac{P_2}{P_1}$

چون حجم بعد از باز کردن شیر دو برابر می‌شود پس فشار نصف می‌شود.

$\Delta S = -RLn\frac{۱}{۲} = RLn۲$

رابطه فوق برای یک مول می‌باشد. برای n مول داریم :

$\Delta S = nRLn۲$

(۳-۸۵

غیربازگشتی $W = T.\Delta S_{total}$

$\Delta S_{total} = \Delta S_{system} + \Delta S_{surr}$

$\Delta S_{system} = mcLn\frac{T_۲}{T_۱} = ۱۰ \times ۰/۴ Ln\frac{۲۹۸\ /۱۵}{۱۰۰۰} = -۴/۸۴$

$Q = mc\Delta T = ۱۰ \times ۰/۴(۲۹۸\ /۱۵ - ۱۰۰۰\ ) = -۲۸۰۷\ /۴$ گرمایی که قطعه به محیط می‌دهد.

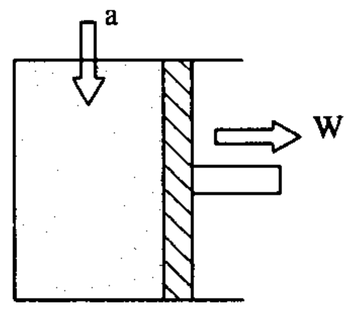
$\Delta S_{surr} = \frac{-Q}{T_۰} = \frac{۲۸۰۷\ /۴}{۲۹۸\ /۱۵} = ۹/۴۱۶$ کل $\Delta S = total = ۴/۵۷۶$

$W = ۲۹۸\ /۱۵ \times ۴/۵۷۶ = ۱۳۶۴\ /۳kj$

۳-۸۶)

$Q_{۱-۲} = U_۲ - U_۱ + W_{۱-۲}$

$۴۰ = U_۲ - U_۱ + ۴۰ \Rightarrow U_۲ - U_۱ = ۰ \Rightarrow U_۲ = U_۱$



پس تغییر در انرژی داخلی نداریم و انرژی داخلی ثابت می‌ماند از آنجا که انرژی داخلی تنها به دما بستگی دارد لذا دما نیز در طی فرآیند ثابت بوده و آن را $T_۰$ می‌نامیم.

$\Delta S = \int_{۱}^{۲}\frac{\delta Q}{T_۰} = \frac{Q_{۱-۲}}{T_۰} = \frac{+۴۰}{T_۰} > ۰$

پس همواره $\Delta S > ۰$ بوده و جواب ۳ صحیح است.

۵-۸۷)

$\Delta U = ۰\ ,\ \Delta Q = \Delta W$

$-Q_C = W_{CD} - \int_c^d PdV = \int_{V_C}^{V_D}\frac{RT_C}{V}dV = -RT_C Ln\frac{V_C}{V_D}$

$,\ Q_C = RT_C Ln\frac{V_c}{V_D}\ ,\ Q_H = RT_H Ln\frac{V_B}{V_A}$

$$Q_H - Q_C = RT_H Ln\frac{V_B}{V_A} - RT_C Ln\frac{V_C}{V_D}$$

۲-۸۸) تغییر آنتروپی در گازهای ایده‌آل

$S_۲ - S_۱ = \int_{۱}^{۲} cp_۰\frac{dT}{T} - RLn\frac{P_۲}{P_۱}$

$$S_۲ - S_۱ = cp_{\circ} Ln\frac{T_۲}{T_۱} - RLn\frac{P_۲}{P_۱}$$

$$= ۱ \times Ln\frac{۲۷۳ + ۱۲۷}{۲۷۳ + ۲۷} - ۰/۲۸۷\ Ln\frac{۳/۵}{۱} = ۰/۰۷۱\ kj/kg.^{\circ}k$$

(۲-۸۹

$$\Delta S = C_p Ln\frac{T_۲}{T_۱} - RLn\frac{P_۲}{P_۱}$$

$$\begin{cases} PV^{\frac{۱}{۲}} = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱} = (\frac{V_۱}{V_۲})^{\frac{۱}{۲}} \\ PV = nRT \Rightarrow TV^{-\frac{۱}{۲}} = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{T_۲}{T_۱} = (\frac{V_۲}{V_۱})^{\frac{۱}{۲}} \end{cases}$$

$$\Delta S = C_p Ln(\frac{V_۲}{V_۱})^{\frac{۱}{۲}} - RLn(\frac{V_۱}{V_۲})^{\frac{۱}{۲}} = C_p Ln(\frac{V_۲}{V_۱})^{\frac{۱}{۲}} + RLn(\frac{V_۲}{V_۱})^{\frac{۱}{۲}}$$

$$PV^{\frac{۱}{۲}} = cte\ , \Delta P > ۰ \Rightarrow \Delta V < ۰ \Rightarrow V_۲ < V_۱ \Rightarrow \frac{V_۲}{V_۱} < ۱ \Rightarrow Ln(\frac{V_۲}{V_۱}) < ۰$$

$$\Delta S < ۰$$

(۴-۹۰

$\Delta S = \delta Q + \delta W \rightarrow$ کار تلف شده

$$W = (U_۲ - U_۱) + P_۱(V_۲ - V_۱) - T_۱(S_۲ - S_۱)$$

$$T_۱ = T_۲ = T$$

تغییرات دمایی وجود ندارد پس :

$$U_۲ - U_۱ = mcV_{\circ}(T_۲ - T_۱) = ۰$$

$$W = mp_۱(\frac{RT}{P_۲} - \frac{RT}{P_۱}) - mT(c_{p_{\circ}} Ln\frac{T_۲}{T_۱} - RmLn\frac{P_۲}{P_۱})$$

$$W = nRT[(\frac{P_۱}{P_۲} - ۱) + Ln\frac{P_۲}{P_۱}] = P_۲V_۲[(\frac{P_۱}{P_۲} - ۱) + Ln\frac{P_۲}{P_۱}]$$

$$W = ۴۳۹۶\ \ kj$$

۹۱-۴) رابطه فشار و دما در یک فرآیند پلی‌تروپیک

$$\frac{P_2}{P_1}=(\frac{T_2}{T_1})^{\frac{n}{n-1}} \Rightarrow Ln\frac{P_2}{P_1}=\frac{n}{n-1}Ln\frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow S_2-S_1=(c_{p_\circ}-\frac{nR}{n-1})Ln\frac{T_2}{T_1}$$

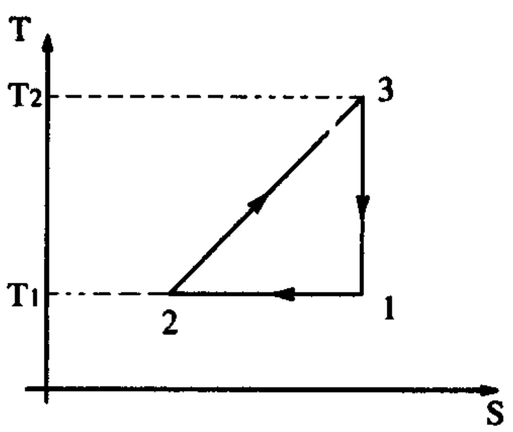
$$\left.\begin{aligned}&=(c_{p_\circ}-\frac{kR}{k-1}\eta_{pol})Ln\frac{T_2}{T_1}\\ &c_{p_\circ}=\frac{kR}{k-1}\end{aligned}\right\} \Rightarrow (c_{p_\circ}-c_{p_\circ}\eta_{pol})Ln\frac{T_2}{T_1}\ ,\ k=y$$

$$\Rightarrow c_{p_\circ}(1-\eta_{pol})Ln\frac{T_2}{T_1}=\frac{kR}{k-1}(1-\eta_{pol})Ln\frac{T_2}{T_1}$$

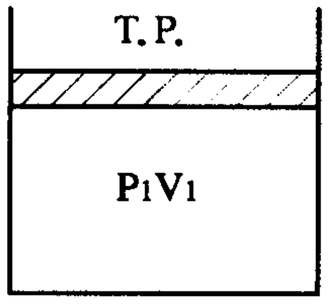
(۳-۹۲

کل ΔS = سیستم ΔS + محیط $\Delta S \Rightarrow$ دمای تعادل $T=\frac{T_1+T_2}{2}$

$$\Delta S=\frac{1}{2}cLn\frac{T^2}{T_1T_2}=cLn\frac{T}{(T_1T_2)^{1/2}}=cLn\frac{T_1+T_2}{2(T_1T_2)^{1/2}}$$



(۲-۹۳



$$T_\circ\Delta S=\Delta U+W_{1-2}$$
$$W_{1-2}=T_\circ\Delta S-\Delta U$$

ماکزیمم کار زمانی است که ΔU صفر باشد و این بدین معناست که فرآیند انقباض همدما صورت می‌گیرد.

$$(W_{1-2})_{max}=T_\circ(S_2-S_1)$$

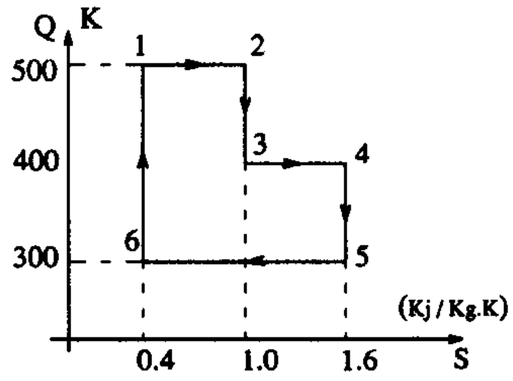
(۲-۹۴

$$\left.\begin{aligned}\eta=\frac{W_{net}}{Q_H}\Rightarrow\eta_۱=\frac{\frac{\Delta S\Delta T}{۲}}{T_۲\Delta S}\Rightarrow\eta_۱=\frac{۱}{۲}\\ \eta_۲=\frac{\frac{(T_۲-T_۱)\Delta S}{۲}}{T_۱\Delta S-\frac{(T_۲-T_۱)\Delta S}{۲}}=\frac{T_۲-T_۱}{T_۲-T_۱}\Rightarrow\eta_۲=۱\end{aligned}\right\}\Rightarrow\frac{\eta_۱}{\eta_۲}=\frac{\frac{۱}{۲}}{۱}=\frac{۱}{۲}$$

(۲-۹۵

$$\eta_{th}=\frac{W}{QH}=\frac{\text{مساحت }۱-۲-۳-۴-۵-۶}{\text{مساحت }۱-۲-۳-۴-۵-b-a-۱}$$

$$\eta_{th}=\frac{۰/۶(۶۰۰)+۰/۶(۱۰۰)}{۰/۶(۵۰۰)+۰/۶(۴۰۰)}=\frac{۳۰۰}{۹۰۰}=\frac{۱}{۳}=۳۳/۳۳$$



(۳-۹۶

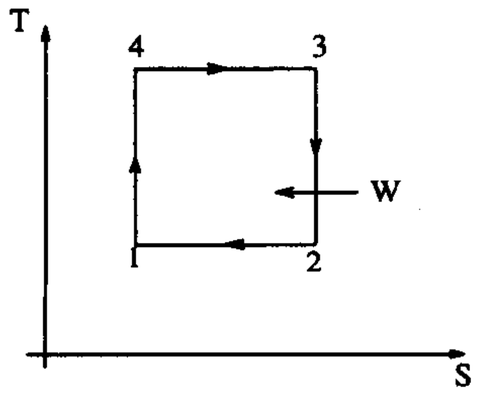
$$\eta=\frac{W}{Q}=\frac{\text{سطح داخل سیکل}}{\text{سطح زیر نمودار}}$$

$$\eta_{(۱)}=\frac{\frac{۱}{۲}(T_۲-T_۱)(S_۳-S_۲)}{T_۲(S_۳-S_۲)}=\frac{۱}{۲}\frac{T_۲-T_۱}{T_۲}$$

$$\eta_{(۲)}=\frac{\frac{۱}{۲}(T'_۱-T'_۲)(S'_۲-S'_۳)}{\frac{۱}{۲}(T'_۱+T'_۲)(S'_۲-S'_۳)}=\frac{T_۲-T_۱}{T_۲+T_۱}$$

از رابطه ۱ و ۲ داریم $\eta_۱=\eta_۲<$

(۲-۹۷



$$S_۲ - S_۱ = cpLn\frac{T_۲}{T_۱} - RLn\frac{P_۲}{P_۱} \Rightarrow (S_۲ - S_۱)_{p=cte} = cpLn\frac{T_۲}{T_۱}$$

$$S_۲ - S_۱ = cvLn\frac{T_۲}{T_۱} + RLn\frac{V_۲}{V_۱} \Rightarrow (S_۲ - S_۱)_{v=cte} = cVLn\frac{T_۲}{T_۱}$$

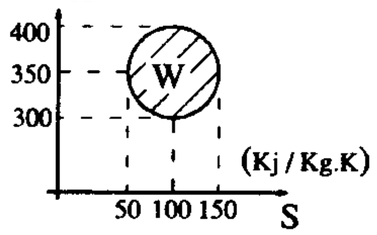
$$\Rightarrow C_p > C_V \Rightarrow (S_۲)P > (S_۲)\upsilon$$

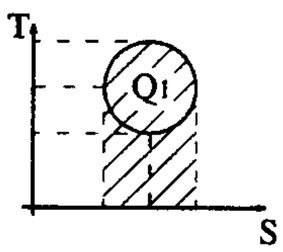
۹۸-۲)

کل $Q = W = \pi(۵۰)^۲ kj$

$$Q_۱ = ۳۵۰\,(۱۵۰ - ۵۰) + \frac{\pi(۵۰)^۲}{۲}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_۱} = \frac{۳/۱۴(۵۰)^۲}{۳۵۰۰۰۰ + \frac{۱}{۲}۳/۱۴(۵۰)^۲} = ۰/۲ = \%۲۰$$





پاسخ نزدیک به گزینه ۲ است.

۹۹-۱) فرآیند b-c و d-c ، دو فرآیند تکدما در دماهای $T_H = ۵۰۰\ K$ و $T_C = ۲۰۰\ K$ بوده و دو فرآیند ab و cd بی‌دررو هستند.

۱۰۰-۴)

$$|Q_۲| = S_B$$

۱۰۱-۳)

$$W = Q_۱ - Q_۲\ ,\ \frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{T_۱}{T_۲} \Rightarrow W = Q_۲(\frac{Q_۱}{Q_۲} - ۱) = Q_۲(\frac{T_۱}{T_۲} - ۱)$$

$$\Rightarrow ۱۰۰۰\ kj = Q_۲(\frac{۵۰۰ + ۲۷۳}{۲۰ + ۲۷۳} - ۱) \Rightarrow Q_۲ = ۶۱۰\ kj$$

۱۰۲-۵) جواب ۱ فرض کلوین می‌باشند و بیانی از قانون دوم ترمودینامیک است یعنی $\Delta S \geq ۰$ جواب ۲ فقط بیان دوباره از انتخاب ۱ است. جواب ۳ فرض کلازیوس می‌باشد و بیانی از قانون دوم ترمودینامیک بوده و جواب ۴ بیان دوباره‌ای از ۳ می‌باشد.

مثال قابل بیان برای (۵) گرمای بدن است به وسیله کار نیروی اصطکاک. مهم نیست که دما چقدر باشد. به وضوح همچنین انرژی الکتریکی می‌تواند کار انجام دهد و تبدیل به گرما شود (در یک مقاومت یا توستر).

(۵-۱۰۳

$$\Delta U = 0 = \Delta Q - \Delta W \text{ , چون } \Delta Q = Q_C - Q_H = \Delta W$$

$$e = \frac{|\Delta W|}{Q_C} = \frac{Q_H}{Q_C} - 1 \text{ چون } Q_H > Q_C$$

$$\text{,} \frac{Q_H}{Q_C} = \frac{T_H}{T_C} \text{ ,} \boxed{e = \frac{T_H}{T_C} - 1} \quad \text{, } T_H > T_C$$

فهرست انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران (مجتمع فنی تهران)

فهرست کتابهای ویژه آزمونهای کاردانی پیوسته، کاردانی به کارشناسی ، کارشناسی ارشد و دکتری (Ph.D)دانشگاههای آزاد و دولتی

کاردانی به کارشناسی و کارشناسی ارشد	کاردانی به کارشناسی و کارشناسی ارشد
مدیریت اطلاعات بهداشتی	آلودگی هوا
حسابداری صنعتی	مواد زاید جامد
اصول حسابرسی	عوامل زیان آور محیط کار
مدیریت(اصول و تئوریها)	بیماریهای شغلی
روان شناسی عمومی	بهداشت مواد غذایی
ریاضی علوم انسانی	بهداشت عمومی
سازمان ومدیریت	بهداشت خانواده
اقتصاد خرد	آموزش بهداشت
اقتصاد کلان	ریاضی کاربردی تصفیه خانه آب
معماری ۱(هندسه و روستا)	ریاضی کاربردی تصفیه خانه فاضلاب
معماری ۲(تاریخچه معماری-رنگ شناسی)	تصفیه آب
آموزش بهداشت وتکنولوژی آموزشی	پرستاری بیماریهای داخلی جراحی
گرامر زبان انگلیسی	پرستاری بهداشت مادران و نوزادان
ادبیات فارسی	پرستاری بیماریهای کودکان
معارف اسلامی	پرستاری بهداشت جامعه
زبان انگلیسی	پرستاری بیماریهای روانی
ریاضی (با تجدید نظر)	نوزادان
حل تشریحی مسائل ریاضی	بیماریهای داخلی جراحی در مامایی
پرسشهای چهارگزینه‌ای ریاضی (باتجدید نظر)	بهداشت مادر و کودک
پاسخ پرسشهای چهارگزینه‌ای ریاضی	بیماریهای زنان و زایمان
فیزیک	جنین شناسی
شیمی عمومی	بارداری و زایمان (عادی و غیرعادی)
بیوشیمی	کلیات خدمات بهداشتی جلد ۱و۲و۳
فیزیولوژی	علوم و صنایع غذایی
فیزیک پایه (نور)	آمار حیاتی (زیستی)
فیزیک عمومی(مکانیک)	شیمی محیط زیست
زیست سلولی	مدارک پزشکی
زیست مولکولی	سرطان پستان
زبان تخصصی پزشکی (جلد اول-دوم-سوم)	انگل شناسی پزشکی
فیزیولوژی انسانی	رماتیسم مفصلی
ایمنی شناسی تخصصی	مسمومیتهای شغلی و راههای پیشگیری از آن
میکروب شناسی	کلیات مدیریت خدمات بهداشتی
قارچ شناسی پزشکی	مصالح ساختمان

ویروس شناسی	متره و برآورد
بافت شناسی	نقشه‌برداری
خون شناسی	استاتیک
ایمنی شناسی	راه‌سازی
اپیدمیولوژی	مقاومت مصالح (کاردانی به کارشناسی)
حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین	هیدرولیک
طراحی روشنایی محیط کار	تحلیل سازه‌ها
آناتومی	سازه‌های فولادی
میکروبیولوژی محیط زیست (جلد اول و دوم)	ترمودینامیک
مهندسی فاضلاب	تکنولوژی مواد
هیدرولوژی	الکترونیک عمومی ۱و۲
مقاومت مصالح (کارشناسی ارشد)	مدارهای الکتریکی
مکانیک خاک(کاردانی به کارشناسی)	اطلاعات عمومی کامپیوتر و سیستم عامل
مکانیک خاک و مهندسی پی	ریاضیات گسسته
مکانیک سیالات و هیدرولیک کانالهای باز	معادلات دیفرانسیل
الکترونیک عمومی ۱و۲	ریاضی عمومی ۲
مدارهای الکتریکی	ریاضیات مهندسی
اطلاعات عمومی کامپیوتر و سیستم عامل	ماشینهای الکتریکی
ریاضیات گسسته	الکترونیک (کارشناسی ارشد)
معادلات دیفرانسیل	راهنمای تعمیر و نگهداری تلویزیون رنگی
ریاضی عمومی ۲	زبان برنامه‌نویسی پاسکال
ریاضیات مهندسی	شناخت اجزای ماشین
ماشینهای الکتریکی	انتقال حرارت (کارشناسی ارشد)
الکترونیک (کارشناسی ارشد)	انتقال حرارت (کاردانی به کارشناسی)
راهنمای تعمیر و نگهداری تلویزیون رنگی	ریاضی عمومی ۱
زبان برنامه‌نویسی پاسکال	مدارهای الکتریکی (کارشناسی ارشد)
شناخت اجزای ماشین	زبان برنامه‌نویسی C
انتقال حرارت (کارشناسی ارشد)	زبان تخصصی فنی و مهندسی ۱
انتقال حرارت (کاردانی به کارشناسی)	نقشه کشی صنعتی(کارشناسی)
ریاضی عمومی ۱	تکنولوژی بتن
مدارهای الکتریکی (کارشناسی ارشد)	ترمودینامیک
زبان برنامه‌نویسی C	زبان تخصصی کشاورزی (جلد اول و دوم)
زبان تخصصی فنی و مهندسی ۱	خاک شناسی عمومی
نقشه کشی صنعتی(کارشناسی)	خاک شناسی (فیزیک، شیمی و حاصلخیزی خاک)
تکنولوژی بتن	خاک شناسی (بیولوژی ، پیدایش و رده‌بندی خاک)
ترمودینامیک	باغبانی عمومی
زبان تخصصی کشاورزی (جلد اول و دوم)	باغبانی (میوه ، گل ، سبزیکاری)
خاک شناسی عمومی	باغبانی (ازدیاد نباتات ،فیزیولوژی و ...)
خاک شناسی (فیزیک، شیمی و حاصلخیزی خاک)	گیاه شناسی عمومی

خاک شناسی (بیولوژی ، پیدایش و رده‌بندی خاک)	گیاه شناسی تخصصی
باغبانی عمومی	گیاه پزشکی
باغبانی (میوه ، گل ، سبزیکاری)	تغذیه دام و طیور (جلد اول و دوم)
باغبانی (ازدیاد نباتات ،فیزیولوژی و ...)	قارچ شناسی و بیماریهای گیاهی
گیاه شناسی عمومی	ژنتیک کشاورزی
گیاه شناسی تخصصی	موتور و تراکتور
گیاه پزشکی	پرورش گوسفند و بز(ارشد)
فیزیولوژی گیاهان زراعی	پرورش طیور(ارشد)
حشره شناسی کشاورزی و آفات گیاهی	تغذیه دام و طیور (جلد اول و دوم)
آمار و احتمالات کشاورزی	قارچ شناسی و بیماریهای گیاهی
طرحهای آماری در تحقیقات کشاورزی	ژنتیک کشاورزی
ماشینهای کشاورزی	موتور و تراکتور
آبیاری و زه‌کشی	پرورش گوسفند و بز(ارشد)
جانور شناسی	پرورش طیور(ارشد)
گاوداری	تغذیه دام و طیور (جلد اول و دوم)
گوسفندداری	ماشینهای کشاورزی
مرغداری	آبیاری و زه‌کشی
تشریح و فیزیولوژی دام	جانور شناسی
اصلاح دام	گاوداری
تغذیه دام و طیور (جلد اول و دوم)	گوسفندداری
کاردانی پیوسته	**کاردانی پیوسته**
دروس عمومی و پایه کار دانش	مدارهای الکتریکی
زبان انگلیسی	ریاضیات ۲
زبان فارسی	سخت‌افزار ۱
ادبیات فارسی	تغذیه و بهداشت مواد غذایی
معارف اسلامی	اصول پرورش دام
عربی	اصول اندازه گیری الکتریکی
شیمی (۱)	ریاضی ۳
اصول تغذیه دام	تکنولوژی بتن و ساختمانهای بتنی
الکترونیک عمومی (۱)	استاتیک
مفاهیم و روشهای آماری ۱ و ۲	فیزیک ۱
فیزیک تخصصی	اصول پرورش طیور
ریاضیات (۱)	ریاضی ۲
تجزیه ، تحلیل و طراحی سیستمها	زیست شناسی ۱و۲و۳
زبانهای نسل چهارم	زیست شناسی امور دامی
سیستم عامل ۱	تکنولوژی قالب بندی و آرماتور
بیماریهای شایع کودکان	برنامه‌سازی کامپیوتر (پاسکال)
شناخت و خواص مواد صنعتی	تشریح و فیزیولوژی دام، طیور و ماهی

نشانی : سعادت آباد ـ روبه‌روی بیمارستان مدرس ـ نبش بلوار بهزاد ـشماره ۱۰

TEH DIBAGA RAN
ARTISTIC AND CULTURAL INSTITUTE

RWTUV
TÜV CERT EN ISO 9001
ISO 9001 Certificated
In Publication & Cover Design

MCQs

Physics
(Waves & Heat)

By: Naser Zare Dehnavi Hossien Mohsenipour

مؤسسه فرهنگی‌هنری‌دیباگران تهران
ساختمان‌مرکزی: سعادت آباد- بلوار بهزاد - شماره ۱۰
تلفن: ۵-۲۰۹۰۰۰۱ دورنگار: ۲۳۵۲۶۲۶
E-mail : publishing@mftmail.com
URL: www.mftsite.com

ISBN 964-354-354-4