



**کتاب پایه آزمون کارشناسی رسمی
رشته برق، ماشین‌آلات و تاسیسات کارخانجات**

مؤلفان:

دکتر محمود جعفری

مهندس محمد کریمی

دکتر سید جعفر گلستانه

- ◀ نام کتاب: کتاب پایه آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، ماشین‌آلات و تاسیسات کارخانجات
- ◀ تألیف: محمود جعفری، محمد کریمی، سید جعفر گلستانه
- ◀ ناشر: خانه کتاب مهندسين
- ◀ ویراستار: هاجر کریم
- ◀ طرح جلد: محسن حاجی‌وند
- ◀ نوبت چاپ: اول ۱۴۰۲
- ◀ قطع: رحلی
- ◀ تیراژ: ۱۰۰۰
- ◀ قیمت: ۱۵۰,۰۰۰ تومان
- ◀ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۸۳۷۰-۱-۶

فهرست مطالب

مقدمه	۶
فصل اول: معرفی آزمون	۷
۱-۱ کلیات	۸
۱-۲ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی دادگستری، قوه قضاییه و ماده ۲۷	۸
۱-۳ شرایط شرکت	۸
۱-۳-۱ شرایط عمومی	۸
۱-۳-۲ شرایط اختصاصی	۹
۱-۴ مدارک موردنیاز	۹
۱-۵ محاسبه نمره قبولی	۹
۱-۶ معیارهای انتخاب رشته	۱۰
۱-۷ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی و نظام مهندسی	۱۱
۱-۸ رشته‌های مجاز	۱۱
۱-۸-۱ رشته برق، الکترونیک و مخابرات	۱۱
۱-۸-۲ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات	۱۲
۱-۸-۳ رشته تاسیسات ساختمانی	۱۳
۱-۹ سابقه کار	۱۳
۱-۱۰ مراحل قبولی	۱۴
۱-۱۱ سرفصل‌ها	۱۴
۱-۱۱-۱ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات	۱۴
۱-۱۱-۲ رشته تاسیسات ساختمانی	۱۵
۱-۱۱-۳ رشته برق، الکترونیک و مخابرات	۱۵
۱-۱۲ درآمد	۱۶
۱-۱۳ شش نکته طلایی	۱۶
۱-۱۴ سوالات پرتکرار	۱۷
فصل دوم: مفاهیم برق	۱۹
۲-۱ آشنایی با الکتریسیته	۲۰
۲-۲ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی	۲۰
۲-۲-۱ جریان الکتریکی	۲۰
۲-۲-۲ ولتاژ الکتریکی	۲۱
۲-۲-۳ مقاومت الکتریکی	۲۲
۲-۲-۴ قانون اهم	۲۵
۲-۲-۵ اتصال المان‌ها	۲۵
۲-۲-۶ کار و توان الکتریکی	۲۷
۲-۲-۷ محاسبه هزینه برق	۳۰

۳۱.....	۲-۳ عناصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی
۳۱.....	۲-۳-۱ سلف
۳۱.....	۲-۳-۲ خازن
۳۲.....	۲-۴ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)
۳۳.....	۲-۴-۱ مشخصات یک شکل موج سینوسی
۳۴.....	۲-۴-۲ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)
۳۷.....	۲-۴-۳ توان در جریان متناوب تکفاز
۴۰.....	۲-۵ شبکه‌های سه‌فاز
۴۰.....	۲-۵-۱ مفاهیم مقدماتی
۴۱.....	۲-۵-۲ مفاهیم موردنیاز در تحلیل شبکه‌های سه‌فاز
۴۱.....	۲-۵-۳ انواع اتصال‌ها در شبکه‌های قدرت سه‌فاز
۴۳.....	۲-۵-۴ توان در مدارهای سه‌فاز متعادل
۴۵.....	۲-۶ پروونت کردن کمیت‌ها
۴۵.....	۲-۶-۱ تعریف و روابط
۴۷.....	۲-۶-۲ تغییر مبنا در مقادیر پروونت

فصل سوم: مفاهیم مکانیک ۴۸

۴۹.....	۳-۱ کمیت‌ها و تبدیل واحدها
۴۹.....	۳-۱-۱ دبی
۵۰.....	۳-۱-۲ فشار
۵۳.....	۳-۱-۳ چگالی آب
۵۵.....	۳-۱-۴ سایر کمیت‌ها و تبدیل واحدها
۵۷.....	۳-۲ حالت‌های هوا و دما در ترمودینامیک
۵۷.....	۳-۲-۱ تعاریف
۵۹.....	۳-۲-۲ نمودار سایکرومتریک
۶۰.....	۳-۲-۳ عملیات روی هوا
۶۲.....	۳-۳ انتقال حرارت
۶۲.....	۳-۳-۱ وسایل مربوط به دما و گرما
۶۲.....	۳-۳-۲ فرآیندهای ترمودینامیکی
۶۴.....	۳-۳-۳ روش‌های انتقال حرارت
۶۵.....	۳-۳-۴ گرمای ویژه
۶۷.....	۳-۳-۵ دمای تعادل
۷۰.....	۳-۳-۶ انتقال حرارت از جداره‌های ساختمان
۷۲.....	۳-۴ آب خام و املاح آن
۷۲.....	۳-۴-۱ املاح و ذرات موجود در آب
۷۳.....	۳-۴-۲ ته‌نشین کردن مواد موجود در آب
۷۴.....	۳-۴-۵ کل مواد جامد حل شده در آب (TDS)
۷۴.....	۳-۴-۱ شیرین کردن آب
۷۵.....	۳-۶ سختی آب
۷۵.....	۳-۶-۱ انواع سختی
۷۷.....	۳-۶-۲ میزان سختی
۷۸.....	۳-۶-۳ سختی‌گیری آب
۸۰.....	۳-۷ پرسش‌های متفرقه

فصل چهارم: مفاهیم صنایع و کارخانجات ۸۲

۸۳.....	۴-۱ ماشین‌آلات صنعتی چیست؟
۸۳.....	۴-۲ اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی ماشین‌آلات صنعتی



۱۳	۴ - ۲ - ۱ اتصالات
۱۵	۴ - ۲ - ۲ محورها (اکسل و شافت)
۱۶	۴ - ۲ - ۳ فنر
۱۷	۴ - ۲ - ۴ یاتاقان
۹۰	۴ - ۲ - ۵ اجزاء انتقال قدرت
۹۷	۴ - ۳ - ۱ مفاهیم مهندسی مکانیک در ماشین آلات
۹۷	۴ - ۳ - ۱ قلاوین
۹۸	۴ - ۳ - ۲ هلیکویل
۹۸	۴ - ۳ - ۳ حدیده کاری
۹۸	۴ - ۳ - ۴ برقوق کاری
۹۸	۴ - ۳ - ۵ آجزنی
۹۸	۴ - ۳ - ۶ شابرزنی (سخت کاری)
۹۸	۴ - ۳ - ۷ سوهان کاری
۹۸	۴ - ۴ - ۱ جرتقیل و بالابر
۹۸	۴ - ۴ - ۱ نیرو، کار و توان
۱۰۲	۴ - ۴ - ۲ ماشین های جابه جایی ساده
۱۰۵	۴ - ۴ - ۳ جرتقیل
۱۰۹	۴ - ۴ - ۴ وینچ
۱۱۰	۴ - ۴ - ۵ بالابر صنعتی
۱۱۱	۴ - ۴ - ۶ دستگاه های جابه جایی مواد
۱۱۲	۴ - ۵ - ۱ اصول و مفاهیم اندازه گیری و کالیبراسیون
۱۱۲	۴ - ۵ - ۱ کمیت ها
۱۱۲	۴ - ۵ - ۲ یکا (واحد) های اندازه گیری
۱۱۳	۴ - ۵ - ۳ وسایل اندازه گیری
۱۱۵	۴ - ۵ - ۴ عمق سنج - ارتفاع سنج
۱۱۶	۴ - ۵ - ۵ ماشین CMM

۱۱۷ فصل پنجم: پاسخ تشریحی آزمون سال ۹۸

مقدمه

آزمون کارشناسی رسمی، یک آزمون سراسری برای انتخاب مهندسين خيره در حوزه مختلف بوده که مهندسين برق نيز مي‌توانند در سه رشته اين آزمون شرکت کنند. انتشارت خانه کتاب مهندسين بعد از موفقيت چشمگير در آزمون نظام مهندسي، اکنون با انتشار اولين کتاب خود در حوزه آزمون کارشناسي رسمي، به صورت رسمي و عملي وارد اين حوزه مي‌شود . کتاب پيش رو، مفاهيم پايه و اوليه قبولى در آزمون کارشناسي رسمي برق، ماشين و تاسيسات کارخانجات دادگستري و قوه قضاييه بوده که در پنج فصل تدوين شده است:

فصل اول: مفاهيم اوليه معرفي آزمون، سرفصل‌ها، رشته‌هاى مجاز و بودجه‌بندي آزمون

فصل دوم: مباني و مفاهيم پايه برق

فصل سوم: مباني و مفاهيم مکانیک

فصل چهارم: مباني و مفاهيم صنايع و کارخانه

فصل پنجم: پاسخ تشریحی آزمون

اين آموزش به صورت طبقه بندي شده براساس بررسي سوالات آزمون سه رشته «برق، الکترونیک و مخابرات»، «برق، ماشين و تاسيسات کارخانجات» و «تاسيسات ساختمانی» ارايه شده است. همچنين براي دريافت فايل پی دی اف و آموزش ویدیویی اين کتاب، می‌توانيد به اپليکيشن آکادمي کریمی مراجعه کنید.

app.mohammad-karimi.com

در اينجا فرصت را مغتنم دانسته از همکاري صميمانه و شبانه‌روزي مديریت محترم انتشارات خانه کتاب مهندسين که سهم به سزايی در آمادگي داوطلبان براي آزمون‌های نظام مهندسي دارند، تشکر می‌کنيم. با وجود زحمات فراواني که براي اين کتاب کشيده شده است، قطعاً خالی از ایراد نيست؛ لذا از شما می‌خواهيم انتقادات و پيشنهادات خود را مستقيماً با مهندس کریمی در ميان بگذاريد.

nashr@mohammad-karimi.com

معرفی آزمون

در این فصل می خوانیم:

- ✓ کلیات
- ✓ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی دادگستری، قوه قضاییه و ماده ۲۷
- ✓ شرایط آزمون
- ✓ مدارک مورد نیاز
- ✓ محاسبه نمره قبولی
- ✓ معیارهای انتخاب رشته
- ✓ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی و نظام مهندسی
- ✓ رشته‌های مجاز
- ✓ سابقه کار
- ✓ مراحل قبولی
- ✓ سرفصل‌ها
- ✓ درآمد
- ✓ شش نکته طلایی
- ✓ سوالات پرتکرار

۱ - ۱ کلیات

یکی از آزمون‌های بسیار مهم برای هر مهندس برق و مکانیکی، شرکت در آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه بوده که در این فصل، به معرفی کامل آن می‌پردازیم. در ادامه سرفصل‌ها و مفاهیمی که در این ویدیوی آموزشی ارایه می‌شود، مرور خواهد شد.

هدف و مزیت اصلی: هدف یک کارشناس رسمی، دادن نظرات کارشناسی در حوزه تخصصی در مورد دعوی ارجاع شده از دادگاه است. اصلی‌ترین مزایای داشتن پروانه کارشناسی رسمی عبارتند از: فعالیت در کل کشور، تنوع موضوعی، زمان بر نبودن، عدم ایجاد مشکل برای شغل و ارتقا شخصیت مهندسی

رشته‌ها و سرفصل‌ها: آزمون کارشناسی رسمی برای مهندسين برق و مکانیک، در سه صلاحیت برگزار می‌شود که عبارت است از:

- آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، الکترونیک، مخابرات
- آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات
- آزمون کارشناسی رسمی رشته تاسیسات ساختمانی

۱ - ۲ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی دادگستری، قوه قضاییه و ماده ۲۷

آزمون دادگستری: از آنجایی که از همان ابتدا کارشناسان رسمی خواهان تشکیل یک سازمان مستقل بودند، در سال ۱۳۵۸ مقرراتی تحت عنوان «لایحه قانون مربوط به استقلال کانون کارشناسان رسمی دادگستری» به تصویب شورای انقلاب اسلامی رسید. در این زمان کانون مستقل روع به کار کرد و از اداره فنی دادگستری جدا شد. در حال حاضر تقریباً ۲۸ استان در کشور دارای کانون‌های مستقل هستند.

آزمون قوه قضاییه: مرکز کارشناسان رسمی قوه قضاییه بر مبنای ماده ۱۸۷ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۸۰ تاسیس شد، یعنی تقریباً ۲۰ سال از تاسیس آن می‌گذرد. این مرکز به علت تسهیل دسترسی مردم به خدمات قضایی و حفظ حقوق آن‌ها ایجاد شد.

آزمون ماده ۲۷: وزارتخانه‌ها، مؤسسات دولتی، نهادها، نیروی نظامی و انتظامی، شرکت‌های دولتی و شهرداری‌ها می‌توانند در ارجاع امور کارشناسی با رعایت آیین‌نامه خاصی که به پیشنهاد مشترک وزارت مسکن و شهرسازی و وزارت دادگستری به تصویب هیأت وزیران می‌رسد به جای کارشناسان رسمی دادگستری از مهندسان دارای پروانه اشتغال که بوسیله سازمان استان معرفی می‌شوند استفاده نمایند. خدمات مهندسی کارشناسی شامل کلیه خدمات مهندسی از قبیل طراحی، محاسبه، نظارت، اجرا، بهره‌برداری، کنترل و بازرسی، آزمایش، متره، برآورد، ارزیابی و تقویم، تشخیص علل خرابی که در چارچوب معیارهای پذیرفته شده تخصصی قابل عرضه بوده و در زمره امور حرفه‌ای ناشی از پروانه اشتغال موضوع قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان یا عضویت در سازمان استان می‌باشد.

۱ - ۳ شرایط شرکت

۱ - ۳ - ۱ شرایط عمومی

- متدین به دین اسلام یا یکی از اقلیتهای دینی به رسمیت شناخته شده در قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران و وفاداری به نظام مقدس جمهوری اسلامی
- داشتن تابعیت ایرانی
- نداشتن پیشینه کیفری مؤثر
- عدم اعتیاد به مواد مخدر
- نداشتن وابستگی و سابقه عضویت و هواداری در گروه‌های غیرقانونی و مخالف اسلام
- دارا بودن حداقل بیست و پنج سال سن در پایان مهلت ثبت نام



- داشتن معافیت یا کارت پایان خدمت وظیفه عمومی (برای آقایان)

۱- ۳- ۲ شرایط اختصاصی

- داشتن دانشنامه کارشناسی یا بالاتر: مقابل رشته کارشناسی مورد تقاضا، از دانشگاه‌های معتبر داخلی (اعم از دولتی یا غیردولتی)، مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری یا وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی یا از دانشگاه‌های خارجی مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری یا وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، و داشتن حداقل پنج سال تمام سابقه تجربی مرتبط در رشته کارشناسی مورد تقاضا، پس از اخذ دانشنامه مذکور تا آخرین روز ثبت نام. رشته‌های کارشناسی رسمی که داوطلبان با داشتن شرایط یاد شده می‌توانند در آن رشته‌ها ثبت نام کنند.
- هرگاه در رشته کارشناسی مورد تقاضا، دوره تحصیلی مقطع کارشناسی یا بالاتر وجود نداشته باشد، داوطلبان با دارا بودن دانشنامه کارشناسی یا بالاتر در هر رشته و داشتن حداقل پانزده سال تمام سابقه تجربی مرتبط در رشته کارشناسی مورد تقاضا تا آخرین روز ثبت نام، می‌توانند در آزمون شرکت کنند. داوطلبان با داشتن دانشنامه کارشناسی یا بالاتر مرتبط و حداقل پنج سال تمام سابقه تجربی مرتبط با رشته کارشناسی مورد تقاضا، بعد از اخذ دانشنامه، یا در صورت داشتن دانشنامه کارشناسی یا بالاتر غیر مرتبط و حداقل پانزده سال تمام سابقه تجربی مرتبط تا آخرین روز ثبت نام در رشته کارشناسی مورد تقاضا، می‌توانند در آزمون آنها شرکت کنند، آورده شده است.

۱- ۴ مدارک موردنیاز

فایل عکس پرسنلی اسکن شده: یک قطعه عکس سه در چهار جدید تمام رخ (بانوان با پوشش اسلامی) با فرمت jpg رنگی و دارای زمینه سفید که برای آپلود در سایت، باید اسکن شده باشد. سایز عکس باید ۲۰۰ در ۳۰۰ پیکسل باشد که حجم این فایل نباید از ۱۵ کیلو بایت کمتر و از ۷۰ کیلو بایت بیشتر باشد. بدیهی است که تصویر داوطلب باید واضح، مشخص، و فاقد اثر مهر، منگنه، و هرگونه لکه باشد و در صورت وجود حاشیه‌های اضافی اطراف عکس، به صورت کامل باید حذف شود. در صورت ارسال عکسی که فاقد مشخصات یاد شده باشد، یا اگر عکس شخص دیگری به جای عکس داوطلب فرستاده شود، از ادامه انجام مراحل آزمون داوطلب جلوگیری خواهد شد. با توجه به مشکلات به وجود آمده در آزمون‌های قبلی، ناشی از اشتباه در ارسال عکس داوطلبان، تأکید می‌شود که علاوه بر کنترل اطلاعات ثبت‌نامی، حتماً نسبت به کنترل عکس ارسالی دقت نمایید تا اشتباهاً عکس داوطلب دیگری به جای عکس شما ارسال نگردد. بدیهی است که در صورت ارسال عکس اشتباهی از طرف داوطلب، ثبت‌نام و آزمون داوطلب در هر مرحله که باشد کان لمیکن تلقی می‌شود.

فایل اسکن شده کارت ملی: عکس اسکن شده کارت ملی با فرمت jpg که حجم آن نباید از ۱۵ کیلو بایت کمتر و از ۷۰ کیلو بایت بیشتر باشد. دقت کنید که هر دو طرف کارت باید اسکن شده و در یک صفحه قرار داده شود.

فایل اسکن شناسنامه: صفحه اول شناسنامه و در صورت داشتن توضیحات، این صفحه توضیحات باید با فرمت jpg که حجم آن نباید از ۳۰ کیلو بایت کمتر و از ۱۳۰ کیلو بایت بیشتر باشد. در صورت اسکن تمامی صفحات، عکسها را در یک صفحه قرار دهید و سپس در سیستم بارگذاری کنید.

فایل اسکن شده گواهی سابقه کار: یک گواهی اشتغال به کار باید تهیه شده و اسکن شود.

فایل اسکن شده دانشنامه کارشناسی یا بالاتر: آخرین مدرک تحصیلی یا گواهی موقت عکسدار فراغت از تحصیل، در فرمت jpg باید آماده شود.

فایل اسکن شده کارت معافیت یا پایان خدمت وظیفه عمومی: این مورد مخصوص آقایان است.

۱- ۵ محاسبه نمره قبولی

قبلاً روال به این صورت بود که در «دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی» ظرفیت پذیرش برای هر رشته در هر منطقه اعلام می‌شد و حداقل نمره قبولی ۶۰ درصد بود و معمولاً یک و نیم برابر ظرفیت پذیرش نهایی در آزمون کتبی پذیرفته می‌شد.

شود. مجلس شورای اسلامی در شهریور ۱۴۰۰ با در اولویت قرار گرفتن طرح تسهیل صدور برخی مجوزها برای کسب و کار در دستورکار صحن علنی مجلس موافقت کردند. از این رو، ظرفیت پذیرش کارشناس رسمی با معیار ماده ۵ خواهد شد.

ماده ۵: عبارت «براساس نیاز مناطق کشور» از بند (الف) ماده (۷) قانون کارشناسی رسمی دادگستری مصوب ۱۸/۱/۱۳۸۱ حذف شده و دو تبصره به عنوان تبصره های (۱) و (۲) به این بند اضافه می شود:

تبصره ۱- شورای عالی کارشناسان موظف است هر ساله از طریق سازمان سنجش آموزش کشور نسبت به برگزاری آزمون کارشناسان رسمی اقدام نماید. داوطلبانی که حداقل هفتاد درصد (۷۰٪) امتیاز میانگین نمرات یک درصد (۱٪) حائزان بالا ترین امتیاز در هر رشته را کسب کنند، به عنوان پذیرفته شده، برای طی مراحل مقتضی به کانون مشاوران رسمی و مرکز وکلا، کارشناسان رسمی و مشاوران خانواده معرفی می شوند. توزیع استانی پذیرفته شدگان بر اساس تقاضا یا امتیاز پذیرفته شدگان می باشد. نظارت بر اجرای این تبصره برعهده وزارت دادگستری است و وزارت مزبور مکلف است در صورت استنکاف کانون شورای عالی از برگزاری آزمون، راساً به برگزاری آن اقدام کند.

تبصره ۲- برای مشمولین بند چ ماده ۸۸ قانون برنامه پنجساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۶-۱۴۰۰) مصوب ۱۴/۱۲/۱۳۹۵ با اصلاحات و الحاقات بعدی نصاب مذکور در تبصره (۱) تا پایان دوره قانون مذکور حداقل شصت درصد (۶۰٪) می باشد.

۱ - ۶ معیارهای انتخاب رشته

رشته های مجاز: اولین نکته ای که در انتخاب رشته آزمون کارشناسی رسمی باید لحاظ شود این است که اساساً رشته تحصیلی داوطلب، مناسب و زیر مجموعه کدام رشته آزمون کارشناسی رسمی است،

منابع و سرفصل ها: آیتیم دیگری که در انتخاب رشته بسیار تاثیر گذار است، منابع و سرفصل های رشته کارشناسی رسمی است؛ با توجه به اینکه رشته های کارشناسی رسمی معمولاً بین رشته ای محسوب شده و سوالات از منابع مختلف مطرح می شود.

ظرفیت جذب: تا سال ۱۴۰۱، برای پذیرش در آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه ظرفیت مشخص شده بود اما طبق مصوبه تسهیل صدور مجوزهای کسب و کار، از سال ۱۴۰۲ باید ظرفیت پذیرش برداشته شود که منتظر عملیاتی شدن این قانون هستیم.

گرایش: برای رشته های قدرت، انتقال و توزیع، رشته های تاسیسات ساختمانی و برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات بهتر است. برای رشته های الکترونیک، مخابرات، کنترل و ابزار دقیق بهتر است در رشته برق، الکترونیک و مخابرات شرکت کنند.

روحیات فردی: یکی از مسائل مهم دیگر در انتخاب رشته، روحیات فردی و متناسب با نوع رشته است، مثلاً رشته ای مانند برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات، بیشتر در فضاهای صنعتی و خارج از شهر است.

محل سکونت: در صورتیکه در یک شهر صنعتی زندگی می کنید، بهتر است رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات را در الویت قرار دهید و در غیر این صورت، رشته های تاسیسات ساختمانی و الکترونیک و مخابرات، بهتر است.

جنسیت: خانمها بهتر است، در رشته برق، الکترونیک و مخابرات شرکت کنند و آقایون یکی از دو رشته تاسیسات ساختمانی و برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات مناسب است.

سابقه کار: در بین رشته های سه گانه، براساس سوابق کاری می توان، رشته ها را اولویت بندی کرد:

- رشته تاسیسات ساختمانی: سوابق کاری مرتبط با طراحی، نظارت و اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی مانند برقکاری، تاسیسات جریان ضعیف، ارت و همبندی، داشتن پروانه نظام مهندسی و ...
- رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات: سوابق پیمان کاری، کارگاهی، تولیدی و صنعتی بویژه کارخانجات، کارگاه ها بزرگ، صنایع خودروسازی، نفتی و ...
- رشته برق، الکترونیک و مخابرات: سوابق کاری در بخش خدماتی، دولتی و غیرصنعتی مانند ادارات، ارگان ها و وزارت خانه ها

بازار کار: حتما باید تحقیق شود که بعد از گرفتن پروانه کارشناسی رسمی، بازار کار و درآمد کارشناس رسمی چقدر می تواند باشد. به طور کلی، تعداد کارهای تاسیسات ساختمانی از رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات بیشتر بوده اما درآمد هر پروژه رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات بیشتر است.

۷ - ۱ تفاوت آزمون های کارشناسی رسمی و نظام مهندسی

سرفصل ها: آزمون نظام مهندسی در هفت رشته با سرفصل های مشخص شده از سوی دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان برگزار می شود اما آزمون کارشناسی رسمی، در حدود ۳۰ رشته با سرفصل های متفاوت برگزار شده و این سرفصل ها معمولا بین رشته ای هستند، مثلا در سه رشته زیر سوالات به صورت ترکیب مشخص شده ارائه می شود:

- آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، الکترونیک، مخابرات: گرایش های مختلف برق
- آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات: رشته های برق، مکانیک و صنایع
- آزمون کارشناسی رسمی رشته تاسیسات ساختمانی: رشته های برق و مکانیک

منابع: منابع آزمون نظام مهندسی از سوی دفتر مقررات ملی معرفی می شود و اکثر سوالات از این منابع مطرح می شود، هر چند تعدادی سوال خارج از این منابع نیز طرح می شود اما برای آزمون کارشناسی رسمی هیچ منبع مشخصی وجود نداشته و اساسا منبع آزمون معرفی نمی شود.

سطح سختی: با بررسی و مقایسه سوالات دو آزمون، می توان ادعا کرد که سوالات آزمون کارشناسی رسمی به صورت چشم گیری از سوالات آزمون نظام مهندسی آسان تر است.

رشته های مجاز: همانطور که قبلا اشاره شد، آزمون ها از نظر رشته های مجاز کاملا متفاوت هستند.

سامانه پیامکی: هر دو آزمون دارای سامانه پیامکی اطلاع رسانی اخبار با شماره ۹۰۰۰۲۶۱۷ هستند

- عدد ۱: آزمون نظام مهندسی
- عدد ۷: آزمون کارشناسی رسمی

ظرفیت پذیرش: یکی از تفاوت های مهم این دو آزمون در ظرفیت پذیرش است، آزمون نظام مهندسی ظرفیت پذیرش ندارد اما آزمون کارشناسی رسمی دارای ظرفیت مشخص بوده که براساس نیاز برای هر استان هر سال در دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی، مشخص می شود.

مراحل آزمون: آزمون نظام مهندسی تک مرحله ای بوده و با قبولی در آزمون کتبی، داوطلب می تواند پروانه اشتغال به کار خود را بگیرد اما آزمون کارشناسی رسمی دارای مراحل مختلفی شامل آزمون کتبی، آزمون شفاهی، گزینش و کارآموزی است.

صلاحیت ها: آزمون نظام مهندسی دارای سه صلاحیت طراحی (محاسبه)، نظارت و اجرا بوده اما آزمون کارشناسی رسمی دارای صلاحیت خاصی برای هر رشته نیست.

ارگان برگزاری آزمون: آزمون نظام مهندسی توسط دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان معاونت مسکن و شهرسازی وزارت راه و شهرسازی برگزار می شود اما آزمون کارشناسی رسمی توسط مرکز وکلا، کارشناسان رسمی و مشاوران خانواده قوه قضاییه برگزار می شود. در هر دو آزمون، شرکت کارکنان سازمان سنجش کشور، همکاری می کند.

درآمد: مهمترین تفاوت درآمد کارشناس رسمی و درآمد نظام مهندسی در این است که درآمد کارشناس رسمی همیشه یک درصد مشخصی از موضوع پرونده بوده اما درآمد نظام مهندسی متناسب با نوع پروانه، شهر، نوع ساختمان، پایه و ... متغیر است.

۸ - ۱ رشته های مجاز

اساسا آزمون کارشناسی رسمی برق در سه رشته برگزار می شود که در ادامه به معرفی رشته های تحصیلی مجاز برای شرکت در این آزمون ها می پردازیم.

۱ - ۸ - ۱ رشته برق، الکترونیک و مخابرات

- مهندسی تکنولوژی الکترونیک

- مهندسی تکنولوژی برق - قدرت
- مهندسی تکنولوژی مخابرات
- مهندسی تکنولوژی کنترل و ابزار دقیق
- مهندسی الکترومکانیک
- مهندسی برق - مخابرات
- مهندسی الکترونیک
- مهندسی مخابرات
- مهندسی کنترل و ابزار دقیق
- مهندسی برق (کلیه گرایش ها)
- مهندسی تکنولوژی مخابرات (کلیه گرایش ها)
- مهندسی تکنولوژی برق (گرایش شبکه های انتقال و توزیع)
- مهندسی فناوری مکترونیک
- مهندسی مکترونیک
- مهندسی فناوری برق شبکه های توزیع
- مهندسی فناوری شبکه های انتقال برق
- مهندسی فناوری الکترونیک صنعتی
- مهندسی فناوری ارتباطات و اطلاعات (گرایش های: مخابرات سیار
- مخابرات نوری
- بهره برداری از سیستم های مخابراتی
- مهندسی فناوری کنترل - ابزار دقیق

۱ - ۸ - ۲ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات

- مهندسی برق (کلیه گرایش ها)
- مهندسی مکانیک (کلیه گرایش ها)
- مهندسی صنایع (کارشناسی فاقد گرایش)
- مهندسی صنایع (گرایش های: تکنولوژی صنعتی
- تولید صنعتی
- برنامه ریزی و تحلیل سیستم ها
- مهندسی تکنولوژی ساخت و تولید - ماشین افزار
- مهندسی فناوری مکانیک - ماشین افزار
- مهندسی ساخت و تولید
- مهندسی فناوری مکانیک
- تاسیسات حرارتی و برودتی
- مهندسی مکترونیک
- مهندسی تکنولوژی برق (گرایش شبکه های انتقال و توزیع)
- مهندسی فناوری مکترونیک
- مهندسی فناوری شبکه های توزیع برق
- مهندسی فناوری شبکه های انتقال برق



- مهندسی تاسیسات
- مهندسی تکنولوژی (گرایش: مکانیک نیروگاه)

۱ - ۸ - ۳ رشته تاسیسات ساختمانی

- مهندسی الکترومکانیک
- مهندسی مکانیک (کلیه گرایش ها)
- مهندسی برق (کلیه گرایش ها)
- مهندسی تهویه و تبرید
- مهندسی انرژی
- مهندسی فناوری شبکه های توزیع برق
- مهندسی تاسیسات
- مهندسی فناوری مکانیک - تاسیسات حرارتی و برودتی
- مهندسی تکنولوژی برق (گرایش شبکه های انتقال و توزیع)
- مهندسی مکاترونیک
- مهندسی فناوری شبکه های توزیع برق

۱ - ۹ سابقه کار

رشته های کارشناسی رسمی که داوطلبان با داشتن دانشنامه کارشناسی یا بالاتر مرتبط و حداقل پنج سال تمام سابقه تجربی مرتبط با رشته کارشناسی مورد تقاضا، بعد از اخذ دانشنامه، یا در صورت داشتن دانشنامه کارشناسی یا بالاتر غیرمرتبط و حداقل پانزده سال تمام سابقه تجربی مرتبط تا آخرین روز ثبتنام در رشته کارشناسی مورد تقاضا، می توانند در آزمون آنها شرکت کنند، آورده شده است. این گواهی صرفاً یک برگه است که ادعا می کند داوطلب در یک شرکت یا ارگان سابقه کار مرتبط با رشته آزمون را دارد. نمونه ای از این گواهی، در ادامه آورده شده است:

عنوان شرکت/سازمان

شماره ثبت

شماره نامه: -----

تاریخ: -/-/-

پیوست: ---

موضوع: گواهی سابقه کار

بدین وسیله بنا به درخواست کتبی مورخ -/-/- گواهی می شود که خانم/آقا ----- به کد ملی - - - - از تاریخ -/-/- تا -/-/- به عنوان کارمند/مسئول ----- در این شرکت/سازمان مشغول به کار بوده و مدیریت مجموعه از کیفیت خدمات نامبرده کمال رضایت را داریم.
این گواهی به عنوان سابقه کار صادر و فاقد ارزش قانونی دیگری است.

مهر و امضا مدیریت

۱ - ۱۰ مراحل قبولی

آزمون کتبی: اولین گام، آزمون کتبی و است که به صورت چهارجوابی برگزار خواهد شد، معمولاً آزمون شامل ۶۰ پرسش و حدود ۱۱۰ دقیقه زمان است.

آزمون شفاهی و مصاحبه: پس از گذراندن آزمون شفاهی و کسب حد نصاب ۶۰ از ۱۰۰، داوطلبان به ترتیب اولویت فضلی جمع ۳۰٪ نمره شفاهی و ۷۰٪ نمره کتبی و به تعداد ظرفیت اعلام شده در منطقه مورد تقاضا مطابق با جداول دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی برای ادامه مراحل به کمیسیون ماده ۱۳ معرفی خواهند شد.

گزینش: در این مرحله، دو اقدام مهم انجام می شود:

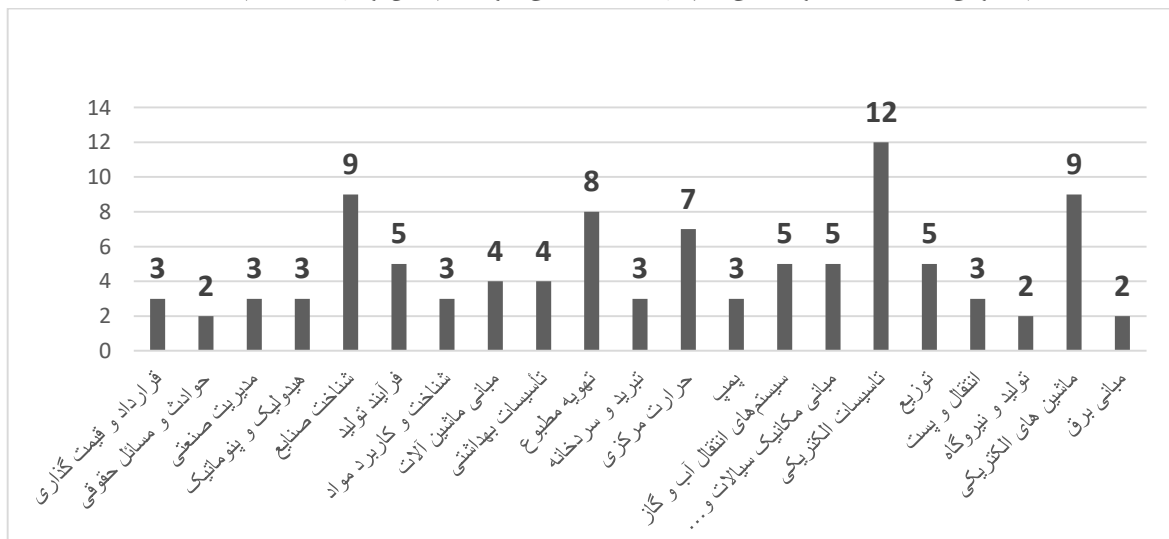
- دریافت عدم سوء پیشینه، اثبات عدم اعتیاد و ...
 - تشخیص صلاحیت اولویتهای اخلاقی توسط کمیسیون ماده ۱۳ قانون کارشناسان رسمی دادگستری.
- کارآموزی: گذراندن موفقیت آمیز دوره کارآموزی تحت نظر کارشناس راهنما به مدت حداقل یک سال بر اساس نظامنامه کارآموزی و شرکت در دوره های آموزشی، مطالعه قوانین و مقررات مربوط، و شناخت وظایف کارشناسی که کارشناس راهنما یا کانون ذیربط به کارآموز محول می کند.
- تذکر: کارآموزی از تاریخ تعیین کارشناس راهنما توسط هیئت مدیره کانون مربوط آغاز می شود و هرگونه تأخیر غیرموجه بیش از دو ماه موجب بازنگری پذیرش داوطلب خواهد شد.
- دریافت پروانه: ادای سوگند و دریافت پروانه کارشناسی با صلاحیتهای تعیین شده.
- مدت زمان اخذ پروانه: به صورت میانگین، فرایند قبولی در مرحله اول (آزمون کتبی) تا اخذ پروانه حدوداً ۳ سال طول می کشد و بعد از اخذ پروانه، فرآیند ارجاع پرونده و درآمذزایی شروع می شود.

۱ - ۱۱ سرفصلها

۱ - ۱۱ - ۱ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات

این رشته، بیشترین سرفصلها را در آزمون داشته و شامل موارد زیر است:

- برق: مبانی برق، ماشین، تولید و نیروگاه، انتقال، توزیع، تاسیسات.
- مکانیک: مبانی مکانیک سیالات، سیستم انتقال آب و گاز، پمپ، حرارت مرکزی، تبرید و سردخانه، تهویه مطبوع، تاسیسات بهداشتی.
- ماشین آلات و صنایع: شناخت تکنولوژی در صنایع، شناخت و کاربرد فرآیندهای صنعتی، سیستم های هیدرولیک و پنوماتیک، شناخت و کاربرد مواد صنعتی، مدیریت صنعتی (مهندسی صنایع).
- مفاهیم عمومی: قیمت گذاری و ارزیابی تجهیزات، کارشناسی حوادث، پیمان و قراردادهای پیمانکاری

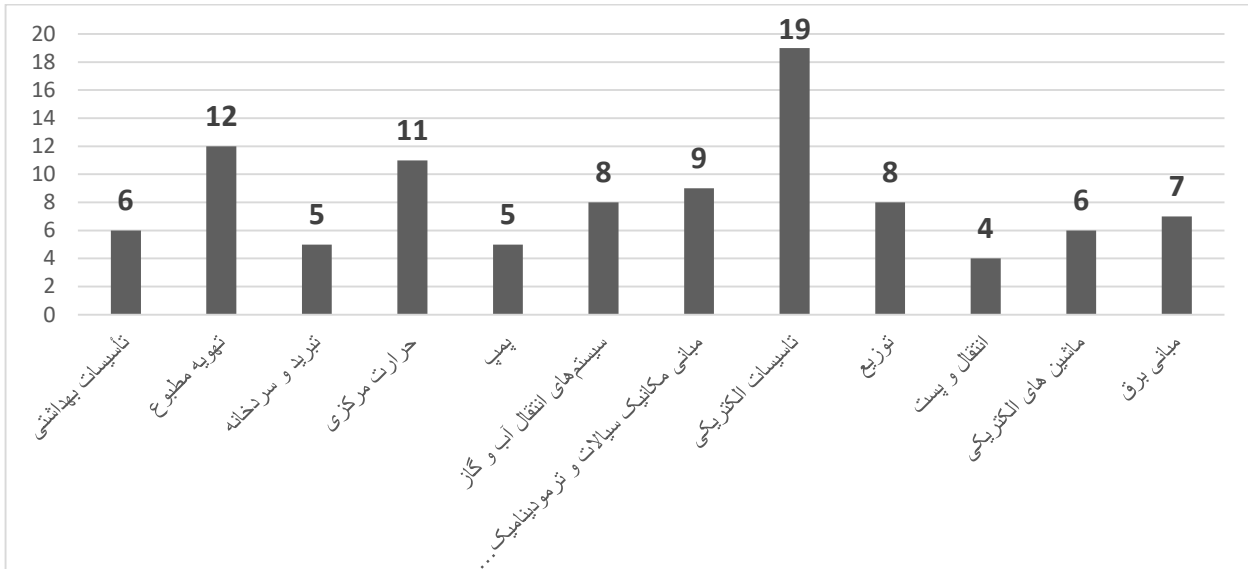


شکل ۱-۱: درصد سوالات در رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات

۱-۱۱-۲ رشته تاسیسات ساختمانی

سرفصل های این رشته عبارت است از:

- برق: مبانی برق، ماشین، تولید و نیروگاه، توزیع، تاسیسات
- مکانیک: مبانی مکانیک سیالات، سیستم انتقال آب و گاز، پمپ، حرارت مرکزی، تبرید و سردخانه، تهویه مطبوع، تاسیسات بهداشتی.

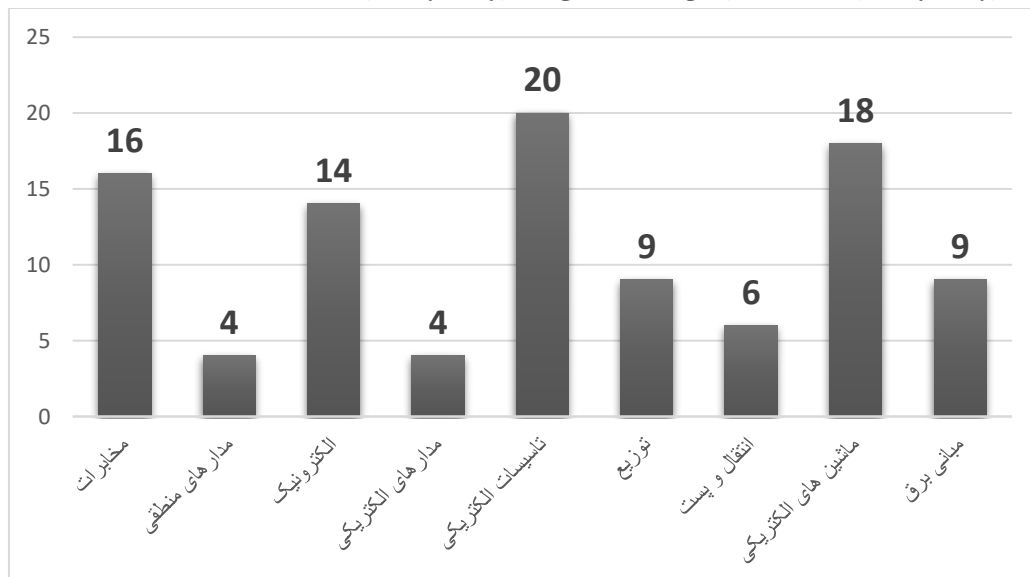


شکل ۱-۲: درصد سوالات در رشته تاسیسات ساختمانی

۱-۱۱-۳ رشته برق، الکترونیک و مخابرات

سرفصل های این رشته عبارت است از:

- برق: مبانی برق، ماشین، تولید و نیروگاه، انتقال، توزیع، تاسیسات
- الکترونیک و مخابرات: مدار الکتریکی، مدار منطقی، الکترونیک و مخابرات



شکل ۱-۳: درصد سوالات در رشته برق، الکترونیک و مخابرات

۱ - ۱۲ درآمد

فرمول محاسبه: اساساً درآمد کارشناس رسمی همان حق الزحمه ای است که قاضی یا بازپرس در زمان ارجاع پرونده اعلام می کند که بخشی از هزینه های دادرسی بوده و طرفیت دعوا (به تشخیص قاضی) ملزم به پرداخت آن هستند. پس درآمد کل یک کارشناس رسمی در یک به تعداد پرونده های ارجاع شده و هزینه کارشناسی هر کدام بستگی داشته و نمی توان عدد مشخصی برای آن تعیین کرد.

ارجاع کار: پرونده های کارشناسان رسمی از مراجع زیر ارجاع داده می شود:

- مراکز قضایی
- دادگاه ها و شورای حل اختلاف،
- مراکز انتظامی
- تأیید، تشخیص مقدماتی، تضييع حقوق، خسارت
- وزارت خانه ها، ارگان ها، شرکت ها، بانک ها و ... خصوصی و دولتی

مبلغ

تا پنجاه میلیون ریال: مقطوعاً ۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال

- از پنجاه میلیون و یک ریال تا یکصد و پنجاه میلیون ریال نسبت به مازاد: ۰/۵ درصد
- از یکصد و پنجاه میلیون و یک ریال تا دوپست و پنجاه میلیون ریال نسبت به مازاد: ۰/۴ درصد
- از دوپست و پنجاه میلیون و یک ریال تا یک میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۳ درصد
- از یک میلیارد ریال تا ده میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۱۲۵ درصد
- از ده میلیارد و یک ریال تا یکصد و پنجاه میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۶ درصد
- از یکصد و پنجاه میلیارد و یک ریال تا پانصد میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۳ درصد
- از پانصد میلیارد و یک ریال تا ششصد و پنجاه میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۲۵ درصد
- از ششصد و پنجاه میلیارد و یک ریال تا یک هزار میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۱۵ درصد
- از یک هزار میلیارد و یک ریال تا سه هزار میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۱۲ درصد
- از یکهزار میلیارد و یک ریال به بالا نسبت به مازاد: ۰/۰۱ درصد

۱ - ۱۳ نشن نکته طلایی

جزوه باز: این آزمون، برخلاف آزمون نظام مهندسی، جزوه باز نیست و داوطلب اجازه بردن هیچ جزوه یا کتابی به آزمون ندارد. دقت کنید که بسیاری از داوطلبان در آزمون نظام مهندسی با استفاده از کلیدواژه قبول می شوند که در آزمون کارشناسی رسمی چنین امکانی وجود ندارد.

چند پروانه: آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه در رشته های متنوعی برگزار می شود، هر فرد صرفاً می تواند یک پروانه کارشناسی رسمی داشته باشد. در صورتی که فرد پروانه ای داشته و مجدداً در آزمون پروانه دیگر قبول شود، باید پروانه اول خودت را عودت دهد.

محل اخذ پروانه: با توجه به اینکه قبولی در این آزمون، ارتباط مستقیمی با ظرفیت پذیرش دارد، از این رو، محل اخذ پروانه بسیار مهم بوده و فردی می تواند در یک منطقه خاص امتحان دهد که حداقل ۵ سال قبل در استان موردنظر ساکن بوده یا اینکه دوره متوسطه را در آن استان تحصیل کرده باشد.

انتقال: بعد از اخذ پروانه، امکان انتقال از یک منطقه به منطقه دیگر صرفاً در صورتی مجاز است که حداقل ۱۰ سال در شهر محل انتخابی فعالیت نماید.



ظرفیت پذیرش: آزمون کارشناسی رسمی، مانند کنکور، دارای ظرفیت پذیرش مشخص بوده که برای هر آزمون در جداول دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی درج می شود و حتما باید حین ثبت نام به این ظرفیت ها دقت شود.
ملاک زمان: در مواردی مانند سابقه کار و ... ملاک بررسی زمان، تاریخ اخذ مدرک کارشناسی است.

۱ - ۱۴ سوالات پرتکرار

چطور از اخبار آزمون مطلع شویم؟

پاسخ) با ارسال عدد ۷ به سامانه پیامکی ۹۰۰۰۲۶۱۷ می توانید رایگان اخبار و اطلاعات آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه را دریافت کنید.

حداقل و حداکثر مجاز برای شرکت در آزمون چند سال است؟

پاسخ) برای شرکت در آزمون، بازه سنی باید حداقل ۲۵ و حداکثر ۶۵ سال باشد.

آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه چه فرقی دارند؟

پاسخ) در ابتدا تنها کانون کارشناسان رسمی دادگستری اقدام به جذب کارشناس می کرد. از سال ۱۳۸۰ مرکز کارشناسان رسمی قوه قضاییه هم برای برگزاری این آزمون به موجب قانون صالح شناخته شد. درست است که این آزمون ها توسط دو نهاد مجزا برگزار می شود اما ماهیت کار این کارشناسان به یک صورت می باشد. از نظر حقوق و مزایا هیچ تفاوتی با یکدیگر ندارند و عنوان پروانه ای (پروانه کارشناس رسمی دادگستری) که نهایتا برای آن ها صادر می شود یکسان است.

کارشناسی رسمی ماده ۲۷ چیست؟

پاسخ) جهت ارجاع امور کارشناسی به مهندسان دارای پروانه اشتغال به جای کارشناسان رسمی دادگستری از سوی نهادهای، رعایت آیین نامه خاصی الزامی شمرده شده است. این آیین نامه ای خاص در قالب "آیین نامه اجرایی ماده ۲۷ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان" در خرداد ماه ۱۳۷۹ تصویب و ابلاغ شد. این آزمون توسط سازمان نظام مهندسی ساختمان برای مهندسان دارای پایه ۱ برگزار می شود.

سابقه کار در این آزمون به چه معناست؟

پاسخ) برای شرکت در آزمون کارشناسی رسمی، نیاز به گواهی سابقه کار مرتبط با رشته مورد نظر در آزمون است اما نیاز به داشتن بیمه و سایر مدارک نبوده و صرف یک گواهی کفایت می کند.

آزمون جزوه باز است یا بسته؟

پاسخ) آزمون کارشناسی رسمی، جزوه بسته است.

آزمون نمره منفی دارد؟

پاسخ) بله، مانند کنکور و آزمون نظام مهندسی، هر سه پاسخ غلط یک پاسخ درست را حذف می کند.

نحوه تعیین افراد بومی چگونه است؟

پاسخ) داوطلب حداقل ۵ سال قبل در استان موردنظر ساکن بوده یا اینکه دوره متوسطه را در آن استان تحصیل کرده باشد.

چطور در آزمون ثبت نام کنیم؟

پاسخ) ثبت نام آزمون کتبی از طریق سایت سازمان سنجش و سایر مراحل قبولی از طریق سایت مرکز وکلا، کارشناسان رسمی و مشاوران خانواده قوه قضاییه انجام می شود.

حد نصاب قبولی چطور محاسبه می شود؟

پاسخ) تا سال ۱۴۰۱، مینا حداقل نمره ۶۰ درصد بوده اما به نظر می رسد طبق قانون جدید، از سال ۱۴۰۲ داوطلبانی که حداقل هفتاد درصد (۷۰٪) امتیاز میانگین نمرات یک درصد (۱٪) حائزان بالا ترین امتیاز در هر رشته را کسب کنند، به عنوان پذیرفته آزمون کتبی لحاظ خواهند شد.

مصاحبه آزمون به چه صورت است؟

پاسخ) بعد از قبولی در آزمون کتبی، دو مرحله آزمون شفاهی و مصاحبه برگزار می شود که شامل مصاحبه های تخصصی و عقیدتی - سیاسی است.

برای شرکت در آزمون باید پایان خدمت داشت؟

پاسخ) بله، برای آقایان داشتن پایان خدمت یا معافیت دائم اجباری است.

آیا می توان در چند رشته پروانه کارشناسی رسمی داشت؟

پاسخ) خیر، هر فرد صرفاً می تواند در یک رشته پروانه کارشناسی رسمی داشته باشد، در صورتیکه در رشته دیگری پذیرفته شد با پروانه اول را عودت دهد.

بهترین رشته برای شرکت در آزمون چه رشته ایست؟

پاسخ) معیارهای مختلفی برای تعیین بهترین رشته وجود دارد از جمله رشته های مجاز، منابع و سرفصل ها، ظرفیت جذب و

...

منابع آزمون چی هست؟

پاسخ) منابع متناسب با رشته متفاوت بوده و به صورت قطعی و رسمی اعلام نمی شود.

آیا داشتن پروانه کارشناسی رسمی شغل محسوب می شود؟

پاسخ) خیر، شغل نبوده و بیمه رد نمی شود و فرد می تواند در کنار شغل اصلی خودش، این پروانه را نیز داشته باشد.

ظرفیت پذیرش در این آزمون چطور است؟

پاسخ) تا سال ۱۴۰۰، برای هر رشته ظرفیت مشخص در دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی اعلام می شد اما طبق قانون تهسیل صدور مجوزهای کسب و کار، قرار است این محدودیت ظرفیت حذف شود.

داشتن پروانه نظام مهندسی بهتر است یا کارشناسی رسمی؟

پاسخ) هر کدام دارای مزایا و معایبی از دید سرفصل، منابع، سطح سختی، رشته های مجاز، ظرفیت پذیرش، مراحل آزمون، صلاحیت ها و درآمد است.

زمان برگزاری آزمون کی هست؟

پاسخ) آزمون باید هر سال برگزار شود، در صورتیکه یک سال برگزار نشد، سال بعد باید دو بار برگزار شود. با عضویت در سامانه پیامکی (ارسال عدد ۷ به ۹۰۰۰۲۶۱۷) می توانید اخبار ثبت نامی و برگزاری را رایگان دریافت کنید.

امکان تغییر رشته وجود دارد؟

پاسخ) خیر و تمام!

نحوه دریافت پروانه توسط اعضای هیات علمی دانشگاه چگونه است؟

پاسخ) اعضای هیات علمی دارای مدرک دکترا در رشته مرتبط و حداقل سابقه تدریس در همان رشته کارشناسی رسمی، از آزمون های کتبی و شفاهی (مصاحبه) معاف بوده و صرفاً با گذراندن دوره می توانند، پروانه کارشناسی رسمی خود را دریافت کنند.

آیا برای سهمیه هم در آزمون کارشناسی رسمی وجود دارد؟

پاسخ) شرایط سهمیه در آزمون در دفترچه راهنما قید می شود اما حدوداً ۳۰ درصد ظرفیت قبولی مربوط به ایثارگرانی است که حداقل ۷۰ درصد نمره آخرین پذیرفته شده را کسب نموده اند.

مفاهیم برق

در این فصل می خوانیم:

- ✓ آشنایی با الکتریسیته
- ✓ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی
- ✓ عناصر ذخیره کننده انرژی
- ✓ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)
- ✓ شبکه های سه فاز
- ✓ پریونت کردن کمیت ها

۲-۱ آشنایی با الکتربسیته

کوچک‌ترین جزء تشکیل‌دهنده‌ی یک ماده «اتم» نام دارد. ساختار اتم در هر ماده شامل دو قسمت هسته و مدارهای الکترونی است. هسته‌ی هر اتم نیز شامل دو ذره‌ی کوچک به نام‌های پروتون (دارای بار الکتریکی مثبت) و نوترون (خنثی از نظر الکتریکی) است. همچنین مدارهای الکترونی مدارهایی هستند که دور هسته قرار داشته و ذراتی به نام الکترون (دارای بار الکتریکی منفی) بر روی آن‌ها در حال چرخش به دور هسته هستند. تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر اتم در شرایط عادی (خنثی) با هم برابر است.

پرسش ۱-۲) نوع بار الکترون - پروتون - نوترون به ترتیب کدامند؟ (ق.ب-۸۰ «۶»)

الف) مثبت، منفی، منفی (ب) مثبت، منفی، خنثی (ج) منفی، مثبت، خنثی (د) منفی، مثبت، منفی
پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، الکترون دارای بار منفی، پروتون دارای بار مثبت و نوترون خنثی است. گزینه ج صحیح است.

۲-۲ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی

۲-۲-۱ جریان الکتریکی

به حرکت الکترون‌ها از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر که معمولاً منجر به انجام کار می‌شود، جریان الکتریکی می‌گویند. شدت جریان الکتریکی را با حرف I نشان داده و به صورت مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده (بر حسب کولن) در واحد زمان (بر حسب ثانیه) تعریف می‌شود. این تعریف را می‌توان به صورت رابطه‌ی زیر بیان کرد:

$$I = \frac{q}{t} \quad (۲-۱)$$

یکای مربوط به شدت جریان الکتریکی آمپر بوده و آن را با علامت A نشان می‌دهند.

نکته ۱-۲) علی‌رغم اینکه جریان الکتریکی ناشی از حرکت الکترون‌ها است، جهت آن را طبق قرارداد خلاف جهت حرکت الکترون‌ها (یعنی از پتانسیل مثبت به پتانسیل منفی) در نظر می‌گیرند.

پرسش ۲-۲) کدام رابطه در مورد جریان الکتریکی صحیح است؟ (ق.ب-۸۰ «۲۳»)

الف) $I = U \cdot R$ (ب) $I = q \times t$ (ج) $I = \frac{q}{t}$ (د) $I = \frac{t}{q}$

پاسخ) مقدار بار الکتریکی عبوری (q) در واحد زمان (t) را جریان الکتریکی می‌نامند. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۳-۲) کدام عبارت در مورد شدت جریان الکتریکی صحیح است؟ (ق.ب-۸۰ «۴۸»)

الف) بارهای ذخیره شده در یک هادی است و واحد آن آمپر است.
 ب) الکترون‌های عبوری در یک هادی و واحد آن کولن می‌باشد.
 ج) مقدار بار الکتریکی عبوری در یک ثانیه و واحد آن آمپر است.
 د) اختلاف بارهای الکتریکی دو سر یک هادی و واحد آن آمپر است.
پاسخ) طبق توضیحات بالا، شدت جریان الکتریکی برابر با مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده (بر حسب کولن) در واحد زمان (بر حسب ثانیه) بوده و واحد آن آمپر است. گزینه ج صحیح است.

یکی از پارامترهای مهم در رابطه با جریان الکتریکی، «چگالی»، «تراکم» یا «تکاثف» جریان است. طبق تعریف، مقدار شدت جریان الکتریکی (بر حسب آمپر) که از واحد سطح مقطع مشخص (بر حسب مترمربع) می‌تواند عبور کند را چگالی جریان نامیده و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$j = \frac{I}{A} \quad (۲-۲)$$

نکته ۲-۲) از چگالی جریان در تعیین حداکثر جریان قابل تحمل در سیم‌ها و کابل‌ها استفاده می‌شود.



پرسش ۴-۲) تکائف جریان عبارتست از (ق.ت-۸۶ «۳۹»)

- الف) نسبت مقاومت به سطح مقطع
 ب) نسبت جریان به سطح مقطع
 ج) نسبت آمپر به سطح مقطع
 د) نسبت ولتاژ به آمپر
- پاسخ)** تکائف، همان چگالی است. طبق تعریف چگالی جریان، برابر مقدار جریان عبوری (I) در واحد سطح (A) می‌باشد. گزینه ب صحیح است.

۲-۲-۱ اندازه‌گیری جریان الکتریکی

برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی در مدار، از وسیله‌ای به نام آمپر متر که علامت اختصاری آن A است، استفاده می‌شود. آمپر متر دارای مقاومت داخلی بسیار کوچکی بوده و با توجه به اینکه به صورت سری در مدار قرار داده می‌شود، تاثیری بر روی عملکرد مدار ندارد.

۲-۲-۲ ولتاژ الکتریکی

نیروی که با جابه‌جا کردن الکترون‌ها از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر، باعث به وجود آمدن جریان الکتریکی در مدار می‌شود، ولتاژ، نیروی محرکه الکتریکی، پتانسیل الکتریکی یا EMF نامیده می‌شود. روش‌های مختلفی برای تولید نیروی محرکه الکتریکی وجود دارند که در اینجا به اختصار با آن‌ها آشنا می‌شویم.

۲-۲-۱ روش‌های تولید نیروی محرکه الکتریکی

الف) اصطکاک یا مالش: در این روش با مالش دو جسم به هم (به عنوان مثال پارچه ابریشمی و میله فلزی)، الکتریسیته ایجاد می‌شود که به آن الکتریسیته ساکن می‌گویند.

ب) فعل و انفعالات شیمیایی: در این روش از واکنش‌های شیمیایی برخی فلزات در محیط شیمیایی استفاده می‌شود. باتری یکی از منابع ایجاد ولتاژ الکتریکی بوده که از این نوع واکنش‌ها برای به حرکت در آوردن الکترون‌ها و ایجاد جریان الکتریکی استفاده می‌کنند. به این فعل و انفعالات شیمیایی، فرآیندهای الکتروشیمی نیز گفته می‌شود.

پرسش ۵-۲) باتری‌های الکتریکی بر کدام اساس تولید الکتریسته، کار می‌کنند؟ (ق.ب-۸۰ «۷»)

- الف) مغناطیسی
 ب) شیمیایی
 ج) پیزو الکتریک
 د) فتوالکتریک
- پاسخ)** باتری‌ها بر اساس واکنش شیمیایی انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. گزینه ب صحیح است.

ج) فشار مکانیکی: در برخی اجسام با استفاده از ایجاد فشار، می‌توان باعث تجمع بارهای مثبت در یک سمت و بارهای منفی در سمت دیگر شد. این پدیده که از آن با نام «پیزوالکتریک» نیز یاد می‌شود، باعث ایجاد ولتاژ شده و چنانچه مسیر حرکت الکترون‌ها مهیا باشد، جریان الکتریکی بوجود می‌آید مانند میکروفن‌ها.

پرسش ۶-۲) اثر فشاری برای تولید الکتریسته چه نامیده می‌شود؟ (ق.ب-۹۶ «۶۰»)

- الف) پیزوالکتریک
 ب) فتوالکتریک
 ج) فتوولتاتیک
 د) ترموالکتریک

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا تولید الکتریسته با استفاده از اثر فشار را پیزوالکتریک می‌گویند. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۷-۲) کدام پدیده امکان تبدیل مستقیم انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی را فراهم می‌کنند. (ق.ب-۸۸ «۲۹»)

- الف) فتوالکتریک
 ب) پیزوالکتریک
 ج) ترموالکتریک
 د) موارد الف و ب

پاسخ) با استفاده از پدیده پیزوالکتریک، انرژی مکانیکی ناشی از فشار مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۸-۲) در میکروفون‌های کریستالی از کدام خاصیت تولید الکتریسته استفاده شده است؟ (ق.ب-۸۰ «۳۷»)

- الف) مغناطیسی
 ب) مالش
 ج) نور
 د) فشار

پاسخ) در میکروفون‌های کریستالی، بر اساس خاصیت پیزوالکتریک و در اثر برخورد امواج صوتی به دیافراگم و ایجاد فشار بر روی کریستال، ولتاژ و جریان الکتریکی تولید می‌شود. گزینه د صحیح است.

د) حرارت: در این روش با حرارت دادن به محل اتصال دو فلز غیریکسان، الکترون‌ها از مدارهای الکترونی آزاد شده و موجب ایجاد ولتاژ در دو سر فلزها می‌شوند. این پدیده را «ترموالکترونیک» نامیده و مجموعه‌ی دو فلز را «ترموکوپل» می‌نامند. با اتصال چندین ترموکوپل به هم، می‌توان یک «ترموپیل» (باتری حرارتی) بوجود آورد.

ه) نور: یکی دیگر از روش‌های تولید نیروی محرکه الکتریکی، استفاده از انرژی موجود در نور می‌باشد. در این روش که مبنای عملکرد سلول‌های فتوولتائیک نیز می‌باشد، انرژی نور تابیده شده، باعث جابه‌جایی الکترون‌ها از یک صفحه به صفحه‌ای دیگر و ایجاد ولتاژ الکتریکی می‌شود.

و) مغناطیس: از جمله روش‌های دیگری که می‌توان با استفاده از آن تولید انرژی الکتریکی کرد، استفاده از نیروی مغناطیسی می‌باشد. این روش که مبنای عملکرد ماشین‌های الکتریکی است، «الکتروسیسته مغناطیسی» نامیده می‌شود.

۲ - ۲ - ۲ - ۲ اندازه‌گیری نیروی محرکه (ولتاژ) الکتریکی

برای اندازه‌گیری ولتاژ از وسیله‌ای به نام ولت‌متر استفاده می‌شود. این وسیله اختلاف پتانسیل بین دو نقطه را اندازه‌گیری می‌کند. ولت‌مترها دارای مقاومت داخلی بسیار بزرگی بوده و با توجه به اینکه به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرند، تأثیر بسیار ناچیزی روی عملکرد مدار دارند.

پرسش ۹-۲) با گذاشتن ولت‌متر در یک مدار مقاومت کل مدار: (ق.ب-۸۰ «۲۴»)

الف) به میزان خیلی زیاد بالا می‌آید. ب) به میزان خیلی کم پایین می‌آید.

ج) به میزان خیلی کم افزایش می‌یابد. د) هیچ تغییری نمی‌کند.

پاسخ) مقاومت مدار مورد اندازه‌گیری با ولت‌متر با مقاومت بسیار بزرگی (مقاومت داخلی ولت‌متر) موازی شده و عملاً مقدار مقاومت کل، به میزان بسیار ناچیزی کاهش می‌یابد. گزینه ب صحیح است.

۲ - ۲ - ۳ مقاومت الکتریکی

به مقاومت یک جسم در برابر عبور جریان الکتریکی، «مقاومت الکتریکی» می‌گویند. مقاومت الکتریکی گاهی باعث بروز تلفات و از دست رفتن انرژی شده و گاهی نیز، به صورت یک لامپ موجب ایجاد روشنی و گرما می‌شود. واحد اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اهم (Ω) بوده و مقدار آن از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (۲-۳)$$

در این رابطه، ρ مقاومت ویژه جسم بوده و به جنس ماده وابسته است، L طول برحسب متر و A سطح مقطع برحسب مترمربع می‌باشد. همانطور که مشخص است مقدار مقاومت الکتریکی یک جسم، با طول آن رابطه مستقیم و با سطح مقطع آن رابطه معکوس دارد.

پرسش ۱۰-۲) اگر طول سیم مفتول مسی را سه برابر و قطر آن را یک سوم برابر کنید، مقاومت آن چند برابر می‌شود؟ (د.ل-۸۸ «۷»)

الف) ۳ ب) ۹ ج) ۱۸ د) ۲۷

پاسخ) طبق رابطه‌ی فوق، برای دو سیم از یک جنس (ρ یکسان) داریم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1} \frac{A_1}{A_2}$$

همچنین می‌دانیم که قطر سیم از رابطه روبرو بدست می‌آید:

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

در نتیجه چون سطح مقطع سیم با مجذور شعاع و قطر ارتباط مستقیم دارد:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1} \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = 3 \times 3^2 = 27$$

گزینه د صحیح است.

پرسش ۱۱-۲) کدام‌یک از شبکه‌های ذیل از نظر الکتریکی معادل شبکه مقابل هستند؟ (ق.ل-۹۶ «۵۲»)

$A_1 = 15 \cdot \text{mm}^2$	$A_2 = 5 \cdot \text{mm}^2$	$A_3 = 25 \cdot \text{mm}^2$
$L_1 = 30 \cdot \text{m} \downarrow$	$L_2 = 40 \cdot \text{m} \downarrow$	$L_3 = 20 \cdot \text{m} \downarrow$

$$\begin{array}{l} \frac{A_1 = 150 \text{ mm}^2}{L_1 = 30 \text{ m} \downarrow} \quad \frac{A_2 = 150 \text{ mm}^2}{L_2 = 120 \text{ m} \downarrow} \quad \frac{A_3 = 150 \text{ mm}^2}{L_3 = 120 \text{ m} \downarrow} \quad \text{(ب)} \quad \frac{A_1 = 150 \text{ mm}^2}{L_1 = 30 \text{ m} \downarrow} \quad \frac{A_2 = 50 \text{ mm}^2}{L_2 = 20 \text{ m} \downarrow} \quad \frac{A_3 = 50 \text{ mm}^2}{L_3 = 40 \text{ m} \downarrow} \quad \text{(الف)} \\ \frac{A_1 = 150 \text{ mm}^2}{L_1 = 30 \text{ m} \downarrow} \quad \frac{A_2 = 100 \text{ mm}^2}{L_2 = 80 \text{ m} \downarrow} \quad \frac{A_3 = 150 \text{ mm}^2}{L_3 = 20 \text{ m} \downarrow} \quad \text{(د)} \quad \frac{A_1 = 150 \text{ mm}^2}{L_1 = 30 \text{ m} \downarrow} \quad \frac{A_2 = 40 \text{ mm}^2}{L_2 = 50 \text{ m} \downarrow} \quad \frac{A_3 = 20 \text{ mm}^2}{L_3 = 25 \text{ m} \downarrow} \quad \text{(ج)} \end{array}$$

پاسخ در تصویر فوق، شبکه‌ای شعاعی نمایش داده شده است و بارها در آن به صورت فلش نمایش داده شده‌اند. در این حالت شبکه‌هایی با هم یکسان هستند که مقاومت خطوط در آن‌ها با هم برابر باشد، پس در قسمت‌های مختلف باید حاصل تقسیم طول بر سطح مقطع یکسان باشد، بنابراین گزینه ب صحیح است.

پرسش ۱۲-۲) مقاومت الکتریکی یک سیم به کدام یک از عوامل زیر بستگی ندارد؟ (ق.ب-۸۰ «۴۹»)

الف) جنس سیم ب) طول سیم ج) سطح مقطع سیم د) عایق دور سیم
پاسخ طبق رابطه‌ی بالا، مقدار مقاومت هادی به جنس، طول و سطح مقطع آن وابسته است. گزینه د صحیح است.

هدایت الکتریکی پارامتر دیگری است که از معکوس کردن مقاومت الکتریکی بدست می‌آید. این پارامتر را با حرف G نمایش داده و واحد آن mho (مهو) یا زیمنس می‌باشد.

$$G = \frac{1}{R} \quad (۲-۴)$$

پرسش ۱۳-۲) واحد هدایت الکتریکی چیست؟ (ق.ت-۸۶ «۳۸»)

الف) وات ب) اهم ج) زیمنس د) ولت
پاسخ با توجه به توضیحات بالا، گزینه ج صحیح است.

۲ - ۲ - ۱ انواع مقاومت‌های الکتریکی

مقاومت‌های الکتریکی شامل دو نوع ثابت و متغیر می‌باشند. در ادامه هر یک از انواع این مقاومت‌ها تشریح می‌شوند.
الف) مقاومت‌های ثابت: این نوع مقاومت‌ها دارای مقدار ثابت بوده و این مقدار در شرایط فیزیکی مختلف یا با اعمال تنظیمات دستی، دچار تغییر نمی‌شود. مقادیر این مقاومت‌ها را با روش‌های زیر بر روی آن‌ها مشخص می‌کنند.
الف-۱) استفاده از حروف اختصاری: در این روش مقدار مقاومت به همراه تیرانس آن بر روی بدنه نوشته شده یا از حروف اختصاری برای مشخص کردن مقدار تیرانس استفاده می‌شود. در این روش اگر مقدار مقاومت یک عدد صحیح باشد، آن عدد به همراه یکی از حروف M، K یا R بر روی مقاومت درج می‌شود (جدول ۲-۱). اما چنانچه مقدار مقاومت یک عدد اعشاری باشد، کلمات مذکور به جای ممیز آن عدد، بر روی بدنه نوشته می‌شوند. همچنین در این روش حرف اختصاری دوم به منظور تعیین مقدار تیرانس روی بدنه نوشته می‌شود.

جدول (۱-۲) حروف تعیین ضریب مقدار در مقاومت‌ها

حرف اختصاری اول	معنا
M	مگا اهم
K	کیلو اهم
R	اهم

جدول (۲-۲) حروف اختصاری تیرانس مقاومت‌ها

حرف اختصاری اول	معنا
J	±۵٪
K	±۱۰٪
M	±۲۰٪

پرسش ۱۴-۲) بر روی یک مقاومت (R۲۷J) نوشته شده است. مشخصات این مقاومت عبارتست از: (ق.ب-۸۰ «۹»)

الف) 27Ω با تolerانس $\pm 5\%$ ب) $27 k\Omega$ با تolerانس $\pm 10\%$

ج) 27Ω با تolerانس $\pm 5\%$ د) $27 k\Omega$ با تolerانس $\pm 10\%$

پاسخ) حرف اول، R یعنی اهم و حرف دوم J به معنای تolerانس ۵ درصد است. در محل حرف R یک ممیز می‌زنیم و به صورت $27/0$ در می‌آید. پس مقدار مقاومت $27/0$ اهم با تolerانس $\pm 5\%$ است. گزینه ج صحیح است.

الف-۲) استفاده از نوارهای رنگی (۴ نوار) در این روش برای تعیین مقدار اهم و تolerانس مقاومت از چهار حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت‌ها استفاده می‌شود. در این روش حلقه‌های رنگی اول و دوم معرف ارقام اول و دوم مقدار مقاومت، حلقه سوم نشان‌دهنده ضریب مقدار و حلقه چهارم بیان‌کننده تolerانس مقاومت است.

جدول (۳-۲) تعیین مقدار مقاومت‌ها با استفاده از نوارهای رنگی

رنگ نوار	رقم اول	رقم دوم	ضریب	درصد خطا
سیاه	۰	۰	۱۰ ^۰	-
قهوه‌ای	۱	۱	۱۰ ^۱	۱٪
قرمز	۲	۲	۱۰ ^۲	۲٪
نارنجی	۳	۳	۱۰ ^۳	-
زرد	۴	۴	۱۰ ^۴	-
سبز	۵	۵	۱۰ ^۵	-
آبی	۶	۶	۱۰ ^۶	-
بنفش	۷	۷	۱۰ ^۷	-
خاکستری	۸	۸	۱۰ ^۸	-
سفید	۹	۹	۱۰ ^۹	-
طلاتی	-	-	۱۰ ^{-۱}	۵٪
نقره‌ای	-	-	۱۰ ^{-۲}	۱۰٪
بی‌رنگ	-	-	-	۲۰٪

به عنوان مثال، رنگ‌ها به ترتیب زرد، بنفش قرمز و طلایی باشد، مقاومت آن $4/7$ کیلو اهم با تolerانس ۵ درصد است.

الف-۳) استفاده از نوارهای رنگی (۵ نوار) در این روش برای تعیین مقدار اهم و تolerانس مقاومت از پنج حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت‌ها استفاده می‌شود. در این روش سه نوار اول، دوم و سوم نشان‌دهنده ارقام اول، دوم و سوم مقدار مقاومت، نوار چهارم معرف ضریب مقدار و حلقه پنجم تعیین‌کننده میزان تolerانس مقاومت است. اعداد مشابه حالت ۴ نوار است.

نکته ۳-۲) در صورتی که حلقه رنگی مربوط به تolerانس وجود نداشته باشد (بی‌رنگ باشد) مقدار تolerانس ۲۰٪ است.

ب) مقاومت‌های متغیر با توجه به عوامل فیزیکی: مقدار این نوع مقاومت‌ها با توجه به عوامل فیزیکی زیر تغییر می‌کند:
 ب-۱) مقاومت‌های متغیر وابسته به دما: مقدار مقاومت در این نوع از مقاومت‌ها که آن‌ها را «ترمیستور» نیز می‌نامند، تابعی از دما می‌باشد. مقاومت‌های وابسته به دما به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

• NTC: در این نوع مقاومت‌ها، با افزایش دما مقدار مقاومت کاهش می‌یابد (ضریب α منفی است).

• PTC: در این نوع مقاومت‌ها، با افزایش دما مقدار مقاومت افزایش می‌یابد (ضریب α مثبت است).

مقاومت های R_1 و R_2 به ترتیب مقاومت‌های اندازه‌گیری شده در دمای t_1 و t_2 هستند. بنابراین می‌توانیم معادله زیر را بنویسیم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_0 + t_1}{t_0 + t_2} \quad (۲-۵)$$

از معادله قبل می‌توان مقاومت هر ماده‌ای را در دماهای مختلف محاسبه کرد. فرض کنید مقاومت یک فلز را در t_1 اندازه‌گیری کرده ایم و آن R_1 است. اگر دمای مقاومت صفر یعنی t_0 آن فلز خاص را بدانیم، به راحتی می‌توانیم هر مقاومت مجهول R_2 را در دمای t_2 از معادله بالا محاسبه کنیم.

پرسش ۱۵-۲) مقاومت PTC چگونه مقاومتی است؟ (ق.ب-۸۰ «ع۰»)

الف) مقاومت وابسته به نور است. ب) مقاومت وابسته به حرارت است.

ج) مقاومت وابسته به فشار است. د) مقاومت قابل تنظیم است.

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، PTC ها یکی از انواع مقاومت‌های وابسته به حرارت یا دما هستند. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۱۶-۲) ترمیستورهای NTC و PTC چگونه مقاومت‌هایی هستند؟ (د.ل-۷۲ «۱۲» تشریحی)

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، این مقاومت‌ها از نوع مقاومت‌های وابسته به دما بوده که مقدار مقاومت PTC با افزایش دما، افزایش یافته و مقدار مقاومت NTC با افزایش دما، کاهش می‌یابد.

ب-۲) مقاومت‌های متغیر وابسته به نور: در این نوع مقاومت‌ها که «فتو رزیستور» یا LDR نیز نامیده می‌شوند، مقدار مقاومت با افزایش شدت نور، کاهش می‌یابد.

ب-۳) مقاومت‌های متغیر وابسته به ولتاژ: این نوع از مقاومت‌ها «واریستور» یا VDR نام داشته و مقدار مقاومت با افزایش ولتاژ اعمال شده، کاهش می‌یابد.

۲-۲-۴ قانون اهم

قانون اهم، قانونی است تجربی که رابطه‌ی میان ولتاژ و جریان در یک مقاومت الکتریکی را به صورت زیر بیان می‌کند:

$$V = RI \quad (۲-۶)$$

V اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت (برحسب ولت)، R مقدار مقاومت (برحسب اهم) و I مقدار جریان عبوری از مقاومت (برحسب آمپر) می‌باشد.

پرسش ۱۷-۲) رابطه بین ولتاژ، مقاومت و جریان در یک مدار (قانون اهم) عبارتست از: (ق.ت-۸۶ «۳۷»)

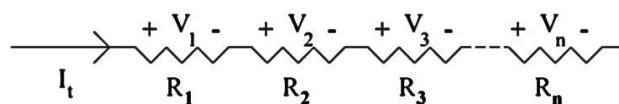
الف) $R = EI$ ب) $I = RE$ ج) $E = RI$ د) همه موارد

پاسخ) با توجه به قانون اهم، مقدار ولتاژ در یک مقاومت برابر است با حاصل ضرب مقدار مقاومت در جریان گذرنده از آن. گزینه ج صحیح است.

۲-۲-۵ اتصال المان‌ها

۲-۲-۵-۱ اتصال سری

اتصال سری از اتصال چند المان به صورت پشت سرهم حاصل می‌شود. همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، مقدار جریان الکتریکی در المان‌های سری با هم برابر بوده و ولتاژ مجموع، از حاصل جمع ولتاژ تک تک المان‌ها بدست می‌آید.



شکل (۱-۲) مقاومت‌های سری

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (۲-۷)$$

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots \quad (۲-۸)$$

۲-۲-۵-۲ مقاومت معادل در مدار سری

با توجه به وضعیت ولتاژها و جریان‌ها در اتصال سری چند مقاومت، مقدار مقاومت معادل با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

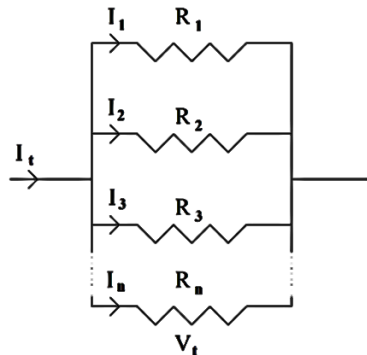
$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (۲-۹)$$

پرسش ۱۸-۲) در یک مدار سری متشکل از سه مقاومت، کدام یک از روابط زیر صحیح است؟ (ق.ت-۸۶ «ع۰»)

الف) $I = I_1 + I_2 + I_3$ ب) $V = V_1 = V_2 = V_3$ ج) $V = V_1 + V_2 + V_3$ د) همه موارد
 پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، مقدار جریان الکتریکی در المان‌های سری با هم برابر بوده و ولتاژ مجموع، از حاصل جمع ولتاژ تک‌تک المان‌ها بدست می‌آید. گزینه ج صحیح است.

۲-۲-۵-۳ اتصال موازی

اتصال موازی از اتصال چند المان به صورتی که هر دو سر آن‌ها به هم متصل باشد، حاصل می‌شود. همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، مقدار ولتاژ الکتریکی در المان‌های موازی با هم برابر بوده و جریان مجموع، از حاصل جمع جریان تک‌تک المان‌ها بدست می‌آید.



شکل (۲-۲) اتصال موازی

$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$ (۲-۱۰)

$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ (۲-۱۱)

۲-۲-۵-۴ مقاومت معادل در مدار موازی

با توجه به وضعیت ولتاژها و جریان‌ها در اتصال موازی چند مقاومت، مقدار مقاومت معادل با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ (۲-۱۲)

نکته (۲-۴) برای دو مقاومت موازی، رابطه‌ی بالا به صورت زیر ساده می‌شود:

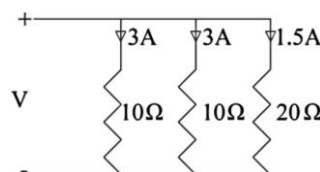
$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ (۲-۱۳)

نکته (۲-۵) اگر n عدد مقاومت یکسان با مقدار R با هم موازی شوند، مقدار مقاومت کل برابر است با:

$R_t = \frac{R}{n}$ (۲-۱۴)

پرسش (۲-۱۹) در شکل زیر ولتاژ کل برابر است با: (ق.ت-۸۶ «۳۶»)

الف) ۶ ولت ب) ۳۰ ولت ج) ۱۵ ولت د) ۱۲ ولت



پاسخ) با توجه به اینکه مقاومت‌ها موازی هستند، ولتاژ آن‌ها برابر است. یعنی داریم:

$V_t = 20 \times 1.5 = 10 \times 3 = 6 \times 5 = 30v$

گزینه ب صحیح است.



۲-۲-۶ کار و توان الکتریکی

۲-۲-۶-۱ کار الکتریکی

مقدار انرژی منتقل شده از طریق نیرو در یک جابه‌جایی را کار می‌گویند. شاید استفاده از این تعریف در علم مکانیک مناسب‌تر باشد، اما با نگاهی به فرآیند کار الکتریکی، درمی‌یابیم که اصطلاح کار در این مبحث نیز تعریفی مشابه دارد. در واقع هنگامی که یک بار الکتریکی تحت نیروی محرکه (ولتاژ) الکتریکی قرار می‌گیرد، تغییر مکان (جریان) داده و بدین ترتیب کار انجام می‌شود. کار الکتریکی یک کمیت اسکالر با واحد ولت‌آمپرثانیه (وات‌ثانیه) یا ژول بوده و با استفاده از روابط زیر بدست می‌آید:

$$W = VI t = RI^2 t = \frac{V^2}{R} t \quad (2-15)$$

در رابطه بالا، t مدت زمان (برحسب ثانیه) انجام کار می‌باشد. البته لازم به ذکر است که وات‌ثانیه یا ژول واحد بسیار کوچکی بوده و معمولاً واحد کار به صورت وات‌ساعت (Wh) یا کیلووات‌ساعت (kWh) بیان می‌شود.

پرسش ۲-۲۰ یک اجاق گاز برقی که با ولتاژ ۲۲۰ ولت و جریان ۵ آمپر کار می‌کند، به مدت ۲ ساعت روشن بوده است. در این صورت کار الکتریکی انجام شده بوسیله اجاق برقی چند کیلووات‌ساعت است؟ (ق.ب-۸۸ «۵»)

الف) ۲/۲ (ب) ۲ (ج) ۲۲۰۰ (د) ۲۲۰

پاسخ براساس رابطه‌ی کار الکتریکی داریم:

$$W = VI t = 220 \times 5 \times 2 = 2200 \text{ Wh} = 2.2 \text{ kWh}$$

گزینه الف صحیح است.

نکته ۲-۶ یکی دیگر از واحدهای اندازه‌گیری کار، کالری است. از این واحد جهت بیان گرمای تولیدشده در یک سیم نیز استفاده می‌کنند و اگر جریانی برابر با یک آمپر در مدت زمان یک ثانیه از سیمی به مقاومت یک اهم عبور کند، حرارتی برابر یک کالری در اطراف سیم به وجود می‌آید. رابطه‌ی زیر جهت تبدیل واحدهای وات‌ساعت و کالری استفاده می‌شود.

$$1 \text{ cal} = 1.163 \times 10^{-3} \text{ Wh} \quad (2-16)$$

پرسش ۲-۲۱ اگر جریان ۱ آمپر که به مدت ۱ ثانیه از مقاومت ۱ اهم عبور کند، گرمایی برابر ۰/۲۳۹ کالری تولید نماید؛ آن‌گاه با دو برابر شدن جریان، گرمای تولید شده بر حسب کالری برابر خواهد شد با: (ق.ب-۸۴ «۶»)

الف) ۱/۴۳۴ (ب) ۰/۹۵۶ (ج) ۱/۹۷ (د) ۴۷/۷

پاسخ براساس رابطه‌ی کار الکتریکی داریم:

$$W = RI^2 t \rightarrow \frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{I_2}{I_1} \right)^2 \rightarrow \frac{W_2}{0.239} = \left(\frac{2I_1}{I_1} \right)^2 = 4 \rightarrow W_2 = 4 \times 0.239 = 0.956 \text{ J}$$

گزینه ب صحیح است.

۲-۲-۶-۲ فشار

فشار به صورت نیروی وارد شده بر یک سطح تعریف می‌شود. فشار را با حرف P نمایش می‌دهند و واحد آن پاسکال یا نیوتون بر مترمربع است.

$$P = \frac{F}{A} \quad (2-17)$$

پرسش ۲-۲۲ کدام یک از عبارات زیر نادرست است؟ (د.ت-۷۱ «۴۰»)

الف) یک ژول انرژی برابر است با: ۱/۰ N.m (ب) یک وات برابر است با: ۱/۰ J/s

ج) یک پاسکال برابر است با: ۱/۰ N/m² (د) یک نیوتون برابر است با: شتاب ثقل ۱/۰ kg

پاسخ طبق تعریف کار، مقدار انرژی منتقل شده از طریق یک نیوتون نیرو در فاصله‌ی یک متر برابر با یک ژول است؛ پس گزینه اول درست است. همچنین واحد انرژی الکتریکی برابر است با یک ژول یا یک وات‌ثانیه؛ پس گزینه دوم نیز درست است.

است. همچنین طبق نکته بالا، یک پاسکال برابر است با یک نیوتون بر متر مربع؛ پس گزینه سوم نیز درست است. یک نیوتون برابر است با «شتاب ثقل $1/0 \text{ kg} \times$ » بنابراین گزینه د پاسخ مورد نظر است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۲» آزمون «برق، ماشین آلات دادگستری» سال ۷۱ می‌باشد.

۲ - ۲ - ۶ - ۳ توان الکتریکی

توان (قدرت)، به معنی کار انجام شده در واحد زمان است و به صورت زیر بدست می‌آید:

$$P = \frac{W}{t} \quad (2-18)$$

یکای توان، ژول بر ثانیه می‌باشد. باتوجه به تعریف بالا، مقدار توان الکتریکی را می‌توان به صورت‌های زیر تعریف کرد:

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R} \quad (2-19)$$

نکته ۲-۷) طبق بخش یاتاقان در فصل «مبانی ماشین آلات صنعتی» در کتاب «مفاهیم صنایع، کارخانجات و ماشین آلات صنعتی در آزمون کارشناس رسمی»، ضریب اصطکاک غلتشی بیشتر از ضریب اصطکاک لغزشی می‌باشد

پرسش ۲-۲۳) کدام گزینه نادرست است؟ (د.ب-۸۶ «۴۷»)

الف) ژول واحد انرژی برابر یک نیوتون نیرو در انتقال ۱ متر جابه‌جایی است.

ب) گشتاور برابر کار انجام شده در واحد زمان است.

ج) ضریب اصطکاک لغزشی بیشتر از ضریب اصطکاک غلتشی است.

د) وات واحد توان برای یک ژول کار در واحد زمان است.

پاسخ) طبق تعریف توان، مقدار کار انجام شده در واحد زمان را توان می‌گویند، پس گزینه ب، گزینه مورد نظر است.

پرسش ۲-۲۴) واحد توان الکتریکی کدام است؟ (ق.ب-۸۸ «۲»)

الف) وات بر ثانیه ب) کیلو وات ساعت ج) ژول د) ژول بر ثانیه

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، واحد توان الکتریکی ژول بر ثانیه است. گزینه د صحیح است.

نکته ۲-۸) واحد توان الکتریکی ولت‌آمپر (VA) یا وات (W) می‌باشد. البته این مقدار را با واحد دیگری به نام اسب بخار (hp) نیز بیان می‌کنند. یک اسب بخار برابر با ۷۴۶ وات است.

پرسش ۲-۲۵) یک اسب بخار معادل چند وات است؟ (ق.ب-۹۳ «۴»)

الف) ۷۴۶ وات ب) ۸۳۶ وات ج) ۷۲۶ وات د) ۸۲۶ وات

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق هر اسب بخار معادل ۷۴۶ وات بوده و نزدیک‌ترین پاسخ، گزینه الف است. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۲-۲۶) ده‌هزار کیلو کالری، معادل چند وات‌ساعت و چند کیلوژول است؟ (د.ت-۸۴ «۱۸»)

الف) $15/000$ وات‌ساعت و $20/000$ کیلوژول ب) $11/630$ وات‌ساعت و $41/860$ کیلوژول

ج) $18/360$ وات‌ساعت و $45/750$ کیلوژول د) $13/450$ وات‌ساعت و $21/370$ کیلوژول

پاسخ) طبق رابطه‌ی تبدیل وات‌ساعت به کالری، داریم: $1 \text{ cal} = 1.163 \times 10^{-3} \text{ Wh} \rightarrow 10000 \text{ cal} = 11.63 \text{ Wh}$

و هر وات برابر با یک ژول بر ثانیه است. می‌دانیم که هر ساعت معادل ۳۶۰۰ ثانیه است. پس داریم:

$$11.63 \text{ Wh} \times \frac{3600 \text{ sec}}{1 \text{ h}} = 41860 \text{ W sec} = 41860 \text{ J} = 41.86 \text{ KJ}$$

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۲-۲۷) توان الکتریکی مصرف‌کننده‌ای با مقاومت ۱۰ اهم و شدت جریان ۲ آمپر را به‌دست آورید؟ (ق.ت-۸۶ «۴۴»)

الف) ۴۰ ب) ۱۰ ج) ۲۱ د) هیچکدام

پاسخ) طبق رابطه‌ی توان الکتریکی داریم: $P = RI^2 = 10 \times 2^2 = 40 \text{ W}$



گزینه الف صحیح است.

پرسش ۲۸-۲) یک اتوی برقی با ولتاژ ۲۲۰ ولت، جریان ۲/۲ آمپر از شبکه می‌کشد. توان این اتو چند وات است؟ (ق.ب-۸۰ «۲۹»)

الف) ۱۰۰ W (ب) ۲۲۰۰ W (ج) ۱۰۰۰ W (د) ۴۸۴ W
 پاسخ) طبق رابطه‌ی توان الکتریکی داریم:

$$P = VI = 220 \times 2.2 = 484W$$

گزینه د صحیح است.

پرسش ۲۹-۲) مقدار مقاومت یک لامپ رشته‌ای ۶۰ W، ۲۴۰ V و روشن شده با برق شهر، چند اهم است؟ (ق.ب-۹۹ «۳۲»)

الف) ۹۶۰ (ب) ۴۸۰ (ج) ۹۶ (د) ۴۸

پاسخ) طبق رابطه‌ی توان الکتریکی داریم:

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow 60 = \frac{240^2}{R} \rightarrow R = 960\Omega$$

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۳۰-۲) در انتقال توان ۱۰/۰۰۰ وات، به ترتیب با چه ولتاژ و جریانی، توان تلف شده‌ی کمتری به وجود می‌آید؟ (ق.ب-۸۰ «۱۲»)

الف) ۲/۵۰۰۰ (ب) ۵/۲۰۰۰ (ج) ۱۰/۱۰۰۰ (د) ۲/۵۰۰

پاسخ) با توجه به رابطه $P=RI^2$ ، مقدار توان تلف‌شده در یک سیم (که مقاومت ثابتی دارد) با مجذور جریان رابطه‌ی مستقیم دارد، پس هرچه جریان کمتر باشد، تلفات کمتر است. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۳۱-۲) در اتصالات سیم‌ها، یک اتصال خوب باید: (ق.ب-۸۰ «۳۶»)

الف) از نظر مکانیکی محکم باشد. (ب) از نظر الکتریکی دارای مقاومت باشد.

ج) از نظر الکتریکی فاقد مقاومت باشد. (د) موارد الف و ج

پاسخ) در صورت شل بودن اتصالات، مقدار مقاومت بالا رفته و بنا به رابطه $P=RI^2$ ، مقدار تلفات (گرما) و احتمال آتش‌سوزی افزایش می‌یابد. گزینه د صحیح است.

نکته ۹-۲) راندمان یا بازده یا ضریب بهره، برابر است با مقدار توان یا انرژی خروجی به توان یا انرژی ورودی. یعنی:

$$\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (۲-۲۰)$$

نکته ۱۰-۲) به میزان جرم عبوری از یک نقطه از سیستم در واحد زمان «دبی جرمی» گفته می‌شود.

پرسش ۳۲-۲) یک توربین کاملاً عایق با دبی جرمی ۵ کیلوگرم بر ثانیه توان ۱۰۰۰ کیلووات تولید می‌کند. اگر بنا به دلایلی عایق توربین از بین برود ۲۰ کیلوژول بر کیلوگرم حرارت تلف می‌شود. توان توربین در این حالت چند کیلووات است؟ (ق.ب-۸۸ «۳۱»)

الف) ۹۵۰ (ب) ۱۰۰۰ (ج) ۵۰۰ (د) ۹۰۰

پاسخ) در اینجا دبی جرمی ۵ کیلوگرم در هر ثانیه بوده و با توجه به تلفات ۲۰ کیلوژول در هر کیلوگرم، در هر ثانیه ۱۰۰

کیلوژول انرژی تلف می‌شود. یعنی داریم:

$$P_{Loss} = 20 \left(\frac{kJ}{kg} \right) \times 5 \left(\frac{kg}{s} \right) = 100 \left(\frac{kJ}{s} \right) = 100 \times 10^3 \left(\frac{J}{s} \right)$$

$$P_{out2} = P_{out1} - P_{Loss} = 1000 - 100 = 900kW$$

پس توان خروجی در حالت دوم برابر است با:

گزینه د صحیح است.

۲-۲-۷ محاسبه هزینه برق

کنتور، وسیله‌ای است که در محل برق ورودی هر مشترک نصب شده و مقدار انرژی الکتریکی مصرف‌شده را اندازه‌گیری می‌کند. معمولاً هزینه‌ی مصرف هر کیلووات‌ساعت انرژی الکتریکی مشخص بوده و در نتیجه، هزینه کل را می‌توان با رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

$$C_t = C \times W \quad (2-21)$$

که در این رابطه، W مقدار انرژی مصرفی، C هزینه مصرف هر کیلووات‌ساعت برق و C_t هزینه‌ی کل می‌باشد.

پرسش ۲-۳۳) در کنتوری برای تعیین مقدار توان، مقادیر زیر را در دست داریم. مقدار ثابت کنتور $C = 600$ تعداد

دور گردش صفحه کنتور در مدت ۹۰ ثانیه ۳۰ دور بوده است. توان مصرفی کنتور برابر است با: (د.ل-۸۴ «۳»)

الف) ۴ KW (ب) ۲ KW (ج) ۳ KW (د) ۶ KW

پاسخ) ابتدا بایستی میزان انرژی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت بدست بیاوریم. با توجه به اینکه هر ساعت معادل

$$90 \text{ sec} = \frac{30}{60} \text{ hour} \rightarrow x = \frac{30 \times 3600}{60} = 1200,$$

$$P_{\text{kW}} = \frac{1200}{600} = 2 \text{ kW}$$

با توجه به اینکه $C=600$ است، داریم:

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۲-۳۴) هزینه‌ی مصرفی سالیانه‌ی لامپی ۴۰ وات، در صورتی که شبانه‌روز روشن بماند، چند ریال است؟ (هزینه

هر کیلووات برق حدود ۲۰۰ ریال می‌باشد) (ق.ب-۸۴ «۵۲»)

الف) ۳۵/۰۰۰ ریال (ب) ۴۰/۰۰۰ ریال (ج) ۷۰/۰۰۰ ریال (د) ۱۷/۵۰۰ ریال

پاسخ) مقدار انرژی مصرف‌شده در یک شبانه‌روز برابر است با:

$$W_d = P \times t = 40 \times 24 = 960 \text{ Wh}$$

$$W_y = 365 \times W_d = 365 \times 960 = 350.4 \text{ kWh}$$

پس مقدار انرژی ساله برابر است با:

حال طبق رابطه‌ی بالا، هزینه کل انرژی به‌ازای ۲۰۰ ریال برای هر کیلووات‌ساعت به صورت زیر به دست می‌آید:

$$C_t = C \times W = 200 \times 350.4 = 70080 \text{ Rial}$$

گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲-۳۵) برای تامین گرمای یک ساختمان در زمستان در هر ماه یک تن ذغال سنگ مصرف می‌شود. اگر همین

خانه را به وسیله‌ی انرژی الکتریکی گرم کنیم و بهای برق مصرفی از قرار هر کیلووات ساعت ۵ ریال باشد، هزینه مصرف

برق را حساب کنید. (در صورتی که از احتراق هر کیلو ذغال سنگ ۴۰۰۰ کیلو کالری حرارت تولید شود) (د.ت-۷۲ «۲۲»)

پاسخ) طبق رابطه‌ی تبدیل وات‌ساعت به کالری، هر کالری انرژی برابر است با $10^{-3} \times 1/163 \times 1$ وات‌ساعت. هر کیلو ذغال سنگ

$$W_E = 4000 \times 1000 \times 1.163 \times 10^{-3} = 4652 \text{ kWh}$$

نیز ۴۰۰۰ کیلو کالری حرارت تولید می‌نماید. پس داریم:

حال هزینه کل برابر است با:

$$C_t = C \times W = 5 \times 4652 = 23260 \text{ Rial}$$

نکته ۲-۱۱) در تعریفی دیگر برای کالری، مقدار گرمای (انرژی) لازم برای اینکه دمای یک گرم آب را از ۱۴/۵ درجه سلسیوس

به ۱۵/۵ درجه سلسیوس افزایش یابد را یک کالری (cal) می‌گویند.

پرسش ۲-۳۶) ضریب بهره یک آبگرم‌کن برقی ۹۰٪ می‌باشد و با نیروی محرکه ۱۱۵ ولت، جریان الکتریکی ۶ آمپر از

آن می‌گذرد. برای اینکه این آبگرم‌کن برقی، درجه حرارت ۴۵ لیتر آب را از ۲۰ به ۱۰۰ درجه سانتیگراد برساند؛ بهای

انرژی الکتریکی مصرفی را از قرار هر کیلووات ساعت ۵ ریال حساب کنید. (د.ت-۷۲ «۲۳» تشریحی)

پاسخ) طبق رابطه‌ی تبدیل وات‌ساعت به کالری، هر کیلو کالری انرژی برابر است با $10^{-3} \times 1/163 \times 1$ کیلووات‌ساعت. تغییرات

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 100 - 20 = 80^\circ \text{C}$$

دما برابر است با:

با توجه به نکته فوق (البته با تقریب)، برای تغییر درجه حرارت ۴۵ لیتر آب (۴۵ کیلوگرم) به میزان ۸۰ درجه سانتیگراد،

$$W = 45000 \times 80 = 3600 \text{ kcal}$$

مقدار انرژی مورد نیاز برابر است با:

که این مقدار انرژی، برحسب وات ساعت برابر است با: $W = 3600 \times 1000 \times 1.163 \times 10^{-3} = 4.2 \text{ kWh}$
 که این مقدار، انرژی خروجی آبگرم کن بوده و با توجه به رابطه‌ی راندمان داریم:

$$\eta = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \rightarrow W_{\text{in}} = \frac{W_{\text{out}}}{\eta} = \frac{4.2}{0.9} = 4.67$$

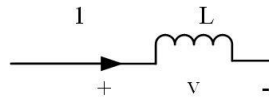
حال هزینه کل برابر است با:

$$C_t = C \times W_{\text{in}} = 5 \times 4.67 \times 1000 = 23300 \text{ Rial}$$

۲-۳ عناصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی

۲-۳-۱ سلف

«سلف» عنصری است که از پیچیدن چند دور سیم مطابق شکل به دور هم یا به دور یک هسته ساخته می‌شود. سلف با اسامی دیگری مانند «خودالقای»، «بوبین» و «چوک» نیز شناخته می‌شود. رابطه‌ی بین ولتاژ و جریان سلف به قرار زیر می‌باشد.



شکل (۲-۳) شکل مداری سلف

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (2-22)$$

در رابطه‌ی بالا، L را «ضریب خودالقایی» یا «اندوکتانس» می‌نامند. این پارامتر به مشخصات فیزیکی سیم‌پیچ و نوع هسته وابسته بوده و طبق رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$L = \mu \frac{N^2 A}{l} \quad (2-23)$$

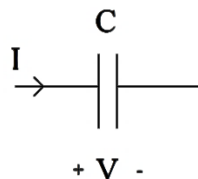
در این رابطه، μ ضریب نفوذپذیری مغناطیسی نام داشته که مقدار آن با توجه به جنس هسته تعیین می‌شود. همچنین N تعداد دور سیم‌پیچ، A سطح مقطع سیم‌پیچ و l طول سیم‌پیچ می‌باشد.

نکته (۲-۱۲) سلف عنصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی بوده و چنانچه جریان I از آن عبور کند، انرژی ذخیره شده در آن از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \quad (2-24)$$

۲-۳-۲ خازن

«خازن» عنصری است که برای ذخیره بار الکتریکی در مدار استفاده می‌شود. خازن متشکل از دو صفحه‌ی رسانا بوده که با استفاده از هوا یا یک ماده غیررسانا (دی‌الکتریک) از یکدیگر عایق شده‌اند. توانایی ذخیره بار الکتریکی در یک خازن را «ظرفیت» خازن نامیده و با C نمایش می‌دهند. واحد ظرفیت خازن فاراد است. رابطه‌ی زیر را برای یک خازن می‌توان بیان کرد:



شکل (۲-۴) شکل مداری خازن

$$C = \frac{q}{V} \quad (2-25)$$

در این رابطه، q مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در خازن برحسب کولن، V ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت و C ظرفیت خازن برحسب فاراد (F) می باشد. لازم به ذکر است که فاراد واحد بسیار بزرگی بوده و در عمل، خازن هایی با ظرفیت های میکروفاراد و نانوفاراد متداول هستند. ظرفیت خازنی جزو ویژگی های ذاتی هر خازن بوده و از رابطه ی بعد بدست می آید:

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (2-26)$$

در این رابطه، ϵ مقداری ثابت و وابسته به جنس عایق (دی الکتریک)، A سطح مقطع صفحات و d فاصله ی بین صفحات خازن می باشد.

پرسش ۳۷-۲) ظرفیت خازن به کدامیک از موارد زیر بستگی ندارد؟ (ق.ب-۸۴ «۷»)

الف) نوع دی الکتریک بین صفحات
ب) اندازه و شکل صفحات فلزی

ج) پهنای دی الکتریک مابین صفحات
د) ولتاژ صفحات دی الکتریک

پاسخ) با توجه به رابطه ی ظرفیت خازن، مقدار C به جنس دی الکتریک، طول بین صفحات و سطح مقطع صفحات وابسته است. گزینه d صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۶۲» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه» سال ۸۴ می باشد.

رابطه ی ولتاژ و جریان دو سر خازن را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$I = C \frac{dV}{dt} \quad (2-27)$$

همچنین معمولا خازن ها در حالتی که خارج از مدار هستند، دشارژ بوده و در هنگام قرار گرفتن در مدار شروع به شارژ شدن می کنند. طبیعتا مقدار جریان شارژ خازن در ابتدا حداکثر بوده و رفته رفته با توجه به شارژ شدن خازن، این جریان کاهش می یابد.

پرسش ۳۸-۲) در لحظه شروع شارژ خازن، جریان آن و ولتاژ آن است. (ق.ب-۹۶ «۴۶»)

الف) صفر - ماکزیمم
ب) ماکزیمم - صفر
ج) ثابت - ثابت
د) نصف ماکزیمم - صفر

پاسخ) در آغاز شارژ، خازن دشارژ می باشد. پس طبیعتا ولتاژ آن صفر و جریان عبوری از آن ماکزیمم است و رفته رفته با توجه به شارژ شدن خازن، مقدار ولتاژ افزایش و مقدار جریان کاهش می یابد. گزینه b صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۴۲» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه» سال ۸۶ می باشد.

نکته ۱۳-۲) خازن نیز عنصر ذخیره کننده ی انرژی بوده و چنانچه ولتاژ دو سر آن V باشد، انرژی زیر در آن ذخیره می شود:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad (2-28)$$

پرسش ۳۹-۲) اگر خازنی را به ولتاژ ۱۰۰ ولت وصل نمائیم، بار ذخیره شده در آن ۰/۰۵ آمپر ثانیه خواهد بود. حال

چنانچه ولتاژ وصل شده به خازن را ۴۰۰ ولت نمائیم، انرژی ذخیره شده در آن چند ژول است؟ (ق.ب-۸۰ «۸۶»)

الف) ۰/۲
ب) ۱۰
ج) ۲۰
د) ۴۰

پاسخ) ظرفیت خازن یک پارامتر ثابت بوده و مقدار آن به ساختمان خازن وابسته است. با محاسبه ظرفیت براساس مقادیر

$$C = \frac{q_1}{V_1} = \frac{0.05}{100} = 5 \times 10^{-4} F \quad \text{داده شده داریم:}$$

$$W = \frac{1}{2} CV_2^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-4} \times 400^2 = 40J$$

حال با تغییر ولتاژ، مقدار انرژی جدید برابر است با:

گزینه d صحیح است.

۲ - ۴ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)

شکل موج AC یا همان «جریان متناوب»، به طور دائم در هر نیم سیکل بین دو مقدار ماکزیمم مثبت و ماکزیمم منفی تغییر می کند. شکل موج سینوسی معروف ترین نوع شکل موج های متناوب است که در ادامه با برخی ویژگی های مهم آن آشنا می شویم.



۲-۴-۱ مشخصات یک شکل موج سینوسی

الف) فرکانس: تعداد سیکل‌ها در واحد زمان (ثانیه) را فرکانس نامیده و از رابطه‌ی زیر حاصل می‌شود. فرکانس را با f نمایش داده و واحد آن برابر با «هرتز» یا Hz می‌باشد.

$$f = \frac{1}{T} \quad (۲-۲۹)$$

ب) طول موج: به فاصله بین دو قله متوالی از یک موج (یا بین دو نقطه از موج که وضعیت یکسان دارند)، طول موج گفته می‌شود. طول موج را با λ نمایش داده و با توجه به اینکه از جنس طول است، واحد آن متر می‌باشد. رابطه‌ی طول موج با فرکانس در یک شکل موج سینوسی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (۲-۳۰)$$

که در آن، C سرعت موج بر حسب متر بر ثانیه است.

نکته (۲-۱۴) معمولاً مقدار C برابر با سرعت نور، یعنی 3×10^8 متر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود.

پرسش (۲-۴۰) اگر فرکانس توریبن مادون قرمز و ماوراء بنفش از 4×10^{14} تا 8×10^{14} هرتز باشد، طیف طول موج آن چقدر است؟ (د.ب-۷۱ «۳۴»)

الف) 0.375 تا 0.750 میکرومتر
ب) 0.385 تا 0.425 میکرومتر
ج) $1/2$ تا $1/4$ میلیمتر
د) 4 تا 8 سانتیمتر

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی طول موج داریم:

$$\lambda_1 = \frac{C}{f_1} = \frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{14}} = 0.75 \times 10^{-6} = 0.75 \mu\text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{C}{f_2} = \frac{3 \times 10^8}{8 \times 10^{14}} = 0.375 \times 10^{-6} = 0.375 \mu\text{m}$$

پس طیف طول موج برابر با 0.375 تا 0.750 میکرومتر است. گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۲۵» آزمون «تاسیسات ساختمانی دادگستری» سال ۷۱ می‌باشد.

ج) مقدار متوسط (ave) میانگین مقادیر دامنه (لحظه‌ای) در یک نیم‌سیکل از یک شکل موج سینوسی را مقدار متوسط می‌گویند. این مقدار با توجه به مقدار ماکزیمم و از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$$I_{\text{ave}} = \frac{2}{\pi} I_m = 0.635 I_m \quad (۲-۳۱)$$

در رابطه‌ی بالا مقدار I_m همان مقدار پیک یا ماکزیمم در موج سینوسی می‌باشد.

پرسش (۲-۴۱) مقدار متوسط یک جریان سینوسی در طول نصف یک سیکل کدام گزینه است؟ (ق.ت-۹۳ «۸۸»)

الف) $\frac{1}{\pi} I_m$ (ب) $\frac{2}{\pi} I_m$ (ج) $\sqrt{2} I_m$ (د) صفر

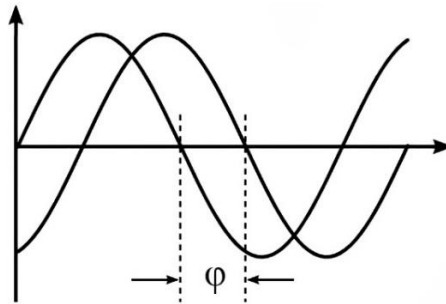
پاسخ) طبق رابطه‌ی ارائه‌شده برای مقدار متوسط، گزینه ب صحیح است.

د) مقدار مؤثر (rms) مقدار مؤثر یک موج سینوسی، به این معناست که چنانچه ولتاژ سینوسی را از دو سر مقاومت برداشته و ولتاژی dc برابر با مقدار مؤثر دو سر آن قرار دهیم، مقدار توان مشابهی در مقاومت تلف می‌شود. این مقدار نیز با توجه به مقدار ماکزیمم موج سینوسی و با رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$$I_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m = 0.707 I_m \quad (۲-۳۲)$$

ه) فاز: لحظه یا مکان شروع یک شکل موج سینوسی را فاز می‌گویند.

و) اختلاف فاز: میزان اختلاف بین دو شکل موج در یک نقطه مشابه را اختلاف فاز می‌گویند.



شکل (۵-۲) نمایش برداری دو عدد مختلط A و B

۲-۴-۲ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)

به منظور تحلیل مدارهای جریان متناوب، نیاز است تا ابتدا با چند مفهوم آشنا شویم.

۲-۴-۲-۱ یادآوری اعداد مختلط

هر عدد مختلط را می توان به صورت یک بردار نمایش داد که تصویر این بردار بر روی محور افقی برابر با قسمت حقیقی آن عدد مختلط و تصویر بردار بر روی محور عمودی، برابر با قسمت موهومی می باشد. مقدار قراردادی j ، مقدار واحد موهومی نام داشته و داریم:

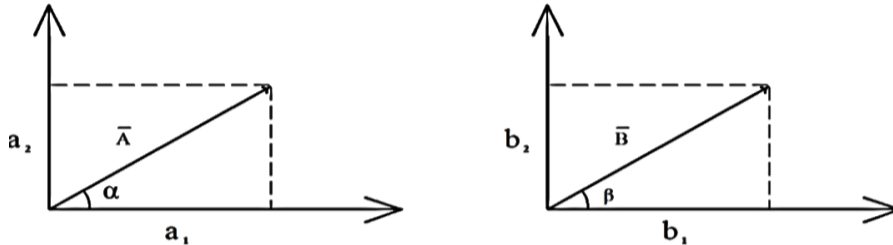
$$j = \sqrt{-1} \quad (۲-۳۳)$$

حال چنانچه A و B را دو عدد مختلط به صورت های مقابل در نظر بگیریم:

$$\vec{A} = a_1 + ja_2 = |\vec{A}| \angle \alpha$$

$$\vec{B} = b_1 + jb_2 = |\vec{B}| \angle \beta$$

نمایش برداری آن ها به صورت زیر بوده:



شکل (۶-۲) نمایش برداری دو عدد مختلط A و B

و می توان روابط زیر را در مورد آن ها نوشت:

الف) یافتن اندازه و زاویه با استفاده از مقادیر حقیقی و موهومی

$$|\vec{A}| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} \quad (۲-۳۴)$$

$$\alpha = \angle \vec{A} = \tan^{-1} \frac{a_2}{a_1} \quad (۲-۳۵)$$

ب) یافتن مقادیر حقیقی و موهومی با استفاده از اندازه و زاویه

$$a_1 = |\vec{A}| \cos \alpha \quad (۲-۳۶)$$

$$a_2 = |\vec{A}| \sin \alpha \quad (۲-۳۷)$$

ج) جمع و تفریق دو عدد مختلط

$$\vec{A} + \vec{B} = (a_1 + b_1) + j(a_2 + b_2) \quad (۲-۳۸)$$

$$\vec{A} - \vec{B} = (a_1 - b_1) + j(a_2 - b_2) \quad (۲-۳۹)$$

د) ضرب و تقسیم دو عدد مختلط

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| \cdot |\vec{B}| \angle (\alpha + \beta) \quad (۲-۴۰)$$

$$\frac{\vec{A}}{\vec{B}} = \frac{|\vec{A}|}{|\vec{B}|} \angle(\alpha - \beta) \quad (2-41)$$

ه) مزدوج مختلط (کانجوگیت)

$$\vec{A}^* = |\vec{A}| \angle -\alpha = a_1 - ja_2 \quad (2-42)$$

در رابطه با مقدار j داریم:

$$\frac{1}{j} = -j \quad (2-43)$$

۲ - ۴ - ۲ - فازور

فازور یکی از ابزارهای تحلیل مدارهای جریان متناوب است. ریشه‌ی تحلیل فازوری نشأت گرفته از این موضوع است که هر عدد مختلط، از دو قسمت تشکیل شده است که یکی از آن‌ها ضریبی از \cos و دیگری ضریبی از \sin است. در اینجا ما به صورت برعکس عمل کرده و یک شکل موج با ضریب \cos را برابر با یک مقدار مختلط در نظر می‌گیریم. با تحلیل فازوری می‌توان پاسخ حالت دائمی سینوسی را به دست آورد. فازورها در محاسبات مربوط به امپدانس و توان مختلط نیز استفاده می‌شوند. برای نمایش فازور مربوط به یک شکل موج سینوسی، نیاز به دو پارامتر مقدار موثر (rms) و فاز داریم. چنانچه شکل موجی سینوسی به صورت زیر داشته باشیم:

$$v(t) = v_m \cos(\omega t + \phi_v) \quad (2-44)$$

نمایش فازوری آن به صورت زیر می‌باشد.

$$\vec{V} = v_{rms} \angle \phi_v \quad (2-45)$$

که در رابطه‌ی بالا v_{rms} مقدار موثر و ϕ_v زاویه‌ی فاز شکل موج سینوسی می‌باشد.

۲ - ۴ - ۲ - ۳ صورت‌های مختلف نمایش فازور

همانطور که اشاره شد، فازور یک عدد مختلط است و می‌توان آن را به صورت‌های قطبی و دکارتی نمایش داد.

الف) نمایش قطبی

$$\vec{V} = v_{rms} \angle \phi_v \quad (2-46)$$

$$\vec{V} = v_{rms} e^{j\phi_v} \quad (2-47)$$

ب) نمایش دکارتی

$$\vec{V} = v_{rms} (\cos \phi_v + j \sin \phi_v) \quad (2-48)$$

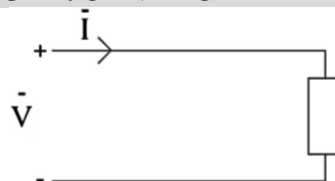
توجه داشته باشیم که مقدار فاز، یک مقدار قراردادی بوده و ممکن است برای یک شکل موج، فازهای مختلفی بیان شود، اما آنچه در بحث فازورها اهمیت دارد، اختلاف زاویه‌ی بین فازورها در یک مجموعه است.

نکته (۲-۱۵) مشتق در حوزه زمان معادل با ضرب $j\omega$ در حوزه‌ی فازور است.

۲ - ۴ - ۲ - ۴ امپدانس

در هر المان، حاصل تقسیم فازور ولتاژ به فازور جریان، امپدانس را مشخص می‌کند. امپدانس را با حرف Z نمایش داده و واحد آن اهم (Ω) می‌باشد. توجه شود که امپدانس نیز از جنس فازور است.

نکته (۲-۱۶) در محاسبه‌ی امپدانس، جریان از قطب مثبت المان به امپدانس وارد می‌شود.



شکل (۷-۲) نمایش امپدانس، ولتاژ و جریان

$$\vec{Z} = \frac{\vec{V}}{\vec{I}} \quad (۲-۴۹)$$

الف) مقاومت

$$\vec{V} = R\vec{I} \rightarrow \vec{Z}_R = R \quad (۲-۵۰)$$

در یک المان مقاومتی، فازورهای ولتاژ و جریان هم‌فاز می‌باشند. (اختلاف فاز V و I صفر است.)
ب) سلف

$$v(t) = L \frac{di}{dt} \rightarrow \vec{V} = L \times j\omega \vec{I} \rightarrow \vec{Z}_L = j\omega L \quad (۲-۵۱)$$

در رابطه‌ی بالا مقدار ωL را «راکتانس سلفی» یا «مقاومت سلفی» نامیده و آن را با X_L نمایش می‌دهند. واحد راکتانس سلفی، اهم (Ω) می‌باشد. همچنین در یک المان سلفی، فازور جریان از فازور ولتاژ عقب‌تر (پس‌تر) بوده و به همین خاطر سلف را عنصری پس‌فاز (lag) می‌گویند.

ج) خازن

$$i(t) = C \frac{dv}{dt} \rightarrow \vec{I} = C \times j\omega \vec{V} \rightarrow \vec{V} = \frac{1}{j\omega C} \vec{I} \rightarrow \vec{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{-j}{\omega C} \quad (۲-۵۲)$$

در رابطه‌ی بالا مقدار $1/\omega C$ را «راکتانس خازنی» یا «مقاومت خازنی» نامیده و آن را با X_C نمایش می‌دهند. واحد راکتانس خازنی نیز اهم (Ω) می‌باشد. همچنین در یک المان خازنی، فازور جریان از فازور ولتاژ جلوتر (پیش‌تر) بوده و به همین خاطر خازن را عنصری پیش‌فاز ($lead$) می‌گویند.

د) محاسبه امپدانس معادل: از آنجائی که، امپدانس نیز دارای واحد اهم است، عملاً با مقاومت تفاوتی ندارد. در نتیجه تمام مواردی که در مورد اتصال سری و موازی در بخش "اتصال المان‌ها" ذکر شد، در اینجا نیز صادق است.

پرسش ۲-۴۲) مقاومت سلفی با ضریب خودالقائه و فرکانس به ترتیب نسبت و دارد. (ق.ت-۸۶ «۴۱»)

الف) مستقیم - مستقیم ب) مستقیم - عکس ج) عکس - مستقیم د) عکس - عکس

پاسخ) مقاومت سلفی (X_L)، ضریب خودالقایی (L) و فرکانس (f) دارای رابطه مقابل می‌باشند: $X_L = \omega L = 2\pi fL$
گزینه الف صحیح است.

پرسش ۲-۴۳) یک امپدانس $Z_1 = 3 + j4$ با یک امپدانس $Z_2 = 2 + j6$ سری شده‌اند. امپدانس معادل آن چقدر است؟ (ق.ت-۹۳ «۸۹»)

الف) $15 < 33/7$ ب) $11/18 < 63/4$ ج) $30 + j24$ د) $24 + j6$

پاسخ) مانند دو مقاومت سری، برای این دو امپدانس داریم: $Z_t = Z_1 + Z_2 = (2 + 3) + j(6 + 4) = 5 + j10$

حال با توجه به بخش اعداد مختلط، اندازه و زاویه فاز را بدست می‌آوریم: $|Z_t| = \sqrt{5^2 + 10^2} = 11.18\Omega$

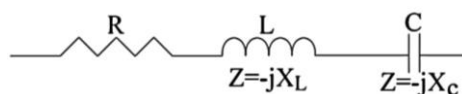
$$\angle Z_t = \tan^{-1} \frac{10}{5} = 63.4^\circ$$

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۲-۴۴) در یک مدار سری RLC مقاومت ظاهری برابر است با: (ق.ت-۸۶ «۴۳»)

الف) $Z = R + (X_L - X_C)$ ب) $Z = R + (X_C - X_L)$ ج) $Z = R + X_L$ د) $Z = R + X_C$

پاسخ) مدار سری RLC به صورت زیر می‌باشد:



با توجه به روابط امپدانس، برای مقاومت، سلف و خازن داریم:

$$\vec{Z}_t = \vec{Z}_R + \vec{Z}_L + \vec{Z}_C = R + jX_L - jX_C = R + j(X_L - X_C)$$

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۴۵-۲) یک سیم‌پیچی دارای مقاومت اهمی ۳۰ اهم و مقاومت القائی ۴۰ اهم است و به منبع ۲۵۰ ولت وصل شده است. جریان مدار چند آمپر است؟ (د.ت-۹۰ «۵»)

الف) ۵ (ب) ۱۰ (ج) ۱۲/۵ (د) ۱۵

پاسخ) مقدار امپدانس برابر است با:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50\Omega$$

حال با توجه به قانون اهم، مقدار جریان برابر است با:

$$I = \frac{V}{|Z|} = \frac{250}{50} = 5A$$

گزینه الف صحیح است.

نکته ۱۷-۲) در مدارهایی که هم سلف و هم خازن در آن‌ها حضور دارند، فرکانس خاصی وجود دارد که در آن فرکانس، خروجی در حداکثر مقدار خود قرار می‌گیرد. این فرکانس را «فرکانس رزونانس» یا «فرکانس تشدید» نامیده و با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$j\omega_r L = \frac{1}{j\omega_r C} \rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (۲-۵۳)$$

در فرکانس تشدید، قسمت موهومی امپدانس، صفر و مدار، اهمی خالص خواهد بود.

پرسش ۴۶-۲) در یک مدار RLC فرکانس رزونانس (تشدید) چقدر است؟ (د.ب-۸۸ «۱۸»)

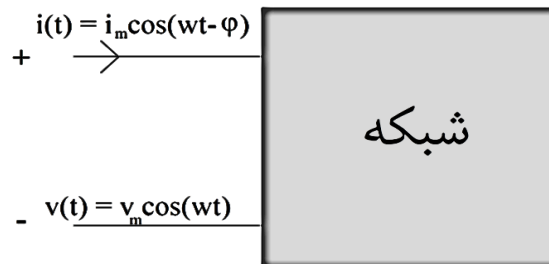
الف) RLC (ب) $(2\pi\sqrt{LC})^{-1}$ (ج) $(2\pi\sqrt{LC})^2$ (د) $(2\pi\sqrt{LC})^{-1}$

پاسخ) با توجه به نکته بالا، گزینه د صحیح است.

۲ - ۴ - ۳ توان در جریان متناوب تکفاز

۲ - ۴ - ۳ - ۱ توان لحظه‌ای (توان در حوزه زمان)

مطابق شکل، اگر در یک شبکه پلاریته‌ی ولتاژ و جهت جریان به صورت نشان داده شده باشد، توان لحظه‌ای مصرفی برابر است با:



شکل (۸-۲) پلاریته ولتاژ و جریان قراردادی در یک شبکه

$$P(t) = v_{rms} i_{rms} (1 + \cos 2\omega t) \cos \varphi + v_{rms} i_{rms} \sin 2\omega t \sin \varphi \quad (۲-۵۴)$$

رابطه‌ی توان لحظه‌ای در مدارهای متناوب اهمیت چندانی ندارد. بلکه در این مدارها مقادیر توان ظاهری، اکتیو و راکتیو حائز اهمیت فراوان هستند که در ادامه با آن‌ها آشنا می‌شویم.

۲ - ۴ - ۳ - ۲ توان مختلط (توان در حوزه فازور)

«توان مختلط» کلی‌ترین فرم توان در حوزه فازور می‌باشد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{S} = \vec{V} \vec{I}^* \quad (۲-۵۵)$$

حالا با توجه به فازورهای ولتاژ و جریان به صورت زیر داریم:

$$\vec{S} = |\vec{V}| \angle \varphi_V \times |\vec{I}| \angle -\varphi_I = |\vec{V}| |\vec{I}| \angle (\varphi_V - \varphi_I) \quad (۲-۵۶)$$

مقدار $\varphi_V - \varphi_I$ را با حرف φ نمایش داده و آن را زاویه‌ی توان می‌نامند.

۲ - ۴ - ۳ - ۳ ارتباط توان‌های اکتیو و راکتیو با توان مختلط

توان مختلط یک عدد مختلط است و از دو بخش حقیقی و موهومی تشکیل می‌شود. قسمت حقیقی آن «توان اکتیو» یا «توان حقیقی» (با واحد Watt) و قسمت موهومی آن «توان راکتیو» یا «توان موهومی» (با واحد VAR) نامیده می‌شود. لازم به ذکر است که اندازه‌ی توان مختلط را «توان ظاهری» نامیده و واحد آن ولت آمپر یا VA می‌باشد.

$$\vec{S} = \vec{V} \parallel \vec{I} \angle (\varphi_V - \varphi_I) = \vec{V} \parallel \vec{I} \angle (\varphi) = \vec{V} \parallel \vec{I} \cos \varphi + j \vec{V} \parallel \vec{I} \sin \varphi \quad (2-57)$$

الف) توان اکتیو یا حقیقی

$$P = \vec{V} \parallel \vec{I} \cos \varphi \quad (2-58)$$

ب) توان راکتیو یا موهومی

$$Q = \vec{V} \parallel \vec{I} \sin \varphi \quad (2-59)$$

ج) توان ظاهری

$$|\vec{S}| = \vec{V} \parallel \vec{I} \quad (2-60)$$

نکته (۲-۱۸) مقدار توان راکتیو مصرفی در مقاومت، برابر با صفر و در سلف و خازن برابر است با:

$$Q_C = -\frac{V^2}{X_C} \quad (2-61)$$

$$Q_L = \frac{V^2}{X_L} \quad (2-62)$$

لازم به توضیح است که توان اکتیو در شبکه، توانی است که برای ما کار انجام می‌دهد؛ مانند: روشن کردن انواع لامپ‌ها، به حرکت در آوردن انواع موتورها و به عبارت دیگر، توان اکتیو شبکه همان توان مفید شبکه است. اما در مقابل توان راکتیو علی‌رغم وجود، کاری انجام نمی‌دهد و موجب اشغال ظرفیت خطوط و ژنراتورهای نیروگاهی می‌گردد (به همین دلیل است که ما دوست داریم مقدار توان راکتیو در شبکه کم باشد و این مساله باعث ایجاد مبحث اصلاح ضریب توان می‌شود؛ که در آینده خواهیم خواند). همچنین توان راکتیو، میزان سلفی یا خازنی بودن یک المان را در شبکه مشخص می‌کند.

۲ - ۴ - ۳ - ۴ ضریب توان

↔ این بخش با بخش «میران‌سازی توان راکتیو» در فصل تاسیسات برقی این کتاب، مرتبط است.

به کسینوس زاویه بین فازورهای ولتاژ و جریان، در یک المان، ضریب توان یا P.F گفته می‌شود.

$$PF = \cos \varphi = \cos (\varphi_V - \varphi_I) \quad (2-63)$$

هرچه مقدار ضریب توان یک مجموعه به مقدار مطلوب، یعنی عدد یک نزدیکتر باشد، بار از نوع مقاومتی و هرچه مقدار آن به عدد صفر نزدیکتر باشد، بار از نوع سلفی یا خازنی می‌باشد. در واقع ضریب توان معیاری برای آگاهی از میزان توان راکتیو تولیدی یا مصرفی بار می‌باشد. همانطور که در قسمت‌های قبل گفته شد، توان راکتیو کاری برای ما انجام نمی‌دهد و فقط ظرفیت خطوط را اشغال می‌کند. به همین خاطر است که مقدار یک را مقداری مطلوب برای ضریب توان نامیدیم. در تعریفی دیگر می‌توان ضریب توان را به صورت مقدار توان حقیقی بر توان ظاهری تعریف کرد.

$$PF = \frac{P}{|\vec{S}|} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2-64)$$

مقدار ضریب توان مربوط به یک بار را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$PF = \frac{R}{|\vec{Z}|} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (2-65)$$

نکته (۲-۱۹) از رابطه‌ی مثلثاتی معروف زیر غافل نشویم. برای هر زاویه‌ی θ دلخواه داریم:

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1 \quad (2-66)$$

پرسش ۴۷-۲) در یک مدار RLC سری با مقاومت ظاهری Z که به ولتاژ متناوب V و ولتاژ است، ضریب توان چقدر است. (د.ب-۸۸ «۴۰»)

الف) Z/R (ب) R/Z (ج) R/|Z| (د) |Z|/R

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، ضریب توان حاصل تقسیم قسمت حقیقی بر اندازه امپدانس است. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۴۸-۲) ضریب قدرت در شبکه کدامیک از گزینه‌های زیر است؟ (د.ل-۹۰ «۱۶»)

الف) کسینوس زاویه بین بردار جریان و ولتاژ (ب) نسبت توان ظاهری به توان اکتیو

ج) سینوس زاویه بین بردار جریان و ولتاژ (د) نسبت بار اکتیو به راکتیو

پاسخ) طبق تعریف ضریب توان، گزینه الف صحیح است.

پرسش ۴۹-۲) در یک شبکه برق صنعتی با بار متعادل اگر کسینوس فی برابر صفر شود، نشان دهنده چیست؟ (ق.ب-۹۳ «۲۵»)

الف) مقاومت اهمی خالص و حداکثر جذب توان راکتیو (ب) مقاومت اهمی خالص و حداقل جذب توان راکتیو

ج) مقاومت سلفی خالص و حداکثر جذب توان راکتیو (د) مقاومت سلفی خالص و حداقل جذب توان راکتیو

پاسخ) با توجه به تعریف ضریب توان، چنانچه کسینوس فی برابر با صفر باشد، یعنی زاویه بین ولتاژ و جریان ۹۰ درجه بوده و بار از نوع سلفی خالص است. در این حالت تمام توان جذب شده از نوع راکتیو می‌باشد. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۵۰-۲) ضریب توان در شبکه (د.ل-۷۱ «۴۴»)

الف) با افزایش بار راکتیو افزایش می‌یابد. (ب) با کاهش بار راکتیو افزایش می‌یابد.

ج) با افزایش بار راکتیو ثابت می‌ماند. (د) با کاهش بار راکتیو کاهش می‌یابد.

پاسخ) طبق تعریف، با افزایش بار راکتیو، مقدار مخرج (|S|) افزایش یافته در حالیکه صورت (P) ثابت می‌ماند، پس مقدار ضریب توان با توان راکتیو نسبت عکس دارد. گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۱» آزمون "برق، ماشین‌آلات دادگستری" سال ۷۱ و پرسش «۳۷» آزمون "تاسیسات سافتمانی دادگستری" سال ۷۱ می‌باشد.

پرسش ۵۱-۲) برای تعیین ضرایب توان از فرانت کنتورهای اکتیو و راکتیو کدام رابطه صحیح است؟ (د.ل-۷۳ «۶»)

الف) $\tan \varphi = \frac{Q}{P}$ (ب) $\tan \varphi = \frac{P}{Q}$ (ج) $\tan \varphi = P \times Q$ (د) $\tan \varphi = P - Q$

پاسخ) باتوجه به روابط توان اکتیو و راکتیو داریم:

$$P = |\vec{V}| |\vec{I}| \cos \varphi$$

$$Q = |\vec{V}| |\vec{I}| \sin \varphi$$

$$\frac{Q}{P} = \tan \varphi$$

پس داریم:

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵۲-۲) یک موتور تکفاز ۵kW مفروض است. این موتور تحت ولتاژ ۲۴۰ ولت ۲۵ آمپر می‌کشد، ضریب توان موتور چقدر است؟ (از تلفات صرف نظر کنید) (ق.ل-۸۳ «۱۲»)

الف) ۰/۸۲۳ (ب) ۰/۹۳۲ (ج) ۰/۷۳۳ (د) ۰/۹۷۳

پاسخ) طبق رابطه‌ی ضریب توان داریم:

$$PF = \frac{P}{|S|} = \frac{5000}{240 \times 25} = 0.82$$

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵۳-۲) یک مدار تکفاز دارای توان ۲۰ کیلووات با ضریب توان پس فاز ۰/۸ است. مقادیر توان‌های ظاهری (S) و راکتیو (Q) برابر است با: (ق.ت-۹۳ «۹۰»)

الف) $S = 25 \text{ kVA}$ و $Q = -15 \text{ kVAr}$ (ب) $S = 25 \text{ kVA}$ و $Q = 15 \text{ kVAr}$

ج) $S = 25 \text{ kVA}$ و $Q = -8 \text{ kVAr}$ (د) $S = 25 \text{ kVA}$ و $Q = 8 \text{ kVAr}$

پاسخ) طبق رابطه‌ی ضریب توان داریم: $PF = \frac{P}{|\vec{S}|} \rightarrow 0.8 = \frac{20000}{|\vec{S}|} \rightarrow |\vec{S}| = 0.8 \times 20000 = 25000VA$

همچنین طبق نکته بالا داریم: $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1 \rightarrow \sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} \rightarrow \sin \varphi = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$

پس داریم: $Q = |\vec{S}| \sin \varphi = 25000 \times 0.6 = 15000Var$

با توجه به اینکه ضریب توان پس فاز است، نوع بار سلفی و مقدار توان راکتیو مثبت می‌باشد. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۵۴-۲) در کارخانه‌ای با ترانس ۲۰۰۰ کیلوولت‌آمپر و سینوس زاویه بین ولتاژ و جریان ۰/۸، چه قدرتی بر حسب کیلووات قابل استحصال است؟ (د.ب-۹۵ «۴۰»)

الف) ۱۲۰۰ (ب) ۱۳۰۰ (ج) ۱۴۰۰ (د) ۱۶۰۰

پاسخ) طبق نکته بالا داریم: $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1 \rightarrow \cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} \rightarrow \cos \varphi = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$

پس مقدار توان اکتیو بصورت زیر بدست می‌آید: $P = S \cos \varphi = 2000 \times 0.6 = 1200kW$

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵۵-۲) روی پلاک الکتروموتور جریان متناوبی ولتاژ ۲۲۰ ولت شدت جریان ۵/۶۸ آمپر و ضریب توان ۰/۸ قید شده است. توان الکتروموتور چند کیلووات است؟ (ق.ب-۸۰ «۵۲»)

الف) ۱ (ب) ۱/۵ (ج) ۲ (د) ۲/۵

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی توان حقیقی داریم: $P_{in} = V_T I_L \cos \varphi = 220 \times 5.68 \times 0.8 = 999.68W$

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵۶-۲) یک آلترناتور یک فازه با اختلاف سطح ۲۴۰۰ ولت می‌تواند ۱۰۰ آمپر جریان تولید کند. توان نامی این مولد را بر حسب kVA و kW تعیین کنید. (در صورتی که ضریب قدرت بار آن ۰/۸ باشد) (د.ت-۷۲ «۲۱» تشریحی)

پاسخ) مقدار توان ظاهری برابر است با: $S = V \cdot I = 2400 \times 100 = 240kVA$

مقدار توان اکتیو نیز برابر است با: $P = S \cdot \cos \varphi = 240 \times 0.8 = 192kW$

پرسش ۵۷-۲) در صورتی که توان موتور ماشین لباسشویی منسوب در آشپزخانه ۱/۵ کیلووات باشد، چند آمپر جریان جهت راه‌اندازی با راندمان ۰/۶ و ضریب توان ۰/۷ مورد نیاز می‌باشد. (ق.ت-۸۶ «۳۳»)

الف) ۳۲/۴۶ (ب) ۱۶/۲۳ (ج) ۸/۱۱۵ (د) ۴/۰۵۷

پاسخ) مقدار توان ورودی برابر است با: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \rightarrow P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{1.5}{0.6} = 2.5kW$

مقدار جریان طبق رابطه روبرو حاصل می‌شود: $P = VI \cos \varphi \rightarrow I = \frac{P}{V \cos \varphi} = \frac{2500}{220 \times 0.7} = 16.23A$

گزینه ب صحیح است.

۲-۵ شبکه‌های سه‌فاز

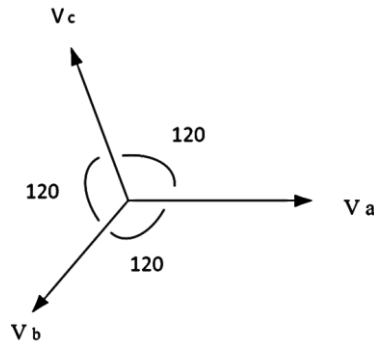
۲-۵-۱ مفاهیم مقدماتی

۲-۵-۱-۱ سیستم سه‌فاز متقارن

در سیستم سه‌فاز متقارن، کلیه اجزا در هر سه‌فاز (شامل بارها، امپدانس خطوط، منابع تغذیه و ...) از هر نظر یکسان هستند.

۲-۵-۱-۲ مجموعه ولتاژهای متعادل

به مجموعه ولتاژها در یک سیستم سه‌فاز که اندازه‌ی آنها یکسان باشد و با یکدیگر دارای اختلاف فاز 120 درجه باشند، مجموعه ولتاژهای متعادل گفته می‌شود.



شکل (۹-۲) مجموعه ولتاژهای متعادل

مجموعه ولتاژهای متعادل را به صورت سینوسی می‌توان با روابط زیر بیان کرد:

$$v_a(t) = v_m \cos(\omega t)$$

$$v_b(t) = v_m \cos(\omega t - 120)$$

$$v_c(t) = v_m \cos(\omega t - 240)$$

(۲-۶۷)

۲ - ۵ - ۱ - ۳ سیستم سه‌فاز متقارن و متعادل

این سیستم دارای سه ویژگی است:

الف) جریان‌های سه‌فاز در تمام نقاط سیستم، متعادل هستند.

ب) ولتاژهای سه‌فاز در تمام نقاط سیستم، متعادل هستند.

ج) ولتاژ در-مراکز اتصالات ستاره، صفر است.

پرسش ۲-۵۸ در شبکه برق سه‌فاز، مداری متعادل نامیده می‌شود که: (د.ب-۷۱ «۳۶»)

الف) ولتاژ فازها باهم برابر باشند.

ب) بار هر سه‌فاز باهم برابر باشند.

ج) امپدانس مدار مصرف معادل امپدانس شبکه باشد.

د) امپدانس سه‌فاز برابر باشند.

پاسخ) در صورت برابر بودن بارهای شبکه، تعادل آن حفظ می‌شود. گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۲» آزمون "الکترونیک و مخابرات دادگستری" سال ۸۶، پرسش «۲۷» آزمون "تاسیسات

سافتمانی دادگستری" سال ۷۱ و پرسش «۲۰» آزمون "الکترونیک و مخابرات دادگستری" سال ۷۱ می‌باشد.

۲ - ۵ - ۲ مفاهیم موردنیاز در تحلیل شبکه‌های سه‌فاز

الف) ولتاژ خط: اختلاف ولتاژ بین دو خط از سه خط سیستم سه‌فاز را ولتاژ خط می‌گویند و آن را با V_L یا V_{LL} یا V_{L-L} نشان می‌دهند (البته برای نشان دادن ولتاژ خط بین دو خط معین، به عنوان مثال خطوط a و b ، از V_{ab} نیز استفاده می‌شود).

ب) ولتاژ فاز: به ولتاژ یک نقطه از سیستم سه‌فاز تا نقطه خنثی، ولتاژ فاز می‌گویند و آن را با V_{ph} یا V_{ph-n} نشان می‌دهند (البته برای نشان دادن ولتاژ یک نقطه از یک فاز معین تا نقطه خنثی، به عنوان مثال خط a ، از V_{an} نیز استفاده می‌شود).

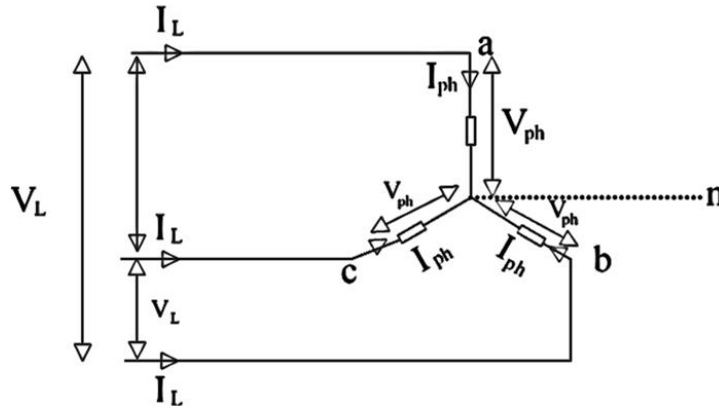
ج) جریان خط: جریان عبوری از هرکدام از خطوط انتقال را جریان خط می‌گویند و آن را با I_L نمایش می‌دهند (البته برای نشان دادن جریان در یک خط معین، به عنوان مثال خط a ، از I_{L-a} نیز استفاده می‌شود).

د) جریان فاز: جریان عبوری از هرکدام از امپدانس‌های مصرف‌کننده یا تولیدکننده را جریان فاز می‌گویند و آن را با I_{ph} نمایش می‌دهند (البته برای نشان دادن جریان در یک فاز معین، به عنوان مثال فاز a ، از I_{ph-a} نیز استفاده می‌شود).

۲ - ۵ - ۳ انواع اتصال‌ها در شبکه‌های قدرت سه‌فاز

۲ - ۵ - ۳ - ۱ اتصال ستاره

در این نوع اتصال، ولتاژ خط از لحاظ اندازه رادیکال ۳ برابر ولتاژ فاز متناظر با خودش می‌باشد و از لحاظ زاویه 30° از آن جلوتر است. جریان‌های خط و فاز نیز در این نوع اتصال با هم برابر هستند.

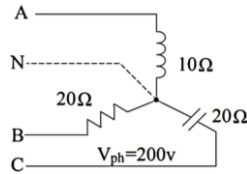


شکل (۱۰-۲) اتصال ستاره

$$\vec{V}_L = \vec{V}_{ph} \times \sqrt{3} \angle 30^\circ \quad (۲-۶۸)$$

$$\vec{I}_L = \vec{I}_{ph} \quad (۲-۶۹)$$

پرسش ۵۹-۲) توان راکتیو شبکه سه فاز شکل داده شده چند VAR است؟ (ق.ج-۸۴ «۲۱»)



۶۰۰۰ (د)

۲۰۰۰ (ج)

۴۰۰۰ (ب)

۲۸۲۰ (الف)

پاسخ) در این مدار ولتاژ ۲۰۰V روی هر المان قرار گرفته است. توان راکتیو مقاومت برابر صفر، توان راکتیو خازن مقداری

$$Q_C = -\frac{V^2}{X_C} = -\frac{200^2}{20} = -2000 \text{VAR}$$

منفی و توان راکتیو سلف مقداری مثبت است. داریم:

$$Q_L = \frac{V^2}{X_L} = \frac{200^2}{10} = 4000 \text{VAR}$$

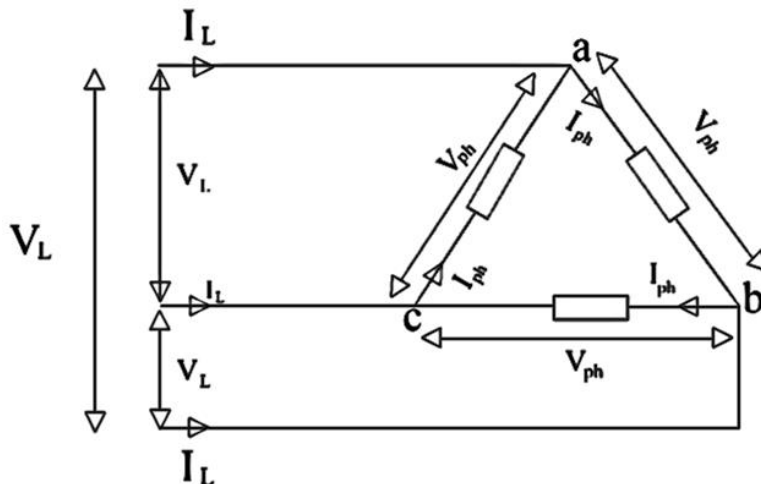
$$Q = Q_L + Q_C = 4000 - 2000 = 2000 \text{VAR}$$

پس در مجموع داریم:

گزینه ج صحیح است.

۲-۵-۳-۲ اتصال مثلث

در این نوع اتصال جریان خط از لحاظ اندازه رادیکال ۳ برابر جریان فاز متناظر با خودش می‌باشد و از لحاظ زاویه 30° از آن عقب‌تر است. ولتاژهای خط و فاز نیز در این نوع اتصال با هم برابر هستند.



شکل (۱۱-۲) اتصال مثلث

$$\vec{V}_L = \vec{V}_{ph} \quad (۲-۷۰)$$

$$\vec{I}_L = \vec{I}_{ph} \times \sqrt{3} \angle -30^\circ \quad (۲-۷۱)$$

پرسش ۶۰-۲) در اتصال ستاره، کدام پاسخ درست است؟ (د.ت-۷۱ «۴۵»)

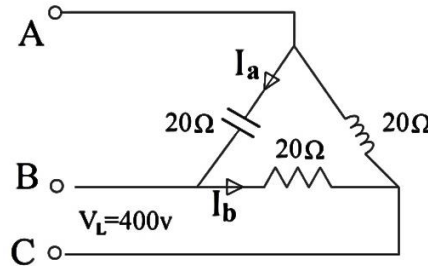
الف) ولتاژ خط با ولتاژ فاز برابر است. ب) جریان خط با جریان فاز برابر است.

ج) جریان خط $\sqrt{3}$ برابر جریان فاز است. د) ولتاژ خط $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر ولتاژ فاز است.

پاسخ) طبق مطالب ارائه شده، در اتصال ستاره جریان‌های خط و فاز با هم برابر هستند. گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۷» آزمون «برق، ماشین‌آلات دادگستری» سال ۷۱، پرسش «۳۰» آزمون «الکترونیک و مخابرات دادگستری» سال ۷۱ و پرسش «۱۴» آزمون «الکترونیک و مخابرات دادگستری» سال ۸۴ می‌باشد.

پرسش ۶۱-۲) در مدار سه فاز شکل داده شده اختلاف فاز جریان‌های I_a و I_b چند درجه است؟ (ق.ل-۸۴ «۲۲»)



الف) ۳۰

ب) ۶۰

ج) ۹۰

د) ۱۲۰

پاسخ) با توجه به موارد بیان شده، V_{AB} و V_{BC} دارای ۱۲۰ درجه اختلاف فاز می‌باشند. از طرفی I_b با V_{BC} هم‌فاز بوده (به دلیل وجود مقاومت اهمی خالص) و I_a ۹۰ درجه از V_{AB} جلوتر می‌باشد (به دلیل وجود خازن). پس داریم:

$$\angle I_b - \angle I_a = \angle V_{BC} - (\angle V_{AB} + 90) = (\angle V_{BC} - \angle V_{AB}) + 90 = -120 + 90 = -30$$

گزینه الف صحیح است.

نکته ۲۰-۲) طبق استاندارد NEMA، ضریب نامتعادلی ولتاژ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V.U.F\% = \frac{\Delta V_{max}}{V_m} \times 100\% \quad (۲-۷۲)$$

که در این رابطه، V_m میانگین ولتاژهای اندازه‌گیری شده بین خطوط و ΔV_{max} بیانگر حداکثر انحراف از میانگین است.

پرسش ۶۲-۲) در یک مصرف‌کننده سه‌فاز، میزان ولتاژهای اندازه‌گیری شده بین S، R و T به شرح زیر است. حداکثر عدم‌تعادل ولتاژ چند درصد است؟ (د.ل-۸۸ «۴۰»)

S-T: 472V, T-R: 458V, R-S: 444V

الف) ۳/۰۶

ب) ۴/۰۶

ج) ۵/۵

د) ۷/۰۵

پاسخ) با توجه به مقادیر ولتاژهای خطوط، میانگین و حداکثر انحراف از آن را محاسبه می‌نمائیم:

$$V_m = \frac{444 + 458 + 472}{3} = 458V$$

$$\Delta V_{ST} = |472 - 458| = 14, \quad \Delta V_{TR} = |458 - 458| = 0, \quad \Delta V_{RS} = |444 - 458| = 14 \rightarrow \Delta V_{max} = 14V$$

$$V.U.F\% = \frac{\Delta V_{max}}{V_m} \times 100\% = \frac{14}{458} \times 100\% = 3.06\%$$

حال طبق تعریف بالا داریم:

گزینه الف صحیح است.

۲- ۵- ۴ توان در مدارهای سه‌فاز متعادل

توان در شبکه‌های قدرت سه‌فاز همواره سه برابر توان شبکه‌ی تک‌فاز معادل می‌باشد. این موضوع هیچ ارتباطی با نوع اتصال ستاره یا مثلث ندارد. پس داریم:

$$\vec{S}_{3ph} = 3 \times \vec{S}_{1ph} \quad (۲-۷۳)$$

همچنین در مورد توان‌های اکتیو و راکتیو نیز داریم:

$$\vec{P}_{3ph} = 3 \times \vec{P}_{1ph} \quad (2-74)$$

$$\vec{Q}_{3ph} = 3 \times \vec{Q}_{1ph} \quad (2-75)$$

حال برای محاسبه‌ی توان‌ها، چنانچه بخواهیم توان را با استفاده از پارامترهای فاز محاسبه کنیم، داریم:

$$\vec{P}_{3ph} = 3 | \vec{V}_{ph} || \vec{I}_{ph} | \cos \varphi \quad (2-76)$$

$$\vec{Q}_{3ph} = 3 | \vec{V}_{ph} || \vec{I}_{ph} | \sin \varphi \quad (2-77)$$

و چنانچه بخواهیم توان را با استفاده از پارامترهای خط محاسبه کنیم، داریم:

$$\vec{P}_{3ph} = \sqrt{3} | \vec{V}_L || \vec{I}_L | \cos \varphi \quad (2-78)$$

$$\vec{Q}_{3ph} = \sqrt{3} | \vec{V}_L || \vec{I}_L | \sin \varphi \quad (2-79)$$

نکته ۲۱-۲) توجه داریم که در هر دو رابطه، زاویه φ اختلاف زاویه ولتاژ فاز با جریان فاز (زاویه‌ی توان) و $\cos \varphi$ همان ضریب توان است.

پرسش ۶۳-۲) توان در برق سه‌فاز چند برابر توان برق تک‌فاز است؟ (ق.ب-۸۴ «۴۳»)

الف) ۳ برابر ب) ۱/۴ برابر ج) ۴/۷ برابر د) ۴ برابر

پاسخ) با توجه به متن، توان در شبکه‌های قدرت سه‌فاز همواره سه برابر توان شبکه‌ی تک‌فاز معادل می‌باشد. گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۱» آزمون "تاسیسات سافتمانی قوه قضاییه" سال ۸۴ می‌باشد.

پرسش ۶۴-۲) کدام یک از جملات زیر صحیح است؟ (ق.ب-۹۳ «۲۲»)

الف) در اتصال مثلث توان موثر یک بار سه‌فاز متعادل، سه‌برابر توان در حالت ستاره است.

ب) در اتصال مثلث توان موثر یک بار سه‌فاز متعادل، برابر توان در حالت ستاره است.

ج) در اتصال ستاره توان موثر یک بار سه‌فاز متعادل، سه برابر توان در حالت مثلث است.

د) هیچ کدام

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، مقدار توان به نوع اتصال مرتبط نیست. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۶۵-۲) جریان عبوری از یک بار سه‌فاز ۳۸۰ ولت، ۵۰ هرتز به قدرت ۱۵ کیلووات چند آمپر است؟ (ضریب توان

برابر ۰/۷ در نظر گرفته شود). (ق.ب-۹۳ «۳۰»)

الف) ۵۶/۴ ب) ۲۸/۲ ج) ۳۳ د) ۱۶/۵

پاسخ) مقادیر ارائه‌شده در صورت سوال، در صورتیکه بیان نشود که مقادیر خط یا فاز هستند، مقادیر خط در نظر گرفته می‌شوند. پس با توجه به روابط توان سه‌فاز داریم:

$$\vec{P}_{3ph} = \sqrt{3} | \vec{V}_L || \vec{I}_L | \cos \varphi \rightarrow 15000 = \sqrt{3} \times 380 \times | \vec{I}_L | \times 0.7 \rightarrow | \vec{I}_L | = 33A$$

گزینه ج صحیح است.

نکته ۲۲-۲) مانند موارد ا شماره شده در بخش "کار و توان الکتریکی"، کنتورهای برق کارخانجات مقادیر انرژی اکتیو و راکتیو را برحسب کیلووات‌ساعت و کیلوواریساعت اندازه‌گیری می‌کنند.

پرسش ۶۶-۲) عموماً کنتورهای برق اکتیو، راکتیو، آب و گاز در کارخانجات بر حسب واحدهای زیر هستند: (د.ب-۷۹

«۱۱»)

الف) کیلووات‌ساعت، کیلوواریساعت، متر مکعب، متر مکعب استاندارد

ب) وات در ماه، وار در ماه، لیتر، متر مکعب

ج) وات در ماه، وار در ماه، لیتر ساعت، متر مکعب

د) وات در روز، وار در روز، لیتر ساعت، متر مکعب ساعت

پاسخ) کنتور در واقع یک انرژی سنج است. واحد توان‌های اکتیو و راکتیو به ترتیب وات و وار است. همچنین کنتورهای آب و گاز نیز بر حسب حجم و با واحد مترمکعب کار می‌کنند. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۶۷-۲) جهت اندازه‌گیری توان اکتیو در یک شبکه سه‌فاز سه سیم غیرمتعالی، به کدام یک از پارامترهای زیر شبکه نیاز است؟ (د-ل-۹۵ «۲۰»)

الف) V_R و I_R (ب) V_T و I_T ، V_S ، I_S ، V_R ، I_R (ج) V_S و I_S ، V_R ، I_R (د) V_{ST} و I_T ، V_{RS} ، I_R

پاسخ) در شبکه غیرمتعالی، روابط بالا حاکم نبوده و بنابراین باید توان تک‌تک فازها را بدست بیاوریم و با هم جمع کنیم. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۶۸-۲) مجموع توان لحظه‌ای یک مصرف‌کننده سه‌فاز متعالی برابر است با: (ق-ل-۹۳ «۵۸»)

الف) متغیر با زمان است.

ب) سه برابر توان ظاهری مورد نیاز مصرف‌کننده در هر فاز

ج) سه برابر توان اکتیو مورد نیاز مصرف‌کننده در هر فاز

د) سه برابر توان راکتیو مورد نیاز مصرف‌کننده در هر فاز

پاسخ) طبق توضیحات بخش توان لحظه‌ای، مجموع توان‌های لحظه‌ای در سه فاز برابر است با:

$$P(t) = P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) =$$

$$v_{rms} i_{rms} (1 + \cos 2\omega t) \cos \varphi + v_{rms} i_{rms} \sin 2\omega t \sin \varphi +$$

$$v_{rms} i_{rms} (1 + \cos(2\omega t - 240)) \cos \varphi + v_{rms} i_{rms} \sin(2\omega t - 240) \sin \varphi +$$

$$v_{rms} i_{rms} (1 + \cos(2\omega t + 240)) \cos \varphi + v_{rms} i_{rms} \sin(2\omega t + 240) \sin \varphi$$

لذا با توجه به اینکه جملات سینوسی و کسینوسی با فازهای صفر، ۲۴۰ و -۲۴۰ همدیگر را خنثی می‌کنند، تنها جملات بدون

$$P(t) = 3v_{rms} i_{rms} \cos \varphi$$

ضرایب سینوسی و کسینوسی باقی می‌مانند. پس بدست می‌آید:

که مقدار بدست آمده، سه‌برابر توان اکتیو است. گزینه ج صحیح است.

۲-۶ پرینت کردن کمیت‌ها

۲-۶-۱ تعریف و روابط

مقدار پرینیت یک کمیت از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$\text{مقدار واقعی آن کمیت} = \frac{\text{مقدار مینا}}{\text{پرینیت یک کمیت}} \quad (۲-۸۰)$$

در واقع هدف از پرینیت کردن مقادیر در مسائل، ساده‌سازی محاسبات به‌واسطه‌ی کوچک شدن اعداد، تشخیص سریع وضعیت سیستم با معنادار شدن اعداد، یکسان شدن روابط سیستم تک‌فاز و سه‌فاز و عدم نیاز به انتقال کمیت‌ها در ترانسفورماتورها است. باید در نظر داشت که مقدار مینا دو ویژگی مهم دارد.

- عددی حقیقی است؛
- هم دیمانسیون با کمیت موردنظر است.

نکته ۲۳-۲) حقیقی بودن مقدار مینا سبب می‌شود که در پرینیت کردن مقادیر، زاویه‌ها بدون تغییر باقی بمانند.

در تحلیل سیستم‌های قدرت از چهار کمیت توان (S)، امپدانس (Z)، ولتاژ (V) و جریان (I) استفاده می‌کنیم. به‌طور کلی، برای ولتاژ و توان، مقدار مینا به‌صورت دلخواه (عموماً برابر با مقدار نامی تجهیزات) انتخاب می‌شود. سپس برای جریان و امپدانس، مقادیر مینا بر حسب ولتاژ و توان مینا قابل‌محاسبه است. یعنی این چهار کمیت از یکدیگر مستقل نبوده و چنانچه ۲ مورد از آن‌ها مشخص باشد، ۲ مورد دیگر بدست می‌آیند. چنانچه مقادیر S_b را برای توان مینا و V_b را برای ولتاژ مینا در نظر بگیریم، مقادیر مینا برای امپدانس و جریان با روابط زیر بدست می‌آید:

الف) سیستم تک‌فاز

$$I_b = \frac{S_b}{V_b} \quad (۲-۸۱)$$

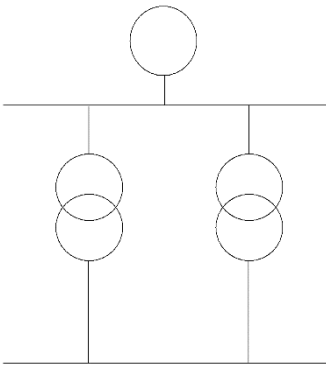
$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} \quad (۲-۸۲)$$

ب) سیستم سه‌فاز

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}V_b} \quad (۲-۸۳)$$

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} \quad (۲-۸۴)$$

نکته ۲۴-۲) اگر در صورت سوال مقدار ولتاژ یک نقطه ذکر نشود، آن را برابر با ولتاژ نامی (یک پریونیت) در نظر می‌گیریم.



پرسش ۶۹-۲) پست تراز سفورماتور یک کارخانه مطابق شکل زیر است (از مقاومت‌ها صرف‌نظر شده است). دامنه جریان اتصال کوتاه سه‌فاز در شین b چقدر است؟ (راکتانس

هر ترانس = $0.2/10$) (ق.ب-۸۱ «۸»)

الف) ۱۰ pu (ب) ۵ pu

ج) ۲۰ pu (د) ۱ pu

پاسخ) ترانسفورماتورها با هم موازی هستند، پس راکتانس معادل برابر است با:

$$X_T = \frac{X}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ pu}$$

حال مقدار جریان با تقسیم ولتاژ (که برابر با یک پریونیت است) بر راکتانس مجموع بدست

$$I_{pu} = \frac{V}{X_T} = \frac{1}{0.1} = 10 \text{ pu}$$

می‌آید:

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۷۰-۲) شمای تغذیه‌ی یک کارخانه مطابق شکل زیر است (از مقاومت‌ها صرف‌نظر شده است). اگر اتصال کوتاه سه‌فاز در نقطه B رخ

دهد، دامنه جریان اتصال کوتاه سه‌فاز چقدر است؟ (راکتانس هر کابل =

$0.1/10$ pu و راکتانس هر ترانس = $0.1/10$) (ق.ب-۸۱ «۹»)

الف) ۱۰ pu (ب) ۵ pu

ج) ۱ pu (د) ۲۰ pu

پاسخ) کابل و ترانس به صورت سری هستند؛ پس راکتانس‌شان با هم جمع

می‌شود:

$$X = 0.1 + 0.1 = 0.2 \text{ pu}$$

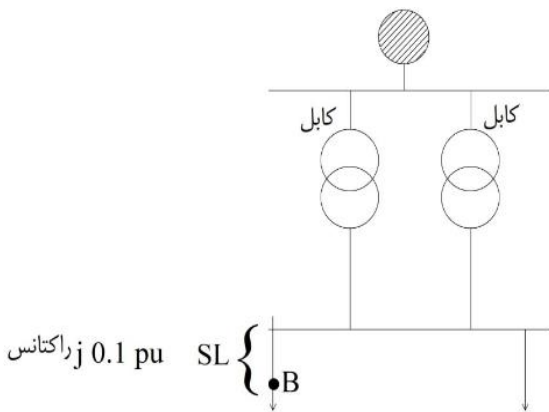
حال مقدار راکتانس کل را با توجه به موازی بودن مجموعه بدست می‌آوریم:

$$X_T = \frac{X}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ pu}$$

حال مقدار جریان با تقسیم ولتاژ (که برابر با یک پریونیت است) بر راکتانس مجموع بدست می‌آید:

$$I_{pu} = \frac{V}{X_T} = \frac{1}{0.1} = 10 \text{ pu}$$

گزینه الف صحیح است.

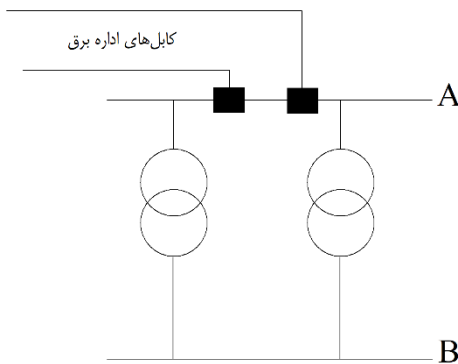




۲-۶-۲ تغییر مبنا در مقادیر پریونیت

گاهی امپدانس یک عنصر از سیستم قدرت در مبنای همان عنصر پریونیت شده هست؛ درحالیکه نیاز است تا جهت استفاده از آن مبنای آن را تغییر بدهیم. این موضوع به این دلیل است که همه‌ی امپدانس‌های یک قسمت از سیستم باید بر حسب امپدانس مبنای آن قسمت بیان شوند، بنابراین باید بتوان امپدانس‌ها را از مبنایی (مبنای قدیم) به مبنای دیگر (مبنای جدید) تبدیل نمود، که این موضوع با استفاده از رابطه‌ی زیر انجام می‌شود:

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old} \left(\frac{S_{base}^{new}}{S_{base}^{old}} \right) \left(\frac{V_{base}^{old}}{V_{base}^{new}} \right)^2 \quad (۲-۸۵)$$



پرسش ۲-۷۱ شمای تغذیه‌ی یک کارخانه مطابق شکل زیر است (از مقاومت‌ها صرف‌نظر شده است). دامنه جریان اتصال کوتاه سه‌فاز در شین B چقدر است؟ (دژنکتور = ۲۰kV، راکتانس هر ترانس = ۵۰MVA = ۰/۱pu و توان مبنا = ۱۰۰MVA) (ق.ب-۸۱ «۱۰»)

الف) ۲/۵ pu (ب) ۳ pu (ج) ۵ pu (د) ۱۰ pu
پاسخ با توجه به اینکه راکتانس ترانس‌ها در مبنای توان نامی خود ترانس پریونیت شده است، باید آن‌ها را به توان مبنای شبکه تبدیل کنیم (توجه کنید که مبنای ولتاژ تغییری نکرده است). پس برای هر ترانس داریم:

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old} \left(\frac{S_{base}^{new}}{S_{base}^{old}} \right) \left(\frac{V_{base}^{old}}{V_{base}^{new}} \right)^2 = 0.1 \times \left(\frac{100}{50} \right) \times 1^2 = 0.2pu$$

$$X_T = \frac{X}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1pu$$

حال با توجه به اینکه ترانس‌ها با هم موازی هستند، داریم:

حال مقدار جریان با تقسیم ولتاژ (که برابر با یک پریونیت است) بر راکتانس مجموع بدست می‌آید:

$$I_{pu} = \frac{V}{X_T} = \frac{1}{0.1} = 10pu$$

گزینه د صحیح است.

مفاهیم مکانیک

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ کمیت‌ها و تبدیل واحدها
- ✓ حالت‌های هوا و دما در ترمودینامیک
- ✓ انتقال حرارت
- ✓ آب خام و املاح آن
- ✓ کل مواد جامد حل‌شده در آب (TDS)
- ✓ سختی آب
- ✓ پرسش‌های متفرقه



۳-۱ کمیت‌ها و تبدیل واحدها

کمیت‌های اصلی و واحد آنها، مطابق سیستم بین‌المللی SI، عبارتند از:

جدول (۳-۱) کمیت‌های اصلی در سیستم بین‌المللی SI

نام کمیت اصلی	واحد اندازه‌گیری در SI
طول (L)	متر (m)
جرم (M)	کیلوگرم (kg)
زمان (t)	ثانیه (s)
دما (T)	کلوین (K)
شدت جریان الکتریکی (I)	آمپر (A)
مقدار ماده (N)	مول (mol)
شدت نور (J)	کندلا یا شمع (cd)

سایر کمیت‌ها، به‌عنوان کمیت‌های فرعی از کمیت‌های اصلی ساخته و تعریف می‌شوند. برخی کمیت‌های فرعی مهم به‌همراه واحد اندازه‌گیری (یکا) آنها و بر اساس واحدهای سیستم بین‌المللی SI، در جدول زیر آمده است:

جدول (۳-۲) برخی کمیت‌های فرعی

نام کمیت فرعی	یکا SI	یکا فرعی
سطح (A)	متر مربع (m ²)	m ²
نیرو (F)	نیوتن (N)	kg.m/s ²
فشار (P)	پاسکال (Pa)	kg/ms ²
حجم (V)	متر مکعب (m ³)	m ³
دبی (Q)	متر مکعب بر ثانیه (m ³ /s)	m ³ /s
انرژی (E)	ژول (J)	kg m ² /s ²
توان (P)	وات (W)	kg m ² /s ³

۳-۱-۱ دبی

حجم سیال جابه‌جا شده از یک مجرای مشخص (مانند لوله یا کانال)، در واحد زمان، «بده» یا «دبی» نام دارد. واحد دبی در سیستم SI، متر مکعب بر ثانیه (m³/s) می‌باشد؛ که معمولاً برای اندازه‌گیری جریان سیال استفاده می‌شود. واحدهای دیگر برای اندازه‌گیری دبی به‌شرح زیر است:

$$1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 3600 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} = 1000 \frac{\text{Lit}}{\text{s}} = 15850 \text{gpm} \quad (3-1)$$

$$1 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} = 4.40 \text{gpm} \quad (3-2)$$

مقدار دبی از حاصل ضرب سرعت در سطح مقطعی که سیال از آن عبور می‌کند نیز به‌دست می‌آید:

$$Q = V.A \quad (3-3)$$

که در آن، V سرعت سیال (برحسب m/s)، A سطح مقطع کانال عبوری (مثلاً لوله) (برحسب m² باشد) و Q مقدار دبی (برحسب m³/s) خواهد بود.

پرسش ۱-۳) در سیستم SI، دبی حجمی به چه معنایی محاسبه می‌شود؟ (ق.ت-۸۷ «۲»)

الف) لیتر در ثانیه ب) لیتر در ساعت ج) متر مکعب در ساعت د) متر مکعب در ثانیه

پاسخ) بنا بر تعریف، دبی برابر است با حجم سیال عبوری در واحد زمان. همچنین با توجه به توضیحات فوق، گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۲۵» آزمون "برق و ماشین آلات کارخانجات قوه قضائیه" سال ۸۸ می‌باشد.

پرسش ۲-۳) دبی سیال که با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه، از لوله‌ای با سطح مقطع 0.2 متر مربع جریان دارد، چند متر مکعب بر ثانیه است؟ (ق.ب-۸۸ «۳۶»)

الف) ۲ ب) ۴ ج) ۱ د) ۸

پاسخ) از تعریف دبی داریم:
گزینه الف صحیح است.

$$Q = V.A = 10 \times 0.2 = 2 \frac{m^3}{s}$$

این پرسش، مشابه پرسش «۷۰» آزمون "تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه" سال ۹۳ می‌باشد.

۳ - ۱ - ۲ فشار

فشار با نماد p یا P ، برابر است با نیروی عمودی وارد شده بر واحد سطح و از نظر مقداری برابر است با حاصل تقسیم نیروی عمودی بر سطحی که بر آن نیرو وارد می‌شود. فشار، طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{F}{A} \quad (۳-۴)$$

که در آن، F نیروی وارد شده (برحسب نیوتون)، A سطح مقطع (برحسب مترمربع) و P فشار می‌باشد. واحد فشار در سیستم SI، نیوتون بر مترمربع (N/m^2) بوده که برابر است با یک پاسکال (Pa).

در مایعات نیز فشار طبق رابطه فوق تعریف می‌شود و عبارت است از نیروی عمود بر واحد سطح؛ که از دو منبع ناشی می‌شود: الف) فشار ناشی از وزن سیال که به آن «فشار هیدرواستاتیکی» گویند و بیشتر در مخازن و محل‌هایی که مایع ساکن است، مطرح می‌باشد. مقدار این فشار رابطه مستقیم با عمق و چگالی مایع دارد و برابر است با:

$$P = \rho gh \quad (۳-۵)$$

که در آن، ρ دانسیته یا جرم حجمی مایع (برحسب kg/m^3)، g شتاب گرانش (برحسب m/s^2)، h عمق یا ارتفاعی از سطح آزاد در داخل مایع (برحسب m) و P فشار هیدرواستاتیکی (برحسب پاسکال) می‌باشد.

توجه شود که فشار مطلق در نقطه‌ای مانند B در عمق h از سطح آزاد، عبارتست از $P_{abs} = \rho gh + P_0$ و P_0 فشار اتمسفر محیط می‌باشد. هرچه از سطح آزاد به عمق مایع/آب فرو برویم، مقدار فشار بیشتر می‌شود و در هر نقطه، فشار هیدرواستاتیک در همه جهات یکسان است.

ب) فشار ناشی از عامل فشار (مثل فشار در لوله‌ها به واسطه پمپ).

سایر واحدهای فشار عبارتند از: پوند بر اینچ مربع (psi)، اتمسفر (atm)، بار (bar)، سانتی متر ستون آب (cmH_2O)، سانتی متر ستون جیوه ($cmHg$)، کیلوگرم بر سانتی مترمربع (kg/cm^2) و اینچ ستون آب (inH_2O). تبدیل واحدهای فشار، با استفاده از روابط زیر ممکن خواهد بود:

$$1 atm = 10^5 Pa = 100 kPa = 14.7 psi \quad (۳-۶)$$

$$1 atm = 1.013 bar \quad (۳-۷)$$

$$1 atm = 76 cmHg = 1033.2 cmH_2O = 1.033 \frac{kg}{cm^2} = 406.78 inH_2O \quad (۳-۸)$$



پرسش ۳-۳) واحد فشار در سیستم SI برابر است با: (ق.ت-۸۴ «ع»)

الف) نیوتن بر متر مربع (ب) کیلونیوتن بر متر مربع (ج) کیلوگرم بر متر مربع (د) پاسکال

پاسخ) مطابق توضیح بالا گزینه د صحیح است

پرسش ۳-۴) یک اتمسفر معادل کدام یک از موارد ذیل است؟ (ق.ب-۹۶ «۲۳»)

الف) ۱۴/۷ PSI (ب) ۳۰۵ kPa (ج) ۲۹/۴ PSI (د) هیچ کدام

پاسخ) مطابق توضیحات بالا گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۶» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات قوه قضائیه» سال ۸۴ و پرسش «۳۴» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه» سال ۸۷ می باشد.

پرسش ۳-۵) یک PSI چند کیلو پاسکال می باشد؟ (ق.ب-۸۴ «۳۵»)

الف) ۴/۸۹۴ (ب) ۴/۲۹۴ (ج) ۶/۸۹۴ (د) ۶/۲۹۴

$$1 \text{ psi} = \frac{100}{14.7} \text{ kPa} = 6.8 \text{ kPa}$$

پاسخ) با توجه به روابط تبدیل واحدهای فشار داریم:

بنابراین گزینه ج صحیح است

نکته ۳-۱) حداکثر فشار کاری در لوله کشی گاز ساختمان، ۱۷۶ میلی متر ستون آب، معادل یک چهارم پوند بر اینچ مربع (psi)، می باشد. (۱۷-۱-۳-۱-الف)

پرسش ۳-۶) فشار معمولی گاز طبیعی، در شبکه های خانگی و تجاری، چه میزان می باشد؟ (د.ت-۷۱ «۲۸»)

الف) ۰/۵ اتمسفر (ب) ۱۲ اینچ ستون آب

ج) ۱۷/۸ سانتی متر ستون آب (د) ۰/۲۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع

پاسخ) بنابر نکته فوق، فشار مذکور $\frac{1}{4}$ psi است. برای تبدیل به واحدهای دیگر، داریم: $P = \frac{1}{4} \times \left(\frac{1}{14.7} \right) = 0.017 \text{ atm}$

$$P = \frac{1}{4} \text{ psi} = \frac{1}{4} \times \left(\frac{406.78}{14.7} \right) = 6.92 \text{ inH}_2\text{O}$$

$$P = \frac{1}{4} \text{ psi} = \frac{1}{4} \times \left(\frac{1033.2}{14.7} \right) = 17.6 \text{ cmH}_2\text{O}$$

$$P = \frac{1}{4} \text{ psi} = \frac{1}{4} \times \left(\frac{1.033}{14.7} \right) = 0.018 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

بنابراین گزینه ج صحیح می باشد.

نکته ۳-۲) فشار خروجی در رگولاتور کپسول های گاز مایع، معمولاً حدود ۲۳-۳۳ میلی بار است؛ که به طور متوسط معادل ۱۱ اینچ ستون آب می باشد.

پرسش ۳-۷) فشار گاز خروجی، از رگولاتور نصب شده بر روی سیلندرهاى خانگی گاز مایع، بایستی چه مقداری باشد؟ (د.ب-۷۱ «۳۸»)

الف) ۷ اینچ ستون آب (ب) ۱۱ اینچ ستون آب (ج) ۱۵ اینچ ستون آب (د) ۲۸ اینچ ستون آب

پاسخ) با توجه به نکته فوق، گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۲۸» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۷۱ و پرسش «۲۹» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۷۱ می باشد.

نکته ۳-۳) نیرو در کف استخر، برابر با وزن آب داخل استخر می باشد؛ که عبارتست از حاصلضرب حجم آب (برحسب مترمکعب)، در وزن مخصوص آن (برحسب نیوتن بر مترمکعب). به همین ترتیب، فشار نیز از حاصل تقسیم این نیرو بر مساحت کف به دست می آید.

پرسش ۸-۳) در صورتی که مساحت کف استخری ۳×۲ متر مربع باشد، نیروی وارد بر کف استخر در عمق ۶ متری آب، چند کیلو نیوتن است؟ (نیوتن بر مترمکعب $I=10000$ آب) (ق.ت-۸۷ «۳»)

الف) ۳۶۰ (ب) ۹۰ (ج) ۱۸۰ (د) ۴۵

پاسخ) وزن مخصوص آب را معمولاً با W نشان می‌دهند؛ که در اینجا با حرف I نشان داده شده است. نیروی وارد بر کف استخر، عبارتست از وزن آب داخل استخر (که برابر است با حاصل ضرب حجم آب در وزن مخصوص آب). در نتیجه داریم:

$$F = V \times I = (2 \times 3 \times 6) \times 10000 = 360000 \text{ N} = 360 \text{ kN}$$

بنابراین گزینه الف صحیح می‌باشد.

پرسش ۹-۳) نسبت فشار وارده به ۲ متر مربع از کف مخزنی حاوی ۴ مترمکعب آب با ارتفاع ۲ متر و مخزنی حاوی ۴۰۰ مترمکعب آب با ارتفاع ۲ متر برابر است با: (ق.ت-۸۴ «۳»)

الف) ۱۰۰ برابر (ب) ۱ برابر (ج) ۲ برابر (د) ۲۰۰ برابر

پاسخ) فشار وارد بر یک سطح مشخص از کف استخر، برابر است با وزن ستون آب بالای آن سطح ($P = \rho gh$). چون ارتفاع

آب در هر دو منبع یکی است، در نتیجه وزن و فشار مربوطه نیز یکی می‌باشد؛ داریم:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\rho gh_2}{\rho gh_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2}{2} = 1$$

گزینه ب صحیح است.

ضمناً از دیدگاه دیگر، می‌دانیم فشار وارد بر دو مترمربع کف برابر است با وزن آب بالای آن تقسیم بر سطح ۲ مترمربع و در هر دو مخزن با توجه به ارتفاع یکسان وزن آب بالای سطح مربوطه یکسان خواهد بود.

این پرسش، مشابه پرسش «۶۱» آزمون «برق و ماشین‌آلات کارخانجات قوه‌قضائیه» سال ۸۴ و پرسش «۱» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۸۶ و پرسش «۱» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه‌قضائیه» سال ۸۲ می‌باشد.

پرسش ۱۰-۳) ابعاد مخزنی مکعب مستطیل شکل $۲ \times ۴ \times ۲$ و به عمق ۲ متر می‌باشد، در صورتی که هد آب درون مخزن $۱/۵$ متر می‌باشد نیروی اثر کننده بر کف مخزن چقدر خواهد بود؟ (ق.ت-۸۶ «۱»)

الف) $۱۴۷/۱۵ \text{ kN}$ (ب) ۲۲۰ kN (ج) $۱۴/۷۱۵ \text{ kN}$ (د) ۲۲ kN

پاسخ) نیروی وارد بر کف منبع یا استخر، برابر است با وزن ستون آب بالای آن قسمت. در نتیجه داریم:

$$F = W = mg = \rho vg = 1000 \times (4 \times 2 \times 1.5) \times 9.81 = 117720 \text{ N} = 117.7 \text{ kN}$$

نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ صحیح، گزینه الف می‌باشد.

پرسش ۱۱-۳) فنر یک شیر، فشاری معادل ۱۰۰ نیوتن بر سطح سوپاپ وارد می‌کند. این شیر در چه فشاری، برحسب بار، باز می‌شود؟ در صورتی که سطح مقطع شیر ۲ سانتی‌متر باشد. (ق.ت-۸۶ «۳۲»)

الف) $۲/۵$ (ب) ۱۰ (ج) ۵ (د) $۱/۲۵$

پاسخ) سطح مقطع ۲ سانتی‌متر احتمالاً اشتباه تایپی بوده و ۲ سانتی‌متر مربع صحیح است بنابراین بر اساس تعریف فشار داریم:

$$A = 2 \text{ cm}^2 = \frac{2}{10000} \text{ m}^2 = 0.0002 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{100}{0.0002} = 500000 \text{ Pa} = 500000 \times 10^{-5} \text{ bar} = 5 \text{ bar}$$

بنابراین گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۲» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه‌قضائیه» سال ۸۲ می‌باشد.

۳- ۱- ۲- ۱ فشار نسبی

«فشار نسبی» (P_{gage})، که به آن فشار پیمانه‌ای (یا سنج‌های) نیز می‌گویند، برابر است با فشار مطلق (P_{abs}) منهای فشار هوا در محیط (یعنی فشار اتمسفر (P_0)):

$$P_{\text{gage}} = P_{\text{abs}} - P_0 \quad (3-9)$$

وسایل اندازه‌گیری فشار، معمولاً فشار نسبی (یعنی اختلاف فشار منبع مورد نظر و فشار اتمسفر)، را نشان می‌دهند. مانومترها یا فشارسنج‌ها، فشار نسبی را نشان می‌دهند. در نتیجه برای محاسبه فشار مطلق باید مقدار نشان داده شده را با فشار اتمسفر (جو) جمع کرد. فشار اتمسفر، فشار هوا در محل یا محیط مورد بررسی می‌باشد. فشار اتمسفر استاندارد، فشار هوا در سطح دریای آزاد است. مانومترها یا فشارسنج‌ها، فشار نسبی یا فشار گیج را نشان می‌دهند. برای به دست آوردن فشار مطلق، می‌بایست فشار نسبی نشان داده شده توسط مانومتر را با فشار اتمسفر محیط (محیطی که مانومتر در آن قرار دارد) جمع نمود.

پرسش ۱۲-۳) کدام گزینه، تعریف صحیح فشار نسبی می‌باشد؟ (ق.ب- ۸۰ «۷۴»)

- الف) تفاضل فشار مطلق و فشار اتمسفر در محل
 ب) تفاضل فشار مطلق و فشار اتمسفر در کنار دریای آزاد
 ج) مجموع فشار مطلق و فشار اتمسفر در محل
 د) مجموع فشار مطلق و فشار اتمسفر در کنار دریای آزاد
پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، گزینه الف صحیح است.

پرسش ۱۳-۳) کدام رابطه صحیح است؟ (ق.ت- ۸۴ «۵»)

- الف) فشار مطلق = فشار جو + فشار مانومتر
 ب) فشار مطلق = فشار در سطح دریا
 ج) فشار مانومتر = ارتفاع × شتاب ثقل
 د) کلیه موارد فوق

پاسخ) با توجه به نکته بالا، گزینه الف صحیح است

این پرسش، مشابه پرسش «۳۷» آزمون «برق و ماشین‌آلات کارخانجات قوه‌قضائیه» سال ۸۴ و پرسش «۲» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه‌قضائیه» سال ۸۶ و پرسش «۱» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه‌قضائیه» سال ۸۲ می‌باشد.

۳ - ۱ - ۳ چگالی آب

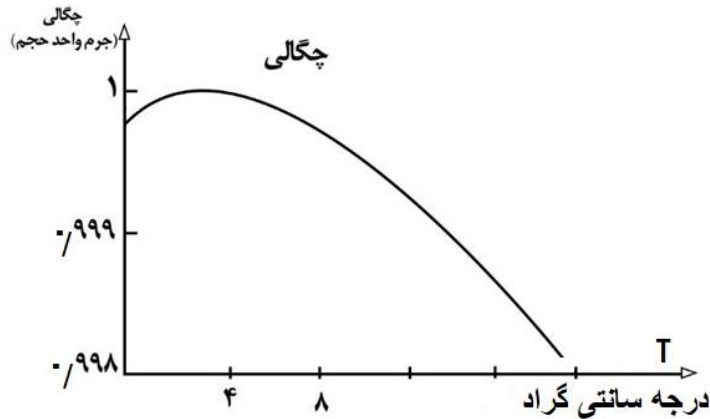
دانسیته یا چگالی سیال، جرم واحد حجم سیال می‌باشد و واحد اندازه‌گیری آن kg/m^3 است. مثلاً چگالی آب 1000 kg/m^3 ، چگالی روغن 800 kg/m^3 و چگالی الکل 789 kg/m^3 می‌باشد. چگالی هوا در سطح دریا در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و با توجه به جو استاندارد حدود $1/225 \text{ kg/m}^3$ است.

آب خاصیت منحصر به فردی دارد که با افزایش دمای آن، از صفر تا ۴ درجه سانتی‌گراد، کاهش حجم می‌دهد. اما از ۴ الی ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، با افزایش دما، حجم آن افزایش می‌یابد. در نتیجه، آب در ۴ درجه سانتی‌گراد، کمترین حجم مخصوص (حجم واحد جرم یا عکس چگالی) و بیش‌ترین چگالی (دانسیته یا جرم واحد حجم یا جرم مخصوص) را دارد. برخی مقادیر تغییرات چگالی آب در جدول زیر آمده است:

جدول (۳-۳) چگالی آب در دماهای مختلف

چگالی (gr/cm^3)	دما ($^{\circ}\text{C}$)
۰/۹۹۹۸۵	۰/۱
۰/۹۹۹۹	۱
۰/۹۹۹۹۷	۴
۰/۹۹۹۹۷	۱۰
۰/۹۸۸۰۴	۵۰
۰/۹۶۵۳۱	۹۰
۰/۹۶۱۸۹	۹۵
۰/۹۵۸۳۵	۱۰۰

در شکل زیر تغییرات چگالی و حجم مخصوص آب، حول نقطه ۴ درجه سانتی‌گراد، رسم شده است.



شکل (۱-۳) تغییرات چگالی آب؛ حول دمای ۴ درجه سانتی‌گراد

پرسش ۱۴-۳) می‌دانیم جرم حجمی آب، با دما تغییر می‌کند. در کدام دما، برحسب درجه سلسیوس، تغییرات حجمی آب به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد؟ (د.ت-۷۱ «۱۴»)

- الف) صفر درجه ب) ۴ درجه ج) ۳۷ درجه د) ۱۰۰ درجه
- پاسخ) با توجه به مطلب فوق، گزینه ب صحیح است

این پرسش، مشابه پرسش «۱۰» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۷۱ می‌باشد.

پرسش ۱۵-۳) در یک ظرف استوانه‌ای شکل، مقداری آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. اگر دمای آب به ۵ درجه سانتی‌گراد تقلیل یابد و ضریب انبساط ظرف ناچیز باشد، فشار وارد بر کف ظرف و ارتفاع آب درون آن چگونه است؟ (د.ت-۸۶ «۳۲»)

- الف) فشار و ارتفاع کم می‌شود. ب) فشار ثابت و ارتفاع کم می‌شود.
 ج) فشار کم می‌شود و ارتفاع زیاد می‌شود. د) فشار و ارتفاع هر دو ثابت می‌ماند.
- پاسخ)** حجم مخصوص آب در حدود ۴ درجه به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد. در نتیجه حجم و ارتفاع آب کم می‌شود. از طرفی فشار وارد بر کف، عبارتست از نیروی وزن آب، تقسیم بر کف ظرف. با توجه به اینکه مقدار جرم آب داخل استوانه تغییری نکرده (صرفاً چگالی آن زیاد شده)، نیروی وزن ($W = m.g$) و متعاقباً فشار، ثابت می‌ماند. در نتیجه گزینه ب صحیح است.

پرسش ۱۶-۳) تغییر حجم آب در سیستم‌های حرارتی از ۴ تا ۹۴ درجه سانتی‌گراد حدوداً درصد است. (د.ت-۷۱ «۱۱»)

- الف) ۴ درصد ب) ۱۰ درصد ج) صفر درصد د) ۵ دهم درصد
- پاسخ) حجم مخصوص آب عبارتست از معکوس چگالی (یا جرم مخصوص) آن. همچنین با توجه به جدول مقادیر چگالی آب، (چون چگالی در دماهای ۹۴ و ۹۵ درجه بسیار نزدیک به یکدیگرند و در جدول ۹۵ درجه را داریم از آن استفاده

$$\Delta V = \frac{V_{94^{\circ}C} - V_{4^{\circ}C}}{V_{94^{\circ}C}} = \frac{\frac{1}{\rho_{94^{\circ}C}} - \frac{1}{\rho_{4^{\circ}C}}}{\frac{1}{\rho_{94^{\circ}C}}} = \frac{\frac{1}{0.96189} - \frac{1}{0.99997}}{\frac{1}{0.99997}} = \frac{0.03959}{1} = 0.039 \approx 4\%$$

می‌کنیم) داریم:

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۱۷-۳) یک متر مکعب آب ۱۰۰ درجه چقدر از همان مقدار آب، ولی با دمای ۴ درجه، سبک‌تر است؟ (ق.ت-۸۴ «۱۲»)

- الف) ۳۸ کیلوگرم ب) ۴۲ کیلوگرم ج) ۲۹/۶ کیلوگرم د) ۴ کیلوگرم

پاسخ) چگالی آب در دماهای مختلف متفاوت است (رجوع شود به جدول تغییرات چگالی آب با دما). در نتیجه در حجم

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V$$

ثابت، وزن آب با تغییرات چگالی رابطه مستقیم دارد. یعنی:

$$m_{40^\circ\text{C}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1 \text{m}^3 = 1000 \text{kg}$$

$$m_{100^\circ\text{C}} = 958.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1 \text{m}^3 = 958.4 \text{kg}$$

$$m_{40^\circ\text{C}} - m_{100^\circ\text{C}} = 1000 - 958.4 = 41.6 \approx 42 \text{kg}$$

بنابراین گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۶۴» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات قوه قضائیه» سال ۸۴ می‌باشد.

۳ - ۱ - ۴ سایر کمیت‌ها و تبدیل واحدها

۳ - ۱ - ۴ - ۱ توان

توان عبارتست از کار انجام شده (یعنی حاصلضرب نیرو در جابه‌جایی) در واحد زمان و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot d}{t} \quad (3-10)$$

که در آن، F نیرو (برحسب نیوتن)، d جابه‌جایی (برحسب متر)، t زمان (برحسب ثانیه) و P توان (برحسب وات) می‌باشد.

نکته ۳-۴) واحد دیگر توان، اسب بخار است؛ که در سیستم‌های انگلیسی و متریک به شرح زیر تعریف می‌شود:

- توان در سیستم انگلیسی: مقدار توان لازم برای بالا بردن ۵۵۰ پوند در یک ثانیه، به میزان ۱ فوت (معادل ۷۴۶ وات).
- توان در سیستم متریک: مقدار توان لازم برای بالا بردن ۷۵ کیلوگرم در یک ثانیه، به میزان ۱ متر (معادل ۷۳۶ وات).

نکته ۳-۵) معمولاً در محاسبات، مقدار معادل اسب بخار، ۷۴۶ وات در نظر گرفته می‌شود.

پرسش ۳-۱۸) یک اسب بخار چند وات است؟ (ق.ب-۹۳ «۴»)

الف) ۷۳۶ وات ب) ۸۳۶ وات ج) ۷۲۶ وات د) ۸۲۶ وات

پاسخ) با توجه به نکته فوق، گزینه الف صحیح است.

پرسش ۳-۱۹) یک بار ۵ کیلوگرمی تو سب بالابر به اندازه ۳۰ متر در ۱۵ ثانیه جابه‌جا می‌شود. چند اسب بخار توان برای

انجام این کار لازم است؟ (ق.ب-۸۴ «۵»)

الف) ۰/۳۱ ب) ۰/۱۲ ج) ۱/۲ د) ۰/۰۳

پاسخ) نیروی اعمال شده، برابر وزن بار می‌باشد. از طرفی می‌دانیم وزن برابر است با حاصلضرب جرم بار (kg) در شتاب

$$P = \frac{F \cdot d}{t} = \frac{(m \cdot g) \cdot d}{t} = \frac{(5 \times 9.8) \times 30}{15} = 98W = \frac{98}{746} = 0.13 \text{hp}$$

جاذبه زمین ($g=9.8 \text{ m/s}^2$). داریم:

بنابراین گزینه ب صحیح است.

نکته ۳-۶) وزن (برحسب نیوتن)، عبارتست از حاصل ضرب جرم (برحسب kg) در شتاب جاذبه زمین (برحسب m/s^2). از طرفی

واحد دیگری برای نیرو وجود دارد به نام کیلوگرم نیرو (kgf)؛ که برابر است با ۹/۸ نیوتن. به بیان ساده‌تر، وزن یک کیلوگرم جرم،

برابر است با ۱ kgf یا ۹/۸ N.

پرسش ۳-۲۰) یک کیلوگرم چند نیوتن است؟ (ق.ت-۸۴ «۱۰»)

الف) ۴/۲ ب) ۱۴ ج) ۹/۸ د) ۰/۴۵۳

پاسخ) طبق نکته فوق، یک کیلوگرم نیرو برابر است با ۹/۸ نیوتن. بنابراین گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۶» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات قوه قضائیه» سال ۹۳ می‌باشد.

سایر تبدیل واحدهای پرکاربرد، در جدول زیر خلاصه شده است:

جدول (۳-۴) برخی تبدیل واحدها

طول	$1 m = 3.28 ft$
	$1 inch = 25.4 mm$
نیرو	$1 kgf = 9.81 N$
کار (انرژی)	$1 J = 1 N.m$
	$1 kcal = 4184 J = 1.163 \times 10^{-3} kWh$
	$1 Wh = 3600 J$
توان	$1 Btu = 1055 J = 0.293 Wh$
	$1 Watt = 1 J / s$
	$1 Watt = 3.41 Btu / h$

پرسش ۲۱-۳) یک نیوتن بر مترمربع، معادل چند پاسکال است؟ (ق.ب-۱۴۰۰ «۱۵»)

الف) ۱۴ (ب) ۱۱ (ج) ۹/۸ (د) ۱

پاسخ) طبق تعریف واحد فشار، یک پاسکال برابر است با فشار ناشی از نیروی یک نیوتن بر روی یک مترمربع. بنابراین گزینه د صحیح است.

نکته ۷-۳) «بی‌تی‌یو» یا واحد حرارتی بریتانیایی (BTU یا Btu)، واحد اندازه‌گیری گرما (انرژی) می‌باشد و عبارت است از مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک پوند آب، به میزان یک درجه فارنهایت.

پرسش ۲۲-۳) یک وات برابر چند بی‌تی‌یو (BTU) در ساعت است؟ (د.ت-۸۸ «۳۹»)

الف) ۰/۸۶ (ب) ۱/۱۶۳ (ج) ۳/۴۱۳ (د) ۴/۱۸۶

پاسخ) با توجه به جدول بالا، گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲۳-۳) کدام یک از عبارات زیر نادرست است؟ (د.ت-۷۱ «۴۰»)

الف) یک ژول انرژی برابر است با $1/0 Nm$ (ب) یک وات برابر است با $1/0 J/s$
 ج) یک پاسکال برابر است با $1/0 N/m^2$ (د) یک نیوتون برابر است با شتاب ثقل $1/0 Kg$

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، گزینه د پاسخ مورد نظر است.

پرسش ۲۴-۳) یک فوت‌مربع معادل کدام یک از موارد ذیل است؟ (ق.ب-۹۶ «۲۴»)

الف) $32/78$ سانتی‌مترمربع (ب) $0/1858$ مترمربع (ج) $0/0929$ مترمربع (د) هیچ کدام

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، داریم:
 $1 ft^2 = \left(\frac{1 m}{3.28 ft} \right)^2 ft^2 = 0.09295 m^2$

در نتیجه یک فوت‌مربع، برابر است با $0/09295$ مترمربع. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲۵-۳) ده هزار کیلوکالری در ساعت، معادل چند وات در ساعت و چند کیلوژول در ساعت است؟ (د.ت-۸۴ «۱۸»)

الف) $15,000$ وات در ساعت و $20,000$ کیلوژول در ساعت

ب) $11,630$ وات در ساعت و $41,860$ کیلوژول در ساعت

ج) $18,360$ وات در ساعت و $45,750$ کیلوژول در ساعت

د) $13,450$ وات در ساعت و $21,370$ کیلوژول در ساعت

پاسخ) برای تبدیل کیلوکالری در ساعت به وات ساعت، داریم:

$$1 \frac{kcal}{h} = 1.163 Wh$$

$$10000 \frac{kcal}{h} \times 1.163 Wh = 11630 Wh$$

$$1 \frac{kcal}{h} = 4.186 \frac{kJ}{h}$$

همچنین برای تبدیل کیلوکالری در ساعت به کیلوژول در ساعت، داریم:

در نتیجه:

$$10000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 4.186 = 41860 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

در نتیجه:

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۲۶-۳) کدام عبارت صحیح است؟ (د.ب-۸۰ «۱۹ تستی»)

الف) یک نیوتون نیروی است که به یک پوند جرم، شتابی معادل یک متر بر مجذور ثانیه می‌دهد.

ب) گرمای ویژه مقدار حرارتی است که یک گرم جسم می‌گیرد تا حرارت آن یک درجه افزایش یابد.

ج) یک پاسکال فشار برابر با یک کیلوگرم بر سطح یک سانتی‌متر مربع است.

د) یک وات قدرت برابر است با یک ژول انرژی در دقیقه.

پاسخ) یک نیوتن، مقدار نیروی است که اگر پیوسته به جسمی با جرم یک کیلوگرم وارد شود، آن جسم شتاب یک متر بر مجذور ثانیه را حفظ می‌کند. در نتیجه گزینه الف نادرست است. همچنین گرمای ویژه، انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای یک واحد جرم ماده به اندازه یک درجه می‌باشد (واحد جرم در سیستم SI کیلوگرم و واحد دما کلون می‌باشد که در گزینه ب به آن‌ها اشاره نشده است). در نتیجه گزینه ب نادرست است. علاوه بر این، یک پاسکال، فشار برابر است با نیروی یک نیوتون بر سطح یک متر مربع. در نتیجه گزینه ج نادرست است. ضمناً یک وات قدرت، برابر است با یک ژول انرژی در ثانیه. در نتیجه گزینه د نادرست است. هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیستند.

۳-۲ حالت‌های هوا و دما در ترمودینامیک

۳-۲-۱ تعاریف

علم ترمودینامیک: ترمودینامیک از دو کلمه‌ی ترمو به معنای گرما و دینامیک به معنای نیرو و پویایی تشکیل شده است و در علم فیزیک و شیمی، رابطه‌ی بین دما و حجم و فشار در یک سیستم فیزیکی را بررسی می‌کند.

دما: کمیتی است که میزان گرمی و یا سردی اجسام را نشان می‌دهد و واحد اندازه‌گیری آن درجه سانتی‌گراد ($^{\circ}\text{C}$)، درجه فارنهایت ($^{\circ}\text{F}$) و کلون (K) می‌باشد.

انواع دماها را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

الف) دمای خشک (t_{db}): دمایی است که یک دماسنج معمولی از محیط نشان می‌دهد؛ به شرطی که زیر نور آفتاب و یا در معرض رطوبت نباشد. دمای خشک، نشانگر دمای واقعی هوا است.

ب) دمای مرطوب (t_{wb}): اگر یک پارچه را با آب مرطوب کنیم و دور حباب یک دماسنج بیچیم و هوا از سطح آن عبور داده شود، نتیجه این می‌شود که دمای حباب پایین می‌آید و به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد. این دما را دمای مرطوب یا دمای تر می‌گویند. دمای مرطوب توسط دمای خشک و مقدار رطوبت هوا تعیین می‌شود. در رطوبت نسبی ۱۰۰٪، دمای مرطوب برابر با دمای هوای خشک است. اختلاف بین دمای خشک و تر (مرطوب)، می‌تواند میزان رطوبت هوا را تعیین کند. بنابراین در آب و هوای خشک این اختلاف بیشتر است.

ج) دمای نقطه شبنم (t_{dp}): به طور معمول هوا دارای رطوبت است. اگر هوا را آنقدر سرد کنیم تا به دمایی برسیم که رطوبت هوا یا بخار آب موجود در هوا به نقطه اشباع برسد و شروع به تقطیر کند، آن دما را دمای نقطه شبنم می‌نامیم.

ه) رطوبت اشباع: در یک دمای مشخص، اگر مقدار حداکثر بخار آب در دمای ثابتی وارد هوا شود، گویند هوا در این درجه حرارت از بخار آب اشباع شده و دارای رطوبت اشباع می‌باشد. فشار یا کشش بخار آب را در این حالت، فشار بخار اشباع شده در درجه حرارت مزبور می‌نامند.

و) رطوبت نسبی (R_h): دو تعریف زیر برای رطوبت نسبی ارائه می‌شود:

- نسبت جرم بخار آب موجود در هوا (m_v)، به جرم بخار آب موجود در هوای اشباع (m_s)؛ در همان دمای خشک ($R_h = m_v/m_s$)

- نسبت فشار جزئی بخار آب موجود در هوا (P_v یا P_{vapor})، به فشار اشباع بخار آب هوا (P_s یا P_{saturate})؛ در همان دمای خشک ($R_h = P_v/P_s$)

ز) نسبت رطوبت یا رطوبت مخصوص یا محتوای رطوبت (W): نسبت جرم بخار آب (m_v) به جرم هوای خشک (m_a) را گویند و در واقع وزن بخار آب در واحد وزن هواست. نسبت رطوبت، بدون بُعد بوده و معمولاً برحسب درصد بیان می‌شود.

$$W = \frac{m_v}{m_a} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v} \quad (3-11)$$

در رابطه‌ی فوق P فشار اتمسفر محیط می‌باشد.

ح) آنتالپی هوا (h): مقدار انرژی حرارتی موجود در هوا؛ برحسب بی‌تی‌یو بر پوند (Btu/lb) هوای خشک ضمناً پارامتری به نام رطوبت مطلق نیز تعریف می‌گردد که عبارت است از مقدار بخار آب موجود در واحد حجم هوا، رطوبت مطلق بوده و واحد آن گرم بر مترمکعب یا میلی‌گرم در لیتر است.

پرسش ۲۷-۳ (کدام پاسخ تعریف رطوبت مخصوص و یا نسبت رطوبت است؟ (ق.ب-۸۰ «۴۴»))

الف) نسبت وزن بخار آب موجود در هوا به وزن بخار آب در هوای اشباع در همان درجه حرارت

ب) نسبت وزن بخار آب موجود در هوا به وزن خشک

ج) نسبت وزن بخار آب موجود در هوا به وزن هوای مرطوب

د) نسبت فشار جزئی بخار آب موجود در هوا به فشار جزئی بخار آب در هوای اشباع در همان درجه حرارت

پاسخ) با توجه به نکته بالا، گزینه ب صحیح است.

پرسش ۲۸-۳ (اگر در 100 m^3 از مخلوط هوا و بخار آب، جرم هوا و بخار آب به ترتیب $108/6$ کیلوگرم و $2/77$ کیلوگرم باشد، نسبت رطوبت یا رطوبت مخصوص را حساب کنید؟ (ق.ت-۸۱ «۳۷»))

الف) $0/0355$ ب) $39/21$ ج) $300/8$ د) $0/01$

پاسخ) طبق تعریف نسبت رطوبت، برابر است با جرم بخار آب تقسیم بر جرم هوای خشک. داریم:

$$\frac{M_{\text{Vapor}}}{M_{\text{dryair}}} = \frac{M_v}{M_a} = \frac{2.77}{108.6} = 0.0255$$

بنابراین نزدیک‌ترین عدد، گزینه الف است.

پرسش ۲۹-۳ (اگر در یک مخلوط هوا بخار آب، فشار جزئی بخار $3/397 \text{ kPa}$ و فشار اشباع بخار $4/246 \text{ kPa}$ باشد،

رطوبت نسبی را حساب کنید؟ (ق.ت-۸۱ «۳۸»))

الف) $0/8$ ب) $1/25$ ج) $14/42$ د) $7/643$

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، رطوبت نسبی برابر است با:

$$Rh = \frac{P_{\text{Vapor}}}{P_{\text{Saturate}}} = \frac{P_v}{P_s} = \frac{3.397}{4.246} = 0.8 = 80\%$$

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۳۰-۳ (نسبت درجه حرارت مرطوب و درجه حرارت یک محل معمولاً چگونه است؟ (د.ت-۸۰ «۷» تستی))

الف) درجه حرارت خشک بیشتر از درجه حرارت مرطوب است.

ب) درجه حرارت مرطوب بیشتر از درجه حرارت خشک است.

ج) درجه حرارت مرطوب و خشک مساوی هستند.

د) هیچ‌کدام

پاسخ) بنابر مطالب بالا، همواره دمای مرطوب از دمای خشک کمتر است؛ مگر اینکه آن محل به نقطه اشباع رسیده باشد.

در این صورت هر دو دما با هم مساوی هستند. بنابراین گزینه د صحیح است.

نکته ۸-۳) در هوای اشباع، دمای خشک، دمای مرطوب و دمای نقطه شبنم، هر سه با هم برابرند. اما در سایر حالت‌ها، همواره دمای خشک، بزرگ‌تر از دمای مرطوب (پارچه خیس دور حباب را بیاد آورید) و دمای مرطوب بزرگ‌تر از دمای شبنم می‌باشد.

پرسش ۳۱-۳ در هوای اشباع، رابطه بین دمای خشک (T_d)، دمای مرطوب (T_w) و دمای نقطه شبنم (T_{dp}) به چه صورتی است؟ (ق.ت-۸۱ «ع۱»)

الف) $T_{dp} < T_w < T_d$ ب) $T_d = T_w = T_{dp}$ ج) $T_w < T_d = T_{dp}$ د) $T_d = T_{dp} < T_w$
پاسخ) طبق نکته فوق، گزینه ب صحیح است.

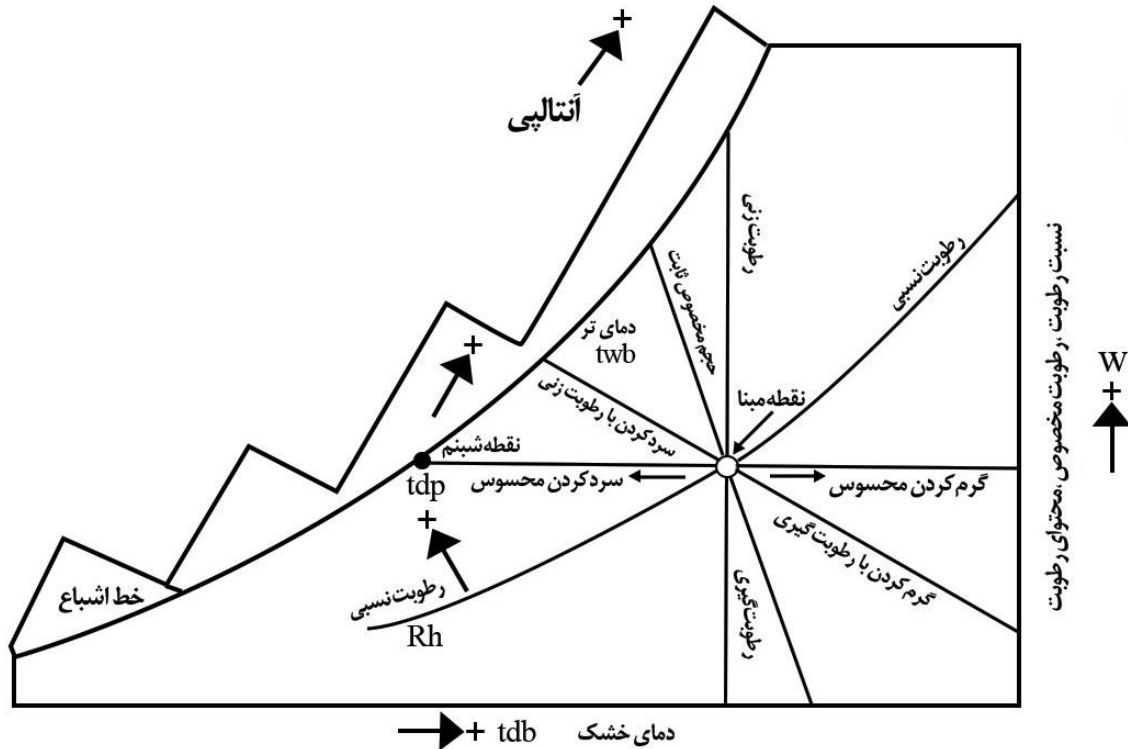
این پرسش، مشابه پرسش «۵» آزمون «تاسیسات ساختمانی قوه قضائیه» سال ۸۱ می‌باشد.

پرسش ۳۲-۳ در چه صورت درجه حرارت خشک با درجه حرارت مرطوب مساوی است؟ (د.ت-۸۴ «۳۹»)
الف) وجود باد با سرعت زیاد ب) هوای ساکن ج) اشباع هوا از بخار د) هیچ کدام
پاسخ) با توجه به نکته بالا، گزینه ج صحیح است

این پرسش، مشابه پرسش «۳۹» آزمون «تاسیسات ساختمانی دادگستری» سال ۸۴ می‌باشد.

۳-۲-۲ نمودار سایکرومتریک

نموداریست که نشان دهنده مشخصات هوا (یعنی دما و رطوبت، مقدار آنتالپی (یا انرژى) و...) می‌باشد. اگر مقدار رطوبت هوا یا مقدار گرمای محسوس آن تغییر کند، نقطه نشانگر جایگاه هوا در این نمودار تغییر مکان می‌یابد. این نمودار به ما کمک می‌کند که سایر پارامترهای هوا را به دست آوریم. بنابراین سایکرومتریک، علمی است که به مشخصات دما و رطوبت هوا می‌پردازد.



شکل (۲-۳) نمودار سایکرومتریک (نمودار مشخصات هوا)

پرسش ۳۳-۳ سایکرومتریک (PSYCHROMETRIC) علمی است که: (ق.ت-۸۱ «۲۴»)

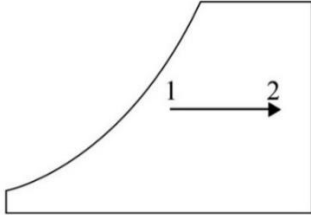
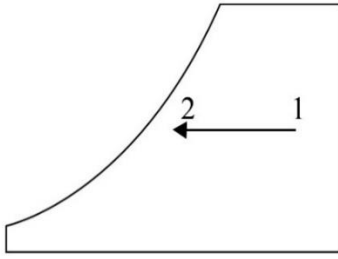
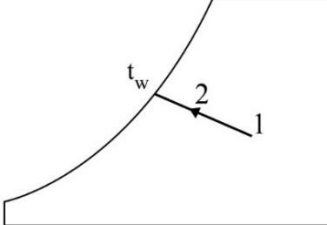
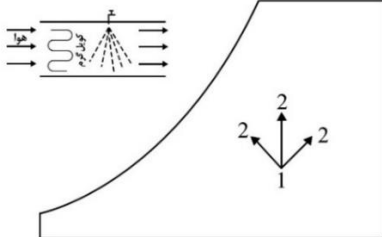
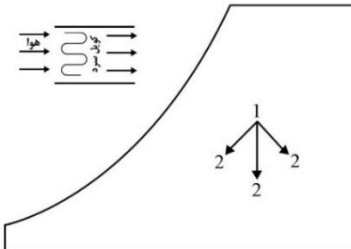
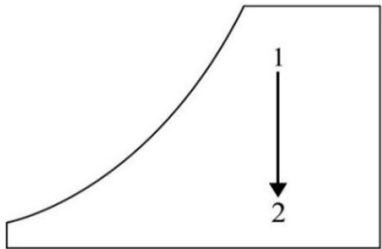
الف) در مورد نحوه گرمایش هوا صحبت می‌کند. ب) در مورد نحوه سرمایش هوا صحبت می‌کند.
ج) در مورد مخلوط هوا و بخار آب صحبت می‌کند. د) هیچ کدام
پاسخ) مطابق توضیح فوق، گزینه ج صحیح است.

پرسش ۳۴-۳ نمودار مشخصات هوای مرطوب (سایکرومتریک چارت) را ترسیم کنید. استفاده از این نمودارها را در تهویه مطبوع ساختمان‌ها شرح دهید؟ (د.ت-۷۲ «۲»)
پاسخ) در مطالب فوق، نمودار سایکرومتریک به همراه توضیحات درج شده است.

۳-۲-۳ عملیات روی هوا

عملیات مختلفی می‌توان روی هوا اعمال کرد؛ که موجب افزایش یا کاهش دما و رطوبت هوا می‌گردد. این حالت‌ها در جدول زیر، به‌طور خلاصه، آمده است:

جدول (۳-۵) عملیات مختلف روی هوا

توضیحات	روابط حاکم	نمودار	انواع عملیات
دمای خشک افزایش رطوبت مخصوص ثابت رطوبت نسبی کاهش انتالپی افزایش دمای نقطه شبنم ثابت دمای مرطوب افزایش	$t_{db2} > t_{db1}$ $W_2 = W_1$ $RH_2 < RH_1$ $h_2 > h_1$ $t_{dP2} = t_{dP1}$ $t_{wb2} > t_{wb1}$		گرم کردن هوا
دمای خشک کاهش رطوبت مخصوص ثابت رطوبت نسبی افزایش انتالپی کاهش دمای نقطه شبنم ثابت دمای مرطوب کاهش	$t_{db2} < t_{db1}$ $W_2 = W_1$ $RH_2 > RH_1$ $h_2 < h_1$ $t_{dP2} = t_{dP1}$ $t_{wb2} < t_{wb1}$		سرد کردن محسوس هوا
دمای خشک کاهش رطوبت مخصوص افزایش رطوبت نسبی افزایش انتالپی تقریباً ثابت دمای نقطه شبنم افزایش	$t_{db2} < t_{db1}$ $W_2 > W_1$ $RH_2 > RH_1$ $h_2 \approx h_1$ $t_{dP2} > t_{dP1}$		رطوبت‌زنی هوا-سرد کردن آدیاباتیکی مثال: کولر آبی ایر واشر
دمای خشک نامشخص رطوبت مخصوص افزایش رطوبت نسبی نامشخص انتالپی افزایش	نامشخص t_{db} $W_2 > W_1$ نامشخص RH $h_2 > h_1$		گرم کردن و رطوبت‌زنی هم‌زمان مثال: عبور هوا از روی کویل گرم
دمای خشک نامشخص رطوبت مخصوص کاهش رطوبت نسبی نامشخص انتالپی کاهش	نامشخص t_{db} $W_2 < W_1$ نامشخص RH $h_2 < h_1$		سرد کردن و رطوبت‌گیری هم‌زمان مثال: عبور هوا از روی کویل سرد
دمای خشک ثابت رطوبت مخصوص کاهش رطوبت نسبی کاهش دمای نقطه شبنم کاهش دمای مرطوب کاهش	$t_{db2} = t_{db1}$ $W_2 < W_1$ $RH_2 < RH_1$ $t_{dP2} < t_{dP1}$ $t_{wb2} < t_{wb1}$		فقط رطوبت‌گیری مثال: خشک‌کن‌های شیمیایی یا مکانیکی

پرسش ۳۵-۳ در کدام فرآیند ذیل رطوبت مخصوص ثابت باقی می‌ماند ولی رطوبت نسبی کاهش می‌یابد؟ (ق.ت- ۸۱ «۳۹»)

الف) سرمایش ساده ب) رطوبت‌زنی ج) گرمایش ساده د) رطوبت‌گیری
پاسخ) در فرآیند گرم‌شدن، رطوبت مخصوص (Rh) ثابت بوده و رطوبت نسبی (W) کم می‌شود. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۳۶-۳ در صورتی که هوا به‌طور محسوس خنک شود، کدام‌یک از موارد زیر صحیح نمی‌باشد؟ (د.ت- ۷۵ «۲۳»)

الف) درجه حرارت خشک و تر کاهش می‌یابد.

ب) مقدار آنتالپی هوا کاهش می‌یابد.

ج) رطوبت نسبی افزایش می‌یابد و مقدار بخار در واحد جرم هوا ثابت می‌ماند.

د) درجه حرارت خشک کاهش یافته و درجه حرارت تر افزایش می‌یابد.

پاسخ) با توجه به نمودار سرد کردن محسوس هوا، حرارت خشک (t_{db}) و درجه حرارت تر (t_{wb}) و آنتالپی (h) کاهش و رطوبت نسبی (Rh) افزایش می‌یابند. در نتیجه، گزینه د پاسخ مورد نظر است.

«فرآیند بی دررو» یا «فرآیند آدیباتیک»، فرآیندی است که در طول مدت زمان انجام واکنش، گرما بین سیستم و محیط مبادله نمی‌شود ($dQ = 0$). در این فرآیند هیچ‌یک از پارامترهای P ، V و T ثابت نیستند و همگی تغییر می‌کنند. خنک‌کننده آدیباتیک، نوعی فرآیند ترمودینامیکی است؛ که در آن دمای سیال، بدون هیچ گونه انتقال حرارت بین سیستم و محیط اطراف، کاهش می‌یابد.

اگر هوا را فقط با رطوبت‌زنی سرد کنیم، در واقع یک فرآیند آدیباتیک انجام داده‌ایم. مانند کولر آبی معمولی، که در آن آب به‌سرعت به هوای در حال عبور اضافه می‌شود و در این زمان کم، آب، گرمای نهان تبخیر خود را از هوا گرفته و آن را خنک می‌کند. طی این فرآیند، دمای مرطوب هوا ثابت می‌ماند و نقاط انتقال در نمودار سایکرومتریکی، از نقطه ۱ به ۲ می‌باشد.

پرسش ۳۷-۳ در صورتی که هوا را به‌صورت آدیباتیک خنک کنیم..... (د.ت- ۷۵ «۲۵»)

الف) محتوای رطوبتی افزایش و سپس رطوبت نسبی ثابت می‌ماند.

ب) محتوای رطوبتی افزایش و رطوبت نسبی کاهش می‌یابد.

ج) هر دو افزایش می‌یابند.

د) هر دو کاهش می‌یابند.

پاسخ) براساس مطالب فوق در صورتی که هوا را به‌صورت آدیباتیک خنک کنیم، دمای خشک هوا کاهش یافته و جرم بخار آب موجود در هوا افزایش می‌یابد. در نتیجه محتوای رطوبت (یا همان نسبت رطوبت) و همچنین رطوبت نسبی هر دو افزایش می‌یابند. بنابراین، گزینه ج صحیح است.

پرسش ۳۸-۳ در صورتی که هوا به‌صورت محسوس خنک شود، این پدیده به‌وجود می‌آید: (د.ت- ۷۱ «۶»)

الف) محتوای رطوبتی کاهش، رطوبت نسبی ثابت می‌ماند. ب) هر دو ثابت می‌ماند.

ج) محتوای رطوبتی ثابت و رطوبت نسبی افزایش می‌یابد. د) محتوای رطوبتی کاهش و رطوبت نسبی افزایش می‌یابد.

پاسخ) بنابر جدول بالا، در صورت خنک شدن هوا به‌طور محسوس، رطوبت نسبی (Rh) افزایش یافته و محتوای رطوبت (W) ثابت می‌ماند. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۳۹-۳ در یک سیستم کولر آبی کدام‌یک از موارد زیر صحیح است؟ (د.ت- ۷۵ «۲۲»)

الف) درجه حرارت مرطوب و آنتالپی هوای عبوری افزایش می‌یابد.

ب) درجه حرارت مرطوب کاهش و آنتالپی هوای عبوری تغییری نمی‌یابد.

ج) درجه حرارت خشک کاهش یافته و آنتالپی هوای عبوری تغییری نمی‌یابد.

د) هیچ‌کدام از موارد فوق

پاسخ) با توجه به جدول حالات مختلف عملیات روی هوا، گزینه ج صحیح است.

۳ - ۳ انتقال حرارت

۳ - ۳ - ۱ وسایل مربوط به دما و گرما

الف) دماسنج: اندازه‌گیری دقیق دما با دماسنج انجام می‌شود. ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی است. دما، در اغلب دماسنج‌ها با انبساط یا انقباض یک مایع (معمولاً جیوه یا الکل رنگی) در لوله شیشه‌ای مدرج، اندازه گرفته می‌شود.

ب) ترموکوپل: یک حسگر تشخیص دمای ترموالکتریکی مدار بسته بوده؛ که شامل دو سیم ناهم‌جنس است که در یک انتها به هم متصل شده‌اند. زمانی که دما در یک سمت، با دما در سمت دیگر تفاوت داشته باشد، یک جریان الکتریکی در مسیر برقرار می‌شود.

ج) کالری‌متر: دستگاهی است که برای گرماسنجی، اندازه‌گیری دمای واکنش‌های شیمیایی و تغییرات فیزیکی و همچنین سنجش ظرفیت گرمایی ویژه، از آن استفاده می‌شود.

پرسش ۳-۴۰ مقدار گرما را با چه وسیله‌ای می‌سنجند؟ (ق.ت-۸۴ «۴۷»)

الف) دماسنج ب) ترموکوپل ج) کالری‌متر د) هر سه مورد

پاسخ) با توجه به تعریف کالری‌متر، گزینه ج صحیح است.

۳ - ۳ - ۲ فرآیندهای ترمودینامیکی

در علم ترمودینامیک، از کمیت‌های فشار (P)، حجم (V) و دما (T)، که به‌عنوان «متغیرهای ترمودینامیکی» گاز نامیده می‌شوند، جهت توصیف حالت «تعادل ترمودینامیکی» گاز استفاده می‌کنیم. متغیرهای ترمودینامیکی مستقل از یکدیگر نیستند و با هم رابطه دارند. رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی را معادله حالت می‌نامند. اگر یک گاز، کامل (آرمانی) باشد، معادله حالت آن ساده و مستقل از نوع گاز بوده و به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{PV}{T} = nR \quad (۳-۱۲)$$

که در آن، n تعداد مول ماده و R ثابت جهانی گازها (برابر با ۸/۳ J/mol.K) است.

۳ - ۳ - ۱ انواع فرآیندهای ترمودینامیکی

انواع فرآیندهای ترمودینامیکی عبارت است از فرآیند حجم ثابت (هم حجم)، فرآیند فشار ثابت (هم فشار)، فرآیند دما ثابت (هم دما) و فرآیند آدیاباتیکی (بی‌دررو).

در یک دستگاه ترمودینامیکی اگر به دستگاه گرما بدهیم و یا کار بر روی آن انجام بدهیم، باعث افزایش انرژی درونی آن می‌شود و داریم:

$$U_2 - U_1 = \Delta U = Q + W \quad (۳-۱۳)$$

در این رابطه، U انرژی درونی و Q و W به ترتیب معرف گرما و کار مبادله شده بین سیستم و محیط می‌باشد. در صورتی که سیستم گرما بگیرد Q مثبت و اگر گرما از دست بدهد Q منفی خواهد بود. در صورتی که سیستم کار انجام بدهد W مثبت و اگر کار بپذیرد W منفی است.

در فرآیند بی‌دررو، نسبت به فرآیند هم‌دما، کار کمتری برای رسیدن به فشار مورد نظر نیاز است. وقتی که گرما نتواند از سیستم خارج شود، به کار تبدیل می‌شود. مشخصات این فرآیندها، به‌طور خلاصه، در جدول بعد آمده است.

جدول (۳-۶) فرآیندهای مختلف ترمودینامیکی

ویژگی	تغییر انرژی درونی (کار ترمودینامیکی)	گرما به/از سیستم (کار مطلق)	کار (کار مکانیکی)	نمودار	نوع فرآیند
با افزایش فشار، دما نیز افزایش می‌یابد. $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	$\Delta U = Q$	Q می‌تواند مثبت یا منفی باشد.	$W = 0$		حجم ثابت
با افزایش حجم، دما نیز افزایش می‌یابد. $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$\Delta U = Q + W$	Q می‌تواند مثبت یا منفی باشد.	$W = -P \cdot \Delta V$ گاز منبسط W منفی گاز متراکم W مثبت		فشار ثابت
با افزایش حجم، فشار کاهش می‌یابد. $P_1 V_1 = P_2 V_2$	$\Delta U = 0$	$Q = -W$	$W = -Q$		دما ثابت
دستگاه ایزوله (عایق بندی کامل) بوده و تبادل گرما با محیط ندارد. $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$	$\Delta U = W$	$Q = 0$	$W = \Delta U$		آدیاباتیک (بی دررو)

نکته ۹-۳) «کار مکانیکی» عبارت است از حاصل ضرب نیرو در مقدار جابه‌جایی. همچنین «کار مطلق»، در سیستم‌های ترمودینامیکی، برابر است با گرمای انتقال یافته به/از سیستم.
نکته ۱۰-۳) کار ترمودینامیکی برابر است با تغییر انرژی درونی سیستم.

پرسش ۴۱-۳) در کدام یک از تحولات زیر، کار مکانیک و کار مطلق برابرند؟ (ق.ب-۸۸ «۲۸»)

الف) حجم ثابت ب) فشار ثابت ج) دمای ثابت د) هیچ کدام
پاسخ) طبق جدول فوق، فقط در فرآیند دما ثابت است که کار مکانیکی (W) و کار مطلق (Q) از نظر قدر مطلق با یکدیگر برابرند و تغییرات انرژی درونی صفر می‌باشد. لذا گزینه ج صحیح است.

۳-۲-۲ ماشین گرمایی و بازده آن

ماشین گرمایی، ماشینی است که در یک فرآیند ترمودینامیکی، انرژی گرمایی را به کار مکانیکی تبدیل می‌کند، برخی از این ماشین‌ها، انرژی خود را از طریق سوخت تأمین می‌کنند مانند موتورهای بنزینی و دیزلی که انرژی گرمایی ناشی از سوخت را به کار مکانیکی چرخش میل‌لنگ تبدیل می‌کنند.
هدف از ساخت هر ماشین آن است که انرژی گرفته شده را تا بیش‌ترین مقدار ممکن به انرژی مفید خروجی تبدیل کند. بنابراین بازده هر ماشین به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\eta = \frac{\text{انرژی مفید خروجی}}{\text{انرژی داده شده به ماشین}} \quad (۳-۱۴)$$

در ماشین‌های گرمایی، انرژی مفید خروجی، همان کار (یعنی |W|) بوده و انرژی داده شده به ماشین، همان گرما (یعنی Q_H) است. بنابراین، برای بازده هر ماشین گرمایی داریم:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \quad (۳-۱۵)$$

پرسش ۴۲-۳) در یک ماشین ترمودینامیکی طی یک ساعت کارکرد ماکزیمم توان، 18000 MJ حرارت جذب و 4 MW کار در توربین تولید می‌شود. راندمان حرارت ماشین در حدود چند درصد است؟ (ق.ب-۹۶ «۳۷»)

- الف) ۸۰ (ب) ۴۰ (ج) ۹۰ (د) ۳۰
- پاسخ) برای راندمان یک ماشین گرمایی داریم:

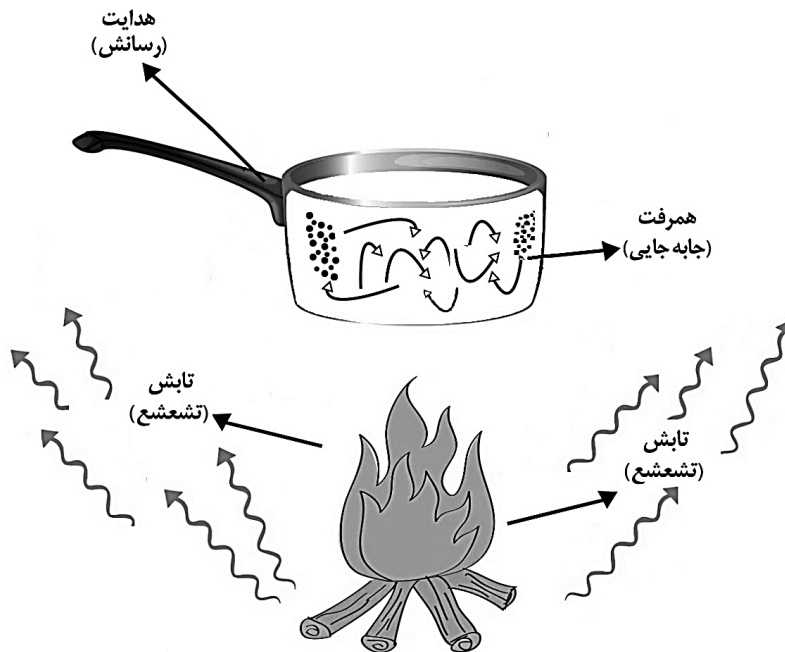
$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{4 \text{ MW} \times 1 \text{ h}}{18000 \text{ MJ}} = \frac{(4 \times 10^6 \text{ W}) \times (3600 \text{ s})}{18000 \times 10^6 \text{ J}} = \frac{(4 \times 10^6 \text{ J/s}) \times (3600 \text{ s})}{18000 \times 10^6 \text{ J}} = 0.8 = 80\%$$

گزینه الف صحیح است.

۳-۳-۳ روش‌های انتقال حرارت

انواع روش‌های انتقال حرارت به شرح زیر است:

- الف) هدایت (رسانش): انتقال حرارت از داخل جسم جامد (یا اجسام جامد چسبیده به یکدیگر)
- ب) جابه‌جایی (همرفت): انتقال حرارت از طریق گاز یا مایع؛ که با حرکت مولکول‌های آن‌ها حرارت انتقال می‌یابد.
- ج) تابش (تشعشع): انتقال حرارت بدون دخالت مواد و صرفاً از طریق تشعشع.



شکل (۳-۳) روش‌های انتقال حرارت

نکته ۱۱-۳) در تاسیسات صنعتی، در بدنه ماشین‌آلات، انتقال حرارت به‌صورت رسانش (هدایت) انجام می‌شود. همچنین در حرارت انتقالی توسط هوا (مانند هوای گرم بالای شوم‌ها یا رادیاتورها)، انتقال حرارت به‌صورت جابه‌جایی (همرفت) و در دستگاه‌های حرارتی (مانند گرما تاب‌ها)، انتقال حرارت به‌صورت تابشی انجام می‌شود.

پرسش ۴۳-۳) انتقال حرارت در تاسیسات صنعتی، به کدام روش زیر، انجام می‌گیرد؟ (د.ب-۹۸ «۲۶»)

- الف) تبخیر - تصعید - تابش (ب) رسانش - همرفت - تابش
- ج) همرفت - مادون قرمز - لیزر (د) شیمیایی - الکتریکی - اتمی

پاسخ) طبق نکته فوق، گزینه ب صحیح است.

^۱Conduction

^۲Convection

^۳Radiation



این پرسش، مشابه پرسش «۵» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات دادگستری» سال ۹۵ می‌باشد.

۳-۳-۴ گرمای ویژه

گرمای ویژه هر جسم، مقدار گرمایی است که باید به یک واحد جرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه افزایش یابد. واحد جرم در سیستم SI کیلوگرم و واحد دما کلون است لذا واحد گرمای ویژه، ژول بر کیلوگرم بر کلون است ($\text{J/kg}\cdot\text{K}$)، اما با توجه به اینکه تغییرات یک درجه سانتی‌گراد و یک کلون با یکدیگر برابر است واحد گرمای ویژه، برحسب ژول بر کیلوگرم بر درجه سانتی‌گراد ($\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$) نیز بیان می‌شود.

لازم به توضیح است که کلون (K) و درجه سانتی‌گراد ($^\circ\text{C}$) از نظر مقداری، باهم برابرند. برای تبدیل این واحدها داریم:

$$K = C - 273 \quad (3-16)$$

جدول (۷-۳) جدول گرمای ویژه مواد برحسب $\text{J/kg}\cdot\text{K}$ در دمای 25°C

ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه
هیدروژن (گاز)	۱۴۳۰۰	ازت (گاز)	۱۰۴۰	شیشه	۶۷۰
آب	۴۱۸۶	هوا در شرایط اتاق	۱۰۱۲	الماس	۵۰۹
الکل	۲۴۰۰	آلومینیوم	۸۹۷	آهن	۴۵۰
یخ 10°C	۲۰۰۰	بتن	۸۸۰	چوب	۴۲۰
یخ 100°C	۱۹۰۰	سنگ مرمر	۸۸۰	مس	۳۸۵
نایلون	۱۷۰۰	آجر	۸۴۰	جیوه	۱۴۰
طلا	۱۲۹۱	گرافیت	۷۱۰	سرب	۱۲۶

پرسش ۳-۴۴) اگر دمای جرم مساوی از هر یک از مواد زیر را از 20°C به 30°C درجه سانتی‌گراد افزایش دهیم، انرژی درونی کدامیک از آنها بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟ (د.ت-۷۱ «۱۶»)

الف) آب (ب) آلومینیوم (ج) جیوه (د) سرب
پاسخ) برای مواد ذکر شده در گزینه‌ها می‌باید رابطه $Q=mc\Delta t$ را به کار ببریم، در این رابطه m و Δt برای همه‌ی مواد مذکور یکسان است لذا هرچه c بزرگ‌تر باشد Q بزرگ‌تر خواهد بود. براساس جدول فوق گرمای ویژه‌ی آب از همه بزرگ‌تر است، بنابراین گزینه الف صحیح است.

مقدار گرمای انتقالی، برای اینکه جسمی از درجه حرارت t_1 به دمای t_2 برسد، برابر است با:

$$Q = mc\Delta t = mc(t_2 - t_1) \quad (3-17)$$

که در آن، m جرم جسم (برحسب کیلوگرم)، c گرمای ویژه جسم و Q گرمای منتقل شده (برحسب ژول) است.

پرسش ۳-۴۵) چه مقدار گرمایش به کیلوژول لازم است تا آب یک مخزن 220 لیتری از 10°C درجه سانتی‌گراد به 80°C درجه سانتی‌گراد برسد؟ (ق.ب-۹۳ «۶»)

الف) 64680 (ب) 129360 (ج) 32340 (د) 16170
پاسخ) اگر دمای نهایی 80°C درجه سانتی‌گراد باشد، داریم:

$$Q = mc(t_2 - t_1) = \left(\frac{220}{1000}\right) \times 1000 \times 4187 \times (80 - 10) = 64,479,800\text{J} = 64479.8\text{kJ}$$

گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۴» آزمون «تاسیسات سافتمانی دادگستری» سال ۷۱، پرسش «۳۵» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات قوه قضائیه» سال ۸۰ و پرسش «۱۴» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات قوه قضائیه» سال ۸۰ می‌باشد.

پرسش ۴۶-۳) در صورتی که بخواهیم ۴۵ کیلوگرم آب را از دمای ۲۵ سانتی‌گراد به ۸۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۲ ساعت افزایش دهیم، توان مورد نیاز چند کیلووات خواهد بود. (تلفات گرمایی را ۲۰ درصد و ظرفیت گرمایی ویژه آب را $2/4$ کیلوژول بر کیلوگرم در نظر بگیرید) (ق.ت-۸۶ «۴»)

الف) $3/6$ (ب) $1/8$ (ج) $0/9$ (د) $7/2$

پاسخ) برای جبران تلفات حرارتی (۲۰٪)، باید به همان میزان به گرمای مورد نیاز اضافه نمود. در نتیجه:

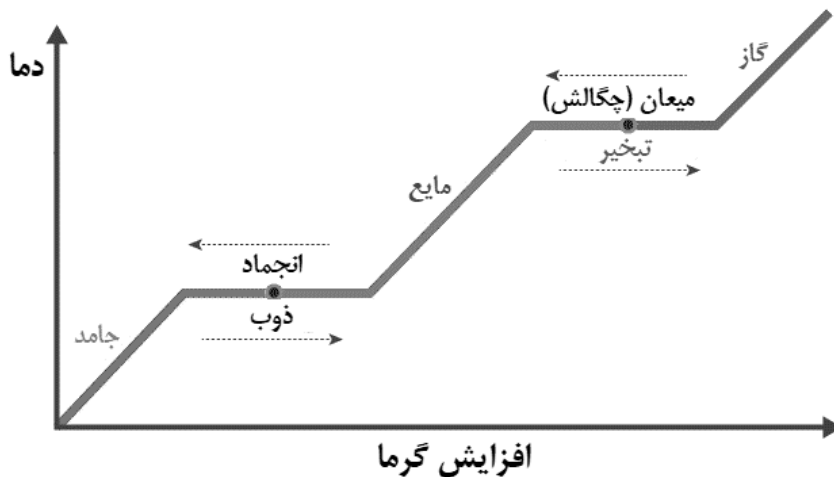
$$Q = (1 + 0.2) \times mc(t_2 - t_1) = 1.2 \times 45 \times 4200 \times (80 - 25) = 12,474,000 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{12,474,000 \text{ J}}{2 \times 3600 \text{ s}} = 1732 \text{ W} = 1.73 \text{ kW}$$

گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۴» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه» سال ۸۲ می‌باشد.

اگر گرما به یک ماده اضافه شود و دمای آن افزایش یابد، به آن «گرمای محسوس» می‌گویند؛ که سبب تغییر حالت ماده نمی‌شود. در مقابل، «گرمای نهان» باعث تغییر حالت ماده می‌شود؛ ولی دمای آن را تغییر نمی‌دهد. برای مثال یخ صفر درجه در صورت جذب گرما، به آب صفر درجه تبدیل می‌شود؛ یعنی گرمای اخذ شده فقط برای تغییر فاز یا حالت ماده مصرف شده و دمای آن بالا نرفته است. در نمودار پیش‌رو، تغییرات دمای ماده، برحسب میزان گرم کردن آن، در حالت‌های گرمای محسوس و گرمای نهان نشان داده شده است.



شکل (۳-۴) گرمای ویژه و گرمای محسوس در گرم کردن و سرد کردن

همان‌طور که از شکل بالا ملاحظه می‌شود، گرمای نهان ذوب و انجماد مساوی یکدیگر هستند. همچنین گرمای نهان تبخیر و چگالش نیز با هم برابرند.

«انجماد» یک مایع و تبدیل آن به یک جامد، عکس فرآیند «ذوب شدن» است. گرمای منتقل شده برای تغییر حالت جسم (از جامد به مایع یا از مایع به جامد)، با جرم جسم نسبت مستقیم دارد. نسبت این گرما به جرم جسم را «گرمای نهان ویژه ذوب» نامیده و آن را با L_F نشان می‌دهیم.

$$L_F = \frac{Q}{m} \quad (3-18)$$

به‌عنوان مثال برای آب، به مقدار گرمایی که یک کیلوگرم یخ صفر درجه می‌گیرد تا به آب صفر درجه تبدیل شود (یا برعکس)، «گرمای نهان ویژه ذوب یخ» یا «گرمای نهان ویژه انجماد آب» می‌گویند.

گرمای نهان ذوب، به جنس جسم بستگی داشته و یکای آن در SI، ژول بر کیلوگرم (J/kg) می‌باشد. بنابراین، وقتی نمونه‌ای به جرم m ، کاملاً تغییر فاز دهد، گرمای نهان ذوب (صرفاً برای تغییر فاز) برابر است با $Q = Q_F = mL_F$. در نگارش معادلات گرمای نهان ذوب، به اختصار بعضاً Q_F را Q نشان می‌دهند.

پرسش ۳-۴۷ نقطه انجماد FREEZING-POINT دمایی است که یک تغییر حالت می‌دهد. (د.ت-۸۸ «۲۵»)

الف) جامد با از دست دادن انرژی از جامد به مایع
 ب) گاز با از دست دادن انرژی از گاز به مایع
 ج) مایع هم‌زمان با از دست دادن انرژی از مایع به جامد
 د) مایع با از دست دادن انرژی از مایع به گاز

پاسخ نقطه انجماد دمایی است که در آن مایع (با از دست دادن انرژی) به حالت جامد تبدیل می‌شود. بنابراین گزینه ج صحیح است.

مقدار انرژی گرمایی که آب می‌گیرد تا بخار شود یا بخار از دست می‌دهد تا به آب تبدیل شود را «گرمای نهان تبخیر» یا Q می‌گویند.

$$Q = Q_V = mL_V \quad (۳-۱۹)$$

در نگارش معادلات گرمای نهان تبخیر، به اختصار بعضاً Q_V را Q نشان می‌دهند. به مقدار گرمایی که یک کیلوگرم آب می‌گیرد تا به بخار تبدیل شود یا برعکس، «گرمای نهان ویژه تبخیر» گفته و با L_V نشان می‌دهیم. در طی هر دو فرآیند (تبخیر یا چگالش)، فشار و دما ثابت می‌باشد؛ ولی حالت فیزیکی ماده عوض می‌شود.

پرسش ۳-۴۸ گرمای نهان، مقدار انرژی حرارتی است که: (د.ت-۷۱ «۴۲»)

- الف) باعث تغییر حالت فیزیکی یک ماده می‌گردد.
 ب) دمای ماده را تا حد تبخیر افزایش می‌دهد.
 ج) ماده گرما می‌گیرد تا از دمای انجماد به دمای جوش برسد.
 د) باعث تغییر حالت شیمیایی ماده می‌شود.
- پاسخ** باتوجه به مطالب فوق، گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۴» آزمون «برق و ماشین‌آلات کارخانجات دادگستری» سال ۷۱ می‌باشد.

پرسش ۳-۴۹ در کدامیک از دستگاه‌های ذیل، انتقال حرارت محسوس و نهان، هردو از هوا به سطح مرطوب است؟ (ق.ت-۹۳ «۴۴»)

- الف) برج خنک‌کن
 ب) کویل سرد مرطوب
 ج) کندانسور تبخیری
 د) رطوبت زن آدیاباتیک
- پاسخ** انتقال «حرارت محسوس»، باعث افزایش یا کاهش دمای یک جسم در یک فاز (جامد، مایع یا گاز)، می‌شود (یعنی بدون تغییر فاز). درحالی‌که انتقال «حرارت نهان»، باعث تغییر فاز ماده می‌گردد. گزینه ب صحیح است.

۳-۳-۵ دمای تعادل

در حالت کلی هرگاه چند جسم متفاوت با گرمای ویژه c_1, c_2, c_3, \dots ، به جرم m_1, m_2, m_3, \dots و دمای اولیه t_1, t_2, t_3, \dots را در تماس با یکدیگر قرار دهیم، دمای تعادل آن‌ها (یعنی t) از رابطه زیر به دست می‌آید:

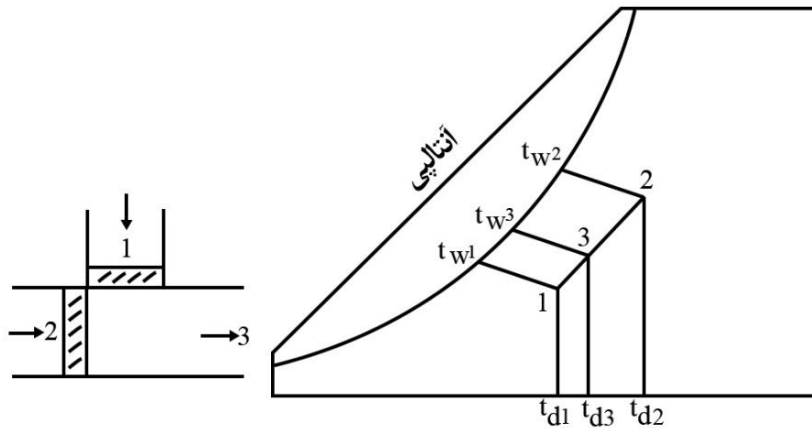
$$m_1 c_1 (t - t_1) + m_2 c_2 (t - t_2) + m_3 c_3 (t - t_3) + \dots = 0 \quad (۳-۲۰)$$

روش دیگری نیز برای محاسبه دمای تعادل وجود دارد. اگر دو سیال یکسان (مانند هوا یا آب) با دماهای مختلف را با هم مخلوط کنیم، دمای تعادل از رابطه زیر به دست می‌آید: (t نشانگر دما و W نشانگر رطوبت نسبی می‌باشد).

$$t_{d3} = \frac{m_1 t_{d1} + m_2 t_{d2}}{m_1 + m_2} \quad (۳-۲۱)$$

$$W_3 = \frac{m_1 W_1 + m_2 W_2}{m_1 + m_2}$$

(۳-۲۲)



شکل (۳-۵) نقطه‌ی تعادل در نمودار سایکرومتریک

پرسش ۳-۵۰) اگر ۳۰۰ گرم آب ۴۰ درجه را با ۲۰۰ گرم آب ۹۰ درجه مخلوط کنیم، دمای تعادل چند درجه سانتی‌گراد می‌شود؟ (ق.ت-۸۷ «ع»)

الف) ۵۵ (ب) ۶۵ (ج) ۷۰ (د) ۶۰

پاسخ) دمای تعادل را از دو روش فوق، به دست می‌آوریم:

$$m_1 \cdot c_1 (t - t_1) + m_2 \cdot c_2 (t_2 - t) = 0$$

روش اول:

باتوجه به اینکه c_1 و c_2 با هم برابر هستند، داریم:

$$m_1 (t - t_1) + m_2 (t_2 - t) = 0 \rightarrow 300(t - 40) + 200(90 - t) = 0 \rightarrow t = 60$$

$$t_{d3} = \frac{(t_{d1} \cdot m_1 + t_{d2} \cdot m_2)}{(m_1 + m_2)} = \frac{(40 \times 300 + 200 \times 90)}{200 + 300} = \frac{30000}{500} = 60$$

روش دوم:

بنابراین گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۷» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات قوه‌قضائیه» سال ۹۳ می‌باشد.

پرسش ۳-۵۱) ۲۵ گرم یخ صفر درجه سلسیوس را در ۷۵ گرم آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد وارد می‌کنیم. گرمای نهان ذوب یخ ۸۰ کالری بر گرم و تبادل گرمایی ظرف ناچیز باشد، دمای تعادل چند درجه سلسیوس است؟ (د.ت-۷۱ «۱۵»)

الف) ۶ درجه (ب) ۵ درجه (ج) صفر درجه (د) شانزده درجه

پاسخ) باتوجه به مطالب فوق، انرژی گرمایی مورد نیاز، برای تبدیل یخ صفر درجه به آب صفر درجه، برابر است با:

$$Q_{\text{melting}} = m \cdot L_F = 25 \text{ gr} \times 80 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} = 2000 \text{ cal} = 2000 \times 4.184 = 8368 \text{ J}$$

باتوجه به اینکه، تبادل گرمایی ظرف ناچیز است، گرمای نهان ذوب (برای ذوب شدن یخ) از آب ۷۵ گرم گرفته شده است. حال باید حساب کنیم که با گرفتن این مقدار گرما از ۷۵ گرم آب ۲۰ درجه، چقدر دمای آن کاهش پیدا می‌کند:

$$Q_{\text{water}} = mc(t_2 - t_1) \rightarrow 8368 = (0.075 \text{ kg}) \times 4200 \times (20 - t_2)$$

$$t_2 = 20 - \frac{8368}{0.075 \times 4200} = -6.5^\circ \text{C}$$

ملاحظه می‌شود دمای آب پس از ازدست دادن گرمای لازم برای ذوب یخ، کمتر از صفر درجه شد. پس گرمای لازم برای ذوب یخ، بیشتر از گرمای تبدیل آب به آب صفر درجه است. بنابراین در انتهای تبادل حرارتی، مخلوط یخ و آب خواهیم داشت. در نتیجه دمای تعادل، صفر خواهد بود. گزینه ج صحیح است.

نکته ۱۲-۳) گرمای ویژه، مقدار حرارت لازمی است که به یک کیلوگرم جرم ماده داده می‌شود تا دمای آن به اندازه یک کلوین (یا یک درجه سانتی‌گراد) افزایش یابد. برای آب مقدار عددی گرمای ویژه عبارت است از:

$$C_{\text{water}} = 4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 1.001 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \quad (3-23)$$

$$1\text{lb} = 0.4536\text{kg} \quad (3-24)$$

نکته ۱۳-۳) درجه سانتی‌گراد (C)، درجه فارنهایت (F) و کلوین (K)، با استفاده از روابط زیر به یکدیگر قابل تبدیل هستند:

$$K = 273 + ^\circ\text{C} \quad (3-25)$$

$$^\circ\text{F} = 1.8^\circ\text{C} + 32 \quad (3-26)$$

$$^\circ\text{C} = \frac{^\circ\text{F} - 32}{1.8} \quad (3-27)$$

نکته ۱۴-۳) اختلاف درجه فارنهایت (ΔF) و اختلاف درجه سانتی‌گراد (ΔC)، به صورت زیر، به یکدیگر تبدیل می‌گردند:

$$\Delta F = \Delta C \times 1.8 \quad (3-28)$$

نکته ۱۵-۳) برای تبدیل «گالن بر دقیقه» به «پوند بر ساعت» برای آب، ضریب زیر وجود دارد:

$$1\text{gpm} = 8.33 \frac{\text{lb}}{\text{min}} = 500 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \quad (3-29)$$

توجه شود که پوند واحد جرم بوده و گالن واحد حجم می‌باشد و ضریب فوق، با استفاده از جرم حجمی آب به دست آمده است.

پرسش ۵۲-۳) کدام یک از روابط زیر نادرست است (روابط درجه حرارت در سیستم‌های مختلف) (د.ب-۷۹ «۵۰»)

الف) $R^\circ = F^\circ + 460$ ب) $K^\circ = C^\circ + 273$ ج) $F^\circ = \frac{9}{5}(C^\circ) + 32$ د) $C^\circ = \frac{5}{9}(F^\circ + 32)$

پاسخ) درجه رانکین ($^\circ\text{R}$) مقیاسی برای درجه بندی حرارت بوده و مانند کلوین تمامی مقادیر آن مثبت است. صفر رانکین همان صفر مطلق (صفر کلوین) بوده ولی تغییرات دما برحسب رانکین با تغییرات دما برحسب فارنهایت برابر است و داریم:

$$^\circ\text{R} = ^\circ\text{F} + 460$$

که مطابق گزینه الف می‌باشد. با توجه به نکته فوق، تنها گزینه د نادرست بوده و پاسخ مورد نظر است.

پرسش ۵۳-۳) برای انتقال بار گرمایی $1,000,000 \text{ Btu/h}$ ، دبی آب گرم برحسب gpm کدام یک از گزینه‌های زیر می‌باشد؟ وزن مخصوص آب 8.33 lb/gal و اختلاف دمای آب رفت و برگشت 10 درجه سانتی‌گراد فرض شود. (ق.ت-۹۶ «۱۱»)

الف) ۲۰۰ ب) ۱۵۰ ج) ۱۰۰ د) هیچ کدام

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، داریم:

$$C_{\text{water}} = 4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} = 1.001 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$$

$$\Delta t = 10^\circ\text{C} = 10 \times 1.8^\circ\text{F} = 18^\circ\text{F}$$

$$Q = mc\Delta t \Rightarrow m = \frac{Q}{c \cdot \Delta t} = \frac{1000000 \text{ Btu}}{1.001 \times 18} = 55556 \text{ lb}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{\rho} = \frac{55556}{8.33} = 6669.4 \text{ gal}$$

$$\text{نرخ} = 55556 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 6669.4 \frac{\text{gal}}{\text{hr}} = 6669.4 \frac{\text{gal}}{\text{hr}} \times \frac{\text{hr}}{60 \text{min}} = 111.15 \frac{\text{gal}}{\text{min}} (\text{gpm})$$

مقدار به دست آمده به گزینه ج نزدیک است.

نکته ۱۶-۳) در سیالات همواره بالابردن فشار، باعث افزایش نقطه جوش شده و کاهش فشار، باعث کاهش نقطه جوش می‌شود.

پرسش ۵۴-۳) کدام گزینه زیر صحیح است؟ (ق.ت-۸۷ «۱»)

- الف) هر چه فشار وارد بر سیالی کم‌تر باشد، نقطه جوش سیال پایین‌تر است.
 ب) هر چه فشار وارد بر سیالی بالاتر باشد، نقطه جوش سیال پایین‌تر است.
 ج) هر چه حرارت وارد بر سیالی بالاتر باشد، نقطه جوش سیال پایین‌تر است.
 د) هر چه حرارت وارد بر سیالی پایین‌تر باشد، نقطه جوش سیال بالاتر است.
 پاسخ) با توجه به نکته فوق، گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵۵-۳) برای محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع H، ضریب انتقال حرارت جدار نورگیر UG، برحسب وات به متر

درجه کلوین برای ساختمان‌های ویلایی گروه ۲ با انرژی مصرفی برق کدام است؟ (ق.ت. ۸۵ «۱۹»)

- الف) ۲/۲۵ (ب) ۲/۸۴ (ج) ۳/۲۹ (د) ۴/۲۶

پاسخ) طبق ویرایش دوم مبحث ۱۹ سال ۱۳۸۱ گزینه ب صحیح است.

توجه! این پرسش مربوط به ویرایش ۱۳۸۱ مبحث ۱۹ بوده و با توجه به تغییر پارامترهای مورد نظر، در ویرایش ۱۳۹۹ این مبحث، این‌گونه پرسش‌ها مطرح نیست. برای گروه ساختمای EC+، رجوع شود به جدول ۱۹-۵-۷ ویرایش جدید مبحث ۱۹.

۳ - ۳ - ۶ انتقال حرارت از جداره‌های ساختمان

برای محاسبه میزان انتقال حرارت از جداره‌های ساختمان، تعاریف زیر ضروری است:

الف) دمای طرح خارج: میانگین حداقل دمای هوای خارج در زمستان یا حداکثر دمای هوای خارج در تابستان می‌باشد.

ب) دمای طرح داخل: شرایط طرح داخل از نظر دما و رطوبت نسبی، در ساختمان‌های مسکونی و تجاری بر اساس شرایط آسایش افراد و در ساختمان‌های صنعتی و کارخانه‌ها معمولاً براساس نیاز محصول تولیدی آن‌ها به گونه‌ای که به کیفیت محصول لطمه‌ای وارد نشود تعیین می‌گردد.

ج) ضریب انتقال حرارت هدایتی (K): عبارت است از مقدار انرژی که از ماده در واحد ضخامت و در واحد زمان، در دمای مشخص عبور می‌کند. واحد ضریب انتقال حرارت در سیستم SI برحسب W/m.K (وات بر متر بر کلوین) و در سیستم انگلیسی برحسب Btu/hft. F می‌باشد

د) مقاومت حرارتی جدار متشکل از چند لایه: مساوی با مجموع مقاومت‌های هر یک از لایه‌ها است. مقاومت حرارتی با R نشان داده می‌شود و واحد آن مترمربع در درجه کلوین بر وات m^2K/w (یا فوت مربع در ساعت درجه فارنهایت بر بی‌تی‌یو) است. مقاومت حرارتی جدار مرکب برابر است با حاصل جمع مقاومت لایه‌های تشکیل دهنده آن:

$$\text{مقاومت حرارتی کل دیواره مرکب} = R_1 + R_2 + \dots = \frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + \dots \quad (۳-۳۰)$$

در این رابطه، K_i ضریب هدایت حرارتی لایه i ام و X_i ضخامت لایه i ام (بر حسب متر) می‌باشد.

ه) ضریب کلی هدایت حرارتی (U): برابر است با:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{in}} + R_1 + R_2 + \dots + \frac{1}{h_{out}}} \quad (3-31)$$

که در آن، R_1 ، R_2 و ... مقاومت حرارتی لایه‌های مختلف دیوار و h_i و h_o ضریب هدایت حرارتی واحد سطح لایه نازک داخل و خارج می‌باشد و بدیهی است، $\frac{1}{h_i}$ مقاومت فیلم (یا لایه نازک) هوای داخل، و $\frac{1}{h_o}$ مقاومت فیلم (یا لایه نازک) هوای خارج است. مقادیر K و h در جداول کتابهای تخصصی قابل دستیابی است. ملاحظه می‌شود که در مخرج کسر مقاومت حرارتی کل دیوار مرکب و فیلم هوای داخل و خارج لحاظ شده که شبیه مقاومت کا مقاومت های سری می باشد.

در مبحث حرارت مرکزی، برای محاسبه تلفات حرارتی کل ساختمان سه مورد را محاسبه می‌کنیم اول، تلفات حرارتی ناشی از جداره‌ها (Q_1) که روابط اصلی مربوطه در ادامه آمده است، دوم تلفات حرارتی ناشی از نفوذ یا تهویه هوا (Q_2)، سوم بار حرارتی ناشی از آب گرم مصرفی (Q_3).

برای محاسبه اتلاف گرمایی ناشی از هدایت، از جداره‌های ساختمان Q_1 ، (از قبیل دیوار، سقف، کف، در، پنجره و شیشه)، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$Q_1 = UA(T_i - T_o) \quad (3-32)$$

که در آن، Q_1 (برحسب وات)، A مساحت سطح جدار مورد نظر برحسب مترمربع و U ضریب کلی هدایت گرمایی دیوار، در و پنجره (برحسب $\frac{W}{m^2.k}$ یا بی‌تی‌یو بر ساعت در فوت مربع درجه فارنهایت) می‌باشد. همچنین T_i و T_o ، به ترتیب، دمای طرح داخل و دمای طرح خارج ساختمان هستند.

پرسش ۳-۵۶ اتلاف حرارت از یک محیط ۳۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت و ضریب هدایت سرتا سری آن ۲ کیلوکالری بر ساعت مترمربع درجه سانتی‌گراد است؟ سطح حرارتی مورد نیاز چند مترمربع است؟ اختلاف دما را با ۲۰ درجه سانتی‌گراد در نظر بگیرید. (ق.ب-۸۸ «۳۵»)

الف) ۱۲/۵ (ب) ۱۰۰ (ج) ۲۵ (د) ۵۰

پاسخ با توجه به رابطه بالا، با داشتن اتلاف حرارت از محیط و دیگر مقادیر، سطح حرارتی مورد نیاز به صورت زیر محاسبه

$$Q = U.A.\Delta t \Rightarrow 3000 = 2 \times A \times 20 \Rightarrow A = \frac{3000}{2 \times 20} = 75 m^2 \quad \text{می‌شود:}$$

بنابراین هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشند.

پرسش ۳-۵۷ ضریب کلی هدایت حرارتی دیواری از جنس آجر با روکار خارجی سنگ و روکار داخلی گچ، که مقاومت حرارتی هر یک از این مصالح، به ترتیب، 0.3 ، 0.1 و 0.22 m^2kW است، را بیابید؟ (ق.ت-۸۱ «۲۷»)

الف) $6/57 m^2kW$ (ب) $6/9 m^2kW$ (ج) $0/152 m^2kW$ (د) $88/79 m^2kW$

پاسخ با توجه به مطالب فوق، ضریب کلی هدایت حرارتی این دیوارها برابر است با:

$$U_{total} = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1}{0.3 + 0.22 + 0.1} = \frac{1}{0.62} = 1.61$$

در نتیجه هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.

پرسش ۳-۵۸ برای تامین گرمای یک ساختمان در زمستان در هر ماه یک تن زغال سنگ م صرف می‌شود. اگر همین خانه را به وسیله انرژی الکتریکی گرم کنیم و بهای برق م صرفی از قرار هر کیلووات ساعت ۵ ریال باشد، هزینه م صرف برق را حساب کنید. (در صورتی که از احتراق هر کیلو زغال سنگ ۴۰۰۰ کیلو کالری حرارت تولید شود). (د.ت-۷۲ «۲۲»)

پاسخ) هر کیلو کالری $10^{-3} \times 1/163$ کیلووات ساعت انرژی تولید می‌کند. هر کیلو زغال سنگ نیز ۴۰۰۰ کیلو کالری حرارت

$$W_E = 4000 \text{kcal} \times 1000 \text{kg} \times 1.163 \times 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{kcal}} = 4652 \text{kWh}$$

تولید می‌نماید. پس:

$$C_{\text{tot}} = 4652 \times 5 = 23260 \text{Rial}$$

هزینه کل برابر است با:

نکته ۱۷-۳) مقاومت حرارتی لایه هوای مجاور سطوح داخلی و خارجی انواع جدارها (برحسب $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$) به صورت زیر است (جدول پ ۸-۱ مبحث ۱۹):

جدول (۸-۳) مقاومت حرارتی لایه هوای مجاور سطح داخلی (R_i) و لایه هوای مجاور سطح خارجی (R_e) انواع جدارها

جدار در تماس با فضای کنترل نشده		جدار در تماس با فضای خارج			جهت جریان حرارت	زاویه جدار نسبت به سطح افقی
		لایه داخلی	لایه هوای خارجی	جمع لایه‌ها		
جمع لایه‌ها	لایه هوای خارجی	لایه هوای داخلی	جمع لایه‌ها	لایه هوای خارجی	لایه هوای داخلی	عمودی یا با زاویه بیش از ۶۰ درجه
۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۱۱	
۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۰۹	افقی یا با زاویه کمتر از ۶۰ درجه
۰/۳۴	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۱۷	

پرسش ۵۹-۳) مجموع مقاومت لایه‌های هوایی داخل و خارج برای جدارهای قائم پیوسته خارجی ساختمان برحسب مترمربع درجه کلین به وات کدام است؟ (ق.ت. ۸۵ «۲۳»)

- الف) ۰/۱۷ ب) ۰/۱۴ ج) ۰/۲۲ د) ۰/۳۴

پاسخ) طبق جدول فوق، مقاومت حرارتی لایه هوای مجاور سطح داخلی (R_i) و لایه هوای مجاور سطح خارجی (R_e) برای جدار عمودی (با زاویه بیش از ۶۰ درجه) به ترتیب $0.11 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ و $0.06 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ می‌باشد جمع این دو مقدار برابر است با ۰/۱۷. گزینه الف صحیح است.

۳- ۴ آب خام و املاح آن

آب خام به آبی گفته می‌شود که در طبیعت جاری است و تحت تاثیر هیچگونه تصفیه و فرآیندی قرار نگرفته است. آب چشمه‌ها، آب‌های زیرزمینی، غنات‌ها و... نمونه‌هایی از آب خام هستند. در نیروگاه‌های حرارتی و صنایعی چون پتروشیمی، از آب خام جهت تامین نیازهای مختلفی استفاده می‌شود؛ گرچه ممکن است بنا بر ضرورت، قبل از استفاده، تصفیه یا سختی‌گیری شود.

پرسش ۶۰-۳) آب خام در کدام یک از صنایع زیر، غالباً به عنوان خوراک اصلی محسوب می‌شود؟ (ق.ب- ۹۹ «۴۶»)

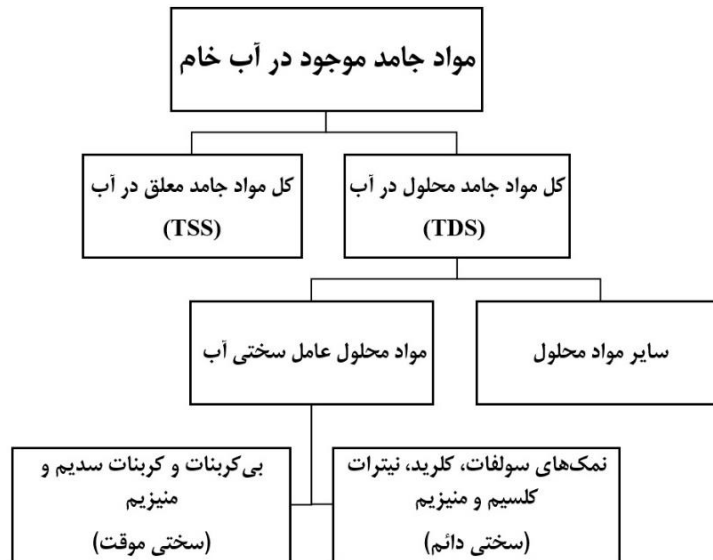
- الف) غذایی - پتروشیمی ب) نیروگاه حرارتی - پتروشیمی
ج) غذایی - دارویی د) نیروگاه حرارتی - دارویی

پاسخ) با توجه به نکته بالا، آب خام، در نیروگاه‌های حرارتی و پتروشیمی استفاده می‌شود. از طرفی در صنایعی نظیر دارویی و غذایی، پارامترهای آب چون سختی، آلانیدگی، PH و غیره، دائماً باید تحت کنترل باشد (به دلیل حساسیت بالای محصولات غذایی و دارویی). گزینه ب صحیح است.

۳- ۴- ۱ املاح و ذرات موجود در آب

آب خام موجود در طبیعت در عبور از محیط‌های مختلف می‌تواند حاوی املاح محلول و نا محلول (معلق در آب) بشود.

به کل ذرات و مواد جامد معلق در آب TSS (Total Suspended Solids) گفته می‌شود و به کل مواد جامد محلول در آب TDS (Total Dissolved Solids) اطلاق می‌شود. ذرات TSS از فیلتری با منافذ ۲ میکرون عبور نمی‌کنند اما ذرات TDS از این منافذ عبور می‌کنند. TDS و سختی آب در ادامه توضیح داده می‌شود.



شکل (۳-۶) ارتباط آب خام، TDS و سختی آب

۳-۴-۲ ته‌نشین کردن مواد موجود در آب

در اولین مرحله‌ی تصفیه آب، به منظور حذف ذرات معلق درشت و سنگین از آب، عملیاتی به نام فرآیند ته‌نشینی صورت می‌گیرد. این فرآیند غالباً قبل از مراحل بعدی تصفیه، مانند فیلتر شنی و اسموز معکوس، صورت می‌گیرد و به دو روش انجام می‌شود:

الف) ته‌نشینی بدون مواد شیمیایی

آب موجود در طبیعت، حاوی مواد معلق است. وقتی این آب وارد استخرهای بزرگ شود، با کاهش سرعت جریان آب، پس از مدتی، مواد معلق سنگین داخل آب، ته‌نشین می‌گردند.

ب) ته‌نشینی با استفاده از مواد شیمیایی (مواد منعقد کننده)

برای کوتاه کردن مدت زمان ته‌نشینی و کم کردن مقدار نمک‌های محلول در آب، از مواد انعقاد کننده استفاده می‌شود. مواد شیمیایی دارای بار الکتریکی مثبت، مواد ریز معلق در آب (که غالباً دارای بار منفی هستند) را جذب می‌کنند. در نتیجه ذرات درشت‌تر و سنگین‌تری ایجاد شده و ته‌نشین می‌شوند. مواد شیمیایی نمک‌های نامحلول به وجود می‌آورند و آن‌ها را برای ته‌نشینی آماده می‌کنند.

پرسش ۶۱-۳) برای کوتاه کردن مدت زمان ته‌نشینی و کم کردن نمک‌های محلول در آب از چه نوع ته‌نشینی استفاده می‌شود؟ (ق.ت-۸۶ «۸»)

الف) ته‌نشینی با استفاده از مواد شیمیایی و انعقاد

ب) ته‌نشینی با استفاده از استخرهای ته‌نشینی

ج) ته‌نشینی ساده بدون استفاده از مواد شیمیایی

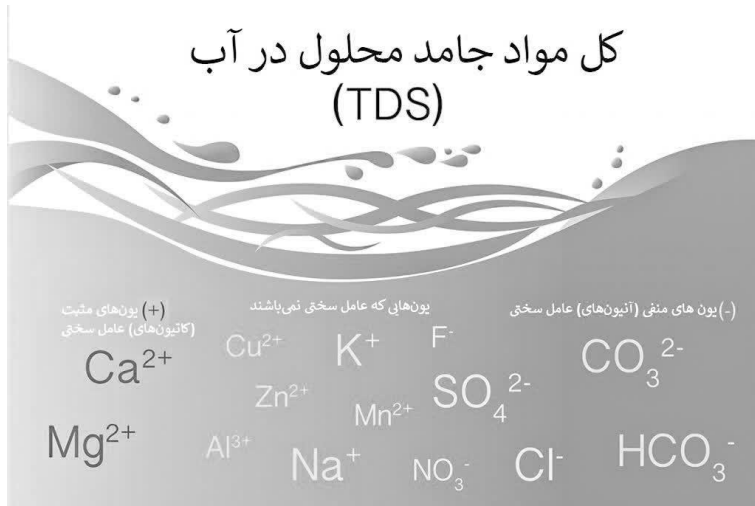
د) موارد «الف» و «ب»

پاسخ) طبق مطالب فوق، گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۸» آزمون "تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه" سال ۸۲ می‌باشد.

۳- ۵ کل مواد جامد حل شده در آب (TDS)

یکی از معیارهای سنجش کیفیت آب، TDS (کل جامدات محلول در آب) است؛ که برحسب ppm بیان می‌گردد. ترکیبات اصلی افزایش دهنده یا کاهش دهنده مقدار TDS، عبارت است از: کلسیم، منیزیم، سدیم، کاتیون‌ها، کربنات پتاسیم، کربنات هیدروژن، کلرید، سولفات و آنیون‌های نیترات. این مواد، که تأثیر مستقیمی روی کیفیت آب دارند، با فیلتر کردن، از آب جدا نشده و فقط پس از تبخیر آب، به‌عنوان جزئی از مواد جامد آن (به‌صورت رسوب)، باقی می‌مانند.



شکل (۷-۳) یون‌ها موجود در TDS

جدول (۸-۳) مقادیر تقریبی مواد جامد محلول در آب

نوع آب	TDS (کل مواد جامد محلول) (برحسب ppm)
آب دریا	$10000 < TDS < 40000$
آب شور	$1000 < TDS < 10000$
آب مجاز نوشیدنی	$500 < TDS < 1000$
آب مطلوب آشامیدنی	$100 < TDS < 500$
آب مطلوب صنعتی	$5 < TDS < 100$

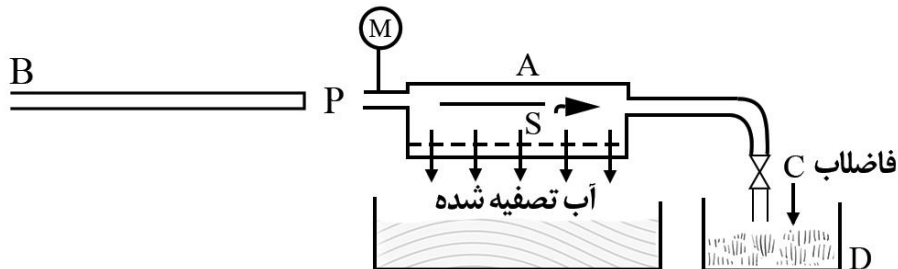
۳- ۵- ۱ شیرین کردن آب

شیرین کردن آب به‌منظور حذف نمک‌ها و املاح معدنی موجود آب صورت می‌گیرد. آب شیرین شده، می‌تواند برای آشامیدن، آبیاری، مصارف صنعتی و غیره استفاده شود. مهم‌ترین روش‌های شیرین کردن آب عبارت است از: روش تقطیر، روش اسموز وارونه (یا معکوس)، روش انجمادی، روش الکترودیالیز و روش تبادل یونی.

الف) روش تقطیر آب شور: در این روش با گرم کردن آب شور، قسمتی از آن را به‌صورت بخار از آن جدا می‌کنند. سپس با تقطیر (تبدیل بخار به مایع) و در اثر سرد کردن، آب شیرین به‌دست می‌آید. این روش، به‌علت نیاز به سوخت فراوان، در جاهایی کاربرد دارد که سوخت طبیعی و ارزان، در دسترس باشد.

ب) روش اسموز معکوس: این روش، کوتاه‌ترین روش شیرین کردن آب شور است؛ که مبتنی بر خاصیت اسموزی می‌باشد. فرض کنید دو مخزن به‌وسیله ممبران یا غشای نفوذپذیر (نوعی پوسته کامپوزیتی که دارای منافذ ریز است)، از هم جدا شده‌اند. وقتی آب یک طرف ممبران شورتر از آب طرف دیگر باشد، براساس خاصیت «اسموز»، آب کم‌نمک به آب شور نفوذ می‌کند. به‌عبارت‌دیگر، مایع با غلظت کمتر، (از طریق غشای تراوا یا پوسته نفوذپذیر) به مایع با غلظت بیشتر، نفوذ می‌کند؛ که به این فرآیند،

اسموز می‌گویند. در فرآیند «اسموز وارونه»، عکس عمل اسموز طبیعی صورت می‌گیرد؛ به طوری که با اعمال فشار پمپ، آب حاوی املاح و نمک در پشت غشاء بر فشار اسموز غلبه کرده و از منافذ ریز غشاء (که مانند یک فیلتر است) فقط آب عبور می‌کند و سایر املاح و نمک‌ها باقی می‌مانند. این املاح به سمت ظرف یا فاضلاب آب شور هدایت می‌شوند و آب تصفیه شده در طرف دیگر ممبران، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل زیر شیرین کردن آب شور دریا، با استفاده از روش اسموز وارونه، به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل (۳-۸) شماتیک دستگاه آب شیرین کن با روش اسموز معکوس

آب شور از طریق لوله (B) وارد دستگاه شده و توسط پمپ (P) به درون انبار (A)، فشرده می‌شود. در قسمت پائین انبار، یک ممبران نیمه نفوذپذیر تعبیه شده است. فشار پمپ P، باعث می‌شود که آب با غلظت کمتر (یعنی آب شیرین)، از ممبران (S) به درون ظرف آب شیرین جریان یابد. در نهایت پساب به دست آمده (یعنی آب شور)، از راه شیر (C) به کانال فاضلاب (D) وارد می‌گردد.

ج) روش انجمادی (تقطیر سرد): در صورت انجماد آب شور، بلورهای یخ به دست آمده، عاری از نمک بوده و املاح بر سطح خارجی بلورها قرار می‌گیرند. سپس می‌توان با جداسازی نمک‌های سطح یخ و ذوب کردن یخ‌ها، آب شیرین به دست آورد.

پرسش (۳-۶۲) سه روش متداول آب شیرین کن‌ها را به اختصار شرح دهید. (د.ت-۸۰ «ع» تشریحی)

پاسخ) از جمله متداول‌ترین روش‌های شیرین کردن آب، می‌توان به روش تقطیر، انجماد سریع و روش اسموز معکوس اشاره کرد. در مطلب فوق، شرح هر کدام آمده است.

پرسش (۳-۶۳) عملی‌ترین و ارزان‌ترین روش شیرین کردن آب‌های شور کدام است؟ (د.ت-۸۴ «ع» ۳۶)

الف) فیلتراسیون REVERSE OSMOSE

ب) ایجاد خلأ و جوشانیدن آب در کمتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و تقطیر بخارات حاصله

ج) یونیزاسیون (E.D.R)

د) ته‌نشینی در حوضچه‌های بزرگ

پاسخ) روش اسموز معکوس، عملی‌ترین و ارزان‌ترین روش شیرین کردن آب دریا است. گزینه الف صحیح است.

۳-۶ سختی آب

سختی آب (hardness) به وسیله مجموع نمک‌های کلسیم و منیزیم در آب بیان می‌شود. اگرچه ممکن است شامل آلومینیوم، آهن، منگنز، استرانسیم یا روی نیز باشد. آب سخت، در حالت طبیعی می‌تواند رسوب (Scale) ایجاد کند. هنگامی که آب سخت گرم می‌شود، لایه‌ای رسوبی از خود به جا خواهد گذاشت. این رسوب و دیگر ناخالصی‌ها در درون لوله‌ها، شیرها و پمپ‌ها انباشته شده و مانعی در مسیر جریان سیال ایجاد می‌نمایند.

۳-۶-۱ انواع سختی

سختی از نظر پایداری دو نوع است: سختی ناپایدار (موقت) و سختی پایدار (دائم).

الف) سختی موقت (ناپایدار یا کربناتی): ناشی از وجود کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های کلسیم و یا منیزیم در آب بوده و برحسب ppm و به‌ازای CaCO_3 بیان می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، سختی برحسب مقدار میلی‌گرم کربنات کلسیم در لیتر، بیان می‌شود. ب) سختی دائمی (پایدار یا غیرکربناتی): باقی‌مانده سختی در آب بوده؛ که برحسب ppm و به‌ازای CaCO_3 بیان می‌شود. سختی پایدار، به‌علت وجود ترکیبات دیگری از کلسیم یا منیزیم (مانند سولفات‌ها، کلریدها، نترات‌ها، فسفات‌ها و یا سیلیکات‌های کلسیم و یا منیزیم)، به‌وجود می‌آید و کربن در آن دخالت ندارد. سختی غیرکربناتی، عاملی جدی در تصفیه آب محسوب نمی‌شود. زیرا حلالیت آن، تقریباً ۷۰ برابر بیشتر از سختی کربناتی است.

پرسش ۳-۶۴ منظور از سختی آب چیست؟ (د.ت-۸۰ «۱۲» تستی)

الف) مقدار رسوب موجود در یک لیتر آب

ب) مقدار اکسیژن محلول در یک لیتر آب

ج) مقدار کربنات کلسیم موجود در یک لیتر آب به میلی‌گرم (mg/l)

د) مقدار کربنات منیزیم موجود در یک لیتر آب

پاسخ) سختی برحسب ppm و به‌ازای CaCO_3 یا مقدار میلی‌گرم کربنات کلسیم در لیتر بیان می‌شود. گزینه ج صحیح است. این پرسش، مشابه پرسش «۱۰» آزمون «برق و ماشین‌آلات کارخانجات دادگستری» سال ۷۳ و پرسش «۹» آزمون «برق و ماشین‌آلات کارخانجات دادگستری» سال ۷۱ می‌باشد.

پرسش ۳-۶۵ مواد اصلی تشکیل‌دهنده رسوبات در داخل لوله‌های آب گرم و سرد کدام است؟ (د.ت-۸۴ «۳۷»)

الف) سدیم و پتاسیم ب) کلسیم و منیزیم ج) سدیم و منگنز د) کلسیم و آهن

پاسخ) رسوبات ناشی از سختی آب بوده و سختی آب بر حسب نمک‌های کلسیم و منیزیم سنجیده می‌شوند پس گزینه ب صحیح است.

پرسش ۳-۶۶ کدام‌یک از موارد زیر، غالباً جزء سختی کربناتی آب تلقی می‌شود؟ (ق.ت-۸۶ «۷»)

الف) بی‌کربنات کلسیم و آمونیم ب) بی‌کربنات منیزیم و آمونیم

ج) بی‌کربنات پتاسیم و منیزیم د) بی‌کربنات کلسیم و منیزیم

پاسخ) با توجه به مطلب فوق، گزینه د صحیح می‌باشد.

پرسش ۳-۶۷ کدام‌یک از مواد زیر باعث سختی آب می‌شود؟ (ق.ب-۸۰ «۴۶»)

الف) سولفات سدیم ب) سولفات مس ج) کربنات منیزیم د) نترات پتاسیم

پاسخ) با توجه به مطلب فوق، گزینه ج صحیح می‌باشد.

پرسش ۳-۶۸ واژه SCALE: (د.ت-۸۸ «۱۹»)

الف) جرم اسیدی است و به رسوبی گفته می‌شود که در اثر ته‌نشینی و یا کریستال شدن نمک از آب ظاهر می‌شود.

ب) جرم قلیایی است و باعث بالا رفتن سختی آب می‌گردد.

ج) مربوط به اندازه‌گیری سختی مایعات است.

د) مربوط به اندازه‌گیری سختی جامدات است.

پاسخ) در صورتی که آب اسیدی باشد، این حالت اسیدی باعث خوردگی یا corrosion می‌شود. در صورتی که آب قلیایی باشد (یعنی PH بین ۷ تا ۱۴)، این حالت قلیایی شرایط تشکیل کربنات کلسیم به‌وجود آمده و در نهایت تبدیل به رسوب

می‌شود؛ که به آن «SCALE» گویند. نزدیک‌ترین گزینه به این مفهوم، گزینه ب می‌باشد اما قسمت دوم گزینه ب صحیح نیست یعنی SCALE باعث بالارفتن سختی آب نمی‌شود بلکه نتیجه‌ی سختی آب است.^۱

این پرسش، مشابه پرسش «۱۴۲» آزمون «برق و ماشین‌آلات کارخانجات دادگستری» سال ۸۴ می‌باشد.

نکته ۱۸-۳) «سختی موقت» ناشی از وجود کربنات و بی‌کربنات کلسیم یا منیزیم در آب می‌باشد. در این حالت، جرم قلیایی بوده و باعث رسوب می‌شود. همچنین بی‌کربنات‌ها، در دیگ بخار، سبب انتشار CO₂ می‌گردند. CO₂ نیز با آب ترکیب شده و اسید تشکیل می‌دهد. این اسید می‌تواند عامل خوردگی دیگ باشد.

نکته ۱۹-۳) «سختی دائم» حاوی نمک‌های کلسیم و منیزیم (شامل سولفات، کلرید، نیترات، فسفات و سیلیکات) می‌باشد. به‌طور مثال، کلرید کلسیم (CaCl₂) در دیگ بخار می‌تواند باعث ایجاد خوردگی در بخش‌هایی از دیگ شود. حتی مقادیر کمی از CaCl₂ در رسوبات، می‌تواند باعث خوردگی شدید فولاد کربنی دیگ شود.

پرسش ۶۹-۳) در مورد سختی آب کدام جمله صحیح است؟ (ق.ب-۸۴ «۴۰»)

- الف) سختی دائم، میزان کربنات کلسیم و کربنات منیزیم آن است.
- ب) سختی دائم، میزان سولفات کلسیم و کلرید منیزیم آن است.
- ج) سختی موقت، میزان کربنات کلسیم و کربنات منیزیم آن است.
- د) سختی موقت، میزان سولفات کلسیم و کلرید منیزیم آن است.

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، گزینه‌های ب و ج صحیح می‌باشند.

این پرسش، مشابه پرسش «۲۰» آزمون «تاسیسات سافتمانی قوه قضائیه» سال ۸۴ می‌باشد.

پرسش ۷۰-۳) کدام جمله صحیح است؟ (ق.ت-۸۴ «۲۱»)

- الف) سختی دائم باعث خوردگی می‌شود.
 - ب) سختی موقت باعث ایجاد رسوب می‌شود.
 - ج) هر دو مورد فوق
 - د) هیچ‌کدام
- پاسخ)** طبق نکات فوق، نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ صحیح، گزینه ج است.

نکته ۲۰-۳) حداکثر مقدار مجاز درجه سختی آب‌های آشامیدنی مطابق استاندارد WHO (سازمان بهداشت جهانی)، به میزان ۲۵۰ میلی‌گرم کربنات کلسیم در لیتر و حداقل سختی آب آشامیدنی، ۳۰ میلی‌گرم کربنات کلسیم در لیتر تعیین شده است. در ضمن حداکثر درجه سختی آب مصرفی در دیگ‌های بخار طبق استاندارد DIN (آلمان)، ۴۵ میلی‌گرم کربنات کلسیم در لیتر است. برای سایر کاربردها بایستی حداکثر درجه سختی مورد نیاز طبق استانداردهای توصیه شده، تعیین گردد.

۳-۶-۲ میزان سختی

برای سنجش میزان سختی آب، مقدار موادی که باعث سختی شده‌اند را، برحسب ppm (یعنی قسمت در میلیون)، اندازه می‌گیریم. در جدول زیر، میزان سختی آب طبقه‌بندی شده است.

جدول (۳-۱۰) طبقه بندی سختی آب

سختی (برحسب ppm) (بر مبنای CaCO ₃)	کمتر از ۱۵	۱۵ تا ۵۰	۵۰ تا ۱۰۰	۱۰۰ تا ۲۰۰	بیش از ۲۰۰

^۱ جهت کسب اطلاعات بیشتر به ASHRAE APPLICATIONS HANDBOOK مراجعه شود.

خیلی سخت (Very hard)	سخت (Hard)	نیمه سخت (Medium hard)	نرم (Soft)	خیلی نرم (Very soft)	طبقه بندی
----------------------	------------	------------------------	------------	----------------------	-----------

نکته (۳-۲۱) آب آشامیدنی با میزان سختی ۶۰ تا ۱۲۰ ppm، به عنوان آب آشامیدنی خوب شناخته می‌شود.

پرسش (۳-۷۱) آب بسیار سخت، دارای سختی ذیل می‌باشد؟ (ق.ب-۸۰ «۹۶»)
 الف) بیش از ۲۰۰ ppm (ب) بیش از ۳۰۰ ppm (ج) بیش از ۴۰۰ ppm (د) بیش از ۴۵۰ ppm

پاسخ) با توجه به جدول بالا، گزینه الف صحیح است.

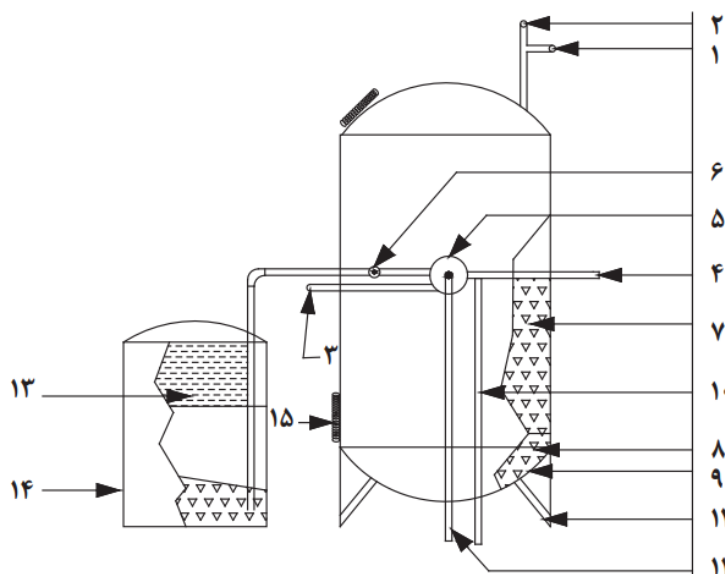
پرسش (۳-۷۲) واحد سنجش سختی آب چیست و در دیگ‌های کوچک کم فشار، حداکثر به چه میزان مجاز می‌باشد؟ (د.ت-۹۵ «۴۰»)

الف) پی‌پی‌ام (ppm) - حدود ۱۰ TDS (ب) تی‌دی‌اس (TDS) - حدود ۱۰ ppm
 ج) تی‌دی‌دی (TDD) - حدود ۲۰ TDD (د) پی‌پی‌ام (ppm) - حدود ۲۰ ppm
 پاسخ) واحد سنجش سختی نیست؛ بلکه یک کمیت است (مانند سختی). واحد سنجش TDS یا مقدار سختی، هر دو بر حسب ppm بیان می‌شوند. تنها گزینه‌ای که صرفاً شامل مقدار ppm است، گزینه د می‌باشد. بنابراین گزینه د صحیح است.

۳-۶-۳ سختی‌گیری آب

برخی روش‌های سختی‌گیری آب عبارتند از:

الف) سختی‌گیری رزینی: یکی از روش‌های متداول برای کاستن درجه سختی آب، روش عوض کردن یون‌ها است؛ که با دستگاه سختی‌گیر ژئولیتی انجام می‌گیرد. سختی‌گیرهای تبادل یونی، یون‌های کلسیم و منیزیم در آب سخت را جذب و به جای آن‌ها یون‌های سدیم مثبت و کلر منفی را جایگزین می‌کنند. بعد از اشباع شدن رزین‌ها، به کمک آب نمک احیا می‌گردند. در شکل زیر دستگاه سختی‌گیر ژئولیتی نشان داده شده است.



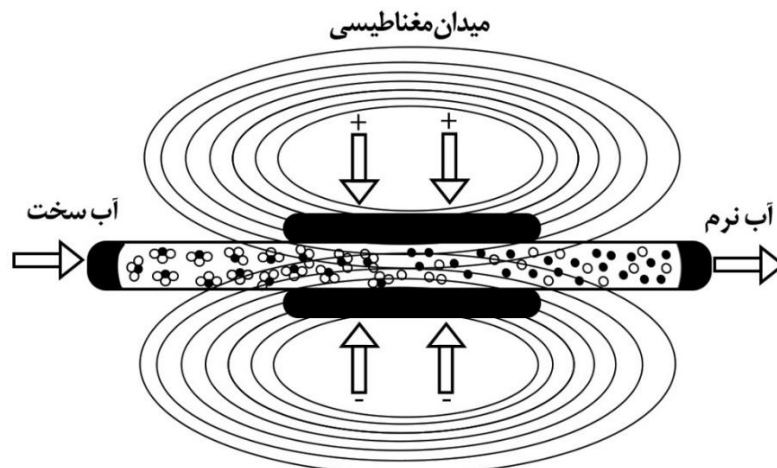
شکل (۳-۹) دستگاه سختی‌گیر ژئولیتی

در شکل بالا: ۱- شیر تخلیه هوا ۲- فشارسنج ۳- ورود آب به دستگاه ۴- خروج آب از دستگاه ۵- شیر چند راهه (سولو) ۶- شیر آب نمک ۷- رزین ۸- صفحه آب پخش کن ۹- محفظه آب پخش کن ۱۰- لوله تخلیه فاضلاب ۱۱- لوله شست و شوی معکوس ۱۲- پایه ها ۱۳- آب نمک ۱۴- مخزن نمک ۱۵- دریچه بازدید، می باشد.

ب) سختی زدایی با آهک: در سختی موقت آب با افزودن یک قلیا، همچون (آهک یا سود)، املاح کلسیم و منیزیم محلول در آب به ترکیبات غیر محلول کربنات کلسیم و منیزیم تبدیل شده که به صورت ذرات ریز قابل رسوب درمی آیند و قابل جداسازی می باشند.

ج) سختی گیری مغناطیسی: این سختی گیرها با استفاده از مغناطیس دائم در واقع از تشکیل رسوب در لوله ها (توسط آب های سخت) با استفاده از جریان القایی ناشی از میدان مغناطیسی، جلوگیری می کنند.

د) سختی گیری الکترومغناطیسی و الکتریکی: این دستگاه شامل مجموعه ای از سختی گیرها بوده که با اعمال میدان الکترومغناطیسی بر آب و بدون ایجاد کوچک ترین تغییر شیمیایی در آن، باعث برهم خوردن توازن یون های مثبت و منفی می شود. در نتیجه این ذرات، بی تاثیر و معلق می شوند و دیگر به بدنه قطعات و سیستم لوله کشی نمی چسبند.



شکل (۱۰-۳) سختی گیر الکترومغناطیسی

پرسش ۷۳-۳) سختی آب را شرح داده و سه روش برای جلوگیری از آن را بیان کنید. (د.ب-۷۶ «۲۷»)

پاسخ) وجود مجموعه نمک های کلسیم و منیزیم در آب بالا رفتن غلظت و میزان سختی آب می شود. روش هایی برای جلوگیری از آن وجود دارد؛ که در مطلب بالا شرح داده شده اند.

پرسش ۷۴-۳) کار یک دستگاه سختی گیر آب را توضیح داده و سه نوع آن را نام ببرید. (د.ت-۸۰ «۱۲» تشریحی)

پاسخ) دستگاه های سختی گیری آب، شامل سختی گیر ژئولیتی، سختی گیر مغناطیسی، سختی گیر الترونیکی و ... می باشد؛ که روش کار آن ها در مطلب بالا توضیح داده شده است.

این پرسش، مشابه پرسش «۵» آزمون «برق و ماشین آلات کارخانجات دادگستری» سال ۸۲ می باشد.

پرسش ۷۵-۳) علت عمده تولید رسوبات در لوله های سرد و گرم را در ساختمان ها شرح داده و نحوه رسوب زدایی و پیشگیری از آن را بیان نمایید. (د.ت-۷۸ «۲»)

پاسخ) علت اصلی تولید رسوب یا Scale، در لوله‌های آب سرد و گرم، سختی آب می‌باشد. روش پیشگیری از آن، نرم کردن یا سختی‌گیری آب است. همچنین برای رفع رسوب، از اسیدهای مناسب استفاده می‌گردد. به این صورت که با سیرکوله کردن اسید در سیستم لوله‌کشی (طی زمان مناسب)، تخلیه و شستشوی آن، رسوب‌گیری انجام می‌شود.

این پرسش، مشابه پرسش «۴» آزمون «برق و ماشین‌آلات کارخانجات دادگستری» سال ۷۲ می‌باشد.

پرسش ۳-۷۶) آب آهک کدام سختی را برطرف می‌کند؟ (ق.ب-۸۰ «۶۸»)

الف) کلرورها (ب) کربنات‌ها (ج) سولفات‌ها (د) نیترات‌ها

پاسخ) بر اساس نکته فوق، استفاده از آهک می‌تواند سختی موقت، که ناشی از وجود کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های کلسیم و یا منیزیم در آب است، را برطرف کند گزینه ب صحیح است

نکته ۳-۲۲) زئولیت منگنز، نوعی ماسه سبز رنگ طبیعی با روکش منگنز دی‌اسید است؛ که آهن و منگنز حل‌شدنی را از محلول حذف می‌کند. پس از سیر شدن زئولیت از یون‌های فلزی، آن را با استفاده از پتاسیم پرمنگنات احیا می‌کنند.

پرسش ۳-۷۷) برای بهبودسازی آب در تجهیزات سختی‌گیر، استفاده از زئولیت منگنز برای چیست؟ (ق.ت-۸۴ «۷۶»)

الف) کاهش قلیایی (ب) جداکردن آهن (ج) جداکردن کلر (د) جداسازی ماده آلی و رنگ

پاسخ) زئولیت منگنز یون‌های فلزی را از بین می‌برد بنابراین گزینه ب صحیح است.

نکته ۳-۲۳) گرین (grain) یک واحد اندازه‌گیری برای جرم می‌باشد که تقریباً برابر با ۶۴/۸ میلی‌گرم است.

نکته ۳-۲۴) ظرفیت دستگاه سختی‌گیر رزینی، برحسب گرین (grain)، عبارت است از:

$$\text{ظرفیت سختی‌گیر} = \frac{\text{gpm} \times \text{ppm} \times 60 \times \text{hr}}{17.1}$$

hr زمان شستشو برحسب ساعت، ppm میزان سختی آب و gpm دبی آب عبوری می‌باشد.

پرسش ۳-۷۸) مقدار آبی که از یک دستگاه سختی‌گیر رزینی عبور می‌کند، ۳۰۰ gpm است. سختی آب ۴۰۰ ppm است. اگر فاصله زمانی شست‌وشو ۱۲ ساعت باشد، قدرت تقریبی سختی‌گیر، چند میلیون گرین باید باشد؟ (د.ت-۹۸ «۴۱»)

الف) یک (ب) دو (ج) سه (د) پنج

پاسخ) بر اساس نکته فوق، ظرفیت سختی‌گیر برابر است با:

$$\frac{\text{gpm} \times \text{ppm} \times 60 \times \text{hr}}{17.1} = \frac{300 \times 400 \times 60 \times 12}{17.1} = 5,052,631 \text{ grain} = 5 \text{ Million grain}$$

گزینه د صحیح است.

۳- ۷ پرسش‌های متفرقه

پرسش ۳-۷۹) سرعت یک جسم در حال سقوط، بستگی دارد به: (ق.ت-۸۴ «۱»)

الف) وزن جسم (ب) جرم جسم (ج) فاصله تا زمین (د) حجم جسم

پاسخ) رابطه سرعت سقوط جسم از حالت سکون عبارت است از:

$$v = \sqrt{2gh}$$

طبق رابطه فوق، سرعت تابع ارتفاع سقوط (فاصله تا زمین) می‌باشد. نیروی مقاومت هوا، در جهت عکس سقوط، بر حرکت جسم موثر است؛ که به شکل و حجم جسم وابسته می‌باشد. گزینه‌های ج و د هر دو صحیح هستند.

پرسش ۳-۸۰) مسافتی که جسم در حال سقوط طی می‌کند، برابر است با: (ق.ت-۸۴ «۲»)

الف) سرعت \times زمان ب) سرعت متوسط \times زمان ج) شتاب \times زمان د) هیچ کدام
پاسخ) طبق تعریف، سرعت متوسط عبارت است از مسافت طی شده در واحد زمان. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۸۱-۳) کدام یک از خواص زیر برای یک مایع، جز خواص فیزیکی مطرح نمی‌شود؟ (د.ت-۷۱ «۳۰»)
الف) کشش سطحی ب) ویسکوزیته ج) ثابت دی‌الکتریک د) قابلیت انحلال
پاسخ) «خاصیت فیزیکی» از شرایط فعلی ماده قابل ملاحظه و اندازه‌گیری است. درحالی‌که «خاصیت شیمیایی» نیازمند یک واکنش شیمیایی با یک ماده دیگر می‌باشد. بنابراین قابلیت انحلال، جزو خواص فیزیکی ماده نیست. گزینه د صحیح است.

مفاهیم صنایع و کارخانجات

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ ماشین‌آلات صنعتی چیست؟
- ✓ اجزاء تشکیل‌دهنده ماشین‌آلات صنعتی
- ✓ مفاهیم مهندسی مکانیک در ماشین‌آلات
- ✓ جرثقیل و بالابر
- ✓ اصول و مفاهیم اندازه‌گیری و کالیبراسیون



۴-۱ ماشین‌آلات صنعتی چیست؟

سیستم‌هایی که انرژی را به اشکال دیگر انرژی تبدیل می‌کنند، «ماشین» نامیده می‌شوند. نمونه‌ای از ماشین‌ها که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند، ژنراتور و نمونه‌ای دیگر که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند، موتورهای الکتریکی نامیده می‌شوند. ماشین‌های مورد مصرف در کارخانجات را عموماً با نام «ماشین‌آلات صنعتی» می‌شناسند. ماشین‌ها در دو گروه اصلی «ماشین‌های ساده» و «ماشین‌های پیچیده» طبقه‌بندی می‌شوند. از جمله ماشین‌های ساده می‌توان به سطح شیدار، چرخ و محور، اهرم، قرقره، گوه و پیچ اشاره کرد. ماشین‌های پیچیده از ترکیب چندین ماشین ساده ایجاد می‌شوند. «مکانیزم» وسیله‌ای است که وظیفه‌ای را انجام می‌دهد و به خودی خود ماشین محسوب نمی‌شود. به‌عنوان مثال چرخ‌دنده یک مکانیزم است که صرفاً جهت انتقال قدرت به کار رفته و ویژگی تعریف‌شده برای ماشین‌ها را ندارد.

۴-۲ اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی ماشین‌آلات صنعتی

۴-۲-۱ اتصالات

این اجزا دو یا چند قسمت را به هم متصل می‌کنند، مانند لحیم کاری، چسباندن، پرچ، پیچ و مهره، پین، میخ و ... در ادامه با انواع اتصالات در ماشین‌آلات صنعتی آشنا می‌شویم.

۴-۲-۱-۱ اتصالات دائمی

در این نوع از اتصالات، دو قطعه را نمی‌توان از هم جدا کرد و چنانچه نیاز به جداسازی باشد، قطعات آسیب دیده یا تخریب می‌شوند. استفاده از جوش، لحیم کاری، چسب و پرچ جزو اتصالات دائمی هستند.

الف) جوش کاری: از این روش جهت اتصال دائمی دو قطعه هم‌جنس به هم، با استفاده از حرارت بالا، استفاده می‌شود. در فصول آینده به تفصیل با فرآیند جوش کاری آشنا خواهیم شد.

ب) لحیم کاری: هنگامی که دمای بالای جوش در محیط کار مشکل‌ساز باشد، از لحیم کاری می‌توان جهت اتصال دائمی قطعات به هم استفاده کرد. در لحیم کاری نیز با استفاده از حرارت، دو قطعه را به هم متصل می‌کنند. تنها تفاوت در این نوع از اتصال با جوش کاری، دمای پایین‌تر آن می‌باشد. در واقع لحیم کاری را نیز می‌توان نوعی جوش کاری دانست، که در آن مواد لحیم کاری ذوب شده و باعث اتصال قطعات می‌شود. انواع لحیم کاری بر اساس نقطه ذوب را می‌توان در دو دسته «لحیم کاری نرم» و «لحیم کاری سخت» قرار داد. مقایسه این دو نوع لحیم کاری در جدول زیر صورت گرفته است:

جدول (۴-۱) مقایسه انواع لحیم کاری

لحیم کاری نرم	لحیم کاری سخت
دمای کاری	پایین‌تر از ۴۵۰ درجه
مورد مصرف	بالاتر از ۴۵۰ درجه
بیشتر برای قطعاتی که به آب‌بندی نیاز دارند	جهت اتصال فلزات و سرامیک‌ها
قلع، روی و سرب	طلا، برنز، مس و نقره

پرسش ۱-۴) برای لحیم کاری نرم معمولاً از چه آلیاژی استفاده می‌کنند؟ (ق.ب-۸۰ «۴۵»)

الف) سرب و آنتیموان ب) قلع و سرب ج) قلع و مس د) قلع و نقره

پاسخ) آلیاژهای مورد مصرف در لحیم کاری نرم، شامل قلع، روی و سرب می‌باشند. گزینه ب صحیح است.

ج) چسب کاری: امروزه به لطف پیشرفت‌های تکنولوژیکی، امکان چسباندن مواد معدنی و فلزی به هم نیز وجود دارد. چسب‌ها با توجه به میزان سفت شدنشان به دو دسته «چسب سرد» و «چسب گرم» تقسیم‌بندی می‌شوند. استفاده از چسب سرد معمولاً

^۱Welding

^۲Soldering

^۳Brazing

در فعالیت‌های انجام‌شونده در دمای اتاق و استفاده از چسب گرم در مواردی مانند اتصال کاشی و سرامیک، صحافی کتاب، صنعت چرم و ... می‌باشد. در ادامه با مزایا و معایب چسب کاری آشنا می‌شویم.

- **مزایا:** آسان، ارزان قیمت و سرعت بالای انجام کار، مهم‌ترین ویژگی‌های استفاده از چسب به‌عنوان اتصال‌دهنده هستند. همچنین در چسب کاری، به دلیل اینکه ترک‌ها با چسب پر می‌شوند، مساله‌ی زنگ‌زدگی از بین می‌رود.
- **معایب:** با افزایش دامنه دمای کاری (از ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد)، مقاومت چسب کاهش می‌یابد. همچنین در صورت عدم دقت در هنگام کار، سطح قطعات کثیف شده و تمیز کردن آن‌ها دشوار می‌باشد.

(د) پرچ کاری: از پرچ کاری جهت اتصال قطعات یا آب‌بندی استفاده می‌شود. در پرچ کاری، حرارتی وجود ندارد و در نتیجه روشی ساده‌تر نسبت به جوش کاری و لحیم کاری محسوب می‌شود. اما ایراد بزرگ این روش سوراخ شدن قسمتی از قطعه و ایجاد تنش در آن نقطه است. از پرچ کاری به‌طور گسترده در صنایع هوانوردی استفاده می‌شود. انواع روش‌های پرچ کاری به شرح زیر هستند:

- **پرچ کاری سرد:** در صورتی که پرچ‌ها، فولادی یا مسی بوده و قطر آن‌ها کمتر از ۱۰ میلی‌متر باشد، از پرچ کاری سرد استفاده می‌شود.

- **پرچ کاری گرم:** در صورتی که پرچ‌ها، فولادی بوده و قطر آن‌ها بیشتر از ۱۰ میلی‌متر باشد، از پرچ کاری گرم استفاده می‌شود. در این نوع پرچ کاری درجه حرارت تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در این دما پرچ‌ها تغییر رنگ داده و به رنگ طلایی در می‌آیند.

- **پرچ کاری انفجاری:** اگر یک طرف محل پرچ بسته باشد و دسترسی به آن سمت ممکن نباشد، از پرچ کاری انفجاری استفاده می‌شود. در این گونه پرچ کاری مقداری مواد منفجره در قسمت ساقه‌ی پرچ قرار می‌گیرد و پس از عبور ساقه‌ی پرچ از قطعه، سر آن در معرض حرارت قرار گرفته و ماده‌ی منفجره، منفجر می‌شود و در نتیجه دهانه پرچ باز می‌شود. از این روش پرچ کاری بیشتر در آب‌بندی مخازن استفاده می‌شود.

همچنین انواع پرچ مورد استفاده در پرچ کاری را می‌توان به صورت زیر معرفی کرد:

- **پرچ شانه‌دار:** توانایی مونتاژ با سرعت بالا، قدرت اتصال خوب، امکان چرخش پس از پرچ کردن، جهت پرچ مواد مشابه یا متفاوت.
- **پرچ افشان:** جهت اتصال قطعات نرم که نیاز به اتصال محکمی ندارند. در این نوع پرچ، قطعه خراب نمی‌شود.
- **پرچ ضدزنگ (آلومینیومی):** جهت استفاده در محیط‌های مرطوب.
- **پرچ توپ‌و نیمه‌پر:** در جاهایی که به استحکام زیادی نیاز باشد، مانند بدنه هواپیما و پل‌های فلزی، از این نوع پرچ استفاده می‌شود.
- **پرچ توخالی (پرچ کور):** از این نوع پرچ‌ها برای اتصال قطعات فلزی سبک و مواد غیرفلزی، که می‌توانند بار کمی را تحمل کنند (مانند چرم، مقوا و مواد مصنوعی)، استفاده می‌شود.

پرسش ۲-۴) پرچ‌های توخالی اصولاً برای کدامیک از مواد زیر به کار می‌روند؟ (ق.ب-۸۰ «۷۵»)

الف) برای آب‌بندی نمودن قطعات فلزی سبک ب) برای قطعات فلزی سبک و مواد مصنوعی

ج) جهت تأسیسات فولادی سنگین د) در محل‌های آب‌بندی

پاسخ) از پرچ‌های توخالی جهت اتصال قطعات فلزی سبک و مواد غیرفلزی استفاده می‌شود. گزینه ب صحیح است.

۴ - ۲ - ۱ - ۲ اتصالات موقت

«اتصالات موقت» اتصالاتی مانند پیچ و مهره، خار، پین و گوه هستند و به شما این امکان را می‌دهند که در صورت لزوم (بدون آسیب) دو قطعه را که به هم متصل شده‌اند، از هم جدا کنید.

الف) پیچ و مهره: از این مکانیزم در صنعت، هم برای اتصال و هم برای حرکت استفاده می‌شود. برای هر پیچ، مشخصات زیر را می‌توان تعریف کرد:

- **گام پیچ (P):** فاصله بین دو دنده متوالی را «گام پیچ» می‌نامند.



- قطر خارجی پیچ (d_1): بزرگترین قطر دنده پیچ را «قطر خارجی پیچ» می‌نامند.
- قطر متوسط پیچ (d_2): متوسط قطر خارجی و قطر داخلی پیچ را «قطر متوسط» پیچ می‌نامند.
- زاویه مارپیچ (β) (زاویه انحراف، زاویه دنده یا رزوه): این زاویه طبق رابطه‌ی زیر حاصل می‌شود:

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{P}{\pi d_2} \right) \quad (۴-۱)$$

- مدول (M): به نسبت گام پیچ به تعداد دندانه‌ها، مدول گفته می‌شود و واحد آن میلی‌متر می‌باشد.
- دایره گام: دایره‌ای فرضی که همه محاسبات بر آن استوار است.

نکته (۴-۱) پیچ‌ها بسته به جهت زاویه مارپیچ، به صورت راست‌گرد و چپ‌گرد ساخته می‌شوند. در پیچ‌های چپ‌گرد (برعکس راست‌گرد)، پیچ از راست به چپ چرخانده می‌شود و مهره به طرف بدنه حرکت می‌کند.

پرسش ۳-۴) در پیچ‌های مدولی، گام پیچ برابر است با حاصلضرب (د.ب-۸۴ «۲۵»)

الف) تعداد دنده‌ها در عدد π (ب) تعداد دنده‌ها در مدول پیچ

ج) مدول پیچ در تانژانت زاویه انحراف (د) مدول پیچ در عدد π

پاسخ) با توجه به تعاریف بالا، مدول پیچ از حاصل تقسیم گام پیچ بر تعداد دنده‌ها حاصل می‌شود. پس گام پیچ را می‌توان با حاصلضرب تعداد دنده‌ها در مدول پیچ به دست آورد. گزینه ب صحیح است.

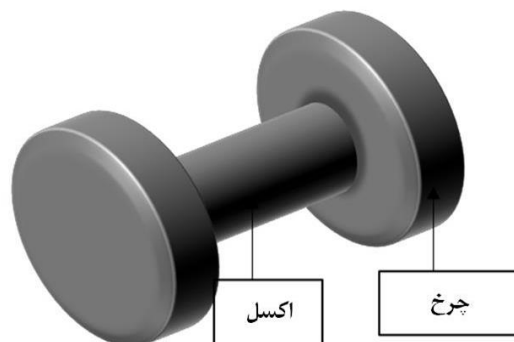
ب) پین (پین): پین‌ها یکی از انواع اتصالات موقت هستند که برای اتصال، سفت کردن و متحدالمرکز کردن قطعات استفاده می‌شوند. پین‌ها با توجه به شکلشان به پین‌های استوانه‌ای، مخروطی و شیاردار تقسیم‌بندی می‌شوند. جهت اتصال با پین، از ضربات آرام چکش استفاده می‌شود.

۴ - ۲ - ۲ - ۴ محورها (اکسل و شافت)

محورها، قطعاتی هستند که سایر اجزای یک ماشین را حمل می‌کنند. اکسل‌ها و شفت‌ها جزو محورهای ماشین دسته‌بندی می‌شوند. این قطعات از نظر ساختار مشابه هستند و فقط از نظر تحمل نیرو و تنش‌های ایجادشده با هم تفاوت دارند.

۴ - ۲ - ۲ - ۴ ۱ - اکسل

اکسل قطعه‌ای چرخشی است که تحت نیروی پیچشی قرار نمی‌گیرد و تنها تحت تأثیر نیروی خمشی قرار می‌گیرد. از این قسمت می‌توان به‌عنوان تکیه‌گاه چرخ (شامل چرخ تسمه، چرخ زنجیر، چرخ‌دنده) استفاده کرد. اکسل‌ها می‌توانند متحرک (مانند اکسل چرخ‌های اتومبیل‌هایی که روی ریل حرکت می‌کنند) یا ثابت (مانند اکسل چرخ‌های کامیون و دوچرخه) باشند.



شکل (۴-۱) اکسل

۴ - ۲ - ۲ - ۴ شافت

شافت قطعه‌ای چرخشی است که برای انتقال نیرو و حرکت استفاده می‌شود و تحت تأثیر نیروی پیچشی و نیروی خمشی قرار دارد و به سه گروه ثابت، مفصلی و انعطاف‌پذیر تقسیم می‌شود. از شافت‌های ثابت برای نصب چرخ‌دنده‌ها، کلاچ، قرقره‌ها و میل

لنگ‌ها استفاده می‌شود. میل‌لنگ نیز بخشی از محورهای ثابت است و برای تبدیل حرکت چرخشی به حرکت خطی یا بالعکس استفاده می‌شود. اکسل و شافت به صورت توپر یا توخالی تولید می‌شوند. میله‌های توخالی در برابر نیروهای خمشی مقاوم هستند، بنابراین برای ساخت اکسل بسیار مناسب هستند، اما در برابر پیچش مقاومت کمتری دارند.

هنگامی که سرعت چرخش یک جسم در حال چرخش، برابر با سرعت ارتعاش طبیعی باشد، به این سرعت «سرعت بحرانی» می‌گویند. با نزدیک شدن سرعت چرخش به فرکانس طبیعی، جسم شروع به رزونانس می‌کند و باعث ارتعاش سیستم می‌شود. هر چه اینرسی جسم دوار بیشتر باشد، ارتعاش شدیدتر است. وجود ارتعاش در دراز مدت می‌تواند باعث شل شدن اتصالات مکانیکی و در نهایت متلاشی شدن و تخریب دستگاه‌ها شود.

پرسش ۴-۴) سرعت بحرانی یک دیسک متصل و هم محور با شافت عبارت است از: (د.ب-۸۶ «۴۰»)

الف) تعداد دورانی که به ازای آن شافت و دیسک، به دلیل عدم بالانس بودن، مرتعش می‌شوند.

ب) تعداد دورانی که به ازای آن شافت از دیسک جدا می‌شود.

ج) گیربکس نمی‌تواند این دور را تامین نماید.

د) موتور محرک شافت نمی‌تواند دوران بیش از آن را تامین کند.

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، در سرعت بحرانی سرعت دوران به سرعت فرکانس طبیعی نزدیک بوده و دستگاه شروع به لرزیدن می‌کند. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵-۴) ارتعاشات هر دستگاهی نزدیک به فرکانس طبیعی می‌تواند: (د.ب-۸۴ «۴»)

الف) برای دستگاه خطرناک باشد

ب) اهمیت چندانی ندارد

ج) راندمان آن کاهش می‌یابد

د) راندمان آن افزایش می‌یابد

پاسخ) ارتعاشات نزدیک به فرکانس طبیعی، برای دستگاه بسیار خطرناک بوده و می‌تواند باعث از بین رفتن دستگاه شود. گزینه الف صحیح است.

۴ - ۲ - ۳ فنر^۱

فنرها اجزایی هستند که تحت نیروی معین تغییر شکل می‌دهند و وقتی نیروی وارده را حذف می‌کنیم، به حالت اولیه خود برمی‌گردند. از فنرها جهت ذخیره انرژی مکانیکی استفاده می‌شود.

فنرها برحسب نوع تغییرشکل، به فنرهای فشاری، کششی، خمشی و پیچشی تقسیم‌بندی می‌شوند. فنرهای لاستیکی نوعی دیگر از فنرها هستند؛ که عمدتاً برای میراسازی لرزش و ارتعاش استفاده می‌شوند. از ویژگی‌های مهم فنرهای لاستیکی می‌توان استحکام، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در برابر حرارت، مقاومت در برابر نفوذ موادی مانند روغن و بنزین را می‌توان نام برد. همچنین به خراب شدن این فنرها «پیر شدن» می‌گویند.

در یک فنر کشیده شده یا فشرده، مقدار نیرویی که به فنر وارد می‌شود برابر است با:

$$F = -k \cdot \Delta x \quad (۴-۱)$$

که در این رابطه، k ثابت فنر و Δx تغییر طول فنر است. همچنین انرژی ذخیره شده در فنر کشیده شده یا فشرده، «انرژی پتانسیل کشسانی» فنر نامیده می‌شود و از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2 \quad (۴-۲)$$

پرسش ۶-۴) انرژی پتانسیل ذخیره شده در یک فنر از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟ (د.ب-۹۰ «۵۰»)

الف) $\frac{1}{2} \frac{k}{x}$

ب) $\frac{1}{2} kx^2$

ج) $\frac{1}{2} kx$

د) $\frac{k}{x^2}$

پاسخ) با توجه به موارد ذکر شده، گزینه ب صحیح است.



۴-۲-۴ یاتاقان^۱

یاتاقان‌ها به حرکت دو قطعه در یک یا چند جهت با کاهش اصطکاک و محدودسازی مسیرهای متحرک کمک می‌کنند، این اجزا در واقع پشتیبان حرکت‌های دورانی هستند. به‌طور کلی یاتاقان‌ها به دو دسته یاتاقان‌های لغزشی و یاتاقان‌های غلتشی^۲ تقسیم می‌شوند. در یاتاقان‌های لغزشی بین سطوح، لغزش وجود دارد درحالی‌که در یاتاقان‌های غلتشی، سطوح بر روی هم می‌غلتند. همچنین در دسته‌بندی دیگر، یاتاقان‌ها به دو نوع یاتاقان‌های شعاعی، یاتاقان‌های محوری و یاتاقان‌های شعاعی محوری، دسته بندی می‌شوند.

۴-۲-۴-۱ یاتاقان‌های لغزشی

یاتاقان‌های لغزشی دارای ساده‌ترین طراحی در بین انواع دیگر هستند. این نوع یاتاقان‌ها، شامل دو حلقه در داخل یکدیگر هستند. یک حلقه به تکیه‌گاه و حلقه دیگر به جسم متحرک متصل است. برای کاهش اصطکاک بین این دو حلقه، از روغن به عنوان روان‌کننده استفاده می‌شود. وجود روغن در این نوع یاتاقان‌ها، باعث عملکرد نرم شفت و افزایش عمر یاتاقان می‌شود. این یاتاقان‌ها قیمت کمتری نسبت به یاتاقان‌های غلتشی دارند، اما استفاده از آن‌ها نیازمند به پمپ‌های روغن با فشار بالا و لوله‌های ورودی می‌باشد و در نتیجه هزینه‌ی کلی آن‌ها افزایش می‌یابد.



شکل (۲-۴) یاتاقان لغزشی

۴-۲-۴-۲ یاتاقان‌های محوری

یکی از انواع یاتاقان‌هایی که امروزه در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، یاتاقان‌های محوری (بدون رینگ) هستند. یاتاقان‌های محوری یاتاقان‌هایی هستند که حین کار بارهای محوری را حمل می‌کنند. یاتاقان‌های محوری، در حلقه‌های داخلی و خارجی، با سرعت‌های لغزشی متفاوتی عمل می‌کنند، به‌همین دلیل قسمت بیرونی، سریع‌تر ساییده می‌شود و این بزرگترین عیب این نوع یاتاقان است. اگر بار محوری به شفت وارد شود، یاتاقان شعاعی نمی‌تواند از حرکت شفت جلوگیری کند و بنابراین باید از یاتاقان محوری استفاده شود. در شکل زیر نمونه‌ای از یاتاقان محوری مشاهده می‌شود:



شکل (۳-۴) یاتاقان محوری

پرسش (۷-۴) یاتاقان‌های محوری برای کدامیک از منظوره‌های زیر به کار می‌روند؟ (ق.ب- ۸۰ «۲۵»)

الف) بارهای محوری ب) محورهای عمودی ج) محورهای افقی د) بارهای شعاعی

^۱Bearing

^۲Rolling Bearing

پاسخ) طبق توضیحات بالا، یاتاقان‌های محوری برای بارهای محوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. گزینه الف صحیح است.

۴ - ۲ - ۴ - ۳ یاتاقان‌های غلتشی

یاتاقان‌های غلتشی، همانند یاتاقان‌های لغزشی، بر روی محور قرار می‌گیرند. در این یاتاقان‌ها، اجسام غلتان کروی یا غیرکروی بین حلقه‌ها یا صفحات فولادی قرار دارند. این یاتاقان‌ها برای تحمل بارهای محوری و شعاعی و یا ترکیبی از آن دو ساخته می‌شوند.

اصطکاک در یاتاقان‌های غلتشی نسبت به یاتاقان‌های لغزشی کمتر است، بنابراین یاتاقان‌های غلتشی به روغن کاری کمتری احتیاج دارند. این بلبرینگ‌ها برای شروع، به گشتاور کمتری نیاز دارند؛ که این موضوع، مزیت اصلی این نوع از یاتاقان‌ها می‌باشد. از طرفی با توجه به اندازه‌های استاندارد به‌راحتی قابل تعویض هستند، فضای کمتری را در محور اشغال می‌کنند، گرمای زیادی تولید نمی‌کنند و بازده خوبی دارند. البته این نوع از یاتاقان‌ها در صورت خرابی صداهای غیرعادی ایجاد می‌کنند، به آلودگی و گرد و غبار بسیار حساس هستند و شدیداً به آب‌بندی نیاز دارند.

به‌طور کلی یاتاقان‌های دارای ساچمه‌های کروی را «بلبرینگ» و یاتاقان‌های دارای ساچمه‌های غیرکروی را «رولبرینگ» می‌نامند. در بلبرینگ‌ها سطح تماس ساچمه با سطوح به‌صورت نقطه و در رولبرینگ‌ها سطح تماس به‌صورت یک خط می‌باشد. بنابراین، بلبرینگ می‌تواند بارهای شعاعی و محوری، با سرعت بالا و گشتاور کم را تحمل کند، اما رولبرینگ فقط تحت بار شعاعی می‌تواند فشار بالا را تحمل کند. علاوه بر این، بلبرینگ‌ها به‌دلیل تماس نقطه‌ای و اصطکاک کم، صدای کمتری تولید می‌کنند. انواع ساچمه در غلتک‌های رولبرینگ‌ها، شامل ساچمه‌های استوانه‌ای، مخروطی، بشکه‌ای و سوزنی هستند. نمونه‌هایی از یاتاقان غلتشی در شکل زیر نمایش داده شده است:



شکل (۴-۴) یاتاقان غلتشی: (الف) بلبرینگ، (ب) رولبرینگ

پرسش ۸-۴) اختلاف بین بلبرینگ و رولبرینگ در چیست؟ (د.ب-۷۵ «۹»)

الف) بلبرینگ گردش دوار و رولبرینگ گردش خطی است.

ب) رولبرینگ گردش دوار و بلبرینگ گردش خطی است.

ج) اختلاف در نوع ساچمه‌هایشان است.

د) اختلافی با هم ندارند.

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، در بلبرینگ‌ها نوع ساچمه از جنس کروی و در رولبرینگ‌ها از نوع غیرکروی است. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۹-۴) برای محورهای دواری که با دور بالا می‌چرخند، بهتر است از بلبرینگ با ساچمه استفاده شود.

د.ب-۸۸ «۳»

د) مخروطی دوپل

ج) گرد

ب) بشکه‌ای

الف) استوانه‌ای

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، بلبرینگ‌ها برای تحمل بارهای با سرعت بالا و گشتاور کم مناسب می‌باشند. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۱۰-۴) انتخاب بلبرینگ برای مزیت: (د.ب-۸۶ «۵»)



ب) صدای کمتر، نیاز به گشتاور کمتر

الف) تحمل بیشتر بار رادیال

د) تحمل بیشتر بار اکسیال

ج) نیاز به فضای کمتر

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، بلبرینگ‌ها به دلیل تماس نقطه‌ای و اصطکاک کم، صدای کمتری تولید می‌کنند. گزینه ب صحیح است.

رولبرینگ‌ها با روغن مایع و روغن جامد (گریس) روان‌کاری می‌شوند. گریس خاصیت ایده‌آلی دارد؛ که برای مدت طولانی باقی می‌ماند. این روغن از سطوح فلزی در برابر زنگ‌زدگی محافظت می‌کند و از روغن مایع ارزان‌تر است. با این حال روغن مایع در سرعت‌های بالا، نتایج خوبی از خود نشان داده است. همچنین به دلیل ناهمواری سطح اجسام، ضریب اصطکاک زمانی که اجسام در حال سکون هستند، حداکثر مقدار را دارد (جوش موقتی) و پس از شروع حرکت (لغزش اولیه)، کوچکتر می‌شود. اجسام در حرکت غلتش، سطوح تماس کمتری دارند؛ بنابراین ضریب اصطکاک غلتش نسبت به لغزش و لغزش نسبت به حالت سکون (استاتیک) کمتر است.

پرسش ۱۱-۴) در ضرایب اصطکاک غلتشی - لغزشی - سکون در فولاد روی فولاد کدام رابطه صحیح است؟ (مقایسه اندازه ضرایب نسبت به هم) (د.ب-۸۸ «۳۸»)

ب) سکون > غلتشی > لغزشی

الف) لغزشی > غلتشی > سکون

د) سکون > لغزشی > غلتشی

ج) غلتشی > لغزشی > سکون

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، ضریب اصطکاک غلتش نسبت به لغزش و لغزش نسبت به حالت سکون (استاتیک) کمتر است. گزینه ج صحیح است.

معیارهای مختلف برای انتخاب یاتاقان عبارتند از: فضای موجود، بار (مقدار و جهت بار)، دقت، سرعت، عملکرد بی‌صدا، استحکام و جابجایی محوری. همچنین در طراحی یاتاقان، باید عوامل زیر در نظر گرفته شود:

- تغییر شکل پوسته یاتاقان (به دلیل آلودگی محیطی، خراب شدن روغن روان‌کاری و ضربه‌های وارده حین نصب)
- نسبت طول به قطر (هرچه طول یاتاقان بیشتر باشد، نشت روغن کمتر خواهد بود، اما از طرف دیگر محدودیت‌هایی برای افزایش طول یاتاقان داریم، بنابراین نسبت طول به قطر در یاتاقان‌ها مقداری مهم بوده؛ که به صورت تجربی به دست می‌آید.
- ناهم‌راستایی (بین محور و یاتاقان)
- ساخت و مونتاژ (عدم خراش)
- لقی
- تحمل در برابر حرارت و فشارهای وارده

پرسش ۱۲-۴) نوع بلبرینگ یا رولبرینگ‌هایی که برای استقرار الکتروموتورها استفاده می‌شوند، به چه عواملی بستگی دارد؟ (د.ب-۸۸ «۳۳»)

ب) توان، ولتاژ و جریان الکتروموتور

الف) توان، سرعت و نحوه استقرار الکتروموتور

د) ولتاژ، جریان و نحوه استقرار الکتروموتور

ج) توان، ولتاژ و نحوه استقرار الکتروموتور

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، ولتاژ و جریان، جزو عوامل موثر در انتخاب یاتاقان‌ها نمی‌باشد. گزینه الف صحیح است.

۴ - ۲ - ۴ - ۴ آب‌بندی یاتاقان‌ها

آببندی یاتاقان‌ها از ورود گرد و غبار و کثیفی (به داخل محفظه)، جلوگیری می‌کند. همچنین جلوگیری از خروج روغن نیز جزو تاثیرات آببندی می‌باشد. به این منظور، می‌توانیم از دو نوع آببند تماسی و یا بدون تماس استفاده کنیم. محورها، پیستون‌ها، سرسیلندرها و قطعات، مشابه ماشین باید آببندی شوند. آببندهای تماسی، باعث اصطکاک بیشتر و از دست دادن گرما و انرژی می‌شوند. از طرفی آببندهای بدون تماس هنگام تغییرات فشار، نمی‌توانند عمل آببندی را به خوبی انجام دهند و در مقابل گرد و غبار ایمن نیستند. مهم‌ترین آببندها (نشت‌بندها) عبارتند از: کاسه نمد و اورینگ. اورینگ در مکان‌هایی استفاده می‌شود که ساکن بوده و اجسام متحرک نباشند؛ اما کاسه نمد در اجسام متحرک (مثلاً آببندی شافت دوار و پوسته ثابت) استفاده می‌شود.

پرسش ۱۳-۴) دو فرق عمده بلبرینگ با رولبرینگ و کاسه نمد با اورینگ را توضیح دهید. (د.ب-۷۲ «۱۹»)
پرسش ۱۴-۴) تفاوت اصلی بلبرینگ و رولبرینگ در نوع ساچمه آن‌هاست؛ به صورتی که در بلبرینگ‌ها نوع ساچمه‌ها کروی و در رولبرینگ‌ها نوع ساچمه‌ها غیرکروی می‌باشد. همچنین بلبرینگ‌ها قادر به تحمل بارهای شعاعی و محوری هستند؛ اما رولبرینگ‌ها تنها قادر به تحمل بارهای شعاعی اند. کاسه نمد و اورینگ جزو تجهیزات آببندی می‌باشند؛ که اورینگ در مکان‌های ساکن و کاسه نمد در اجسام متحرک استفاده می‌شود.

۴ - ۲ - ۵ اجزاء انتقال قدرت

این اجزاء جزو قطعات اصلی ماشین هستند و قدرت ماشین را برای انجام کار انتقال می‌دهند. از اجزاء انتقال قدرت می‌توان به مکانیزم چرخ‌دنده، مکانیزم چرخ و تسمه و مکانیزم چرخ و زنجیر اشاره کرد؛ که در ادامه با آن‌ها آشنا می‌شویم.

۴ - ۲ - ۵ - ۱ مکانیزم چرخ‌دنده^۱

چرخ‌دنده وسیله‌ای برای انتقال نیروی دورانی از یک محور به محور دیگر است؛ که در طی آن می‌توان مقدار گشتاور یا سرعت چرخش یا جهت چرخش یا جهت محوری را تغییر داد. چرخ‌دنده‌ها، از پرمصرف‌ترین وسایل انتقال قدرت و حرکت هستند. از نظر انتقال قدرت، مکانیزم چرخ‌دنده شامل یک چرخ‌دنده محرک و یک یا چند چرخ‌دنده متحرک می‌شود.

الف) دسته‌بندی چرخ‌دنده‌ها

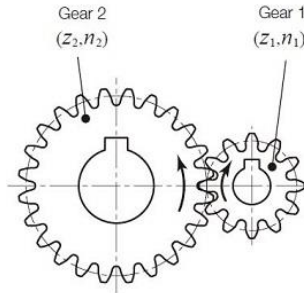
چرخ‌دنده‌ها بسته به موقعیت قرار گرفتن محورها به دو دسته «چرخ‌دنده‌های با محورهای موازی» و «چرخ‌دنده‌های با محورهای غیرموازی» طبقه‌بندی می‌شوند.

الف-۱) چرخ‌دنده‌های با محورهای موازی: چرخ‌دنده‌هایی که محور آن‌ها، در یک صفحه و موازی هم باشند. مهم‌ترین نوع این چرخ‌دنده‌ها، عبارتند از چرخ‌دنده‌های ساده و چرخ‌دنده‌های مارپیچ (اسپیرال).

الف-۱-۱) چرخ‌دنده‌های ساده: این چرخ‌دنده‌ها ساده‌ترین نوع چرخ‌دنده‌های با محورهای موازی هستند. از اتصال تعداد زیاد این نوع از چرخ‌دنده‌ها جهت کاهش سرعت و افزایش قدرت استفاده می‌شود. به دلیل سهولت ساخت و ارزان بودن آن‌ها، به طور گسترده‌ای در صنعت استفاده می‌شوند. البته بزرگترین عیب این نوع چرخ‌دنده‌ها، سر و صدای زیاد آن است. جهت بررسی سیستم انتقال قدرت در چرخ‌دنده ساده، داریم:

$$n_1 Z_1 = n_2 Z_2 \quad (۴-۳)$$

به رابطه بالا، رابطه انتقال گفته می‌شود. در این رابطه n_1 و Z_1 به ترتیب، سرعت و تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده محرک و n_2 و Z_2 سرعت و تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده متحرک می‌باشد. در شکل بعد چرخ‌دنده ساده نمایش داده شده است.



شکل (۴-۵) چرخ دنده ساده

همچنین داریم:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_2}{M_1} \quad (۴-۴)$$

که رابطه بالا، نسبت انتقال نام داشته و i نسبت انتقال چرخ دنده نام دارد. همچنین M_1 و M_2 گشتاور مربوط به چرخ دنده های محرک و متحرک می باشند. چنانچه چند چرخ دنده به هم متصل شوند، داریم:

$$i = i_1 i_2 i_3 = \frac{Z_2 Z_4 Z_6}{Z_1 Z_3 Z_5} \quad (۴-۵)$$

که در آن i_1 تا i_3 ، مقادیر نسبت تبدیل مکانیزم ها و Z_1 تا Z_6 ، تعداد دندانه های چرخ دنده ها می باشد. همچنین در رابطه با سرعت داریم:

$$i = \frac{n_a}{n_e} \quad (۴-۶)$$

که در رابطه بالا n_a سرعت اولین چرخ دنده و n_e سرعت آخرین چرخ دنده می باشد.

پرسش ۱۵-۴) در اتصال با پیوند چرخ دنده ای با تعداد دنده Z و دور n نسبت تبدیل چرخ دنده های ساده i به شرح کدام گزینه است؟ (د.ب-۸۶ «۱۱»)

$$\text{الف) } i^2 = \frac{n_1 Z_2}{n_2 Z_1} \quad \text{ب) } i = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{ج) } i = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{د) } i = \frac{n_1 Z_1}{n_2 Z_2}$$

پاسخ) برای نسبت تبدیل در چرخ دنده، دو رابطه زیر وجود دارند:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$i^2 = \frac{n_1 Z_2}{n_2 Z_1}$$

که با ضرب آن ها در هم داریم:

گزینه الف صحیح است.

پرسش ۱۶-۴) در چرخ دنده های محرک و متحرک، چنانچه گشتاور دنده محرک $M_1 = 60 \text{ N.m}$ و تعداد دندانه ۲۰ و نسبت انتقال $i = 12$ باشد، گشتاور و تعداد دندانه متحرک چقدر است؟ (د.ب-۸۶ «۱۹»)

$$\text{ب) } Z_2 = 3, M_2 = 5 \text{ N.m}$$

$$\text{الف) } Z_2 = 240, M_2 = 720 \text{ N.m}$$

$$\text{د) } Z_2 = 32, M_2 = 720 \text{ N.m}$$

$$\text{ج) } Z_2 = 5, M_2 = 1200 \text{ N.m}$$

$$i = \frac{M_2}{M_1} \rightarrow 12 = \frac{M_2}{60} \rightarrow M_2 = 720 \text{ N.m}$$

پاسخ) طبق رابطه نسبت انتقال داریم:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} \rightarrow 12 = \frac{Z_2}{20} \rightarrow Z_2 = 240$$

همچنین برای تعداد دورها داریم:

گزینه الف صحیح است.

الف-۱-۲) چرخ‌دنده‌ی مارپیچ (اسپیرال): دندانه‌های این چرخ‌دنده برخلاف چرخ‌دنده‌های ساده، موازی با محور نبوده و در حالت زاویه‌داری قرار گرفته‌اند. این ویژگی باعث می‌شود که در این نوع چرخ‌دنده، دندانه‌ها به آرامی درگیر شوند؛ درحالی‌که دندانه‌های چرخ‌دنده‌های ساده، به یکباره درگیر شده و زودتر فرسوده شده و می‌شکنند. همچنین این موضوع باعث می‌شود که چرخ‌دنده‌های مارپیچ، آرام‌تر و با صدای کمتری نسبت به چرخ‌دنده‌های ساده کار کنند. در مقایسه با چرخ‌دنده‌های ساده، چرخ‌دنده‌ی مارپیچ بیشتر در سرعت‌های بالا و نیروهای بالا استفاده می‌شود. همچنین به دلیل اینکه این مکانیزم‌ها با نویز و لرزش کم کار می‌کنند، از آن‌ها در شرایطی استفاده می‌شود که کنترل نویز اهمیت زیادی دارد. در شکل زیر چرخ‌دنده مارپیچ نمایش داده شده است.



شکل (۴-۶) چرخ‌دنده مارپیچ

الف-۲) چرخ‌دنده‌های با محورهای غیرموازی: چرخ‌دنده‌هایی که محور آن‌ها با هم موازی نباشند. انواع این چرخ‌دنده‌ها عبارتند از چرخ‌دنده مخروطی و چرخ‌دنده‌های حلزونی.

الف-۲-۱) چرخ‌دنده‌ی مخروطی: چرخ‌دنده‌هایی که محور آن‌ها در یک صفحه واقع شده است، ولی همدیگر را قطع می‌کنند را «چرخ‌دنده‌های مخروطی» می‌گویند. از چرخ‌دنده‌ی مخروطی عمدتاً برای انتقال محور چرخش از محور عمودی به محور افقی یا بالعکس استفاده می‌شود. با این چرخ‌دنده‌ها امکان انتقال نیرو در زاویه ۹۰ درجه یا کمتر از ۹۰ درجه و یا بیشتر از ۹۰ درجه وجود دارد. بنابراین بهترین چرخ‌دنده برای انتقال نیرو در زاویه‌های مختلف به حساب می‌آیند. این چرخ‌دنده‌ها در صنعت خودروسازی کاربرد زیادی دارند و دیفرانسیل و گیربکس خودروها همگی از این نوع هستند. در شکل زیر چرخ‌دنده مخروطی نمایش داده شده است.



شکل (۴-۷) چرخ‌دنده مخروطی

پرسش ۱۷-۴) کدام یک از جملات زیر در مورد جعبه‌دنده متشکل از دو چرخ‌دنده نادرست است؟ (ق.ب-۸۴ «۲۱»)

الف) جهت حرکت چرخ‌دنده‌هایی که دنده خارجی دارند مخالف هم‌دیگر می‌باشند.

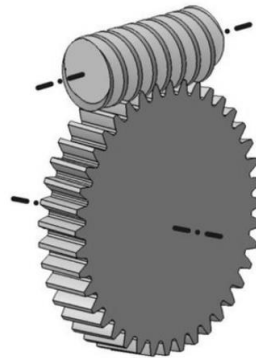
ب) جهت حرکت چرخ‌دنده‌هایی که دنده داخلی دارند یکی است.

ج) در جعبه‌دنده مخروطی میله‌های (محورها) چرخ‌دنده‌ها موازی‌اند.

د) در جعبه‌دنده حلزونی میله‌های (محورها) چرخ‌دنده‌ها متعامند.

پاسخ) طبق توضیحات فوق، در چرخ‌دنده‌های مخروطی محورها همدیگر را قطع می‌کنند. گزینه ج صحیح است.

الف-۲) چرخ‌دنده‌ی حلزونی: چرخ‌دنده‌هایی که محور آن‌ها در یک صفحه واقع نشده‌اند و نسبت به هم زاویه ۹۰ درجه دارند، «چرخ‌دنده‌های اسپیرال» نام دارند. چرخ‌دنده‌های حلزونی یکی از انواع این چرخ‌دنده‌ها هستند. چنانچه بخواهیم تغییر بزرگی در سرعت یا قدرت ایجاد کنیم، از این روش استفاده می‌کنیم. یکی از ویژگی‌های این نوع تجهیزات استفاده از پیچ حلزونی می‌باشد. بزرگترین مزیت این سیستم این است که پیچ حلزونی به راحتی می‌تواند چرخ‌دنده حلزونی را به حرکت درآورد، اما چرخ‌دنده حلزونی نمی‌تواند پیچ حلزونی را به حرکت درآورد، زیرا زاویه دندانه‌های پیچ حلزونی بسیار کوچک است. این ویژگی به ما این امکان را می‌دهد تا در جایی که به قفل خودکار نیاز داریم، از این نوع چرخ‌دنده استفاده کنیم. این چرخ‌دنده‌ها به طور گسترده در دستگاه‌های خود قفل شونده مانند آسانسور، جرثقیل، دیفرانسیل کامیون و وسایل نقلیه سنگین استفاده می‌شوند.



شکل (۴-۸) چرخ‌دنده حلزونی

جهت بررسی سیستم انتقال قدرت در چرخ‌دنده حلزونی (مانند چرخ‌دنده ساده) داریم:

$$n_1 Z_1 = n_2 Z_2 \quad (۴-۷)$$

در این رابطه n_1 و Z_1 ، به ترتیب، سرعت و تعداد دندانه‌های پیچ حلزونی (تعداد راه یا نخ حلزون) و n_2 و Z_2 ، سرعت و تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده حلزونی می‌باشد. همچنین داریم:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_2}{M_1} \quad (۴-۸)$$

که رابطه بالا، نسبت انتقال نام داشته و i ، نسبت انتقال چرخ‌دنده است. همچنین M_1 و M_2 گشتاورهای مربوط به پیچ حلزونی و چرخ‌دنده حلزونی می‌باشند.

پرسش ۱۸-۴) در کدام چرخ‌دنده امتداد محورها هم‌دیگر را قطع می‌کنند؟ (ق.ب-۸۰ «۲۶»)

الف) حلزونی ب) ساده ج) مارپیچ د) اسپیرال

پاسخ) طبق توضیحات فوق، در چرخ‌دنده حلزونی امتداد محورها هم‌دیگر را قطع می‌کنند. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۱۹-۴) در انتقال قدرت با چرخ حلزون، چنانچه تعداد راه (نخ) حلزون ۳ و سرعت آن 1500 RPM باشد و بخواهیم

چرخ حلزون با سرعت 60 RPM بچرخد، تعداد دندانه چرخ حلزون چقدر است؟ (د.ب-۸۸ «۳۰»)

الف) ۲۰ ب) ۵۰ ج) ۷۵ د) ۱۸۰

$$n_1 Z_1 = n_2 Z_2 \rightarrow 1500 \times 3 = 60 \times Z_2 \rightarrow Z_2 = 75$$

پاسخ) طبق رابطه‌ی انتقال قدرت داریم:

گزینه ج صحیح است.

ب) عیوب و مشکلات جعبه‌دنده‌ها (گیربکس)

عیوبی که در جعبه‌دنده‌ها رخ می‌دهد را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- سر و صدای زیاد: این ایراد معمولاً ناشی از لقی و نامناسب بودن اتصالات، تراز نبودن جعبه‌دنده، خرابی یاتاقان‌ها، تنظیم نبودن سطح روغن و وجود جسم خارجی در چرخ‌دنده‌ها می‌باشد.

- لرزش زیاد: دلایل بروز این عیب، مشابه مورد بالا می‌باشد. همچنین شل بودن خارها و یا خرابی جا خار نیز می‌تواند از دلایل بروز این مشکل باشد.
- دمای بالای چرخ‌دنده: از عمده دلایل بروز این عیب، می‌توان به بارگذاری بیش از حد، دمای بالای محیط، کم یا زیاد بودن روغن روان‌کاری و یا استفاده از روغن نامناسب اشاره کرد.
- دمای بالای یاتاقان‌ها: بارگذاری شعاعی زیاد و تراز نبودن حجم روغن، می‌تواند باعث بروز این مشکل شود.
- نشستی روغن: زیاد بودن حجم روغن، خرابی اورینگ‌ها و کاسه‌نمدها و خرابی یا شل بودن درپوش روغن، می‌تواند باعث بروز این مشکل شود.

پرسش ۲۰-۴) در بازرسی از یک جعبه‌دنده صنعتی متوجه صدا و لرزش غیرعادی شده‌ایم. علت این موضوع چیست؟ (د.ب-۷۹ «۳۴»)

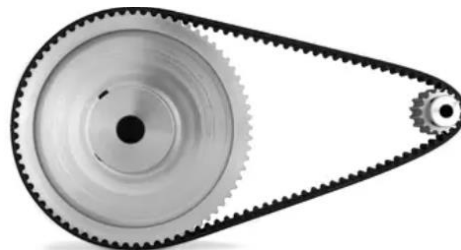
- الف) روغن کم ب) روغن زیاد ج) بلبرینگ خراب د) همه موارد بالا
- پاسخ)** تمامی موارد می‌تواند باعث بروز لرزش و سر و صدا در جعبه‌دنده بشوند. گزینه د صحیح است.

پرسش ۲۱-۴) یک دستگاه نورد هنگام کار دارای لغزش و صدای غیرعادی می‌شود. اگر علت این عیب، جعبه‌دنده دستگاه باشد. کدام یک از گزینه‌های زیر نمی‌تواند دلیل آن باشد؟ (د.ب-۸۶ «۳۶»)

- الف) گونیا نبودن ورق ب) زیاد بودن روغن جعبه
- ج) کم بودن روغن جعبه‌دنده د) خلاصی بیش از حد دنده‌ها و بلبرینگ‌ها
- پاسخ)** با توجه به موارد فوق، گونیا نبودن ورق‌ها جزو عیوب و دلایل خرابی جعبه‌دنده نمی‌باشد. گزینه الف صحیح است.

۴ - ۲ - ۵ - ۲ مکانیزم چرخ و تسمه^۱

مکانیزم چرخ و تسمه، حرکت و قدرت را در فواصل محوری بزرگ منتقل می‌کند. این انتقال بین دو یا چند محور امکان‌پذیر است. حرکت و قدرت، از طریق اصطکاک ایجاد شده بین تسمه و چرخ، منتقل می‌شود.



شکل (۴-۹) مکانیزم چرخ و تسمه

مزایای چرخ و تسمه شامل موارد زیر هستند:

- ارزانی قیمت
- توانایی مقابله با شوک
- میرا کردن افزایش آبی نیرو (استفاده به‌عنوان اجزای ایمنی)
- سروصدای کم
- عدم نیاز به روان‌کاری
- انتقال حرکت و نیرو در فاصله محوری زیاد
- راندمان بالا

همچنین معایب چرخ و تسمه شامل موارد زیر می‌شود:

- در اثر نیروهای شدید، محورها و یاتاقان‌ها تحت تأثیر نیروی بزرگی قرار می‌گیرند
- بروز سُر خوردگی بین تسمه و چرخ



- بسته به نوع تسمه، دمای عملکرد بین ۵۰ درجه سانتی‌گراد تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد محدود می‌شود.
- به مرور زمان تسمه‌ها کشیده می‌شوند. برای جلوگیری از این مشکل، باید چرخ‌های سفت‌کن رگلاژ استفاده کرد.
- گرما، رطوبت، روغن و گرد و غبار موجود در محیط، باعث کشیدگی تسمه می‌شود.
- در اثر اصطلاح، الکتریسیته ساکن بوجود می‌آید.
- در این مکانیزم شل بودن تسمه می‌تواند اشکالات زیر را بوجود آورد:
 - لرزش بیش از حد
 - سر و صدای زیاد و غیرطبیعی
 - سائیدگی
 - سوختن و خمیده شدن تسمه
 - همچنین سفت بودن تسمه می‌تواند سبب اشکالات زیر شود:
 - گشتاور راه‌اندازی بالا
 - به دور نرسیدن ماشین در زمان مشخص
 - پارگی لبه تسمه
 - سائیدگی داخلی تسمه

نسبت انتقال حرکت در مکانیزم چرخ و تسمه، مشابه چرخ‌دنده ساده می‌باشد. البته پیش‌شرط نوشتن روابط، ارتباط محرک و متحرک از طریق تسمه‌ای بدون لغزش به همدیگر می‌باشد. در این حالت سرعت‌های دو چرخ با استفاده از رابطه‌ی زیر با هم مرتبط هستند:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (4-9)$$

که در رابطه بالا، n_1 و d_1 به ترتیب سرعت و قطر چرخ محرک و n_2 و d_2 سرعت و قطر چرخ متحرک می‌باشند. در اینجا نسبت دور چرخ محرک به چرخ متحرک را «نسبت انتقال» می‌نامند و آن را با i نشان می‌دهند:

$$i = \frac{d_2}{d_1} \quad (4-10)$$

اگر سرعت اولین محور محرک را با n_a و آخرین محور متحرک را با n_e نشان دهیم، داریم:

$$i = \frac{n_a}{n_e} \quad (4-11)$$

نکته ۲-۴) معمولاً برای تنظیم سرعت چرخ متحرک، قطر آن را تغییر می‌دهند.

نکته ۳-۴) طول درگیری تسمه با چرخ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$l = \alpha \frac{d}{2} \quad (4-12)$$

که در رابطه بالا، α زاویه درگیری تسمه با چرخ (برحسب رادیان) و d قطر چرخ می‌باشد.

پرسش ۲۲-۴) محور گردان یک دستگاه صنعتی که به وسیله تسمه پروانه و پولی، از طریق یک موتور الکتریکی نیرو می‌گیرد، نمی‌تواند در زمان مورد نظر به حداکثر دور تعیین شده برسد. علت این مشکل می‌تواند مربوط باشد به:

(د.ب-۸۸ «۲»)

الف) وجود اتصال کوتاه در استاتور (بالشتک) موتور الکتریکی

ب) بالانس نبودن محور گردان

ج) سفت بودن بیش از حد تسمه پروانه

د) شل بودن پره خنک‌کننده موتور الکتریکی

پاسخ) یکی از نتایج سفت بودن تسمه در مکانیزم چرخ و تسمه، به دور نرسیدن در زمان مشخص می‌باشد. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲۳-۴) در دستگاه چرخ تسمه که قطر تسمه ۳۰۰ میلی‌متر و زاویه درگیری تسمه با چرخ تسمه ۱۸۰ درجه باشد. طول درگیری تسمه با چرخ تسمه چند میلی‌متر است؟ (ق.ب-۸۰ «۷۷»)

الف) ۳۱۴ (ب) ۴۷۱ (ج) ۵۷۱/۵ (د) ۷۰۶/۵

پاسخ) طبق رابطه بالا داریم:

$$l = \alpha \frac{d}{2} = \pi \times \frac{300}{2} = 471 \text{mm}$$

گزینه ب صحیح است.

۴ - ۲ - ۵ - ۳ مکانیزم چرخ و زنجیر^۱

مکانیزم‌های چرخ و زنجیر یک مکانیزم میانی بین مکانیزم‌های چرخ‌دنده و چرخ و تسمه در نظر گرفته می‌شوند. در اینجا نیز مانند چرخ‌دنده‌ها، حرکت مستقیماً به صورت تماسی است. در جاهایی که فاصله محوری زیاد است و به دلیل انتقال قدرت و اصطکاک زیاد نمی‌توان از تسمه استفاده کرد، از زنجیر استفاده می‌شود.

از مکانیزم چرخ و زنجیر، می‌توان برای انتقال حرکت دورانی و نیرو استفاده کرد. از آنجایی که در این روش سرخوردگی ایجاد نمی‌شود، حرکت هر دو محور دقیقاً یکسان است و در جاهایی که زمان‌بندی مهم است، از این روش استفاده می‌شود. در این روش یک زنجیر مشترک روی محرک و متحرک قرار می‌گیرد. شخص ثالث می‌تواند به عنوان یک زنجیره استفاده شود. همچنین می‌توان از یک چرخ زنجیر سوم بعنوان زنجیرسفت‌کن استفاده کرد.

میزان کشش زنجیر، برای عملکرد صحیح این مکانیزم، بسیار مهم است. برخلاف تسمه‌ها، زنجیر با اعمال نیرو، نیازی به کشیده شدن دور چرخ‌ها ندارد. یک زنجیر زمانی درست تنظیم شده است که به مقدار کمی حالت انعطاف‌پذیر داشته باشد و تا ۲٪ از فاصله بین مراکز چرخ‌ها آزاد باشد.

مزایای چرخ و زنجیر را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- توانایی انتقال حرکت و نیرو در فواصل محوری زیاد را دارند.
- تنظیم نسبت انتقال امکان‌پذیر است.
- امکان انتقال حرکت از یک محور به چند محور به صورت سریع وجود دارد.
- به گرما حساس نیستند.
- آلودگی محیطی، رطوبت و گرد و غبار در کار آنها اختلالی ایجاد نمی‌کنند.
- از راندمان بسیار خوبی برخوردار هستند.

معایب چرخ و زنجیر نیز شامل موارد زیر هستند:

- دارای ساختارهای مکانیکی سنگین و گران قیمت هستند.
- دارای ارتعاش زیاد هستند و سر و صدای بلندی دارند.
- نیاز به مونتاژ دقیق، نگهداری مناسب و روان کاری مداوم دارند.

پرسش ۲۴-۴) در کدام اجزا زیر انتقال قدرت انجام می‌گیرد؟ (د.ب-۸۶ «۱۴»)

الف) فرکانس متر - ولتمتر - آمپر متر (ب) واشر - پیچ - مهره
ج) تسمه - چرخ‌دنده - چرخ حلزونی (د) مهره - بلبرینگ - رولبرینگ

پاسخ) چرخ‌دنده و چرخ و تسمه، از مکانیزم‌های انتقال قدرت در ماشین‌ها هستند. همچنین چرخ حلزونی نیز یکی از اقسام چرخ‌دنده است. گزینه ج صحیح است.



۴ - ۳ مفاهیم مهندسی مکانیک در ماشین آلات

۴ - ۳ - ۱ قلاویز

قلاویزها معمولاً برای ساخت مهره‌های استاندارد (یا دنده‌ها در سیلندرها) استفاده می‌شوند و با عدد قطر بزرگ مهره‌ای که ایجاد می‌کنند، مشخص می‌شوند. از آنجایی که بدنه اصلی قلاویز برای براده‌برداری ضعیف است و نمی‌توان مهره را به صورت یکجا ساخت، شکل دهی مهره در ۳ مرحله (با استفاده از قلاویز پیش‌رو، میان‌رو و پس‌رو) انجام می‌شود. نام‌گذاری قلاویزها مانند پیچ‌ها می‌باشد.

الف) قلاویز پیش‌رو: این قلاویز با یک خط روی بدنه مشخص شده و حدود ۵۵ درصد از براده‌برداری را انجام می‌دهد.
ب) قلاویز میان‌رو: این قلاویز که بعد از قلاویز پیش‌رو استفاده می‌شود، با دو خط روی بدنه مشخص شده و حدود ۲۵ درصد از براده‌برداری را انجام می‌دهد.
ج) قلاویز پس‌رو: این قلاویز علامتی روی بدنه ندارد (البته گاهی ۳ خط دارد) و حدود ۲۰ درصد براده‌برداری را انجام می‌دهد.

نکته ۴-۴) برای سهولت در کار قلاویزها، نوک آن‌ها را به شکل مخروطی می‌سازند که به آن «قسمت برش» می‌گویند.

پرسش ۲۵-۴) کارکرد قلاویز چیست؟ (ق.ب-۹۶ «۴۵»)

الف) ایجاد دنده داخل سوراخ
 ب) ایجاد دنده خارج لوله
 ج) ایجاد رزوه روی لوله
 د) درست کردن پیچ

پاسخ) قلاویزها معمولاً برای ساخت مهره‌های استاندارد (یا دنده‌ها در سیلندرها) استفاده می‌شوند. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۲۶-۴) به چه منظور قلاویزها را سه پارچه می‌سازند؟ (ق.ب-۸۰ «۲»)

الف) بالابردن کیفیت دندانه‌ها
 ب) برای کامل شدن دندانه‌ها
 ج) کم کردن نیروی برش و جلوگیری از شکستن قلاویز
 د) برای این که براده‌ها به راحتی خارج شوند.

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، بدنه‌ی قلاویز ضعیف بوده و احتمال شکستن آن حین کار وجود دارد، به همین دلیل قلاویزها را سه پارچه می‌سازند تا نیروی واردشده به آن‌ها هنگام برش کاهش یابد. گزینه ج صحیح است.

نکته ۴-۵) کدگذاری قلاویزها به صورت زیر انجام می‌شود:

جدول (۲-۴) مقایسه انواع لحیم کاری

واحد اعداد	حرف (نوع بسته شدن)	-	عدد اول	×	عدد دوم
M : میلی‌متر	R : راست‌گرد	-	قطر	×	گام
I : اینچ	L : چپ‌گرد	-			

پرسش ۲۷-۴) بر روی ساق یک قلاویز علامت (RM-1/75×10) حک شده است، مشخصات این قلاویز: (ق.ب-۸۰ «۱»)

الف) قطر آن ۱۰ میلی‌متر و گام ۱/۷۵ اینچی راست‌گرد می‌باشد.
 ب) قطر آن ۱۰ میلی‌متر و گام ۱/۷۵ میلی‌متر راست‌گرد می‌باشد.
 ج) گام آن ۱۰ میلی‌متر و قطر آن ۱/۷۵ میلی‌متر راست‌گرد می‌باشد.
 د) گام آن ۱۰ میلی‌متر و قطر آن ۱/۷۵ اینچی راست‌گرد می‌باشد.

پاسخ) با توجه به نکته فوق، قلاویز مطرح شده یک قلاویز دارای قطر ۱۰ میلی‌متر و گام ۱/۷۵ میلی‌متر بوده که به صورت راست‌گرد می‌باشد. گزینه ج صحیح است.

۴ - ۳ - ۲ هلی‌کوئل

هلی‌کوئل یا بوش فبری فولادی، یک ماریپیچ از فولاد سخت و ضد زنگ ساخته شده است. این قطعه ابزاری برای ترمیم رزوه‌های هرز در انواع جای‌پیچ است. در این روش سوراخ هرز شده را با قلاویز با یک اندازه بزرگتر، قلاویز می‌کنیم و سپس هلی‌کوئل را داخل سوراخ مانند پیچ می‌بندیم.

۴ - ۳ - ۳ حدیده‌کاری

حدیده بر روی انواع فلزات با استفاده از ابزار دستی یا مکانیکی انجام می‌شود. حدیده‌کاری برای ایجاد دنده و شیار روی سطح بیرونی اجسام با مقطع گرد و با قطر مشخص بکار می‌رود. انواع حدیده‌ها عبارتند از: حدیده چاک‌دار (جهت رزوه‌های تقریبی و خشن)، حدیده بدون چاک (جهت ساخت پیچ استاندارد)، حدیده دوپارچه، حدیده شش‌گوش (جهت اصلاح پیچ‌های آسیب‌دیده).

۴ - ۳ - ۴ برقوقاری

برقوقاری برای بزرگ کردن یا گرد کردن سوراخ‌هایی است که با مته ایجاد شده‌اند. ابزارهای برقوقاری به‌طور کلی به ابزارهای ماشینی (با دستگاه تراش یا ماشین مته) یا دستی تقسیم می‌شوند. برقوقاری به‌روش دستی به صورت ثابت انجام می‌شود.

۴ - ۳ - ۵ آج‌زنی

به فرآیند ایجاد برآمدگی‌های کوچک یا لبه‌های تیز بر روی سطح قطعات استوانه‌ای «آج‌زنی» می‌گویند. معمولاً آج‌زنی بر روی سطوح فلزی (برای ایجاد چسبندگی خوب بر روی این سطوح) انجام می‌شود.

۴ - ۳ - ۶ شابرزنی (سخت‌کاری)

حذف تکه‌های کوچک فلز از روی یک سطح برای ایجاد ترکیبی از استحکام و دقت با استفاده از یک ابزار نوک تیز توسط یک صنعتگر ماهر را شابرزنی می‌گویند. نام دیگر شابر، لیسه است. در صنایع خودروسازی و پس از جوش کاری، درزهای اتصال را با کمک ابزار شابر دستی، با زاویه دست مناسب، بسیار ظریف شابر می‌زنند.

۴ - ۳ - ۷ سوهان‌کاری

عملیات برداشتن براده‌ها از سطح قطعه را سوهان‌کاری می‌گویند. آج سوهان به دو روش آسیاب کردن و ضربه زدن به سطح سوهان با چکش ایجاد می‌شود. سوهان‌ها در دو دسته سوهان یک‌آجه و دوآجه دسته‌بندی می‌شوند. سوهان‌های یک‌آجه برای براده‌برداری مواد نرم (مانند آلومینیوم و مس و مواد مصنوعی) و سوهان‌های دوآجه را برای سوهان‌کاری فلزات سخت استفاده می‌شوند. همچنین سوهان‌ها با توجه به تعداد آج موجود در یک سانتی‌متر از طولشان، به دو دسته سوهان ظریف و خشن تقسیم می‌شوند. با استفاده از سوهان‌کاری می‌توان نقش شکل را روی سطح قطعه ایجاد نمود و همچنین امکان تغییر شکل با استفاده از براده‌گیری وجود دارد.

۴ - ۴ جرثقیل و بالابر

۴ - ۴ - ۱ نیرو، کار و توان

۴ - ۴ - ۱ - ۱ نیرو



نیرو^۱ در فیزیک یک کمیت برداری است؛ که باعث شتاب گرفتن اجسام می‌شود. در واقع نیروی محض، عامل شتاب است. نیرو را می‌توان، به‌طور شهودی، به‌صورت کشیدن یا هل دادن توصیف کرد. شتاب جسم، با مجموع تمام نیروهای وارد بر جسم متناسب است. واحد اندازه‌گیری نیرو در دستگاه SI، نیوتون (N) است. یک نیوتون برابر نیرویی است که اگر بر وزنه یک کیلوگرمی وارد شود، شتاب یک متر بر مجذور ثانیه را در آن به‌وجود می‌آورد. رابطه‌ی نیرو را می‌توان به‌صورت زیر توصیف کرد:

$$F = ma \quad (۴-۱۳)$$

که در این رابطه، m جرم جسم برحسب کیلوگرم (kg) و a شتاب جسم برحسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) است.

نکته ۴-۶ «وزن» عبارتست از نیرویی که در اثر شتاب جاذبه (g) به یک جسم وارد می‌شود:

$$W = mg \quad (۴-۱۴)$$

که در این رابطه، W وزن برحسب نیوتون و g شتاب جاذبه زمین و برابر با $۹/۸$ متر بر مجذور ثانیه است.

نکته ۴-۷ یکی دیگر از واحدهای اندازه‌گیری نیرو، «کیلوگرم نیرو» ($kg.f$) می‌باشد و داریم:

$$1kgf = 9.8N \quad (۴-۱۵)$$

پرسش ۲۸-۴ یک کیلوگرم نیرو، چند نیوتون است؟ (ق.ب-۸۴ «۳۹»)

الف) $۴/۲$ (ب) $۰/۱۴$ (ج) $۹/۸$ (د) $۰/۴۵۳$

پاسخ یکی از واحدهای اندازه‌گیری نیرو، کیلوگرم نیرو می‌باشد؛ که برابر با $۹/۸$ نیوتون است. گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۰» آزمون "تاسیسات سافتمانی قوه قضاییه" سال ۸۴ می‌باشد.

پرسش ۲۹-۴ یک نیوتن چند کیلوگرم نیرو است؟ (ق.ب-۹۳ «۳۶»)

الف) یک کیلوگرم نیرو (ب) بیست کیلوگرم نیرو (ج) صد کیلوگرم نیرو (د) هیچ کدام

پاسخ یک نیوتون حدوداً برابر با $۰/۱$ کیلوگرم نیرو می‌باشد. گزینه د صحیح است.

پرسش ۳۰-۴ فضاوردی به وزن ۸۰ کیلوگرم، در کره مریخ با شتاب ثقل $۳/۵m/s^2$ چقدر وزن خواهد داشت؟ (د.ب-۸۴ «۳۱»)

الف) ۸۰ کیلوگرم (ب) ۲۸ کیلوگرم (ج) $۳/۵$ کیلوگرم (د) ۲۸۰ کیلوگرم

پاسخ وزن برابر است با جرم در شتاب گرانش (ثقل). پس ابتدا جرم فضاورد را می‌یابیم:

$$W_e = mg_e \rightarrow 80 = m \times 9.8 \rightarrow m = 8.16kg$$

حال با مقدار شتاب ثقل در مریخ، وزن فضاورد را در آنجا حساب می‌کنیم. پس داریم:

$$W_m = mg_m = 8.16 \times 3.5 = 28kg$$

گزینه ب صحیح است.

لازم به ذکر است که طراح پرسش، به‌اشتباه وزن را برحسب کیلوگرم بیان کرده است. همچنین در این پرسش از زیرنویس e برای مقادیر زمین و m برای مقادیر مریخ استفاده کردیم.

پرسش ۳۱-۴ لوله‌ای به قطر ۲ اینچ به طول ۴ متر به میله‌ای مفتولی آویزان است، در صورتی که وزن هر متر لوله ۶ کیلوگرم باشد، چه نیرویی توسط مفتول تحمل می‌شود؟ (ق.ب-۹۳ «۵»)

الف) ۵۲۰ نیوتون (ب) ۱۳۰ نیوتون (ج) ۲۶۰ نیوتون (د) ۷۵ نیوتون

پاسخ در پرسش به‌اشتباه به جای عبارت جرم از وزن استفاده شده است. جرم هر متر لوله ۶ کیلوگرم است. پس برای

کل لوله داریم:

$$m = 4 \times 6 = 24kg$$

حال برای وزن داریم:

$$W = mg = 24 \times 9.8 = 235N$$

متأسفانه پاسخ صحیح در گزینه‌ها نیست. نزدیک‌ترین عدد ۲۶۰ است. گزینه ج صحیح است.

۴ - ۱ - ۴ - ۴ کار

مقدار انرژی منتقل شده از طریق نیرو در یک جابه‌جایی را کار می‌گویند. با توجه به این تعریف برای کار داریم:

$$W = F.d \quad (۴-۱۶)$$

که در این رابطه، F بیانگر نیرو و برحسب نیوتون و d بیانگر جابه‌جایی و برحسب متر است. بنابراین واحد کار برابر با نیوتون متر ($N.m$) یا ژول (J) می‌باشد. هرگاه نیرویی برابر با یک نیوتون، باعث جابه‌جایی یک جسم بار به اندازه یک متر شود، یک ژول کار انجام شده است.

چنانچه نیروی وارد شده و مسیر جابه‌جایی در یک راستا نبوده و دارای زاویه θ باشند، داریم:

$$W = F.d \cos \theta \quad (۴-۱۷)$$

۴ - ۱ - ۴ - ۳ توان

توان به معنی کار انجام شده در واحد زمان است و به صورت زیر به دست می‌آید.

$$P = \frac{W}{t} \quad (۴-۱۸)$$

همانطور که از رابطه مشخص است، یکای توان، ژول بر ثانیه یا «وات» می‌باشد.

نکته ۸-۴) واحد دیگری به نام اسب بخار (hp) برای توان وجود دارد؛ که هر واحد آن برابر با ۷۴۶ وات می‌باشد.

نکته ۹-۴) در یک جابه‌جایی عمودی، مقدار توان مصرفی را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$P = \frac{mgh}{t} \quad (۴-۱۹)$$

که در این رابطه، h طول مسیر حرکت (برحسب متر) و t زمان انجام کار (برحسب ثانیه) می‌باشد.

نکته ۱۰-۴) رابطه زیر بین توان و سرعت یک جسم برقرار است:

$$P = F.v \quad (۴-۲۰)$$

که در رابطه بالا، F نیروی وارد شده بر جسم (برحسب نیوتون) و v سرعت حرکت جسم (برحسب متر بر ثانیه) می‌باشد.

پرسش ۳۲-۴) قدرت تراکتوری را که با سرعت ثابت و با نیروی 4387.5 نیوتن در حال حرکت است، محاسبه نمایید.

(د.ب-۲۰ «۲۰»)

$$P = F.v = 4387.5v$$

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی نیرو و سرعت داریم:

پرسش ۳۳-۴) یک بالابر با سرعت دو متر بر ثانیه، یک بار 50 کیلوگرمی را جابه‌جا می‌کند. توان بالابر تقریباً چند وات

است؟ (د.ب-۹۵ «۳۲»)

(د) ۲۵

(ج) ۱۰۰

(ب) ۲۵۰

(الف) ۱۰۰۰

پاسخ) در اینجا مقدار نیرو برابر با وزن جسم است. طبق رابطه‌ی نیرو و سرعت داریم:

$$P = F.v = mg.v = (50 \times 9.8) \times 2 = 980W$$

گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۵» آزمون «برق، ماشین‌آلات قوه قضاییه» سال ۸۴ می‌باشد.

۴ - ۱ - ۴ - ۴ راندمان (ضریب بهره)

راندمان یا بازده یا ضریب بهره، برابر است با مقدار توان یا انرژی خروجی به توان یا انرژی ورودی. این پارامتر معمولاً به صورت درصد نشان داده می‌شود. هرچه راندمان یک دستگاه بالاتر باشد، استفاده از این دستگاه مقرون به صرفه‌تر است. کار مفید (کار خروجی) یک ماشین، هرگز با کار ورودی آن برابر نمی‌شود؛ زیرا مقداری انرژی در اثر اصطکاک از بین می‌رود یا برای حرکت ماشین استفاده می‌شود. بنابراین، راندمان یک ماشین همیشه کمتر از یک است. داریم:

$$\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (۴-۲۱)$$

در یک ماشین بالابر (جرتقیل)، راندمان کل برابر است با حاصل ضرب راندمان مکانیکی چرتقیل (η_C) در راندمان الکتریکی موتور (η_M). بنابراین توان مورد نیاز ورودی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{\frac{W_{out}}{t}}{\eta_C \times \eta_M} = \frac{mgh}{t \times \eta_C \times \eta_M} \quad (4-22)$$

که در رابطه بالا، m جرم بار (برحسب kg)، g شتاب جاذبه زمین و برابر با 9.8 m/s^2 ، h ارتفاع جابجایی (برحسب متر)، t مدت زمان جابجایی (برحسب ثانیه) است.

پرسش ۳۴-۴) جرتقیلی باری به وزن ۱۵۰۰ کیلوگرم را به ارتفاع سی متر در مدت یک دقیقه بالا می‌برد. اگر ضریب بهره جرتقیل ۷۵ درصد و ضریب بهره موتور الکتریکی آن ۹۰ درصد باشد، توان این موتور را برحسب اسب بخار و شدت جریان آن را با ۱۱۵ ولت اختلاف سطح حساب کنید. (د.ب-۷۹ «۳۹»)

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی اخیر، توان مورد نیاز برحسب وات به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P_{in} = \frac{mgh}{t \times \eta_C \times \eta_M} = \frac{1500 \times 9.8 \times 30}{60 \times 0.75 \times 0.9} = 10900 \text{ W} = 14.6 \text{ hp}$$

با توجه به اینکه ولتاژ برابر با ۱۱۵ ولت است، برای شدت جریان داریم: $P_{in} = VI \rightarrow 10900 = 115 \times I \rightarrow I = 95 \text{ A}$

لازم به ذکر است که با توجه به اینکه طراح ضریب توان را ارائه نکرده است، در این پرسش آن را یک فرض کردیم.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۲» آزمون «برق، ماشین‌آلات دادگستری» سال ۷۲ و پرسش «۱۲» آزمون «برق، ماشین‌آلات دادگستری» سال ۷۳ و پرسش «۱۴» آزمون «برق، ماشین‌آلات دادگستری» سال ۷۴ و پرسش «۵» آزمون «برق، ماشین‌آلات دادگستری» سال ۷۷ و پرسش «۹» آزمون «برق، ماشین‌آلات دادگستری» سال ۷۸ می‌باشد.

پرسش ۳۵-۴) جرتقیلی می‌تواند ۵ تن بار را در مدت ۲۰ ثانیه به کشتی به ارتفاع ۱۰ متر بارگیری نماید. قدرت جرتقیل چقدر باید باشد؟ (د.ب-۸۴ «۳۷»)

الف) $2/5 \text{ kW}$ (ب) 25 kW (ج) 10 kW (د) 100 kW

پاسخ) چون مقادیر راندمان چرتقیل داده نشده، آن را برابر با یک در نظر می‌گیریم. طبق رابطه‌ی توان ورودی داریم:

$$P_{in} = \frac{mgh}{t \times \eta_C \times \eta_M} = \frac{5 \times 9.8 \times 30}{15 \times 1 \times 1} = 24500 \text{ W} = 24.5 \text{ kW}$$

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۳۶-۴) موتوری با توان مفید ۱ کیلووات، وزنه ۲۰۰ نیوتنی را بالا می‌برد. پس از ۵ ثانیه چند متر آن را بالا برده است؟ (ق.ب-۸۰ «۷۰»)

الف) $2/5 \times 10^2$ (ب) $2/5$ (ج) ۲۵ (د) 10^2

پاسخ) چون مقادیر راندمان جرتقیل داده نشده، آن را برابر با یک در نظر می‌گیریم. طبق رابطه‌ی توان ورودی داریم:

$$P_{in} = \frac{mgh}{t \times \eta_C \times \eta_M} \rightarrow 1000 = \frac{200 \times h}{5 \times 1 \times 1} \rightarrow h = 25 \text{ m}$$

گزینه ج صحیح است.

۴ - ۴ - ۱ - ۵ گشتاور

به نیرویی که باعث ایجاد حرکت دورانی (چرخشی) می‌شود، گشتاور یا نیروی چرخشی می‌گویند. همانند نیرو، گشتاور نیز باعث به وجود آمدن شتاب (اما به صورت زاویه‌ای) می‌شود. یعنی داریم:

$$\tau = J\alpha \quad (4-23)$$

که در رابطه‌ی فوق، J بیانگر ممان اینرسی جسم و α بیانگر شتاب زاویه‌ای جسم (برحسب رادیان بر مجذور ثانیه) می‌باشد.

مقدار گشتاور وارد شده بر یک نقطه از جسم، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\tau = r.F \quad (4-24)$$

که در این رابطه، r فاصله نقطه اعمال نیرو تا نقطه‌ی موردنظر (برحسب متر) و F نیروی وارد شده (برحسب نیوتون) است. بنابراین جهت تغییر مقدار گشتاور، دو راه وجود دارد؛ تغییر مقدار نیرو یا تغییر در فاصله محل اعمال نیرو. با توجه به این رابطه، واحد اندازه‌گیری گشتاور برابر با نیوتون متر است.

نکته (۱۱-۴) در ماشین‌های الکتریکی، حرکت از نوع دورانی می‌باشد؛ بنابراین با توجه به اینکه مقدار توان از حاصلضرب نیرو در سرعت به دست می‌آید، توان در ماشین‌های الکتریکی به صورت حاصل ضرب گشتاور در سرعت زاویه‌ای تعریف می‌شود. یعنی:

$$P = \tau\omega \quad (4-25)$$

پرسش (۳۷-۴) توان مفید در ماشین‌های ابزار، با داشتن نیروی برشی $F(KN)$ و گشتاور چرخشی $M(NM)$ و سرعت زاویه‌ای ω (s) و سرعت خطی $V(m/s)$ و سرعت خطی N/min به شرح زیر به دست می‌آید. (د.ب-۸۴ «۹»)

$$P = F.V \quad (د)$$

$$P = 2\pi NM/50 \quad (ج)$$

$$P = M.\omega \quad (ب)$$

$$P = F.N/min \quad (الف)$$

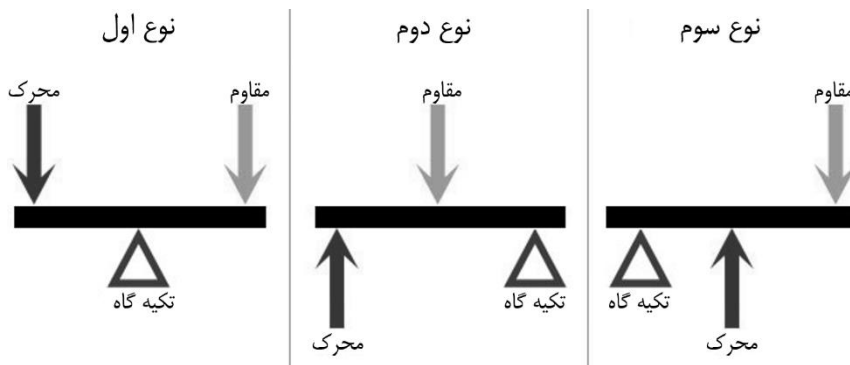
پاسخ) با توجه به نکته فوق و نام‌گذاری‌های این پرسش برای کمیت‌ها، گزینه ب صحیح است.

۴ - ۴ - ۲ ماشین‌های جابه‌جایی ساده

۴ - ۴ - ۲ - ۱ اهرم

اهرم ابزاری ساده متشکل از میله است؛ که حول یک محور می‌چرخد. اهرم‌ها یکی از ۶ نوع ماشین ساده می‌باشند. یک مثال ساده از اهرم، انبردست است. اهرم دارای سه قسمت مهم است: نیروی محرک (E)، تکیه‌گاه یا مرکز دوران (F) و نیروی مقاوم یا بار (R). با توجه به وضعیت قرارگیری این سه پارامتر، اهرم‌ها در سه دسته قرار می‌گیرند:

- اهرم نوع اول: تکیه‌گاه بین نیروی مقاوم و نیروی محرک است.
- اهرم نوع دوم: نیروی مقاوم بین تکیه‌گاه و نیروی محرک قرار است.
- اهرم نوع سوم: نیروی محرک بین تکیه‌گاه و نیروی مقاوم قرار است.



شکل (۴-۱۰) انواع اهرم

در اهرم‌ها رابطه مقابل برقرار می‌باشد

$$R \times A = E \times a \quad (4-26)$$

که در رابطه بالا، A فاصله‌ی بین نیروی مقاوم تا تکیه‌گاه و a فاصله بین نیروی محرک تا تکیه‌گاه می‌باشد. مقدار بهره مکانیکی^۱ در اهرم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$MA = \frac{R}{E} \quad (4-27)$$

^۱Mechanical Advantage

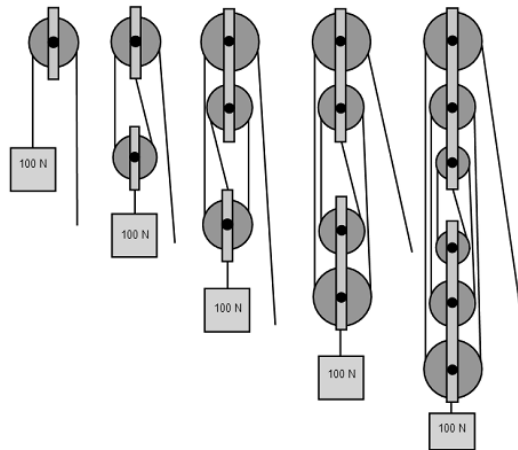
در اهرم‌های نوع اول و دوم، مقدار بار بزرگ‌تر از مقدار نیروی کارگر می‌شود. افزایش نیروها در اهرم نوع اول و دوم، به بهره مکانیکی مثبت موسوم است. اهرم نوع سوم، بهره مکانیکی مثبت ندارد؛ ولی می‌تواند سرعت یا مسافت جابه‌جایی را افزایش دهد. بهره مکانیکی یک کمیت اسکالر و بی‌بعد است.

۴-۲-۴-۲ قرقره و طناب

قرقره وسیله‌ای مدور است؛ که حول یک محور می‌چرخد. به قرقره‌ای که موقعیت آن همیشه ثابت است، قرقره ثابت و به قرقره‌ای که با اعمال نیرو یا کشش حرکت می‌کند، قرقره متحرک می‌گویند. بهره مکانیکی قرقره ثابت که دارای یک شیار است، همواره برابر با یک است. همچنین بهره مکانیکی قرقره تک شیار متحرک برابر با ۲ است. برای مجموعه‌ای از قرقره‌های ثابت و متحرک، بهره مکانیکی برابر با تعداد طناب‌هایی است که با قرقره متحرک در تماس هستند. قرقره نمونه‌ای از یک ماشین ساده است. لازم به ذکر است که در علوم مهندسی به قسمت فلزی قرقره که طناب روی آن قرار می‌گیرد «block» و به طناب یا سیم فلزی قرقره، «tackle» می‌گویند. نسبت تغییر مکان نیروی محرکه به تغییر مکان بار را «نسبت سرعت» یا به اختصار $v.r.$ می‌گویند. در این گونه ماشین‌ها بهره مکانیکی مساوی با نسبت سرعت است؛ یعنی:

$$MA = v.r. \quad (4-28)$$

در شکل زیر نمونه‌هایی از قرقره و طناب مشاهده می‌شود.



شکل (۴-۱۱) قرقره و طناب

۴-۲-۴-۳ قرقره زنجیری

از قرقره زنجیری معمولاً برای جابه‌جایی عمودی و افقی اجسام و بارهای سنگین استفاده می‌شود. به جرتقیل‌های زنجیری دستی نوع سقفی، در اصطلاح عامیانه، «چین بلاک» یا «جیم بلاک» نیز می‌گویند. قرقره زنجیری شامل دو قرقره هم‌مرکز به‌عنوان قرقره ثابت و یک قرقره تک‌شیاره متحرک می‌باشد. هر دو قرقره فوقانی هم‌زمان باهم می‌چرخند. اگر D و d به‌ترتیب قطر قرقره بزرگ و قطر قرقره کوچک باشند، داریم:

$$l = \frac{\pi}{2}(D - d) \quad (4-29)$$

که در رابطه‌ی بالا، l طول جابجایی برحسب متر و D و d به‌ترتیب، قطر قرقره بزرگ و قطر قرقره کوچک هستند.

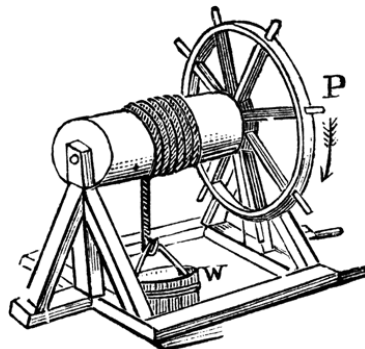


شکل (۱۲-۴) قرقره زنجیری

نکته ۱۲-۴) پولی (Pulley) که در صنعت با عنوان فولی نیز شناخته می شود، همان قرقره است؛ که در اشکال مختلف می تواند در ساختارهای بالا، استفاده شود. لازم به ذکر است که مکانیزم قرقره و طناب نیز گاهی در صنعت با عنوان پولی شناخته می شود.

۴-۲-۴-۴ چرخ و محور

چرخ و محور نوعی از ماشین های ساده است؛ که با تغییر مقدار نیرو و استفاده از مفهوم بهره مکانیکی برای آسان کردن کار استفاده می شود. این ماشین متشکل از یک قرقره تک شیاره به نام چرخ و یک میله در وسط است؛ که به عنوان محور این ماشین ساده عمل می کند. یک نمونه از چرخ و محور، کشیدن آب از چاه به صورت زیر می باشد.



شکل (۱۳-۴) چرخ و محور

۴-۲-۴-۵ چرخ و محور دو پله های (قرقره اختلافی^۱ یا وینچ اختلافی)

این ماشین شبیه چرخ و محور است با این تفاوت که محور این دستگاه از دو محور هم مرکز با دو قطر متفاوت تشکیل شده است. در چرخش قرقره با نیروی کارگر و همزمان با پیچیدن طناب در محور بزرگ، طناب در محور کوچک باز می شود. در این ماشین داریم:

$$v.r = \frac{2D}{d_1 - d_2} \quad (۴-۳۰)$$

که در این رابطه، D قطر قرقره کارگر، d_1 قطر محور بزرگتر و d_2 قطر محور کوچکتر است.

پرسش ۳۸-۴) به یک دستگاه وینچ اختلافی (دیفرانسیل) وزنه ی ۷۲۰ کیلوگرمی آویخته شده است، چنانچه شعاع های وینچ دیفرانسیل ۱۲ و ۱۰ سانتیمتر باشد، چه نیروی عمودی به بازوی ۶۰ سانتیمتری آن وارد کنیم تا وزنه در حال تعادل قرار گیرد؟ (به kgf) (د.ب-۸۴ «۵۰»)

۲۰ (د)

۷۲۰ (ج)

۱۲۰ (ب)

۱۲ (الف)



پاسخ) مقادیر قطرها دوبرابر مقادیر شعاعها است. در وینچ اختلافی نسبت سرعت برابر است با:

$$v.r = \frac{2D}{d_1 - d_2} = \frac{2 \times 120}{24 - 20} = 60$$

در اینجا نیروی مقاوم برابر با نیروی وزن است. همچنین طبق مطالب فوق در قرقره‌ها، مقدار نسبت سرعت با بهره

$$MA = v.r = \frac{R}{E} = \frac{mg}{E} \rightarrow 60 = \frac{720 \times 9.8}{E} \rightarrow E = 117.6N = 120kgf$$

مکانیکی برابر است، داریم:

گزینه ب صحیح است.

نکته ۱۳-۴) با توجه به رابطه‌ی نسبت سرعت در مکانیزم‌های فوق، از آنها جهت کنترل سرعت در ماشین‌های کوچک نیز استفاده می‌شود.

نکته ۱۴-۴) با توجه به مطالب بیان شده در کتاب «مفاهیم برق در آزمون کارشناسی رسمی»، یکی از روش‌های کنترل سرعت در ماشین‌های الکتریکی، استفاده از اینورتر و تغییر ولتاژ و فرکانس می‌باشد.

پرسش ۳۹-۴) روش‌های تغییر سرعت گردشی معمول کدامند؟ (د.ب-۸۴ «۲۷»)

الف) با تغییر فرکانس ب) با پولی PULLEY ج) با چرخ‌دنده د) کلیه موارد

پاسخ) با توجه به نکات فوق، تغییر فرکانس با استفاده از اینورتر، استفاده از پولی و استفاده از چرخ‌دنده (بخش مکانیزم چرخ‌دنده در همین فصل)، هر سه برای تغییر سرعت می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. گزینه د صحیح است.

۴ - ۴ - ۳ جرثقیل

جرثقیل در واقع ماشین، وسیله یا سازه‌ای است که توسط طناب‌ها و تیرک‌ها برای جابه‌جایی بارهای سنگین در امتداد قائم و افق استفاده می‌شود. این مکانیزم از یک یا چند ماشین ساده برای ایجاد بهره مکانیکی و در نتیجه افزایش نیرو استفاده می‌کند. به‌طور کلی جرثقیل در دو نوع ثابت و سیار دسته‌بندی می‌شود.

۴ - ۴ - ۳ - ۱ جرثقیل‌های ثابت

جرثقیل‌های ثابت عبارتند از: جرثقیل سقفی، جرثقیل دروازه‌ای، جرثقیل نیمه‌دروازه‌ای، جرثقیل ستونی (بازویی) و جرثقیل برجی. با هریک از این جرثقیل‌ها در ادامه آشنا می‌شویم.

الف) جرثقیل سقفی^۱



شکل (۱۴-۴) جرثقیل سقفی

جرثقیل‌های سقفی بر روی سقف سالن قرار گرفته و برای کار نیاز به نصب ستون‌ها و تیرهای باربر ندارند. جرثقیل‌های سقفی ابزاری ایده‌آل برای جابجایی مواد و قطعات در سالن‌ها و محوطه‌های سرپوشیده هستند و در انواع تک پل، دو پل و سقف کاذب موجود می‌باشند.

نکته ۱۵-۴) با توجه به اینکه جرثقیل سقفی از هر دو سمت بر روی پایه ثابت قرار دارد، ظرفیت باربرداری در تمام عرض پل آن ثابت بوده و این مقدار برابر با ظرفیت نامی جرثقیل می‌باشد.

پرسش ۴۰-۴) در خصوص جرثقیل سقفی با پل فلزی دابل، کدام مورد صحیح است؟ (ق.ب-۹۹ «۴۹»)

الف) در وسط دهانه پل، ظرفیت باربرداری حداکثر و هر چه به طرفین حرکت کنیم، ظرفیت کم می‌شود.

ب) در عرض دهانه پل، ظرفیت باربرداری ثابت و برابر ظرفیت اسمی است.

ج) ظرفیت باربرداری با تغییرات ارتفاع کاری کاهش و افزایش می‌یابد.

د) موارد «الف» و «ج»

پاسخ) با توجه به نکته فوق، ظرفیت باربرداری جرثقیل سقفی با حرکت به طرفین پل و تغییر ارتفاع، تغییری نمی‌کند و همواره برابر با ظرفیت نامی است. گزینه ب صحیح است.

الف-۱) بازرسی جرثقیل سقفی: به‌طور کلی جرثقیل‌های سقفی در دو مرحله بازرسی می‌شوند:

- بازرسی اولیه و در حین نصب

- بازرسی دوره‌ای

بازرسی دوره‌ای جرثقیل‌های سقفی برقی، در مکان‌هایی با درجه حرارت عادی که از جرثقیل به‌طور دائم استفاده می‌شود، سالی یک‌بار می‌باشد. در صورت کار جرثقیل در دماهای بالا، دوره بازرسی به هر شش ماه یک‌بار کاهش می‌یابد.

الف-۲) آزمایش‌های جرثقیل: انواع آزمایش‌های جرثقیل عبارتند از:

- آزمایش عملی: این آزمایش‌ها باید با بار نامی و در تمام جهات صورت پذیرد و با اطلاعاتی که توسط سازنده ارائه شده است مطابقت داشته باشد.

- آزمایش استاتیک: در این آزمایش، جرثقیل حرکت داده نمی‌شود. این آزمایش‌ها جهت اطمینان از این‌که جرثقیل از نظر سازه، نحوه قرارگیری و کاربردی مشکلی نداشته باشد صورت می‌پذیرد.

- آزمایش دینامیک: با حرکت در تمام جهات این آزمایش‌ها جهت اطمینان از این‌که جرثقیل از نظر سازه، ثبات و تناسب جرثقیل با کاربری صورت می‌گیرد و با طراحی جرثقیل مطابقت داده می‌شود.

- آزمایش نهایی: جرثقیل باید با ۲۵٪ بار بیشتر از بار مجاز آزمایش شود و کلیه حرکات و ترمزها باید در وضعیت مناسبی کار کنند.

نکته ۱۶-۴) حداکثر انحراف تحت بار مجاز در مرکز پل جرثقیل، نباید از ۱/۷۵٪ عرض دهانه تجاوز کند.

پرسش ۴۱-۴) در مورد جرثقیل‌های سقفی برقی کارگاهی کدام گزینه مناسب‌تر است؟ (د.ب-۸۴ «۳»)

الف) خمش وسط پل بایستی به طرف پایین باشد. ب) خمش وسط پل بایستی به طرف بالا باشد.

ج) پل جرثقیل بایستی خمش داشته باشد. د) خمش پل جرثقیل موضوع با اهمیتی نیست.

پاسخ) پل جرثقیل در حالت بدون بار باید فاقد خمش باشد و تحت بار نهایتاً ۱/۷۵٪ عرض دهانه برای خمش مجاز است. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۴۲-۴) در جرثقیل‌های سقفی کارگاهی بایستی: (د.ب-۸۶ «۱۰»)

الف) در دوره‌های زمانی معین آزمایشات استاتیک و دینامیک انجام شود.

ب) پس از آزمایشات اولیه حین راه‌اندازی نیازی به آزمایش مجدد نیست.

ج) فقط آزمایش استاتیک انجام می‌شود.



د) فقط آزمایش دینامیک انجام می‌شود.

پاسخ) آزمایش‌های استاتیک و دینامیک جزو آزمایش‌های ادواری جرثقیل سقفی هستند. گزینه الف صحیح است.

ب) جرثقیل دروازه‌ای^۱

جرثقیل دروازه‌ای ساختاری شبیه به جرثقیل سقفی دارد. تنها تفاوت جرثقیل‌های دروازه‌ای این است که دو ستون متصل به پل و کُلگی (که در طول مسیر به همراه آن‌ها حرکت می‌کند) وجود دارد. به‌طورکلی این جرثقیل‌ها به دو دسته تک پل و دو پل تقسیم می‌شوند.



شکل (۴-۱۵) جرثقیل دروازه‌ای

ج) جرثقیل نیمه دروازه‌ای^۲

جرثقیل‌های نیمه‌دروازه‌ای به‌طورکلی بسیار شبیه به جرثقیل‌های دروازه‌ای کامل هستند. تنها تفاوت آنها این است که یک ریل حرکت طولی این جرثقیل بر روی سازه سالن و ریل دیگر بر روی کف قرار می‌گیرد. این نوع جرثقیل‌ها در محدوده خاصی از یک سالن با دهانه بزرگ استفاده می‌شوند. جرثقیل‌های نیمه‌دروازه‌ای، مناسب جهت جابه‌جایی مواد و قطعات در محوطه‌های باز می‌باشند. این جرثقیل‌ها در دو نوع تک‌پل و دوپل ساخته می‌شوند. این نوع جرثقیل‌ها معمولاً دارای پل‌های دوقلو هستند.



شکل (۴-۱۶) جرثقیل نیمه دروازه‌ای

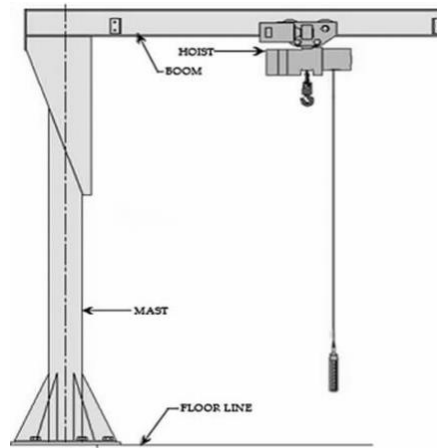
د) جرثقیل ستونی (بازویی)^۳

جرثقیل بازویی شامل یک پل است که توسط یک تیر به زمین متصل می‌شود. این جرثقیل می‌تواند ۱۸۰ تا ۳۶۰ درجه حول محور ستون بچرخد. همچنین بالابر می‌تواند به سمت جلو یا عقب حرکت کند. به‌همین دلیل این نوع جرثقیل‌ها در کارهایی که نیاز به سرعت و مانور بالا دارند (در فضای محدود) به کار برده می‌شوند.

^۱Gantry Crane

^۲Semi-Gantry Crane

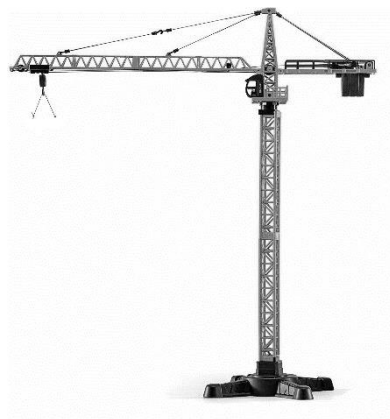
^۳Jib Crane



شکل (۱۷-۴) جرثقیل ستونی

۵) جرثقیل برجی^۱

جرثقیل برجی نوعی سیستم جابجایی اجسام سنگین است؛ که اغلب در ساختمان‌های بلند و واحدهای صنعتی استفاده می‌شود. این جرثقیل شامل یک پایه یا برج بلند برای نگهداری یک یا چند بازو، اطاقک فرمان، وزنه برای حفظ تعادل، قلاب، کابل، قرقره و ... می‌باشد.



شکل (۱۸-۴) جرثقیل برجی

نکته (۴-۱۷) در جرثقیل‌های برجی، بازوی بلند معمولاً جهت باربرداری و بازوی کوتاه جهت حفظ وزنه تعادل (معمولاً از نوع بتن) به کار می‌روند. وضعیت بازوها در این نوع جرثقیل مشابه اهرم بوده و هرچه بار به دکل نزدیک‌تر باشد، قدرت باربرداری جرثقیل بیشتر می‌شود.

پرسش (۴۳-۴) در خصوص جرثقیل برجی، کدام مورد صحیح است؟ (ق.ب-۹۹ «۱۲»)

الف) قابلیت باربرداری در وسط فلش، حداکثر است.

ب) هر چه قلاب به دکل نزدیک‌تر شود، قابلیت باربرداری کاهش می‌یابد.

ج) هر چه قلاب به نوک فلش نزدیک‌تر شود، قابلیت باربرداری کاهش می‌یابد.

د) قابلیت باربرداری در تمام طول فلش، ثابت و برابر ظرفیت اسمی است.

پاسخ) با توجه به نکته فوق، گزینه ج صحیح است.

۴ - ۳ - ۲ جرثقیل‌های سیار (موبایل)

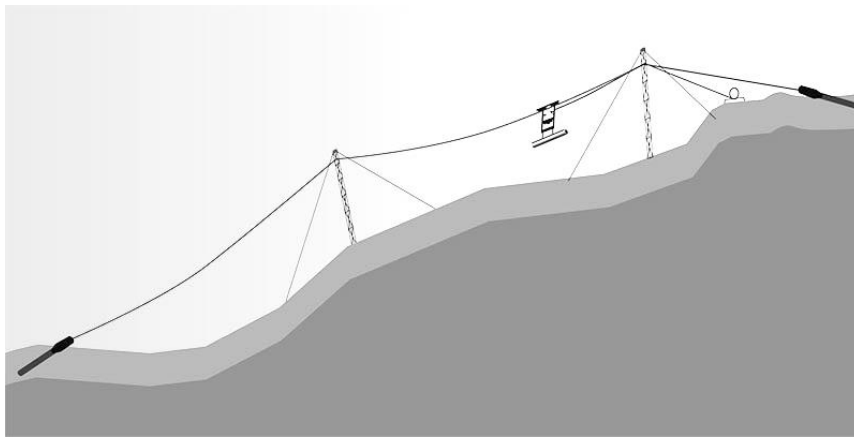
به جرثقیل‌هایی که دارای قابلیت جابجایی بوده و معمولاً به چرخ مجهز هستند، جرثقیل سیار گفته می‌شود.



شکل (۱۹-۴) جرثقیل سیار

۴-۳-۳ جرثقیل کابلی

جرثقیل کابلی همانطور که از نامش پیداست قطعه‌ای است که به سیم یا کابل متصل می‌شود و به صورت افقی و عمودی حرکت می‌کند. جرثقیل‌های کابلی در حمل و نقل مصالح سنگین ساختمانی کاربرد فراوانی دارند. تله‌کابین نمونه‌ای از این جرثقیل‌ها است. جرثقیل‌های طنابی بهترین انتخاب برای سدسازی، به دلیل وجود احتمال وقوع سیل و بروز خطرات زیاد و از بین رفتن ساختمان‌ها، هستند.



شکل (۲۰-۴) جرثقیل کابلی

۴-۴-۴ وینچ^۱

وینچ یا کشنده ماشینی است که از نیروی محرکه ایجاد شده توسط موتور الکتریکی یا هیدروموتور استفاده می‌کند و پس از انتقال نیرو به گیربکس باعث کاهش سرعت و افزایش قدرت و خروجی گیربکس می‌شود. این ماشین در اصل یک نوع بالابر به حساب می‌آید. اما تفاوت آن با بالابرهاى مختلف این است که به صورت افقی هم کار می‌کند.

^۱Winch



شکل (۴-۲۱) وینچ

- انواع وینچ‌ها در دو گروه زنجیری و کابلی (سیم بکسل) تقسیم‌بندی می‌شوند.
- وینچ زنجیری: ظرفیت حمل وینچ زنجیری از ۰/۱۲۵ تا ۵ تن، ارتفاع قلاب ۴ تا ۸ متر، سرعت حمل ۲ تا ۸ متر در دقیقه و توان مصرفی کمتر از ۴ کیلووات است.
 - وینچ کابلی: این نوع وینچ دارای ظرفیت حمل از ۱ تا ۱۲۰ تن، ارتفاع قلاب ۱۸ تا ۴۵ متر، سرعت حمل ۰/۴ تا ۹ متر در دقیقه و توان کمتر از ۳۷ کیلووات می‌باشد.

بهترین سرعت برای بالابرها زیر ۲۰ تن و برای کار دقیق، کمتر از ۲ متر در دقیقه و برای کار با دقت پایین‌تر، کمتر از ۸ متر در دقیقه می‌باشد. معمولاً وینچ‌های نصب شده بر روی ماشین‌های دیگر (مانند تراکتور و کامیون)، قدرت خود را از آن‌ها می‌گیرند. این وینچ‌ها بیشتر در قسمت جلویی خودرو نصب می‌شوند. جرثقیل‌های مخصوص باربری را نیز وینچ یا هسپل^۱ می‌نامند.

۴-۴-۵ بالابر صنعتی

بالابرها (الواتور) به‌طور کلی از یک قفس، برج شبکه‌ای، حفاظ سقوط، منبع تغذیه و سیستم محرک شامل موتور و گیربکس تشکیل شده‌اند. تفاوت اصلی آسانسور ساختمانی با بالابرها، استفاده از سیستم دندانه و شانه‌ای است. در این سیستم نیازی به استفاده از کابل‌های لنگر و تعادل بار نیست و نیازی به استفاده از قرقره و جرثقیل در بالای آسانسور نیست. به این ترتیب فضای مورد نیاز برای لوازم جانبی و پشتیبانی سیستم کاهش چشمگیری پیدا می‌کند. همچنین نصب قطعات بالایی دکل به‌آسانی و سرعت بیشتری امکان‌پذیر است.



^۱Hospel

^۲Elevator



شکل (۴-۲۲) بالابر صنعتی

۴ - ۴ - ۶ دستگاه‌های جابه‌جایی مواد

- تجهیزات زیر در صنایع جهت جابه‌جایی مواد مورد استفاده قرار می‌گیرند:
- (الف) **بارچین (پالت):** یک ابزار جابه‌جایی بار است که شامل یک سطح مسطح و مستطیلی شکل و چند پایه عرضی می‌باشد و برای جابه‌جایی بارها به کار می‌رود. پالت‌ها معمولاً از چوب، پلاستیک، فلز یا کامپوزیت ساخته می‌شوند.
- (ب) **چرخ‌دستی:** جهت حمل مواد به صورت دستی به کار می‌رود.
- (ج) **پالت‌تراک دستی (جک‌پالت):** جهت حمل و نقل پالت به کار می‌رود.
- (د) **پالت‌تراک با نیروی محرکه:** مشابه پالت‌تراک می‌باشد؛ ولی نیروی کارگر کمتری نیاز دارد.
- (ه) **لیفت‌تراک:** یک وسیله نقلیه موتوری جهت حمل و نقل است. نیروی محرکه این ماشین نیروی برق، گازوئیل، بنزین و یا گاز مایع می‌باشد.
- (و) **استاکر:** استاکرها را می‌توان از نظر ساختاری، شبیه به لیفت‌تراک‌ها با قابلیت‌های کمتر دانست. استاکر در دسته ماشین‌آلات انبارداری طبقه‌بندی شده و بیشتر در فروشگاه‌ها، کارخانه‌های کوچک و انبارهای بزرگ کاربرد دارد.
- (ز) **ریچ‌تراک:** این وسیله قابلیت‌های لیفت‌تراک را داراست و علاوه بر آن قادر است حول محور چرخ عقب گردش نماید. ضمناً قادر است شاخک‌ها را به صورت لولایی به سمت جلو حرکت دهد و بارهایی را که در قفسه دورتر است بردارد.
- (ک) **الواتور:** الواتورها، انتقال‌دهنده‌هایی هستند که برای حمل بار به صورت عمودی به کار می‌روند.
- (ل) **نوار نقاله (تسمه نقاله یا کانوایر زنجیری):** نوار نقاله‌ها می‌توانند حمل و نقل اقلام با اشکال عادی و غیرعادی را از یک نقطه به نقطه دیگر صرف‌نظر از وزنشان تسهیل کنند. بسته به نوع نوار نقاله‌ای که استفاده می‌شود، اجسام و مواد در وضعیت‌های افقی یا شیب‌دار جابه‌جا می‌شوند. از مزایای استفاده از نوار نقاله می‌توان به افزایش سرعت تولید، کاهش هزینه‌های حمل و نقل و افزایش بهره‌وری در عملیات تولید اشاره کرد.
- (م) **پالت آیزر:** از این تجهیز در کارخانجات جهت چپش مرتب اقلام بر روی پالت‌ها استفاده می‌شود. پالت آیزرها عملکردی شبیه به ربات دارند.

پرسش (۴۴-۴) کدام گزینه در خصوص الواتور و کانوایر زنجیری صحیح است؟ (د.ب-۹۸ «۴۵»)

(الف) الواتور، عمودبر و کانوایر زنجیری، افقی و مورب بر است.

(ب) هر دو کار آسانسور را انجام می‌دهند.

(ج) هر دو حرکت عمودی دارند.

(د) هر دو حرکت افقی دارند.

پاسخ) از الواتور جهت حمل بار به صورت عمودی و از نوار نقاله جهت حمل بار به صورت افقی و مورب استفاده می‌شود. گزینه الف صحیح است.

پرسش (۴۵-۴) پنج نوع جرثقیل و سه نوع بالابر برقی را نام برده، کار هر یک را به اختصار توضیح دهید. (د.ب-۷۶ «۳۸»)

پاسخ) با جمع‌بندی موارد بیان شده می‌توان انواع جرثقیل و بالابرها را به صورت زیر نام برد:

- جرثقیل‌ها شامل جرثقیل سقفی، جرثقیل دروازه‌ای، جرثقیل نیمه دروازه‌ای، جرثقیل ستونی (بازویی) و جرثقیل برجی، جرثقیل‌های سیار، جرثقیل کابلی
- بالابرها شامل وینچ، بالابر صنعتی (الواتور)، لیفت‌تراک، ریچ‌تراک و استاکر

۴ - ۵ اصول و مفاهیم اندازه‌گیری و کالیبراسیون

۴ - ۵ - ۱ کمیت‌ها

الف) کمیت‌های پایه (اصلی): این کمیت‌ها به‌طور مستقل در سیستم اندازه‌گیری SI تعریف شده‌اند و وابسته به کمیت‌های دیگر نیستند. کمیت‌های اصلی و واحد اندازه‌گیری آن‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۳-۴) کمیت‌های اصلی در سیستم SI

کمیت (دیمانسیون آن)	واحد اندازه‌گیری (نماد آن)
طول (L)	متر (m)
جرم (M)	کیلوگرم (Kg)
زمان (T)	ثانیه (s)
جریان الکتریکی (I)	آمپر (A)
دمای ترمودینامیکی (θ)	کلوین (K)
مقدار ذرات (N)	مول (mol)
شدت روشنایی (J)	کاندلا (cd)

نکته ۱۸-۴) دیمانسیون یا بعد، در واقع علامتی است که در سیستم SI برای هر یک از کمیت‌ها تعریف می‌شود. این کمیت با واحد اندازه‌گیری متفاوت است. به‌طور مثال، مقدار طول با دیمانسیون L، برای یک جسم برابر با ۳ متر یا ۳m می‌باشد.

ب) کمیت‌های فرعی: این کمیت‌ها براساس کمیت‌های پایه تعریف می‌شوند. مانند سرعت با یکای متر بر ثانیه و ...

نکته ۱۹-۴) دیمانسیون کمیت‌های فرعی را می‌توان بر اساس کمیت‌های اصلی بیان کرد. به‌عبارت‌دیگر تمامی کمیت‌های موجود در جهان قابلیت تفکیک به صورت حاصلضری از کمیت‌های اصلی را دارند. به‌عنوان مثال، دیمانسیون سرعت LT^{-1} یا همان طول بر زمان می‌باشد.

پرسش ۴۶-۴) دیمانسیون MLT^{-2} نشان‌دهنده کدام گزینه است؟ (ق.ب-۱۴۰۰ «۱۳»)

الف) نیرو (ب) انرژی (ج) گشتاور (د) سرعت

پاسخ) می‌توان عبارت فوق را به‌صورت زیر ساده کرد:

$$MLT^{-2} = M \times \frac{L}{T^2}$$

همانطور که مشاهده می‌شود، این عبارت حاصلضرب جرم در شتاب (با دیمانسیون طول بر مجذور زمان یا با واحد متر

$$M \times \frac{L}{T^2} = M \times a = F$$

بر مجذور ثانیه) است که بیانگر مقدار نیرو می‌باشد:

گزینه الف صحیح است.

ج) کمیت‌های تأثیرگذار: این کمیت‌ها معمولاً بر روی کمیت‌های دیگر تأثیر می‌گذارند؛ درحالی‌که خود هدف اندازه‌گیری نیستند. مانند کمیت دما در اندازه‌گیری کمیت طول.

۴ - ۵ - ۲ یکا (واحد)های اندازه‌گیری

یکا، قراردادی است برای سنجش کمیته‌ها. به‌عنوان مثال، یکای متر (برای اندازه‌گیری طول) یا یکای کیلوگرم (برای اندازه‌گیری جرم) و ... همانطور که در بخش کمیته‌های پایه اشاره شد، هفت یکای پایه در دستگاه بین‌المللی یکاها عبارتند از: طول (متر)، جرم (کیلوگرم)، زمان (ثانیه)، جریان الکتریکی (آمپر)، دما (کلوین)، مقدار ماده (مول)، شدت روشنایی (کاندلا).

۴ - ۵ - ۳ وسایل اندازه‌گیری

از وسایل اندازه‌گیری جهت اندازه‌گیری کمیته‌های پایه، فرعی و تاثیرگذار استفاده می‌شود. در ادامه با ویژگی‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری آشنا می‌شویم.

الف) قابلیت تفکیک: کوچکترین مقداری که یک دستگاه می‌تواند اندازه‌گیری کند را «قابلیت تفکیک» می‌گویند. این واژه با کلمات زینه‌بندی، ریزنگری، تفکیک‌پذیری، قابلیت تشخیص، وضوح و ... نیز بیان می‌شود.

ب) دقت: به نزدیکی خروجی‌های حاصل از چند بار اندازه‌گیری با استفاده از یک وسیله اندازه‌گیری «دقت» می‌گویند.

ج) درستی یا صحت: به نزدیکی خروجی‌های یک وسیله اندازه‌گیری نسبت به مقدار واقعی، «درستی» یا «صحت» می‌گویند.

د) گستره نامی: به حد فاصل بین حداقل اندازه تا حداکثر اندازه‌ای که یک وسیله اندازه‌گیری می‌تواند اندازه‌گیری کند، «گستره نامی» یا «گستره اندازه‌گیری» و یا «دامنه اندازه‌گیری» گویند.

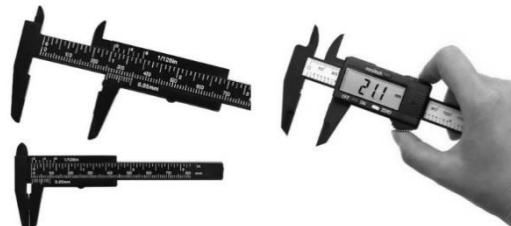
در ادامه با وسایل اندازه‌گیری پارامترهای مختلف بیشتر آشنا می‌شویم.

۴ - ۵ - ۳ - ۱ ابزار اندازه‌گیری طول

از جمله وسیله‌ی اصلی برای اندازه‌گیری طول، می‌توان به متر و خط‌کش اشاره کرد. برای اندازه‌گیری طول‌های کوچک‌تر و اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر، از وسایلی مانند کولیس، میکرومتر (ریزنسج) و ... استفاده می‌کنیم. دقت اندازه‌گیری کولیس‌ها در حدود $0/1$ میلی‌متر و ریزنسج‌ها در حدود $0/01$ میلی‌متر است.



(ب)



(الف)

شکل (۴-۲۳) ابزارهای اندازه‌گیری طول؛ (الف) کولیس، (ب) میکرومتر

پرسش ۴۷-۴) برای اندازه‌گیری دقیق قطر سیم‌های لاک‌ی و قطر داخل استاتور یک الکتروموتور معمولاً به ترتیب از کدام وسایل زیر استفاده می‌شود؟ (ق.ب-۸۰ «۵»)

الف) کولیس - متر ب) کولیس - پرگار ج) میکرومتر - کولیس د) میکرومتر - شابلون
پاسخ) برای اندازه‌گیری‌های دقیق از کولیس و میکرومتر استفاده می‌شود. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۴۸-۴) برای اندازه‌گیری قطر یک پی‌ستون تا $0/1$ میلی‌متر، کدام وسیله اندازه‌گیری مناسب‌تر است؟ (ق.ب-۸۰ «۳»)

الف) ریزنسج ب) کولیس ج) شابلون د) پرگار
پاسخ) برای اندازه‌گیری تا $0/1$ میلی‌متر، معمولاً از کولیس و تا $0/01$ میلی‌متر، معمولاً از ریزنسج استفاده می‌شود. گزینه ب صحیح است.

۴ - ۵ - ۳ - ۲ ابزار اندازه‌گیری جرم

وسيله اندازه‌گیری جرم، ترازو است. ترازوها در ابعاد و با دقت‌های مختلف ساخته می‌شوند. نمونه‌های دقیق‌تر تا دقت ۰/۰۰۰۱ گرم، برای کارهای آزمایشگاهی و نمونه‌های بزرگ‌تر با دقت‌های کمتر، در صنایع استفاده می‌شوند.

۴ - ۵ - ۳ ابزار اندازه‌گیری زمان

برای اندازه‌گیری زمان، از ساعت استفاده می‌کنیم؛ که می‌تواند آنالوگ یا دیجیتال باشد. کورنومتر نیز وسیله‌ای برای اندازه‌گیری زمان بوده؛ که دارای دقت بالاتری است.

۴ - ۵ - ۳ ابزار اندازه‌گیری شدت روشنایی

فوتومتر ابزاری است که شدت نور را اندازه‌گیری می‌کند و می‌توان آن را به‌عنوان ابزاری تعریف کرد که نور مرئی را اندازه‌گیری می‌کند.

۴ - ۵ - ۳ ابزار اندازه‌گیری دما

ترموتر یا دماسنج، وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری دما به کار می‌رود. این وسیله برای اندازه‌گیری دمای بدن، دمای هوا یا دمای اجسام به کار می‌رود. هر ترمومتر از دو قسمت سنسور و نمایشگر تشکیل شده است. سنسور دماسنج‌ها می‌تواند یکی از انواع غوطه‌وری، تماسی، لغزشی یا لیزری (از راه دور) باشد. ترموکوپل‌ها (مبتنی بر اندازه‌گیری ولتاژ) و RTDها (مبتنی بر اندازه‌گیری مقاومت) و ترمیستورها (مقاومت متغیر با دما)، سه نوع مهم از سنسورهای دما به حساب می‌آیند. همچنین نمایشگر ترمومترها می‌تواند به دو صورت آنالوگ و دیجیتال باشد.

نکته ۲۰-۴) چنانچه ترمومتر (دماسنج)، مجهز به رله‌ای باشد که با توجه به مقدار دما، مسیر الکتریکی را قطع یا وصل نماید، به آن «ترموستات» گفته می‌شود.

نکته ۲۱-۴) ماهیت گرما با دما متفاوت است. گرما از نوع انرژی بوده و واحد آن کالری می‌باشد؛ در حالی که دما یک پارامتر فیزیکی با واحد درجه سلسیوس است.

پرسش ۴۹-۴) مقدار گرما را با چه وسیله‌ای می‌سنجند؟ (ق.ت-۸۴ «۴۷»)

الف) دماسنج ب) ترموکوپل ج) کالری‌متر د) هر سه مورد

پاسخ) با توجه به نکته فوق، گزینه ج صحیح است.

پرسش ۵۰-۴) سنسورهای حرارتی عبارتند از: (د.ب-۷۹ «۲۷»)

الف) ترموکوپل - ترمیستور - بارومتر آنروید
ب) ترمیستور - ترموکوپل - RTD
ج) بارومتر آنروید - ترموستات - استرین گیج نیمه‌هادی
د) ترموکوپل - ترموستات - بارومتر

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق گزینه ب صحیح است.

پرسش ۵۱-۴) خروجی یک ترموکوپل عبارتند از: (د.ب-۷۹ «۲۹»)

الف) یک مقاومت ب) یک ولتاژ ج) یک جریان د) یک خازن

پاسخ) خروجی ترموکوپل‌ها از نوع ولتاژ بوده و گزینه ب صحیح است.

پرسش ۵۲-۴) در ترموکوپل از کدام خاصیت تولید الکتریسته استفاده می‌شود؟ (ق.ب-۸۰ «۹۹»)

الف) نور ب) حرارت ج) فشار د) مغناطیس

پاسخ) در ترموکوپل‌ها، حرارت ورودی به ولتاژ خروجی تبدیل می‌شود. گزینه ب صحیح است.

نکته ۲۲-۴) نام دیگر ترموکوپل، «کوپل ترموالکتریک» است.



پرسش ۵۳-۴) کوپل ترموالکتریک از چه نوع دستگاه‌هایی هستند؟ (ق.ب-۸۰ «۱۵»)

الف) جریان‌سنج الکتریکی (ب) دماسنج الکتریک (ج) فشارسنج الکتریکی (د) نیروسنج الکتریکی
پاسخ) با توجه به نکته فوق، گزینه ب صحیح است.

نکته ۲۳-۴) نام دیگر ترمومترهای لیزری، «پیرومتر» می‌باشد.

پرسش ۵۴-۴) برای اندازه‌گیری دمای یک قطعه آهن داغ در کوره (قطعه سرخ شده) کدام گزینه را انتخاب می‌کنید؟
(د.ب-۸۸ «۳۶»)

الف) R.T.D (ب) N.T.D (ج) پیرومتر (د) ترموکوپل
پاسخ) مناسب‌ترین گزینه برای اندازه‌گیری دما در این شرایط، استفاده از ترمومتر لیزری یا پیرومتر است. گزینه ج صحیح است.

۴ - ۵ - ۳ - ۶ انواع تجهیزات اندازه‌گیری سطح

اندازه‌گیری سطح مایعات به کمک تکنیک‌های مختلفی، مانند میزان جرم، فشار، طول موج، جریان الکتریکی و تغییرات دیگر، انجام می‌شود. همچنین روش‌های رایج دیگری برای اندازه‌گیری سطح مایعات با استفاده از سنسورهای مختلفی، مانند سنسورهای اولتراسونیک و لیزر، وجود دارند. لازم به ذکر است که هر روش اندازه‌گیری سطح مایعات، ممکن است برای مایعات مختلفی مانند آب، روغن، بنزین و غیره، به صورت مختص به کاربرد آن‌ها، طراحی شود.

الف) اندازه‌گیری به روش اولتراسونیک؛ در این روش، امواج اولتراسونیک به سطح مایع داخل مخزن تابیده شده و پس از برخورد، به دلیل اختلاف چگالی بین هوا و محصول، از سطح آن بازتابیده می‌شوند و به سنسور برمی‌گردند. استفاده از این روش پرکارترین نوع اندازه‌گیری سطح مایعات است.

ب) اندازه‌گیری به روش فشار تفاضلی؛ در این روش دو عدد سنسور فشار (جهت اندازه‌گیری فشار) یکی در بالاترین ارتفاع و دیگری در پایین‌ترین ارتفاع مخزن نصب می‌شوند. سپس از اختلاف فشار اندازه‌گیری شده به وسیله این دو سنسور، سطح آب اندازه‌گیری می‌شود.

پرسش ۵۵-۴) برای اندازه‌گیری سطح مایعات در تانک‌ها معمولاً از کدام سنسور استفاده می‌شود؟ (د.ب-۸۸ «۳۷»)

الف) اولتراسونیک (ب) لیزری (ج) مادون قرمز (د) ماوراء بنفش
پاسخ) با توجه به مطالب بیان‌شده، گزینه الف صحیح است.

۴ - ۵ - ۴ عمق‌سنج - ارتفاع‌سنج

عمق‌سنج یا ارتفاع‌سنج، وسیله‌ای است که ماهیت کار آن مانند کولیس بوده؛ با این تفاوت که دارای یک پایه برای قرارگیری بر روی سطح و یک میله برای سنجش میزان عمق است. نمونه‌ای از یک عمق‌سنج دیجیتال در شکل زیر مشاهده می‌شود.



شکل (۴-۲۴) عمق‌سنج دیجیتال

^۱Ultrasonic

^۲Differential Pressure

۴-۵-۵ ماشین CMM^۱

دستگاه CMM یکی از ابزارهای کنترل کیفیت در صنایع مختلف همچون خودروسازی، هواپیماسازی، صنایع دفاعی، مهندسی مکانیک و غیره است. این دستگاه شامل یک میز و ابزارهای دقیق اندازه‌گیری است؛ که توسط یک کنترل‌کننده، اندازه‌گیری را تا دقت میکرومتر، در سه بعد انجام می‌دهد. اساس کار دستگاه CMM بر خط‌کش‌هایی^۲ است که با حرکت بازوها به محل اندازه‌گیری نزدیک و با تماس به محل مورد نظر، کار اندازه‌گیری را انجام می‌دهند. فرآیند اندازه‌گیری در CMM به دو روش تماسی^۳ و لیزری انجام می‌شود.

پرسش ۵۶-۴) تجهیزات اندازه‌گیری عبارتند از: (د.ب-۸۴ «۴۳»)

الف) عمق‌سنج - CMM - لیزر - آمپر
 ب) X.RAY - لیزر - آمپر متر - فشار
 ج) ولت - فشارسنج - CMM - بارومتر
 د) فشارسنج - عمق‌سنج - ارتفاع‌سنج - CMM

پاسخ) لیزر ابزاری جهت ساطع کردن نور به‌صورت پرتوهای موازی می‌باشد. همچنین X-Ray نوعی از پرتوهای الکترومغناطیس است. ولت و آمپر نیز به‌ترتیب یكاهای ولتاژ و جریان الکتریکی هستند و جزو تجهیزات اندازه‌گیری محسوب نمی‌شوند. گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۹» آزمون "برق، ماشین‌آلات دادگستری" سال ۷۸ و پرسش «۸» آزمون "برق، ماشین‌آلات دادگستری" سال ۷۹ می‌باشد.

پرسش ۵۷-۴) دستگاه‌های اندازه‌گیری CMM دارای دقت به‌شرح زیر می‌باشند: (د.ب-۸۴ «۱۲»)

الف) اندازه‌گیری به وسیله لیزر و با دقت میکرون
 ب) اندازه‌گیری به وسیله TOUCH و با دقت میکرون
 ج) اندازه‌گیری با X-RAY و دقت میلی‌متر
 د) گزینه‌های «الف» و «ب» صحیح هستند

پاسخ) در دستگاه‌های اندازه‌گیری CMM، دقت اندازه‌گیری تا میکرومتر بوده و اندازه‌گیری، هم به‌صورت دستی و هم به‌صورت لیزری انجام می‌شود. گزینه د صحیح است.

^۱Coordinate Measuring Machine

^۲Probe

^۳Touch

پاسخ تشریحی آزمون سال ۹۸

در این فصل می خوانیم:

- ✓ آزمون کارشناسی رسمی دادگستری رشته «برق، ماشین آلات و تاسیسات کارخانجات» سال ۱۳۹۸
- ✓ پاسخ تشریحی آزمون

پرسش ۱) کدام یک از موارد زیر، جز اهداف به کارگیری سیستم ارتینگ نیست؟

- (الف) حفاظت دستگاه‌های الکتریکی
 (ب) حفاظت و ایمنی جان افراد
 (ج) اطمینان از کارکرد استاندارد تجهیزات لوازم برقی
 (د) کاهش ولتاژ تماسی به محدوده مجاز
- پاسخ)** در ایجاد سیستم ارتینگ، کاهش ولتاژ تماس و جلوگیری از برق گرفتگی، حفظ عایق‌بندی سیستم و حفاظت از دستگاه‌های الکتریکی و تامین الزامات الکترومغناطیسی جزو اهداف اصلی است. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲) مقاومت زمین، به کدام یک از موارد زیر وابسته نیست؟

- (الف) ولتاژ تغذیه ارت‌سنج
 (ب) ارتباط ضعیف الکتروود با خاک
 (ج) رطوبت خاک
 (د) جنس خاک
- پاسخ)** چاه ارت، چاله‌ای است که به صورت عمقی در زمین حفر می‌شود تا جایی که به رطوبت نسبی خاک رسیده و در داخل آن، از قطعه‌ای مسی استفاده می‌شود؛ که توسط سیم مسی به صفحه‌ای جوش خورده است. اطراف صفحه با مواد جذب‌کننده رطوبت پوشانده شده است. مقاومت چاه ارت، هیچ‌گاه نباید از ۲ اهم بیشتر باشد. در صورتی که مقدار این مقاومت از ۲ اهم تجاوز کند، می‌توان در نزدیکی تجهیزات نیز چاه ارت ایجاد کرد. در این حالت، چاه ارت بدنه دستگاه مصرف‌کننده و ترانسفورماتور، با هم موازی شده و مقاومت معادل چاه‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین مقاومت الکتریکی الکتروود زمین به مواردی همچون ترکیبات و مقاومت ویژه خاک اطراف الکتروود، دما، رطوبت، جنس، ابعاد و نحوه تماس الکتروود با خاک اطراف بستگی دارد. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۳) کدام کمیت در دو سمت یک ترانسفورماتور واقعی، یکسان است؟

- (الف) ولتاژ
 (ب) توان
 (ج) جریان
 (د) فرکانس
- پاسخ)** ترانسفورماتور جهت تبدیل سطوح ولتاژ و جریان مورد استفاده قرار گرفته و هیچ‌گاه توان را تغییر نمی‌دهد. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۴) THD، به کدام معنا است؟

- (الف) هارمونیک‌های زوج
 (ب) اعوجاج هارمونیک کل
 (ج) هارمونیک اصلی
 (د) هارمونیک‌های فرد
- پاسخ)** THD مخفف Total Harmonic Distortion است که به معنی اعوجاج هارمونیک کل می‌باشد. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۵) در بار سه‌فاز متعادل با اتصال ستاره، جریان نول چقدر است؟

- (الف) دو برابر جریان نول
 (ب) جمع جریان سه‌فاز و صفر
 (ج) سه برابر جریان یکی از فازها
 (د) بستگی به دستگاه مورد مصرف دارد.
- پاسخ)** در اتصال ستاره، سه جریان با اختلاف ۱۲۰ درجه داریم و جریان نول مجموع این سه جریان می‌باشد و برابر صفر خواهد بود.
- $$I_N = I_{PH1} + I_{PH2} + I_{PH3} = I\angle 0^\circ + I\angle 120^\circ + I\angle -120^\circ = 0$$
- گزینه ب صحیح است.

پرسش ۶) کدام مورد نشان دهنده ترتیب صحیح برای احداث کارخانه است؟

- (الف) اخذ جواز تاسیس - ساخت کارخانه - اخذ پرفرما اینویس - اخذ پروانه بهره‌برداری
 (ب) اخذ موافقت اصولی - ساخت کارخانه - اخذ جواز تاسیس - اخذ پروانه بهره‌برداری
 (ج) اخذ پرفرما اینویس - اخذ پروانه بهره‌برداری - ثبت سفارش - اخذ ایزو
 (د) اخذ اینویس - ساخت کارخانه - اخذ ایزو - اخذ پروانه بهره‌برداری
- پاسخ)** مراحل احداث یک کارخانه صنعتی به ترتیب شامل ارائه طرح توجیهی، تهیه مستندات، اخذ جواز تاسیس، خرید زمین و ساخت کارخانه، اخذ پرفرما اینویس و اخذ پروانه بهره‌برداری می‌باشد.



جواز تأسیس: جواز تأسیس یا مجوز تأسیس، مجوزی است که توسط مقامات و نهادهای دولتی صادر می‌شود و به یک واحد صنعتی اجازه می‌دهد تا تأسیس شود و فعالیت خود را شروع کند.

پروفرما اینویس سندی است که در خرید و فروش داخلی و بین‌المللی استفاده می‌شود. این سند توسط فروشنده صادر می‌شود. پروفرما از مدارک لازم برای ثبت سفارش کالا در فرآیند ترخیص کالا از گمرک استفاده می‌شود. به طور کلی، پروفرما اینویس به عنوان یک پیش‌فاکتور عمل می‌کند. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۷) در یک سطح ولتاژ و توان مشخص، رابطه سطح مقطع ورودی و خروجی ترانسفورماتور با فرکانس کدام است؟

الف) خطی (ب) مجذور (ج) معکوس (د) عکس مجذور

پاسخ) در حالت کلی در یک سطح توان مشخص، داریم:

$$S = VI^* \rightarrow I \propto \frac{1}{V}$$

همانطور که از رابطه‌ی بالا مشخص است، جریان با ولتاژ رابطه‌ی معکوس دارد. از طرفی برای ولتاژ داریم:

$$V_{\text{rms}} = 2\pi Nf\phi_{\text{rms}} \rightarrow V \propto f \rightarrow I \propto \frac{1}{f}$$

پس ولتاژ با فرکانس رابطه‌ی مستقیم داشته و در نتیجه جریان با فرکانس رابطه‌ی معکوس دارد.

از طرفی می‌دانیم که جریان گذرنده از سیم با سطح مقطع آن رابطه‌ی مستقیم دارد:

$$I \propto A \rightarrow A \propto \frac{1}{f}$$

پس رابطه‌ی فرکانس و سطح مقطع نیز به صورت معکوس می‌باشد. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۸) کاربرد دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی چیست؟

الف) ترکیب فلزات با گازهای بی‌اثر (ب) جذب اتم‌های کمیاب

ج) جذب همگن سازها (د) طیف‌سنجی مواد

پاسخ) اسپکترومتر جذب اتمی (اسپکتروفتومتر) به عنوان یک ابزار طیف‌سنجی، می‌تواند برای بررسی و تحلیل طیف نوری مواد مورد استفاده قرار گیرد. این اطلاعات در شناخت خواص نوری و ترکیبات مختلف مواد، شناسایی مواد و تعیین ساختار مولکولی آنها بسیار مهم است. گزینه د صحیح است.

پرسش ۹) دستگاه پالت‌آیزر چیست؟

الف) چینش محصول روی پالت (ب) کیسه گیر (ج) پرکن کیسه‌های گرانول (د) خشک کن

پاسخ) دستگاه پالت‌آیزر به صورت خودکار، محصولات را بر روی پالت قرار می‌دهد و بسته‌بندی مناسبی را برای حمل و نقل فراهم می‌کند. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۱۰) کدام یک از موارد زیر، قابلیت همگن‌سازی هم مایعات و هم جامدات را دارد؟

الف) هموژنایزر اولتراسونیک (ب) هموژنایزر - بیدمیل (ج) هموژنایزر فشار بالا (د) استریلیزاتور

پاسخ) هموژنایزر برای همگن کردن مایعات و بیدمیل برای همگن کردن جامدات استفاده می‌شود. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۱۱) کاربرد سپراتور در صنایع لبنی، کدام است؟

الف) جدا کردن آب پنیر (ب) تولید پنیر (ج) جداسازی ماست از دوغ (د) خامه‌گیری از شیر

پاسخ) از سپراتور جهت جداسازی عناصر مختلف مانند روغن، چربی و مواد جامد در مواد غذایی استفاده می‌شود. در صنایع لبنی از این تجهیز جهت جداسازی خامه از شیر استفاده می‌شود. گزینه د صحیح است.

پرسش ۱۲) ظرفیت دستگاه سنگ‌شکن فکی، با چه واحدی بیان می‌شود؟

الف) کیلونیوتون (ب) تن در ساعت (ج) کیلو پاسکال (د) کیلونیوتون در ساعت

پاسخ) سنگ‌شکن‌ها در صنعت معدن برای خرد کردن مواد سنگین و بزرگ به اندازه‌های کوچکتر استفاده می‌شوند. این تجهیزات قادر به خردایش مواد سنگین مانند سنگ‌ها و کانی‌ها هستند. در خطوط تولید، سنگ‌شکن فکی به عنوان سنگ‌شکن اولیه استفاده می‌شود. ظرفیت دستگاه سنگ‌شکن فکی بیشترین مقدار موادی است که در یک واحد زمان (معمولاً در ساعت) توسط سنگ‌شکن فکی خرد می‌شود. این ظرفیت با واحد تن در ساعت بیان می‌شود. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۱۳) کاربرد دیگ بخار در کدام صنعت زیر، بیشتر است؟

الف) فلزکاری (ب) بافندگی (ج) غذایی (د) سلولزی

پاسخ) دیگ بخار در صنایع مختلفی از جمله صنایع غذایی، چاپ، نوشیدنی و آماده سازی قیر استفاده می شود. اما عمده ترین کاربرد آن در صنایع غذایی است که شامل شاخه های کنسروسازی، تخمیر و تقطیر می باشد. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۱۴) چاپر در کدام یک از صنایع زیر، بیشتر کاربرد دارد؟

الف) فایبر گلاس (ب) صنعت نفت (ج) کشاورزی (د) دامپروری

پاسخ) چاپر در صنعت کشاورزی برای برش و خرد کردن مواد گیاهی استفاده می شود. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۱۵) تفاوت اصلی تونل انجماد سریع (IQF) و سرد خانه، در کدام مورد زیر است؟

الف) سرعت انجماد (ب) سالن انجماد (ج) حجم مفید دستگاه برودتی (د) دمای سردکردن

پاسخ) تونل انجماد سریع، دستگاه تبریدی است که درون آن باد سرد به محصولات غذایی مانند میوه ها، سبزیجات و مواد پروتئینی برخورد کرده و با توجه به سرعت زیاد انجماد آب میان بافتی آن ها و تشکیل کریستال های کوچک یخ نسبت به سردخانه های معمولی، کیفیت محصولات بهتر خواهد بود. عموماً تونل انجماد نسبت به سردخانه معمولی برای مواد با حجم کم تر و کوچک تر استفاده می شود. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۱۶) منظور از کلمه CCM در صنعت، کدام مورد است؟

الف) سلولزی (ب) پیش گرم (ج) تولید ورق (د) ریخته گری پیوسته

پاسخ) CCM به معنای ماشین ریخته گری پیوسته بوده و گزینه د صحیح است.

پرسش ۱۷) دستگاه بالمیل مربوط به کدام مورد است؟

الف) دستگاه شن پاش (ب) آسیاب گلوله ای (ج) دستگاه همزن (د) آسیاب رادامیل

پاسخ) بال میل یکی از تجهیزات مهم در صنعت معدن است که برای آسیاب کردن و خرد کردن مواد سنگین استفاده می شود. این تجهیزات شامل توپ های فلزی است که درون یک محفظه قرار دارند و با چرخش آن ها، مواد را آسیاب می کنند. در آسیاب بالمیل، توپ های فلزی درون یک محفظه قرار دارند و با چرخش آن ها روی هم، مواد آسیاب می شوند. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۱۸) در اثر مجاورت کابل مخابراتی با کابل ۲۰ کیلوولت، به تاسیسات مخابراتی کارخانه ای خسارت وارد شده است. کدام مورد صحیح است؟

الف) شرکت برق مقصر است.

ب) شرکت مخابرات مقصر است.

ج) شرکت برق و شرکت مخابرات هر یک به میزان ۵۰٪ مقصر است.

د) تعیین مقصر به تقدم و تاخر احداث تاسیسات برق و مخابرات و حریم آنها بستگی دارد.

پاسخ) گزینه ج صحیح است.

پرسش ۱۹) دستگاه پرس برک، مربوط به چه کاری است؟

الف) خمش (ب) برش (ج) فرم دهی (د) پلیسه گیری

پاسخ) دستگاه پرس برک یک نوع ماشین ابزار است که برای انجام فرآیند خم کاری در صنعت فلزات استفاده می شود. دستگاه پرس برک عموماً برای خم کردن ورق ها، پروفیل ها و قطعات فلزی صنعتی با ضخامت مختلف استفاده می شود. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۲۰) مقدار مقاومت یک لامپ رشته ای $60W$ ، $240V$ و روشن شده با برق شهر، چند اهم است؟

الف) ۹۶۰ (ب) ۴۸۰ (ج) ۹۶ (د) ۴۸

پاسخ) طبق رابطه ی توان الکتریکی داریم:

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow 60 = \frac{240^2}{R} \rightarrow R = 960\Omega$$

گزینه الف صحیح است.



پرسش ۲۱) فرق بین دریل ستونی با دریل رادیال در کدام یک از موارد زیر است؟

الف) فیدر تغذیه (ب) سنتر ارتفاعی (ج) مته گیر و کارگیر عرضی (د) نوع زاویه زنی
پاسخ) دریل ستونی یک نوع دریل است که دارای یک ستون عمودی برای حرکت بالا و پایین برای انجام عملیات حفر و سوراخکاری است. دریل ستونی دارای یک میز کار (تخته کار) است که قطعه کار روی آن قرار می‌گیرد و با استفاده از ستون قابل تنظیم، میز کار و ابزار حفر، سوراخ‌های مورد نیاز در قطعه کار ایجاد می‌شود. دریل ستونی عموماً برای حفر سوراخ‌های بزرگتر و پروژه‌هایی که نیاز به دقت و استحکام بیشتر دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما دریل رادیال دارای یک بازوی طولانی و قابل تنظیم بوده که آن را برای سوراخ‌کاری قطعات سنگین مناسب می‌کند. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲۲) ضایعات براده آهن بر روی زمین مسطحی به شکل مخروط با شعاع ۳ متر و ارتفاع ۲ متر تخلیه شده است. با فرض جرم حجمی ۷/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب برای آهن، وزن کلی ضایعات آهن چند کیلوگرم است؟

الف) ۱۸۴۰۰π (ب) ۹۲۴۰۰π (ج) ۲۷۷۲۰۰π (د) ۴۶۲۰۰π

پاسخ) براده‌ها به صورت مخروط قرار گرفته و حجم آن برابر برابر است با: (r شعاع قاعده و l ارتفاع مخروط می باشد)

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 l = \frac{1}{3} \pi \times 3^2 \times 2 = 6\pi (m^3)$$

بنابراین وزن ضایعات برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \rho \times v = 7/7 \left(\frac{gr}{cm^3} \right) \times 6\pi = 7/7 \times \frac{10^{-3}}{10^{-6}} \times 6\pi = 46200 \pi Kg$$

گزینه د صحیح است.

پرسش ۲۳) قیمت دو هواساز نوی ۲۰۰ و ۴۰۰ مترمکعبی در ساعت به ترتیب ۱۰ و ۱۴ میلیون تومان است. با استفاده از روش درون‌یابی خطی، قیمت هواساز نوی ۲۸۰ مترمکعبی در ساعت، چند میلیون تومان است؟

الف) $۱۱/۶$ (ب) $۱۱/۸$ (ج) $۱۲/۴$ (د) $۱۳/۵$

پاسخ) اگر مختصات دو نقطه را با (x_0, y_0) و (x_1, y_1) مشخص کنیم، درون‌یابی خطی آن یک خط راست بین آن دو نقطه خواهد بود که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \Rightarrow \frac{y - 10}{280 - 200} = \frac{14 - 10}{400 - 200}$$

$$\Rightarrow \frac{y - 10}{80} = \frac{4}{200} \Rightarrow y - 10 = 1/6 \Rightarrow y = 11/6$$

قیمت هواسازی نوی ۲۸۰ مترمکعبی در ساعت، $۱۱/۶$ میلیون تومان است. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۲۴) کدام یک از تجهیزات زیر، جزو تاسیسات تصفیه فاضلاب نیست؟

الف) فیلتر شنی (ب) دی‌اریتور (ج) بلوئر (دمنده) (د) سیکلون

پاسخ) فیلتر شنی، بلوئر و سیکلون، در تصفیه‌خانه فاضلاب استفاده می‌شوند. در حالی که دی‌اریتور از تجهیزات موتورخانه بخار بوده؛ که اکسیژن و گازهای حل شده در آب ورودی دیگ بخار را حذف می‌کند. گزینه ب پاسخ مورد نظر است.

پرسش ۲۵) کدام یک از تجهیزات زیر، جزو تاسیسات سردخانه نیست؟

الف) کمپرسور هوای فشرده (ب) کولینگ‌تاور (ج) کندانسور تونل‌دار (د) اواپراتور

پاسخ) در سیستم تبرید، وظیفه کمپرسور، پرفشار کردن گاز مبرد است و هوا وجود ندارد پس کمپرسور هوای فشرده نداریم. همچنین تجهیزاتی به نام کندانسور تونل دار هم نداریم. کولینگ تاور به طور معمول در سردخانه‌های بالای صفر استفاده نمی‌شود و کندانسور این سردخانه‌ها «هوا خنک» می‌باشد اما در سردخانه‌های زیر صفر ممکن است نیاز به کندانسور آب خنک باشد که در

این صورت کولینگ تاور استفاده می‌شود. اوپراتور نیز جزو تاسیسات سردخانه است. لذا گزینه‌های الف و ج هر کدام می‌توانند گزینه مورد نظر باشند.

پرسش ۲۶) انتقال حرارت در تاسیسات صنعتی، به کدام روش زیر، انجام می‌گیرد؟

الف) تبخیر - تصعید - تابش (ب) رسانش - همرفت - تابش

ج) همرفت - مادون قرمز - لیزر (د) شیمیایی - الکتریکی - اتمی

پاسخ) در تاسیسات صنعتی، در بدنه ماشین‌آلات، انتقال حرارت به صورت رسانش (هدایت) انجام می‌شود. همچنین در حرارت انتقالی توسط هوا (مانند هوای گرم بالای شوفاژها یا رادیاتورها)، انتقال حرارت به صورت همرفت (جابه‌جایی) و در دستگاه‌های حرارتی (مانند گرما تاب‌ها)، انتقال حرارت به صورت تابشی انجام می‌گیرد. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۲۷) دستگاه مرسرایزینگ، مربوط به چه کاری است؟

الف) آبکاری فلز (ب) عمل‌آوری چوب برای پخت

ج) سفیدگری پارچه (د) سمپاشی در کشاورزی

پاسخ) مرسرایزینگ یک فرآیند شیمیایی است که در صنعت نساجی بر روی الیاف پنبه انجام می‌شود. هدف اصلی از مرسرایزینگ، بهبود خواص فیزیکی و ظاهری الیاف پنبه است. در این فرآیند، پارچه در تماس با قلیا قرار می‌گیرد و پس از مدت زمان مشخص، با آب شستشو می‌شود. نتیجه این فرآیند، بافتی با خواص بهتر و ظاهری درخشان‌تر است. مرسرایزینگ پس از بافت و قبل از رنگرزی انجام می‌شود گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲۸) شرکت‌های ماشین‌سازی اراک، ماشین‌سازی تبریز، ماشین‌سازی کوشش کاران و هپکو، به ترتیب مربوط به کدام یک از صنایع زیر است؟

الف) ماشین‌آلات عمرانی - غذایی - تاسیساتی - ماشین‌ابزار

ب) ماشین‌ابزار - ماشین‌آلات عمرانی - غذایی - تاسیساتی

ج) تاسیساتی - ماشین‌ابزار - غذایی - ماشین‌آلات عمرانی

د) غذایی - تاسیساتی - - ماشین‌ابزار - ماشین‌آلات عمرانی

پاسخ) تولیدات شرکت ماشین‌سازی اراک شامل: مخازن تحت فشار، برج‌های صنایع نفت و پتروشیمی، مبدل‌های حرارتی پوسته لوله ای / دو لوله ای، کولرهای هوایی، مخازن کرومی، ایستگاه‌های گاز، اسکرابر است که مربوط به تاسیسات می‌باشد.

تولیدات شرکت ماشین‌سازی تبریز شامل: انواع ماشین‌های صنعتی همانند انواع ماشین‌ابزار، شامل ماشین‌های تراش، ماشین‌های فرز، ماشین‌های مته، قطعات ریخته‌گری و دستگاه‌های سی‌ان‌سی است که از جمله ماشین‌ابزار است.

تولیدات شرکت ماشین‌سازی کوشش کاران شامل: ردیف کن پت، شیشه و قوطی، تری بلوک پت و شیشه، منو GF، تلسکوپ، وزنی، پیستونی، پیستونی - گراویتی، شست و شو، پرکن پیستونی، دربندی، شریک اورلپ، کارتونینگ، کارتونینگ رپراند، استرچ

پالت، تونل خنک کن، پاستوریزه آمیوه پاستوریزه رب، لیبل زن و کانوایرها که در صنایع غذایی کاربرد دارند.

تولیدات شرکت هپکو شامل: لودر، بیل زنجیری، بیل چرخ لاستیکی، غلتک، بلدوزر، گریدر، تراک، دامپتراک که جز ماشین‌آلات عمرانی هستند.

گزینه ج صحیح است.

پرسش ۲۹) کاربرد دستگاه‌های «دوزینگ پمپ»، «لیبل‌زن»، «تری بلوک» و «پلیت کولر» به ترتیب کدام است؟

الف) تزریق مواد - بسته‌بندی - نوشابه‌سازی - تاسیسات حرارتی و برودتی

ب) بسته‌بندی - تاسیسات حرارتی برودتی - تزریق مواد - نوشابه‌سازی

ج) تاسیسات حرارتی برودتی - تزریق مواد - نوشابه‌سازی - بسته‌بندی

د) نوشابه‌سازی - تاسیسات حرارتی برودتی - بسته‌بندی - تزریق مواد



پاسخ) دوزینگ پمپ یا مترینگ پمپ یا پمپ تزریق دقیق، حجم دقیقی از مایع را در یک بازه زمانی مشخص حرکت می‌دهد و سرعت جریان حجمی دقیقی را ارائه می‌دهد
لیبل را می‌توان به معنای اتیکت و برچسب در نظر گرفت که کاربرد آن، به نمایش گذاشتن قیمت کالا و یا معرفی محصول است؛ این کار توسط نوعی دستگاه بسته بندی که آن را لیبل زن می‌نامند، انجام می‌شود.
دستگاه تری بلوک مجموعه ای از سه دستگاه بطری شویی، پرکن بطری و درب بند می باشد. که همگی بر روی یک شاسی مشترک سوار هستند. از دستگاه تری بلوک به منظور پر کردن و بسته بندی مایعات رقیق و بدون گاز استفاده می‌شود.
پلیت کولر جهت سرد کردن شیر در صنایع لبنی استفاده می‌شود.
گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۰) مارک‌های Komatsu و Demag، Caterpillar، Potain در ماشین‌آلات، به ترتیب مربوط به کدام کشور است؟
الف) آمریکا - ترکیه - روسیه - ژاپن
ب) ترکیه - روسیه - فرانسه - آمریکا
ج) روسیه - ترکیه - آمریکا - فرانسه
د) فرانسه - آمریکا - آلمان - ژاپن
پاسخ) مارک‌ها به ترتیب Potain مربوط به فرانسه، Caterpillar مربوط به آمریکا، Demag مربوط به آلمان و Komatsu مربوط به ژاپن می‌باشند. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۱) اصطلاح C.I.P در کدام صنایع زیر، کاربرد دارد؟
الف) سلولزی
ب) شیمیایی
ج) غذایی
د) پلاستیک
پاسخ) فرآیند CIP برای شستشو و تمیز کردن تجهیزات و سیستم‌های تولید در صنایع غذایی انجام می‌شود. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۲) دستگاه لیزر تست CNC، در کدام مورد زیر کاربرد دارد؟
الف) اندازه‌گیری ابعاد قطعه تولیدی
ب) چک کردن استهلاک ماشین
ج) چک کردن میزان شدت جریان دستگاه
د) اندازه‌گیری خطاهای موجود در حرکت محورها
پاسخ) لیزر تست یکی از روش‌های متداول برای بررسی و تست دقت ماشین‌های CNC است. این روش با استفاده از یک لیزر قدرتمند و دقیق، قابلیت بررسی صحت و دقت حرکت محورها و مسیرهای حرکت ماشین را فراهم می‌کند. در فرآیند لیزر تست، لیزر به عنوان یک نشانگر نوری استفاده می‌شود. با تنظیم و تمرکز لیزر بر روی نقاط مختلف در مسیر حرکت محورها، می‌توان دقت حرکت و تراش‌های ماشین را بررسی کرد. با تشخیص تغییرات در موقعیت لیزر، میزان دقت ماشین قابل ارزیابی است. استفاده از لیزر تست در ماشین‌های CNC به کاربران این امکان را می‌دهد تا عیوب و نقص‌های ماشین را شناسایی کنند و در صورت نیاز تنظیمات و تعمیرات لازم را انجام دهند. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۳) در صنعت فولاد، در صورتی که حجم یک قطعه گندله با حجم یک قطعه آهن اسفنجی یکسان باشد، کدام یک سنگین‌تر است؟

الف) گندله
ب) آهن اسفنجی
ج) بستگی به خلوص به هر کدام دارد.
د) هر دو هم‌وزن هستند.
پاسخ) گندله‌سازی یک روش آماده‌سازی سنگ آهن جهت استفاده در کوره می‌باشد. در این روش ابتدا سنگ آهن به گلوله‌های با استحکام بالا تبدیل شده و سپس وارد کوره می‌شوند. در نهایت این گندله‌ها پس از احیا تبدیل به آهن خام با وزن سبک‌تر می‌شوند. بنابراین در یک حجم برابر، آهن اسفنجی سبک‌تر از گندله بوده و گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۴) دستگاه پلاسما، در کدام یک از موارد زیر کاربرد دارد؟
الف) برش چوب
ب) برش فلزات
ج) جوش پلاستیک
د) جوش آلومینیوم
پاسخ) از روش پلاسما برای برش فلزات غیرآهنی و فولادهای آلیاژ بالا (مانند استیل ضد زنگ) استفاده می‌شود. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳۵) اسکریپر، در کدام یک از صنایع زیر کاربرد دارد؟

- الف) پتروشیمی و نفت
 ب) راهسازی و کشاورزی
 ج) خودروسازی و واگن سازی
 د) فلزات سنگین و سبک
- پاسخ)** اسکریپر به عنوان یک دستگاه جابجایی خاک در صنایع راهسازی و کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۳۶) کدام یک از موارد زیر، دارای دی اریتور است؟

- الف) RO ب) ایستگاه گاز ج) کمپرسور اوایل فری د) دیگ بخار
- پاسخ)** دی اریتور یا سیستم هوا زدایی دیگ بخار بویلر به دستگاهی گفته می شود که با انجام مجموعه فعالیت های پیش گرمایش و حذف گازهای نامحلول در آب و دی اکسید کربن، خروجی مناسبی را برای خوراک بویلرهای دیگ بخار فراهم می کند. بویلر به دیگ های بخاری یا آب گرم تحت فشار گفته می شود که در صنایع مختلف از قبیل نیروگاه ها، کارخانجات صنعتی و مواد غذایی و غیره کاربرد دارد. گزینه د صحیح است.

پرسش ۳۷) شیر هیدرانت، در کدام یک از موارد زیر کاربرد دارد؟

- الف) تصفیه فاضلاب ب) اعلام حریق ج) اطفای حریق د) تصفیه آب
- پاسخ)** شیر آتش نشانی یا شیر هیدرانت، نوعی سیستم اطفای حریق است که در مکان های مختلفی نصب می گردد تا در مواقع آتش سوزی مأموران آتش نشانی شیلنگ خود را به منظور شارژ آب به درپچه شیر اصلی آتش نشانی وصل کنند. شیر آتش نشانی به طور مستقیم به آب منطقه متصل است و در مکان های مختلف مانند مکان های صنعتی و معدنی، آموزشی، جاده ها، پارکینگ ها تجاری نصب می شود تا در زمان وقوع حریق آتش نشانان بتوانند با استفاده از آب عملیات اطفای حریق را سریعاً انجام دهند. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۳۸) دستگاه لامینارفلو در آزمایشگاه، مربوط به کدام مورد زیر است؟

- الف) هود ب) کالیبراسیون ج) سنجش غلظت د) سنجش ضخامت رنگ
- پاسخ)** لامینار فلو نسل جدیدی از تجهیزات تهویه مطبوع می باشد. که با کاهش سرعت هوا با کمترین افت فشار دارای بیشترین مقدار تمیزی می باشد. به همین دلیل در بسیاری از فضا های درمانی و آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می گیرد. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۳۹) یخ ضریب کسینوس فی، با کدام یک از موارد زیر انجام می شود؟

- الف) تابلهای برق فرمان ب) ترانسفورماتورها ج) مولدهای برق د) خازن ها
- پاسخ)** ضریب توان در یک سیستم الکتریکی AC بمعنی نسبت توان واقعی به توان ظاهری میباشد و مقدار آن بین ۰ تا ۱ است. توان واقعی در واقع توانایی یک مصرف کننده برای تبدیل انرژی الکتریکی به دیگر شکل های انرژی را بیان میکند در حالی که توان ظاهری در اثر وجود اختلاف بین ولتاژ و جریان بوجود می آید. کم بودن ضریب توان (بیشتر بودن توان ظاهری نسبت به توان واقعی) در یک مدار باعث بالا رفتن جریان در مدار و در نتیجه بالا رفتن تلفات در مدار می شود. در واقع ضریب توان میزان راندمان و کارکرد موثر را نشان می دهد. هر چه ضریب توان بالاتر باشد میزان راندمان بالاتری خواهیم داشت. با توجه به این واقعیت که استفاده از بارهای سلفی، مخصوصاً در مصارف صنعتی (به دلیل استفاده از موتورهای الکتریکی و...)، متداول ترین دلیل ضریب توان پایین است، یکی از ساده ترین راه های اصلاح ضریب توان، خنثی کردن راکتانس های سلفی با استفاده از خازن های اصلاح ضریب توان است که راکتانس خازنی دارند. گزینه د صحیح است.

پرسش ۴۰) کاربرد دستگاه استابلایزر، کدام است؟

- الف) کنترل کننده آمپر برق ب) نوسان گیر برق
 ج) کنترل کننده خرابی ماشین آلات د) نوسان گیر حرارت ماشین آلات



پاسخ) این دستگاه جهت ثبیت و تنظیم نوسان ولتاژ برای مناطق و ساختمان هایی که در انتهای خط برق بنا شده و امکان کمبود ولتاژ دارند استفاده می شود. گزینه ب صحیح است.

پرسش (۴۱) در تصفیه فاضلاب صنعتی، کار سیستم ایرلیفت کدام است؟

- (الف) انتقال لجن
(ب) انتقال فاضلاب
(ج) انتقال پساب
(د) کمک بلوئرها

پاسخ) سیستم ایرلیفت یا پمپ ایرلیفت، در واقع با وارد کردن هوای فشرده به داخل حوضچه فاضلاب، باعث انتقال ذرات سنگین تر به بالا شده و بیشتر برای انتقال لجن از کف استفاده می شود. گزینه الف صحیح است.

پرسش (۴۲) کلمات «استند رافینگ» و «بستر خنک کننده» در کدام صنعت کاربرد دارد؟

- (الف) ریخته گری
(ب) ذوب فلزات
(ج) تولید میلگرد
(د) تولید لوله و قوطی پروفیل

پاسخ) در فرایند ذوب فلزات، استند رافینگ به عنوان یک وسیله پشتیبانی و نگهداری برای قالبها و ابزارهای ذوب استفاده می شود. این استندها برای قرار دادن قالبها در جایگاه مناسب و حفظ ثبات آنها در حین عملیات ذوب استفاده می شوند. بستر خنک کننده نیز در فرایند ذوب فلزات برای خنک کردن فلزات مذاب مورداستفاده قرار می گیرد. این بسترها معمولاً از جنس مقاوم در برابر حرارت و ضد انعطاف پذیر ساخته می شوند و فلزات را در آنها قرار داده و خنک می کنند گزینه ب صحیح است.

پرسش (۴۳) ترتیب صحیح کاربرد ماشین های رام، هموژنایزر، دریل واگن و وینچ، کدام است؟

- (الف) برش رول کاغذ - همزن مواد شیمیایی - سوراخ کاری فولاد - تغذیه مواد
(ب) صنعت پوشاک - صنعت فلزکاری - صنعت سلولزی - صنعت کشاورزی
(ج) پلاستیک - شیمیایی - فلزکاری - حمل و نقل شهری
(د) نجاری - لبنی - حفاری - جرثقیل

پاسخ) با توجه به جدول زیر داریم:

اصطلاحات و تجهیزات	صنعت
برش CNC، اره، حکاکی، پولیش، نورد، پرس، کم کنی، رام، گندگی، اورفرز	چوب
فینیشینگ، هموژنایزر، بیدمیل، دیفیوژن (دیفیوژن)، CIP، اینترمیکس (میکسر)، والس، ترموفرمینگ، رینگ زن، شرینگ، سولفیتاسیون، سیمر، دیگ بخار، دوزینگ پمپ، سپراتور، لیبیل زن، تری بلوک، سورتینگ، کریستالایزر، پالت آیزر، الکترولایزر، اوپراسیون، اتوکلاو، خنثی سازی، لمینت، بلیسترینگ، پرس، بلندر، سپراتور، پالت آیزر، دیگ روغن داغ، دیستیلر روغن، خردکن، استخراج کننده، بلورکننده، اوپراسیون	غذایی
جامبودریل، ترنچر، والس، دریل واگن، فینیشر آسفالت، دراگلاین، بچینگ پلنت، غلتک (کامپکتور)، اسکریپر، ریپر، ماشین سیم برش، رافینگ، میکسر، جرثقیل، بالابر، ماشین بورینگ، کشتی بر، جتی، دیواربند، دریل واگن، ماشین سیم برش	عمرانی و راه سازی

وینچ ابزاری است که با مکانیزم سیم و قرقره عمل می کند. وینچ، در انواع جرثقیل بسیار مورد استفاده قرار می گیرد، زیرا عملکرد مکانیکی سیستم را بسیار بهبود می بخشد. گزینه د صحیح است.

پرسش (۴۴) دستگاه نم زن، در کدام یک از موارد زیر کاربرد دارد؟

- (الف) سنگین نمودن ذرات معلق در هوا در صنعت نساجی
(ب) متعادل سازی گرمای داخل با خارج سالن های تولید
(ج) جایگزین روغن کاری ماشین آلات در موارد لزوم
(د) روان سازی ماشین آلات در حال کار

پاسخ) یکی از کاربردهای افزایش رطوبت در صنعت نساجی، سنگین کردن ذرات معلق در هوا و کاهش گرد و غبار است. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۴۵) کدام مورد در خصوص الواتور و کانوایر زنجیری صحیح است؟

- (الف) الواتور، عمودبر و کانوایر زنجیری، افقی و مورب بر است.
 (ب) هر دو کار آسانسور را انجام می دهند.
 (ج) هر دو حرکت عمودی دارند.
 (د) هر دو حرکت افقی دارند.
- پاسخ)** از الواتور جهت حمل بار به صورت عمودی و از کانوایر یا نوار نقاله جهت حمل بار به صورت افقی و مورب استفاده می شود. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۴۶) پلیت کولر، در کدام صنعت زیر کاربرد دارد؟

- (الف) پلاستیک
 (ب) فلزکاری
 (ج) لبنی
 (د) نساجی
- پاسخ)** پلیت کولر جهت سرد کردن شیر در صنایع لبنی استفاده می شود. گزینه ج صحیح است.

پرسش ۴۷) هر کدام از دستگاه های زیر به ترتیب در کدام صنعت کاربرد دارد؟

- «بلندر - فیلم فتومتر - پرس برک - بیچینگ پلنت»
- (الف) تولید پوشاک - تولید مواد شیمیایی - تولید ظروف باکالیت - تولید خوراک دام
 (ب) دارویی - آزمایشگاهی - فلزکاری - بتن
 (ج) فلزکاری - سلولزی - غذایی - نساجی
 (د) گچ - بتن - آجر - رنگ
- پاسخ)** با توجه به جدول زیر داریم:

اصطلاحات و تجهیزات	صنعت
فینیشینگ، هموژنایزر، بیدمیل، دیفیوزیون (دیفیوژن)، CIP، اینترمیکس (میکسر)، والس، ترموفرمینگ، رینگ زن، شرینگ، سولفیتاسیون، سیمر، دیگ بخار، دوزینگ پمپ، سپراتور، لیبیل زن، تری بلوک، سورتینگ، کریستالایزر، پالت آیزر، الکترو لایزر، اوپراسیون، اتوکلاو، خنثی سازی، لمینت، بلیسترینگ، پرس، بلندر، سپراتور، پالت آیزر، دیگ روغن داغ، دیستیلر روغن، خردکن، استخراج کننده، بلور کننده، اوپراسیون	غذایی
برج ها و تجهیزات تقطیر، ریکالایمر، استکر، آسیاب، راکتور (فلزی و گلاس لاین)، فرمانتور، کوره ها، تانک ها، اسپکتروفتومتر، کروماتوگراف	شیمیایی
استند رافینگ، بستر خنک کننده، گام به گام، کوئنچینگ، پینچ رول، اسلیتر، کوره واکینگ بیم، آهک، نقطه جوش، پرس برک	میلگرد و فولاد (فلزات)
جامبودریل، ترنچر، والس، دریل واگن، فینیشر آسفالت، دراگلاین، بیچینگ پلنت، غلتک (کامپکتور)، اسکرپیر، ریپر، ماشین سیم برش، رافینگ، میکسر، جرثقیل، بالابر، ماشین بوریگ، کشتی بر، جتی، دیواربند، دریل واگن، ماشین سیم برش	عمرانی و راه سازی

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۴۸) سگمنت الماسه در کدام صنایع زیر کاربرد دارد؟

- (الف) لبنی - داروسازی
 (ب) نساجی - خوراک دام
 (ج) نفت - پتروشیمی
 (د) سنگبری - شیشه بری

پاسخ) سگمنت الماسه، یک قطعه ابزار برش است که شامل دانه های الماسی بوده و بین آن ها بند متصل کننده است. این سگمنت ها برای برش و تراشیدن مواد سخت و سنگین مانند سنگ، بتن، شیشه، سرامیک و سایر مواد صنعتی استفاده می شوند. در صنعت سنگبری، سگمنت الماسه برای برش و تراش سنگ های طبیعی و مصنوعی به کار می رود. در صنعت شیشه بری نیز از سگمنت های الماسه برای برش و حکاکی شیشه های مختلف استفاده می شود. گزینه د صحیح است.

پرسش ۴۹) کاربرد کدام مورد در صنعت مربوطه، به طور صحیح بیان شده است؟

- (الف) اتوکلاو: ریخته گری
 (ب) کاردینگ: نساجی
 (ج) پرس عدل بندی: شیمیایی
 (د) گیل باکس: چرم و سالامبور



پاسخ) صنایع همراه با تجهیزات استفاده شده در آنها در جدول زیر آورده شده است:

صنعت	اصطلاحات و تجهیزات
غذایی	فینیشینگ، هموژنایزر، بیدمیل، دیفیوژیون (دیفیوژن)، CIP، اینترمیکس (میکسر)، والس، ترموفرمینگ، رینگ زن، شربینگ، سولفیتاسیون، سیمر، دیگ بخار، دوزینگ پمپ، سپراتور، لیبیل زن، تری بلوک، سورتینگ، کریستالایزر، پالت آیزر، الکترو لایزر، اوپراسیون، اتو کلاو، خنثی سازی، لمینت، بلیسترینگ، پرس، بلندر، سپراتور، پالت آیزر، دیگ روغن داغ، دیستیلر روغن، خردکن، استخراج کننده، بلور کننده، اوپراسیون
نساجی	کاردینگ، استتر، رینگ، فلایر، گره زن، فینیشر، کلندر، تکسچرایزینگ، پانچ سوزنی، پرزسوز، مرسرایزینگ، اتو، دوخت، حلاجی، اوپن-اند، پانچ، دستگاه نمزن، پرزسوز، گیل باکس
حمل و نقل	پرس عدل بندی

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۵۰) برای چک کردن خلاء در عمق جوش، کدام مورد بیشتر استفاده می شود؟

- الف) UV (ب) وزنی (ج) التراسونیک (د) چشمی
- پاسخ) در روش اولتراسونیک، با استفاده از امواج فراصوتی می توان خلاء را در عمق جوش شناسایی کرد. گزینه ج صحیح است.