کتاب پایه آزمون کارشناسی رسمی
رشته تاسیسات ساختمانی

مؤلفان:

دکتر محمود جعفری

مهندس محمد کریمی

دکتر سید جعفر گلستانه

نام کتاب: کتاب پایه آزمون کارشناسی رسمی رشته تاسیسات ساختمانی
تألیف: محمود جعفری، محمد کریمی، سید جعفر گلستانه
ناشر: خانه کتاب مهندسین
ویراستار: هاجر کریم
طرح جلد: محسن حاجی‌وند
نوبت چاپ: اول ۱۴۰۲
قطع: رحلی
تیراژ: ۱۰۰۰
قیمت: ۱۵۰,۰۰۰ تومان
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۰۴۵۶-۳-۳

کلیه‌ی حقوق قانونی و مادی و معنوی برای ناشر محفوظ است. هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق تکثیر تمام یا قسمتی از این مجموعه را ندارد.
در صورت مشاهده، تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

مقدمه ۵

فصل اول: معرفی آزمون ۶

۱ – ۱ کلیات ۷

۱ – ۲ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی دادگستری، قوه قضاییه و ماده ۲۷ ..... ۷

۱ – ۳ شرایط شرکت ۷

۱ – ۳ – ۱ شرایط عمومی ۷

۱ – ۳ – ۲ شرایط اختصاصی ۸

۱ – ۴ مدارک موردنیاز ۸

۱ – ۵ محاسبه نمره قبولی ۸

۱ – ۶ معیارهای انتخاب رشته ۹

۱ – ۷ تفاوت آزمون های کارشناسی رسمی و نظام مهندسی ۱۰

۱ – ۸ رشته های مجاز ۱۰

۱ – ۸ – ۱ رشته برق، الکترونیک و مخابرات ۱۰

۱ – ۸ – ۲ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات ۱۱

۱ – ۸ – ۳ رشته تاسیسات ساختمانی ۱۲

۱ – ۹ سابقه کار ۱۲

۱ – ۱۰ مراحل قبولی ۱۳

۱ – ۱۱ سرفصل‌ها ۱۳

۱ – ۱۱ – ۱ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات ۱۳

۱ – ۱۱ – ۲ رشته تاسیسات ساختمانی ۱۴

۱ – ۱۱ – ۳ رشته برق، الکترونیک و مخابرات ۱۴

۱ – ۱۲ درآمد ۱۵

۱ – ۱۳ شش نکته طلایی ۱۵

۱ – ۱۴ سوالات پرتکرار ۱۶

فصل دوم: مفاهیم برق ۱۸

۲ – ۱ آشنایی با الکتریسیته ۱۹

۲ – ۲ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی ۱۹

۲ – ۲ – ۱ جریان الکتریکی ۱۹

۲ – ۲ – ۲ ولتاژ الکتریکی ۲۰

۲ – ۲ – ۳ مقاومت الکتریکی ۲۱

۲ – ۲ – ۴ قانون اهم ۲۴

۲ – ۲ – ۵ اتصال المان‌ها ۲۴

۲ – ۲ – ۶ کار و توان الکتریکی ۲۶

۲ – ۲ – ۷ محاسبه هزینه برق ۲۹

۲ – ۳ عناصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی ۳۰
۲ – ۳ – ۱ *سلف* ۳۰
۲ – ۳ – ۲ *خازن* ۳۰
۲ – ۴ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC) ۳۱
۲ – ۴ – ۱ *مشخصات یک شکل موج سینوسی* ۳۲
۲ – ۴ – ۲ *تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)* ۳۳
۲ – ۴ – ۳ *توان در جریان متناوب تکفاز* ۳۶
۲ – ۵ شبکه‌های سه‌فاز ۳۹
۲ – ۵ – ۱ *مفاهیم مقدماتی* ۳۹
۲ – ۵ – ۲ *مفاهیم موردنیاز در تحلیل شبکه‌های سه‌فاز* ۴۰
۲ – ۵ – ۳ *انواع اتصال‌ها در شبکه‌های قدرت سه‌فاز* ۴۰
۲ – ۵ – ۴ *توان در مدارهای سه‌فاز متعادل* ۴۲
۲ – ۶ پریونت کردن کمیت‌ها ۴۴
۲ – ۶ – ۱ *تعریف و روابط* ۴۴
۲ – ۶ – ۲ *تغییر مبنا در مقادیر پریونیت* ۴۶

فصل سوم: مفاهیم مکانیک ۴۷

۳ – ۱ کمیت‌ها و تبدیل واحدها ۴۸
۳ – ۱ – ۱ *دبی* ۴۸
۳ – ۱ – ۲ *فشار* ۴۹
۳ – ۱ – ۳ *چگالی آب* ۵۲
۳ – ۱ – ۴ *سایر کمیت‌ها و تبدیل واحدها* ۵۴
۳ – ۲ حالت‌های هوا و دما در ترمودینامیک ۵۶
۳ – ۲ – ۱ *تعاریف* ۵۶
۳ – ۲ – ۲ *نمودار سایکرومتریک* ۵۸
۳ – ۲ – ۳ *عملیات روی هوا* ۵۹
۳ – ۳ انتقال حرارت ۶۱
۳ – ۳ – ۱ *وسایل مربوط به دما و گرما* ۶۱
۳ – ۳ – ۲ *فرآیندهای ترمودینامیکی* ۶۱
۳ – ۳ – ۳ *روش‌های انتقال حرارت* ۶۳
۳ – ۳ – ۴ *گرمای ویژه* ۶۴
۳ – ۳ – ۵ *دمای تعادل* ۶۶
۳ – ۳ – ۶ *انتقال حرارت از جداره‌های ساختمان* ۶۹
۳ – ۴ آب خام و املاح آن ۷۱
۳ – ۴ – ۱ *املاح و ذرات موجود در آب* ۷۱
۳ – ۴ – ۲ *ته‌نشین کردن مواد موجود در آب* ۷۲
۳ – ۵ کل مواد جامد حل‌شده در آب (TDS) ۷۳
۳ – ۵ – ۱ *شیرین کردن آب* ۷۳
۳ – ۶ سختی آب ۷۴
۳ – ۶ – ۱ *انواع سختی* ۷۴
۳ – ۶ – ۲ *میزان سختی* ۷۶
۳ – ۶ – ۳ *سختی‌گیری آب* ۷۷
۳ – ۷ پرسش‌های متفرقه ۷۹

فصل چهارم: پاسخ تشریحی آزمون سال ۹۸ ..... ۸۱

مقدمه

آزمون کارشناسی رسمی، یک آزمون سراسری برای انتخاب مهندسین خبره در حوزه مختلف بوده که مهندسین برق نیز می‌توانند در سه رشته این آزمون شرکت کنند. انتشارت خانه کتاب مهندسین بعد از موفقیت چشمگیر در آزمون نظام مهندسی، اکنون با انتشار اولین کتاب خود در حوزه آزمون کارشناسی رسمی، به صورت رسمی و عملی وارد این حوزه می‌شود.

کتاب پیش‌رو، مفاهیم پایه و اولیه قبولی در آزمون کارشناسی رسمی رشته تاسیسات ساختمانی دادگستری و قوه قضاییه بوده که در چهار فصل تدوین شده است:

فصل اول: مفاهیم اولیه معرفی آزمون، سرفصل‌ها، رشته‌های مجاز و بودجه‌بندی آزمون

فصل دوم: مبانی و مفاهیم پایه برق

فصل سوم: مبانی و مفاهیم مکانیک

فصل چهارم: پاسخ تشریحی آزمون

این آموزش به صورت طبقه بندی شده براساس بررسی سوالات آزمون سه رشته «برق، الکترونیک و مخابرات»، «برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات» و «تاسیسات ساختمانی» ارایه شده است. همچنین برای دریافت فایل پی دی اف و آموزش ویدیویی این کتاب، می توانید به اپلیکیشن آکادمی کریمی مراجعه کنید.

app.mohammad-karimi.com

در اینجا فرصت را مغتنم دانسته از همکاری صمیمانه و شبانه‌روزی مدیریت محترم انتشارات خانه کتاب مهندسین که سهم به سزایی در آمادگی داوطلبان برای آزمون‌های نظام مهندسی دارند، تشکر می‌کنیم. با وجود زحمات فراوانی که برای این کتاب کشیده شده است، قطعاً خالی از ایراد نیست؛ لذا از شما می‌خواهیم انتقادات و پیشنهادات خود را مستقیماً با مهندس کریمی در میان بگذارید.

nashr@mohammad-karimi.com

فصل اول

معرفی آزمون

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ 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 طلائی
- ✓ سوالات پرتکرار

۱ - ۱ کلیات

یکی از آزمون های 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 می پردازیم. در ادامه سرفصل ها و مفاهیمی که در این ویدیوی آموزشی ارایه می شود، مرور خواهد شد.

هدف و مزیت اصلی: هدف یک کارشناس رسمی، دادن نظرات کارشناسی در حوزه تخصصی در مورد دعاوی ارجاع شده از دادگاه است. اصلی ترین 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

رشته ها و سرفصل ها: آزمون کارشناسی رسمی برای مهندسین برق و مکانیک، در سه صلاحیت برگزار می شود 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 مستقلا روع به کار کرد و از اداره فنی دادگستری جدا شد. در حال حاضر تقریبا ۲۸ استان در کشور دارای کانون های 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 تقریبا ۲۰ سال از تاسیس آن می گذرد. این مرکز به علت تسهیل دسترسی مردم به خدمات قضایی و حفظ حقوق آن ها ایجاد شد.

آزمون ماده ۲۷: وزارتخانه ها، مؤسسات دولتی، نهادها، نیروی نظامی و انتظامی، شرکت های دولتی و شهرداری ها می توانند در ارجاع امور کارشناسی با رعایت آیین نامه خاصی که به پیشنهاد مشترک وزارت مسکن و شهرسازی و وزارت دادگستری به تصویب هیأت وزیران می رسد به جای کارشناسان رسمی دادگستری از مهندسان دارای پروانه اشتغال که بوسیله سازمان استان معرفی می شوند استفاده نمایند. خدمات مهندسی کارشناسی شامل کلیه خدمات مهندسی از قبیل طراحی، محاسبه، نظارت، اجرا، بهره برداری، 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 حرفه ای 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 پیشینهٔ کیفری مؤثر
- عدم اعتیاد به مواد مخدر
- نداشتن وابستگی و سابقهٔ 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 وظیفهٔ عمومی (برای آقایان)

۱ - ۳ - ۲ شرایط اختصاصی

- داشتن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاتر: مقابل رشتهٔ 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 سابقهٔ تجربی مرتبط در رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، پس از اخذ دانشنامهٔ مذکور تا آخرین روز ثبت نام. رشته های کارشناسی رسمی که داوطلبان با داشتن شرایط یاد شده میتوانند در آن رشته ها ثبت نام کنند.

هرگاه در رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، دورهٔ تحصیلی مقطع کارشناسی یا بالاتر وجود نداشته باشد، داوطلبان با دارا بودن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاتر در هر رشته و داشتن حداقل پانزده سال تمام سابقهٔ تجربیِ مرتبط در رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا تا آخرین روز ثبت نام، میتوانند در آزمون شرکت کنند. داوطلبان با داشتن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاترِ مرتبط و حداقل پنج سال تمام سابقهٔ تجربی مرتبط با رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، بعد از اخذ دانشنامه، یا در صورت داشتن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاتر غیر مرتبط و حداقل پانزده سال تمام سابقهٔ تجربی مرتبط تا آخرین روز ثبت نام در رشتهٔ 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 حاشیه های ضافی 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 آزمون های قبلی، ناشی از اشتباه در ارسال عکس داوطلبان، تأکید می شود 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

قبلا روال به این صورت بود که در دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی ظرفیت پذیرش برای هر رشته در هر منطقه اعلام می شد و حداقل نمره قبولی ۶۰ درصد بود و معمولا یک و نیم برابر ظرفیت پذیرش نهایی در آزمون کتبی پذیرفته می

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 کانون 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 هرساله 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 درصورت 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 اساسا رشته تحصیلی داوطلب، مناسب و زیر مجموعه کدام رشته آزمون کارشناسی رسمی است،

منابع و سرفصل ها: آیتم 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 معمولا 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، مثلا 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 کارخنجات، 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.

۱ - ۷ 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 ارایه 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 ازمون 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 متنسب با نوع پروانه، شهر، نوع ساختمان، پایه و ... متغیر است.

۱ - ۸ 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 ـ قدرت
- مهندسی تکنولوژی مخابرات
- مهندسی تکنولوژی کنترل و ابزار دقیق
- مهندسی الکترومکانیک
- مهندسی برق ـ 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 مکاترونیک
- مهندسی مکاترونیک
- 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 ـ 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 ـ ماشین افزار
- مهندسی فناوری مکانیک ـ ماشین افزار
- مهندسی ساخت و تولید
- مهندسی فناوری مکانیک
- تاسیسات حرارتی و برودتی
- مهندسی مکاترونیک
- مهندسی تکنولوژی برق (گرایش شبکه های انتقال و توزیع)
- مهندسی فناوری مکاترونیک
- 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 ـ 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 دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاترِ مرتبط و حداقل پنج سال تمام سابقهٔ تجربی مرتبط با رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، بعد از اخذ دانشنامه، یا در صورت داشتن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاتر غیرمرتبط و حداقل پانزده سال تمام سابقهٔ تجربی مرتبط تا آخرین روز ثبتنام در رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، می توانند در آزمون آن‌ها شرکت کنند، آورده شده است. این گواهی صرفا یک برگه است که ادعا می کند داوطلب در یک شرکت یا ارگان سابقه کار مرتباط با رشته آزمون را دارد. نمونه ای از این گواهی، در ادامه آورده شده است:

عنوان شرکت/سازمان
شماره ثبت

تاریخ: -/-/- **شماره نامه:** ----

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، معمولا 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 منطقهٔ مورد تقاضا مطابق با جداول دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی برای ادامه مراحل به کمیسیون مادهٔ ۱۳ معرفی خواهند شد.

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

- دریافت عدم سوءپیشینه، اثبات عدم اعتیاد و ...
- تشخیص صلاحیت اولویتهای اخلاقی توسط کمیسیون مادهٔ ۱۳ قانون کانون کارشناسان رسمی دادگستری.

کارآموزی: گذراندن موفقیت آمیز دورهٔ کارآموزی تحت نظر کارشناس راهنما به مدت حداقل یک سال بر اساس نظامنامهٔ کارآموزی و شرکت در دوره های آموزشی، مطالعهٔ 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 مدیرهٔ 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 پروانهٔ کارشناسی با صلاحیتهای تعیین شده.

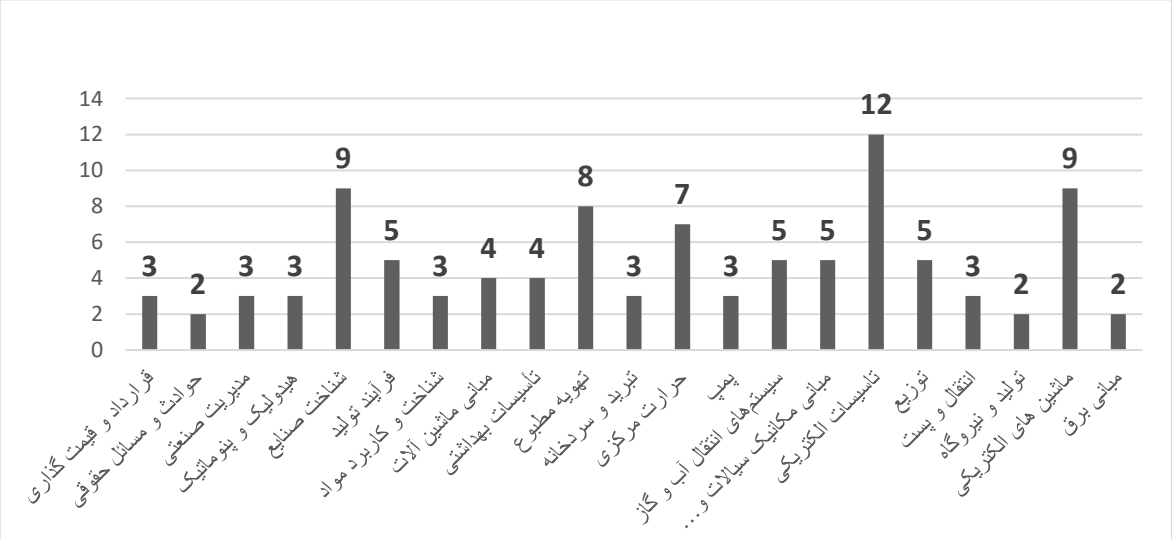
مدت زمان اخذ پروانه: به صورت میانگین، فرایند قبولی در مرحله اول (آزمون کتبی) تا اخذ پروانه حدودا ۳ سال طول می کشد و بعد از اخذ پروانه، فرآیند ارجاع پرونده و درآمدزایی شروع می شود.

۱ - ۱۱ سرفصل‌ها

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

این رشته، بیشترین سرفصل ها 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، تأسیسات 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: قیمت‌گذاری و ارزیابی تجهیزات، کارشناسی حوادث، پیمان و قراردادهای پیمانکاری

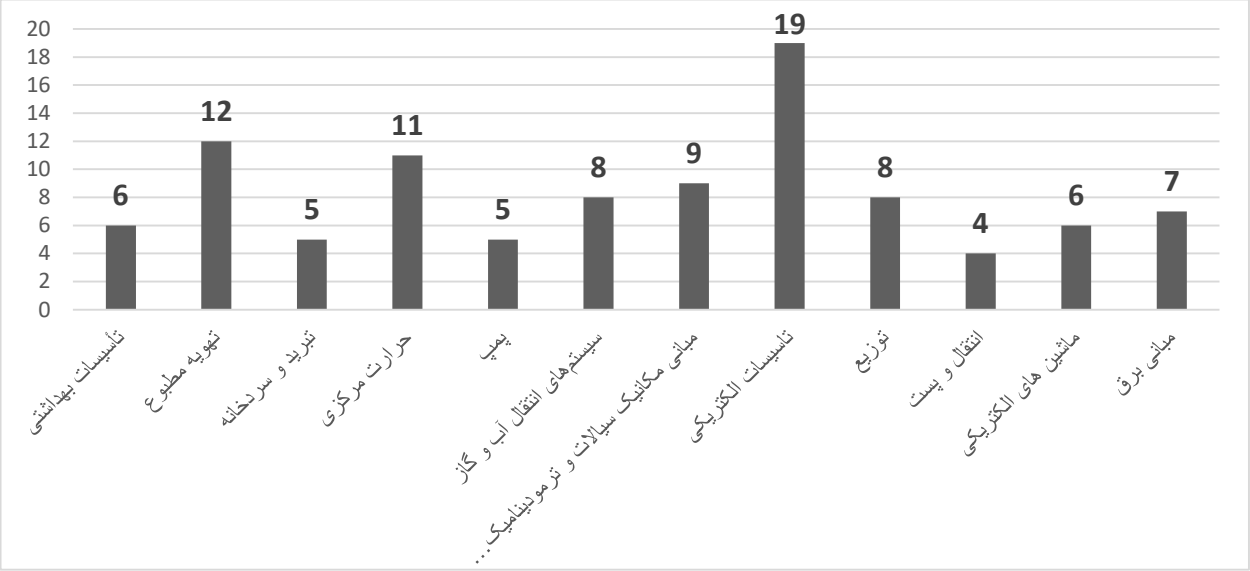


شکل ۱-۱: درصد سوالات در رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات

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، تأسیسات بهداشتی.

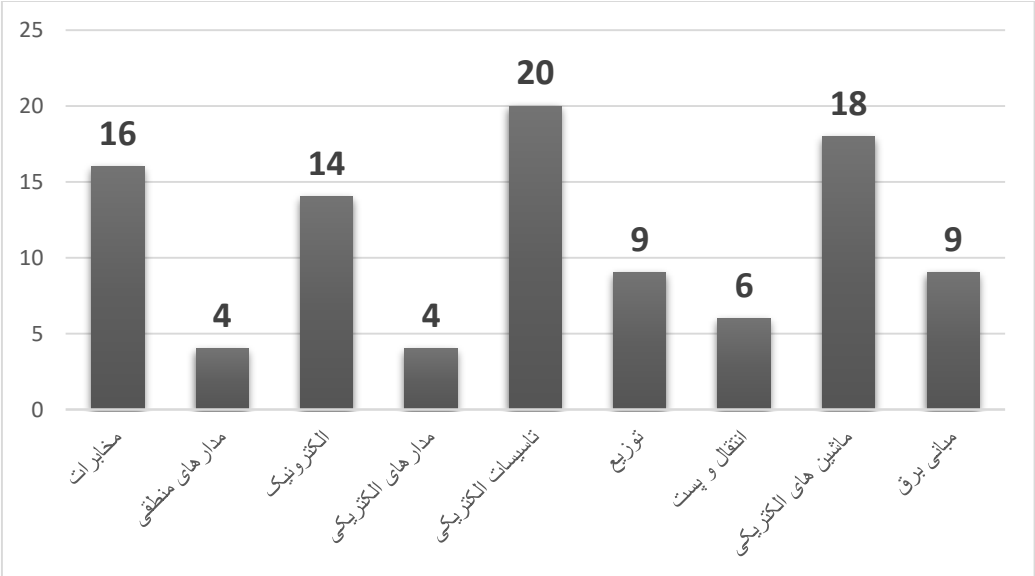


شکل ۱-۲: درصد سوالات در رشته تاسیسات ساختمانی

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: اساسا 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
- تأئید، تشخیص مقدماتی، تضییع 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 دویست و پنجاه میلیون ریال نسبت به مازاد: ۰/۴ درصد

از دویست 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 شش نکته طلایی

جزوه باز: این آزمون، برخلاف آزمون نظام مهندسی، جزوه باز نیست و داوطلب اجازه بردن هیچ جزوه یا کتابی به ازمون 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 صرفا می تواند یک پروانه کارشناسی رسمی داشته باشد. در صورتی که فرد پروانه ای داشته و مجددا 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 صرفا 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 ایت 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 پروانه‌ی اشتغال به‌جای کارشناسان رسمی دادگستری از سوی نهادها، رعایت آیین‌نامه‌ی خاصی الزامی شمرده شده است. این آیین‌نامه‌ی خاص در قالب "آیین‌نامه‌ی 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 مهندسین 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، مبنا 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 صرفا 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 ازمون 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 صرفا 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 حدودا ۳۰ درصد ظرفیت قبولی مربوط به ایثارگرانی است که حداقل ۷۰ درصد نمره آخرین پذیرفته شده را کسب نموده اند.

فصل دوم

مفاهیم برق

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ آشنایی با الکتریسیته
- ✓ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی
- ✓ عناصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی
- ✓ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)
- ✓ شبکه‌های سه‌فاز
- ✓ پریونت کردن کمیت‌ها

۲ - ۱ آشنایی با الکتریسیته

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 معمولا 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 به‌صورت رابطه‌ی زیر بیان کرد:

$$I = \frac{q}{t} \qquad (۲-۱)$$

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) $I = U.R$ 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 (برحسب آمپر) که از واحد سطح مقطع مشخص (برحسب مترمربع) می‌تواند عبور کند را چگالی جریان نامیده و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$j = \frac{I}{A} \qquad (۲-۲)$$

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

پرسش ٤-۲) تکاثف 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) تکاثف، همان چگالی است. طبق تعریف چگالی جریان، برابر مقدار جریان عبوری (I) در واحد سطح (A) می‌باشد. گزینه **ب** صحیح است.

۲ - ۲ - ۱ - ۱ اندازه‌گیری جریان الکتریکی

برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی در مدار، از وسیله‌ای به نام آمپرمتر که علامت اختصاری آن A است، استفاده می‌شود. آمپرمتر 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

نیرویی 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 - 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 به‌حرکت 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 براساس 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 الکتریسیته چه نامیده می‌شود؟ (ق.ب-۹۶ «۶۰»)

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

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا تولید الکتریسیته 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 مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۸-۲) در میکروفون‌های کریستالی از کدام خاصیت تولید الکتریسیته 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 «ترموالکتریک» 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 تابیده‌شده، 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، «الکتریسیته 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، تاثیر 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 عملا 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:l

$$R = \rho \frac{L}{A} \qquad (۲-۳)$$

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 یک‌سوم 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:

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

درنتیجه 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»)

$A_۱ = ۱۵۰^{mm^۲}$	$A_۲ = ۵۰^{mm^۲}$	$A_۳ = ۲۵^{mm^۲}$
$L_۱ = ۳۰m \downarrow$	$L_۲ = ۴۰m \downarrow$	$L_۳ = ۲۰m \downarrow$

الف) $A_1=50^{mm^2}$ $A_2=20^{mm^2}$ $A_3=40^{mm^2}$ / $L_1=30m\downarrow$ $L_2=20m\downarrow$ $L_3=40m\downarrow$

ب) $A_1=150^{mm^2}$ $A_2=150^{mm^2}$ $A_3=150^{mm^2}$ / $L_1=30m\downarrow$ $L_2=120m\downarrow$ $L_3=120m\downarrow$

ج) $A_1=150^{mm^2}$ $A_2=40^{mm^2}$ $A_3=20^{mm^2}$ / $L_1=30m\downarrow$ $L_2=50m\downarrow$ $L_3=25m\downarrow$

د) $A_1=150^{mm^2}$ $A_2=100^{mm^2}$ $A_3=150^{mm^2}$ / $L_1=30m\downarrow$ $L_2=80m\downarrow$ $L_3=20m\downarrow$

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.

$$G=\frac{1}{R} \qquad (۲-۴)$$

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 - ۳ - ۱ انواع مقاومت‌های الکتریکی

مقاومت‌های الکتریکی شامل دو نوع ثابت و متغیر می‌باشند. در ادامه هریک 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 به‌همراه تلرانس آن بر روی بدنه نوشته شده یا از حروف اختصاری برای مشخص کردن مقدار تلرانس 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 ۱-۲)). 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 تلرانس روی بدنه نوشته می‌شود.

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

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

جدول (۲-۲) حروف اختصاری تلرانس 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) ۲۷ Ω با تلرانس ٪۵±　　ب) ۲/۷ kΩ با تلرانس ٪۱۰±

ج) ۰/۲۷ Ω با تلرانس ٪۵±　　د) ۲۷ kΩ با تلرانس ٪۱۰±

پاسخ) حرف اول، R یعنی اهم و حرف دوم J به معنای تلرانس ۵ درصد است. در محل حرف R یک ممیز می‌زنیم و به صورت ۰/۲۷ در می‌آید. پس مقدار مقاومت ۰/۲۷ اهم با تلرانس ٪۵± است. گزینه **ج** صحیح است.

الف-۲) استفاده از نوارهای رنگی (۴ نواری) در این روش برای تعیین مقدار اهم و تلرانس 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 تلرانس مقاومت است.

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

رنگ نوار	رقم اول	رقم دوم	ضریب	درصد خطا
سیاه	۰	۰	10^{0}	–
قهوه‌ای	۱	۱	10^{1}	۱٪
قرمز	۲	۲	10^{2}	۲٪
نارنجی	۳	۳	10^{3}	–
زرد	۴	۴	10^{4}	–
سبز	۵	۵	10^{5}	–
آبی	۶	۶	10^{6}	–
بنفش	۷	۷	10^{7}	–
خاکستری	۸	۸	10^{8}	–
سفید	۹	۹	10^{9}	–
طلائی	–	–	10^{-1}	۵٪
نقره‌ای	–	–	10^{-2}	۱۰٪
بی‌رنگ	–	–	–	۲۰٪

به عنوان مثال، رنگ‌ها به ترتیب زرد، بنفش قرمز و طلایی باشد، مقاومت آن ۴/۷ کیلواهم با تلرانس ۵ درصد است.

الف-۳) استفاده از نوارهای رنگی (۵ نواری) در این روش برای تعیین مقدار اهم و تلرانس 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 تلرانس مقاومت است. اعداد مشابه حالت ۴ نواری است.

نکته ۳-۲) در صورتی‌که حلقه رنگی مربوط به تلرانس وجود نداشته باشد (بی‌رنگ باشد) مقدار تلرانس ٪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:

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

از معادله قبل می‌توان مقاومت هر ماده‌ای را در دماهای مختلف محاسبه کرد. فرض کنید مقاومت یک فلز را در t_1 اندازه گیری 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 «٤٠»)

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 اعمال‌شده، کاهش می‌یابد.

۲ - ۲ - ۴ قانون اهم

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

$$V = RI \qquad (۲-۶)$$

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»)

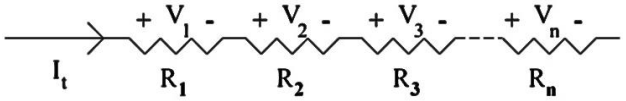
الف) $R = EI$ ب) $I = RE$ ج) $E= RI$ د) همه موارد

پاسخ) با توجه به قانون اهم، مقدار ولتاژ در یک مقاومت برابر است با حاصل‌ضرب 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 حاصل‌جمع ولتاژ تک‌تک المان‌ها بدست می‌آید.



شکل (۲-۱) مقاومت‌های سری

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + ... \qquad (۲-۷)$$

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = ... \qquad (۲-۸)$$

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:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + ... \qquad (۲-۹)$$

پرسش ۱۸-۲) در یک مدار سری متشکل از سه مقاومت، کدام‌یک از روابط زیر صحیح است؟ (ق.ت-۸۶ «٤٠»)

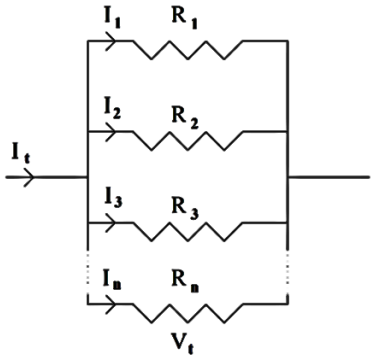
الف) $I = I_1 + I_2 + I_3$ **ب)** $V = V_1 = V_2 = V_3$ **ج)** $V = V_1 + V_2 + V_3$ **د) همه موارد**

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، مقدار جریان الکتریکی در المان‌های سری با هم برابر بوده و ولتاژ مجموع، از حاصل‌جمع 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 حاصل‌جمع جریان تک‌تک المان‌ها بدست می‌آید.



شکل (۲-۲) اتصال موازی

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

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

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:

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

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

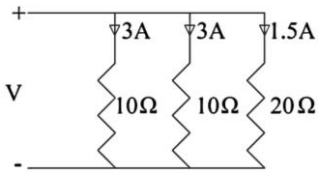
$$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad (۲-۱۳)$$

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

$$R_t = \frac{R}{n} \qquad (۲-۱۴)$$

پرسش ۱۹-۲) 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 منتقل‌شده 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:

$$W = VIt = RI^2t = \frac{V^2}{R}t \qquad (۲-۱۵)$$

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 معمولا واحد کار به‌صورت وات‌ساعت (Wh) یا کیلووات‌ساعت (kWh) بیان می‌شود.

پرسش ۲۰-۲) 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:

$$W = VIt = 220 \times 5 \times 2 = 2200Wh = 2.2kWh$$

گزینه **الف** صحیح است.

نکته ۶-۲) 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.

$$1cal = 1.163 \times 10^{-3} Wh \qquad (۲-۱۶)$$

پرسش ۲۱-۲) 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-۸٤ «۶»)

الف) ۱/٤۳٤ ب) ۰/۹۵۶ ج) ۱/۹۷ د) ٤۷/۷

پاسخ) براساس رابطه‌ی کار الکتریکی داریم:

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

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.

$$P = \frac{F}{A} \qquad (۲-۱۷)$$

پرسش ۲۲-۲) کدام‌یک از عبارات زیر نادرست است؟ (د.ت-۷۱ «٤۰»)

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/m^2 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. همچنین طبق نکته بالا، یک پاسکال برابر است با یک نیوتون بر مترمربع؛ پس گزینه سوم نیز درست است. یک نیوتون برابر است با «شتاب ثقل×۱/۰ kg» بنابراین گزینه **د** پاسخ مورد نظر است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۲» آزمون "برق، ماشین‌آلات 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:

$$P = \frac{W}{t} \qquad (۲-۱۸)$$

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

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R} \qquad (۲-۱۹)$$

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

پرسش ۲۳-۲) 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 موردنظر است.

پرسش ۲۴-۲) 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 ۸-۲) واحد توان الکتریکی ولت‌آمپر (VA) یا وات (W) می‌با شد. البته این مقدار را با واحد دیگری به نام ا سب بخار (hp) نیز بیان می‌کنند. یک اسب بخار برابر با ۷۴۶ وات است.

پرسش ۲۵-۲) 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 ۲۶-۲) ده‌هزار کیلوکالری، معادل چند وات‌ساعت و چند کیلوژول است؟ (د.ت-۸۴ «۱۸»)

الف) ۱۵/۰۰۰ وات‌ساعت و ۲۰/۰۰۰ کیلوژول　　ب) ۱۱/۶۳۰ وات‌ساعت و ۴۱/۸۶۰ کیلوژول

ج) ۱۸/۳۶۰ وات‌ساعت و ۴۵/۷۵۰ کیلوژول　　د) ۱۳/۴۵۰ وات‌ساعت و ۲۱/۳۷۰ کیلوژول

پاسخ) طبق رابطه‌ی تبدیل وات‌ساعت به کالری، داریم: $1cal = 1.163\times10^{-3}Wh \rightarrow 10000cal = 11.63Wh$

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

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

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۷-۲) 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: $P = RI^2 = 10\times2^2 = 40W$

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) ۱۰۰W ب) ۲۲۰۰W ج) ۱۰۰۰W د) ٤٨٤W

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 ۶۰W، ۲٤۰V و روشن شده با برق شهر، چند اهم است؟ (ق.ب-۹۹ «۳۲»)

الف) ۹۶۰ ب) ٤٨٠ ج) ۹۶ د) ٤٨

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:

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

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:

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

پس توان خروجی در حالت دوم برابر است با:

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

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. معمولا هزینه‌ی مصرف هر کیلووات‌ساعت انرژی الکتریکی مشخص بوده و در نتیجه، هزینه کل را می‌توان با رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

$$C_t = C \times W \qquad (۲-۲۱)$$

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

پرسش ۳۳-۲) در کنتوری برای تعیین مقدار توان، مقادیر زیر را در دست داریم. مقدار ثابت کنتور C = ۶۰۰ تعداد دور گردش صفحه کنتور در مدت ۹۰ ثانیه ۳۰ دور بوده است. توان مصرفی کنتور برابر است با: (د.ل-۸٤ «۳»)

الف) ٤ 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 ۳۶۰۰ ثانیه می‌باشد، داریم:

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

با توجه به اینکه C=۶۰۰ است، داریم:

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

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳٤-۲) هزینه‌ی مصرفی سالیانه‌ی لامپی ٤۰ واتی، در صورتی‌که شبانه‌روز روشن بماند، چند ریال است؟ (هزینه هر کیلووات برق حدود ۲۰۰ ریال می‌باشد) (ق.ب-۸٤ «۵۲»)

الف) ۳۵/۰۰۰ریال ب) ۱٤۰/۰۰۰ریال ج) ۷۰/۰۰۰ ریال د) ۱۷/۵۰۰ ریال

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

$$W_d = P \times t = 40 \times 24 = 960Wh$$

پس مقدار انرژی ساله برابر است با:

$$W_y = 365 \times W_d = 365 \times 960 = 350.4kWh$$

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

$$C_t = C \times W = 200 \times 350.4 = 70080Rial$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۵-۲) برای تامین گرمای یک ساختمان در زمستان در هر ماه یک تن ذغال سنگ مصرف می شود. اگر همین خانه را به‌وسیله‌ی انرژی الکتریکی گرم کنیم و بهای برق مصرفی از قرار هر کیلووات ساعت ۵ ریال باشد، هزینه مصرف برق را حساب کنید. (در صورتی‌که از احتراق هر کیلو ذغال‌سنگ ٤۰۰۰ کیلوکالری حرارت تولید شود) (د.ت-۷۲ «۲۲»)

پاسخ) طبق رابطه‌ی تبدیل وات‌ساعت به کالری، هر کالری انرژی برابر است با $۱/۱۶۳ \times ۱۰^{-۳}$ وات‌ساعت. هر کیلو ذغال‌سنگ نیز ٤۰۰۰ کیلوکالری حرارت تولید می‌نماید. پس داریم:

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

حال هزینه کل برابر است با:

$$C_t = C \times W = 5 \times 4652 = 23260Rial$$

نکته ۱۱-۲) 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 ۳۶-۲) 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 ٤۵ 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 کیلوکالری انرژی برابر است با $۱/۱۶۳ \times ۱۰^{-۳}$کیلووات‌ساعت. تغییرات دما برابر است با:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 100 - 20 = 80^oC$$

با توجه به نکته فوق (البته با تقریب)، برای تغییر درجه حرارت ٤۵ لیتر آب (٤۵ کیلوگرم) به میزان ۸۰ درجه سانتیگراد، مقدار انرژی مورد نیاز برابر است با:

$$W = 45000 \times 80 = 3600kcal$$

که این مقدار انرژی، برحسب وات‌ساعت برابر است با: $W = 3600 \times 1000 \times 1.163 \times 10^{-3} = 4.2kWh$

که این مقدار، انرژی خروجی آبگرم‌کن بوده و با توجه به رابطه‌ی راندمان داریم:

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

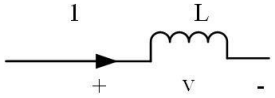
حال هزینه کل برابر است با:

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

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 «خودالقا»، «بوبین» و «چوک» نیز شناخته می‌شود. رابطه‌ی بین ولتاژ و جریان سلف به قرار زیر می‌باشد.



شکل (۲-۳) شکل مداری سلف

$$V = L\frac{di}{dt} \qquad (۲-۲۲)$$

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:

$$L = \mu\frac{N^2A}{l} \qquad (۲-۲۳)$$

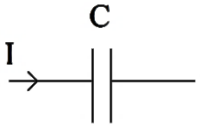
در این رابطه، μ ضریب نفوذپذیری مغناطیسی نام داشته که مقدار آن با توجه به جنس هسته تعیین می‌شود. همچنین N تعداد دور سیم‌پیچ، A سطح مقطع سیم‌پیچ و l طول سیم‌پیچ می‌باشد.

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.

$$W = \frac{1}{2}LI^2 \qquad (۲-۲۴)$$

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

$$C = \frac{q}{V} \qquad (۲-۲۵)$$

در این رابطه، q مقدار بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن برحسب کولن، V ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت و C ظرفیت خازن برحسب فاراد (F) می‌باشد. لازم به ذکر است که فاراد واحد بسیار بزرگی بوده و در عمل، خازن‌هایی با ظرفیت‌های میکروفاراد و نانوفاراد متداول هستند. ظرفیت خازنی جزو ویژگی‌های ذاتی هر خازن بوده و از رابطه‌ی بعد بدست می‌آید:

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \qquad (۲-۲۶)$$

در این رابطه، ε مقداری ثابت و وابسته به جنس عایق (دی‌الکتریک)، A سطح مقطع صفحات و d فاصله‌ی بین صفحات خازن می‌باشد.

پرسش ۳۷-۲) ظرفیت خازن به کدامیک از موارد زیر بستگی ندارد؟ (ق.ب-۸٤ «۷»)

الف) نوع دی‌الکتریک بین صفحات　　ب) اندازه و شکل صفحات فلزی

ج) پهنای دی‌الکتریک مابین صفحات　　د) ولتاژ صفحات دی‌الکتریک

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی ظرفیت خازن، مقدار C به جنس دی‌الکتریک، طول بین صفحات و سطح مقطع صفحات وابسته است. گزینه **د** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۶۲» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه قضاییه" سال ۸۴ می‌باشد.

رابطه‌ی ولتاژ و جریان دو سر خازن را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

$$I = C\frac{dV}{dt} \qquad (۲-۲۷)$$

همچنین معمولا خازن‌ها در حالتی که خارج از مدار هستند، دشارژ بوده و در هنگام قرار گرفتن در مدار شروع به شارژ شدن می‌کنند. طبیعتا مقدار جریان شارژ خازن در ابتدا حداکثر بوده و رفته‌رفته با توجه به شارژ شدن خازن، این جریان کاهش می‌یابد.

پرسش ۳۸-۲) در لحظه شروع شارژ خازن، جریان آن ..... و ولتاژ آن ..... است. (ق.ب-۹۶ «٤۶»)

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

پاسخ) در آغاز شارژ، خازن دشارژ می‌باشد. پس طبیعتا ولتاژ آن صفر و جریان عبوری از آن ماکزیمم است و رفته‌رفته با توجه به شارژ شدن خازن، مقدار ولتاژ افزایش و مقدار جریان کاهش می‌یابد. گزینه **ب** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۴۲» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه‌قضائیه" سال ۸۶ می‌باشد.

نکته ۱۳-۲) خازن نیز عنصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی بوده و چنانچه ولتاژ دو سر آن V باشد، انرژی زیر در آن ذخیره می‌شود:

$$W = \frac{1}{2}CV^2 \qquad (۲-۲۸)$$

پرسش ۳۹-۲) اگر خازنی را به ولتاژ ۱۰۰ ولت وصل نمائیم، بار ذخیره شده در آن ۰/۰۵ آمپرثانیه خواهد بود. حال چنان‌چه ولتاژ وصل‌شده به خازن را ٤۰۰ ولت نمائیم، انرژی ذخیره‌شده در آن چند ژول است؟ (ق.ب-۸۰ «۸۶»)

الف) ۰/۲　　ب) ۱۰　　ج) ۲۰　　د) ٤۰

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

$$C = \frac{q_1}{V_1} = \frac{0.05}{100} = 5\times10^{-4}F$$

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

$$W = \frac{1}{2}CV_2^{\,2} = \frac{1}{2}\times5\times10^{-4}\times400^2 = 40J$$

گزینه **د** صحیح است.

---

۲ - ۴ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)

شکل موج AC یا همان «جریان متناوب»، به‌طور دائم در هر نیم‌سیکل بین دو مقدار ماکزیمم مثبت و ماکزیمم منفی تغییر می‌کند. شکل موج سینوسی معروف‌ترین نوع شکل موج‌های متناوب است که در ادامه با برخی ویژگی‌های مهم آن آشنا می‌شویم.

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.

$$f = \frac{1}{T} \qquad (۲-۲۹)$$

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:

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

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

نکته ۱۴-۲) معمولا مقدار C برابر با سرعت نور، یعنی ۳×۱۰^{۸} متر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود.

پرسش ۴۰-۲) اگر فرکانس توربین مادون قرمز و ماوراءِ بنفش از ۴×۱۰^{۱۴} تا ۸×۱۰^{۱۴} هرتز باشـــد، طیف طول موج آن چقدر است؟ (د.ب-۷۱ «۳۴»)

الف) ۰/۳۷۵ تا ۰/۷۵۰ میکرومتر
ب) ۰/۳۸۵ تا ۰/۴۲۵ میکرومتر
ج) ۱/۲ تا ۱/۴ میلیمتر
د) ۴ تا ۸ سانتیمتر

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی طول موج داریم:

$$\lambda_1 = \frac{C}{f_1} = \frac{3\times10^{8}}{4\times10^{14}} = 0.75\times10^{-6} = 0.75\mu m$$

$$\lambda_2 = \frac{C}{f_2} = \frac{3\times10^{8}}{8\times10^{14}} = 0.375\times10^{-6} = 0.375\mu m$$

پس طیف طول موج برابر با ۰/۳۷۵ تا ۰/۷۵۰ 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.

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

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

پرسش ۴۱-۲) 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

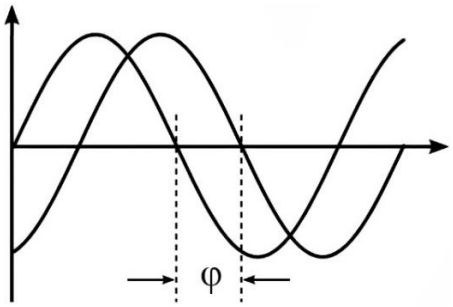
پاسخ) طبق رابطه‌ی ارائه‌شده برای مقدار متوسط، گزینه **ب** صحیح است.

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.

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

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

۲ - ۴ - ۲ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)

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

۲ - ۴ - ۲ - ۱ یادآوری اعداد مختلط

هر عدد مختلط را می‌توان 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 می‌باشد. مقدار قراردادی j، مقدار واحد موهومی نام داشته و داریم:

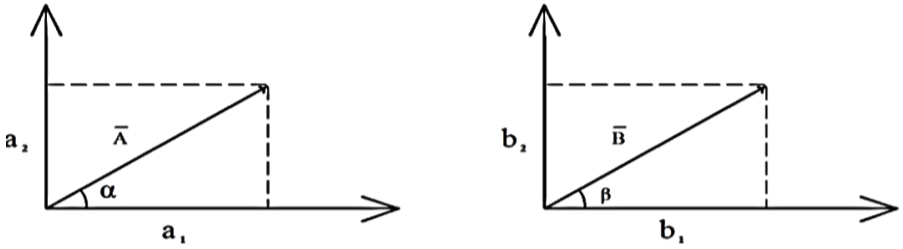
$$j = \sqrt{-1} \qquad (۲-۳۳)$$

حال چنانچه A و B را دو عدد مختلط به صورت‌های 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 آن‌ها به صورت زیر بوده:



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

و می‌توان روابط زیر را در مورد آن‌ها نوشت:

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

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

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

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

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

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

ج) جمع و تفریق دو عدد مختلط

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

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

د) ضرب و تقسیم دو عدد مختلط

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

$$\frac{\vec{A}}{\vec{B}} = \frac{|\vec{A}|}{|\vec{B}|}\angle(\alpha-\beta) \qquad (۲-۴۱)$$

ه) مزدوج مختلط (کانجوگیت)

$$\overrightarrow{A^*} = |\vec{A}|\angle-\alpha = a_1 - ja_2 \qquad (۲-۴۲)$$

در رابطه با مقدار j داریم:

$$\frac{1}{j} = -j \qquad (۲-۴۳)$$

۲ - ۴ - ۲ - ۲ فازور

فازور یکی از ابزارهای تحلیل مدارهای جریان متناوب است. ریشه‌ی تحلیل فازوری نشات 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:

$$v(t) = v_m \cos(\omega t + \varphi_v) \qquad (۲-۴۴)$$

نمایش فازوری آن به‌صورت زیر می‌باشد.

$$\vec{v} = v_{rms}\angle\varphi_v \qquad (۲-۴۵)$$

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

$$\vec{v} = v_{rms}\angle\varphi_v \qquad (۲-۴۶)$$

$$\vec{v} = v_{rms}e^{j\varphi_v} \qquad (۲-۴۷)$$

ب) نمایش دکارتی

$$\vec{v} = v_{rms}(\cos\varphi_v + j\sin\varphi_v) \qquad (۲-۴۸)$$

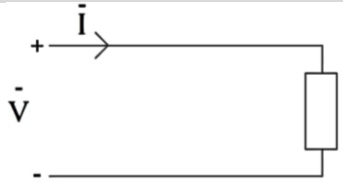
توجه داشته باشیم که مقدار فاز، یک مقدار قراردادی بوده و ممکن است برای یک شکل موج، فازهای مختلفی بیان شود، اما آنچه در بحث فازورها اهمیت دارد، اختلاف زاویه‌ی بین فازورها در یک مجموعه است.

نکته ۱۵-۲) 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 ۱۶-۲) در محاسبه‌ی امپدانس، جریان از قطب مثبت المان به امپدانس وارد می‌شود.



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

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

الف) مقاومت

$$\vec{V}=R\vec{I}\rightarrow \overrightarrow{Z_R}=R \qquad (۲-۵۰)$$

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

ب) سلف

$$v(t)=L\frac{di}{dt}\rightarrow \vec{V}=L\times j\omega\vec{I}\rightarrow \overrightarrow{Z_L}=j\omega L \qquad (۲-۵۱)$$

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

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

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: ازآنجائی‌که، امپدانس نیز دارای واحد اهم است، عملا با مقاومت تفاوتی ندارد. درنتیجه تمام مواردی که در مورد اتصال سری و موازی در بخش "اتصال المان‌ها" ذکر شد، در اینجا نیز صادق است.

پرسش ۴۲-۲) مقاومت سلفی با ضریب خودالقاء 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 ۴۳-۲) یک امپدانس $3+4j$ با یک امپدانس $2+6j$ سری شده‌اند. امپدانس معادل آن چقدر است؟ (ق.ت-۹۳ «۸۹»)

الف) $7/33<15$ ب) $4/63<18/11$ ج) $30+24j$ د) $24+6j$

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: $|Z_t|=\sqrt{5^2+10^2}=11.18\Omega$

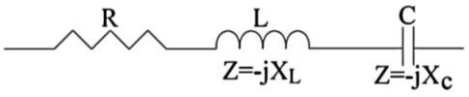
$$\angle Z_t=\tan^{-1}\frac{10}{5}=63.4^\circ$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۴۴-۲) 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:

$$\overrightarrow{Z_t}=\overrightarrow{Z_R}+\overrightarrow{Z_L}+\overrightarrow{Z_C}=R+jX_L-jX_C=R+j\left(X_L-X_C\right)$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۴۵-۲) یک سیم‌پیچی دارای مقاومت اهمی ۳۰ اهم و مقاومت القائی ٤٠ 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 ت شدید» نامیده و با ا ستفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

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

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»)

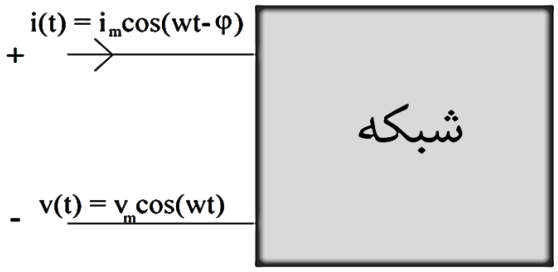
الف) RLC ب) $2(\pi\sqrt{LC})^{-1}$ ج) $(2\pi\sqrt{LC})^2$ د) $(2\pi\sqrt{LC})^{-1}$

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 به‌صورت نشان داده شده باشد، توان لحظه‌ای مصرفی برابر است با:



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

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

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:

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

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

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

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.

$$\vec{S}=|\vec{V}||\vec{I}|\angle(\varphi_V-\varphi_I)=|\vec{V}||\vec{I}|\angle(\varphi)=|\vec{V}||\vec{I}|\cos\varphi+j|\vec{V}||\vec{I}|\sin\varphi \qquad (۲-۵۷)$$

الف) توان اکتیو یا حقیقی

$$P=|\vec{V}||\vec{I}|\cos\varphi \qquad (۲-۵۸)$$

ب) توان راکتیو یا موهومی

$$Q=|\vec{V}||\vec{I}|\sin\varphi \qquad (۲-۵۹)$$

ج) توان ظاهری

$$|\vec{S}|=|\vec{V}||\vec{I}| \qquad (۲-۶۰)$$

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

$$Q_C=-\frac{V^2}{X_C} \qquad (۲-۶۱)$$

$$Q_L=\frac{V^2}{X_L} \qquad (۲-۶۲)$$

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 ... . به‌عبارت‌دیگر، 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 «جبران‌سازی 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.

$$PF=\cos\varphi=\cos(\varphi_V-\varphi_I) \qquad (۲-۶۳)$$

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.

$$PF=\frac{P}{|\vec{S}|}=\frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \qquad (۲-۶۴)$$

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

$$PF=\frac{R}{|\vec{Z}|}=\frac{R}{\sqrt{R^2+X^2}} \qquad (۲-۶۵)$$

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

$$\sin^2\theta+\cos^2\theta=1 \qquad (۲-۶۶)$$

پرسش ۴۷-۲) در یک مدار RLC سری با مقاومت ظاهری Z که به ولتاژ متنا سب V و صل ا ست، 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 اندازهٔ 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 کسینوس‌فی 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 کسینوس‌فی 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 جذب‌شده 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 ساختمانی دادگستری" سال ۷۱ می‌باشد.

پرسش ۵۱-۲) برای تعیین ضرایب توان از قرائت 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:

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

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

پس داریم:

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

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 صرف‌نظر کنید) (ق.ل-۸۳ «۱۲»)

الف) ۰/۸۲۳ ب) ۰/۹۳۲ ج) ۰/۷۳۳ د) ۰/۹۷۳

پاسخ) طبق رابطه‌ی ضریب توان داریم:

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

گزینه **الف** صحیح است.

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

الف) $S = ۲۵\ kVA$ و $Q = -۱۵\ kVAr$ ب) $S = ۲۵\ kVA$ و $Q = ۱۵\ kVAr$

ج) $S = ۲۵\ kVA$ و $Q = -۸\ kVAr$ د) $S = ۲۵\ kVA$ و $Q = ۸\ kVAr$

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 پس‌فاز 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 صورتی‌که ضریب قدرت بار آن ۸۰٪ باشد) (د.ت-۷۲ «۲۱» تشریحی)

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

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

پرسش ۵۷-۲) در صورتی‌که توان موتور ماشین لباسشویی منصوب 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

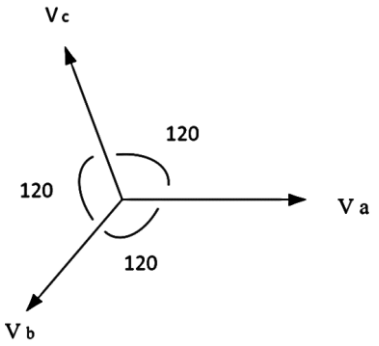
۲ - ۵ - ۱ مفاهیم مقدماتی

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 (۲-۹) مجموعه ولتاژهای متعادل

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

$$v_a(t) = v_m \cos(\omega t)$$
$$v_b(t) = v_m \cos(\omega t - 120) \qquad (۲-۶۷)$$
$$v_c(t) = v_m \cos(\omega t - 240)$$

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 ۵۸-۲) 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 ساختمانی 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).

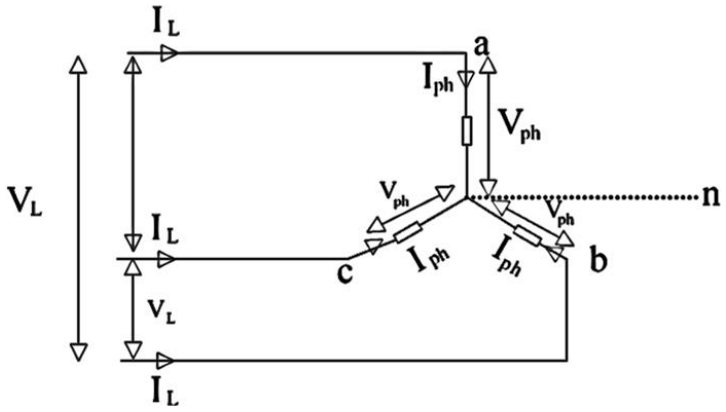
ج) جریان خط: جریان عبوری از هرکدام از خطوط انتقال را جریان خط می‌گویند و آن را با I_L نمایش می‌دهند (البته برای نشان دادن جریان در یک خط معین، به عنوان مثال خط a، از I_{L-a} نیز استفاده می‌شود).

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.

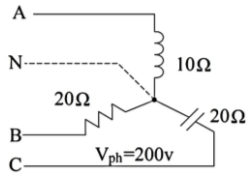


شکل (۲-۱۰) اتصال ستاره

$$\overrightarrow{V_L} = \overrightarrow{V_{ph}} \times \sqrt{3}\angle 30^\circ \qquad (۲-۶۸)$$

$$\overrightarrow{I_L} = \overrightarrow{I_{ph}} \qquad (۲-۶۹)$$

پرسش ۵۹-۲) توان راکتیو شبکه سه فاز شکل داده شده چند VAR است؟ (ق.ل-۸٤ «۲۱»)



الف) ۲۸۲۰ ب) ٤۰۰۰ ج) ۲۰۰۰ د) ۶۰۰۰

پاسخ) در این مدار ولتاژ ۲۰۰V روی هر المان قرار گرفته است. توان راکتیوِ مقاومت برابر صفر، توان راکتیوِ خازن مقداری منفی و توان راکتیوِ سلف مقداری مثبت است. داریم:

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

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

پس در مجموع داریم:

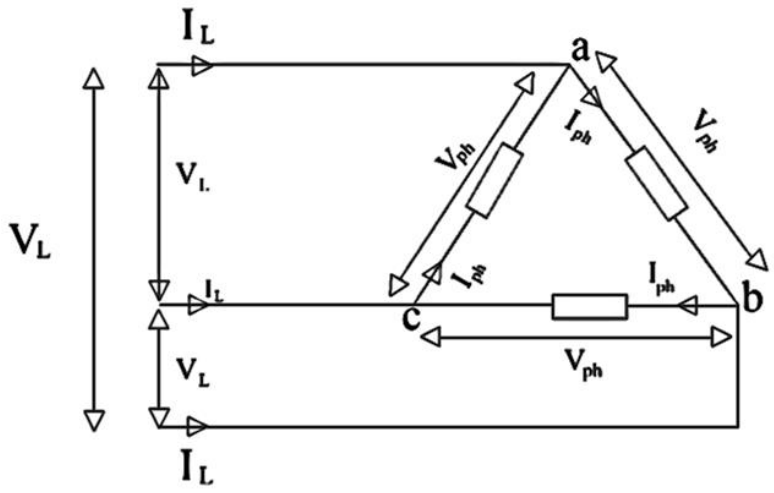
$$Q = Q_L + Q_L = 4000 - 2000 = 2000VAR$$

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 (۲-۱۱) اتصال مثلث

$$\overrightarrow{V_L} = \overrightarrow{V_{ph}} \qquad (۲-۷۰)$$

$$\overrightarrow{I_L} = \overrightarrow{I_{ph}} \times \sqrt{3} \angle -30^\circ \qquad (۲-۷۱)$$

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

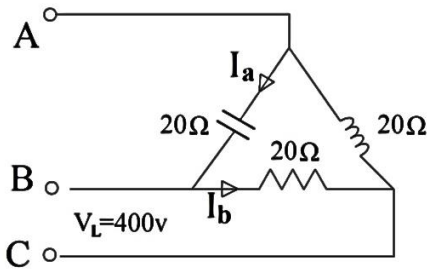
الف) ولتاژ خط با ولتاژ فاز برابر است. ب) جریان خط با جریان فاز برابر است.

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

پاسخ) طبق مطالب ارائه‌شده، 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-۸٤ «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 (به‌دلیل وجود مقاومت اهمی خالص) و I_a ۹۰ درجه از V_{AB} جلوتر می‌باشد (به‌دلیل وجود خازن). پس داریم:

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

گزینه **الف** صحیح است.

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

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

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

پرسش ۶۲-۲) در یک مصرف‌کننده سه‌فاز، میزان ولتاژهای اندازه‌گیری شده بین R، S و T به شرح زیر است. حداکثر عدم‌تعادل ولتاژ چند درصد است؟ S-T: 472V ،T-R: 458V ،R-S: 444V (د.ل-۸۸ «٤۰»)

الف) ۳/۰۶ ب) ٤/۰۶ ج) ۵/۵ د) ۷/۰۵

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

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

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

حال طبق تعریف بالا داریم:

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

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:

$$\overrightarrow{S_{3ph}} = 3 \times \overrightarrow{S_{1ph}} \qquad (۲-۷۳)$$

همچنین در مورد توان‌های اکتیو و راکتیو نیز داریم:

$$\overrightarrow{P_{3ph}} = 3 \times \overrightarrow{P_{1ph}} \quad (۲-۷۴)$$

$$\overrightarrow{Q_{3ph}} = 3 \times \overrightarrow{Q_{1ph}} \quad (۲-۷۵)$$

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

$$\overrightarrow{P_{3ph}} = 3|\overrightarrow{V_{ph}}||\overrightarrow{I_{ph}}|\cos\varphi \quad (۲-۷۶)$$

$$\overrightarrow{Q_{3ph}} = 3|\overrightarrow{V_{ph}}||\overrightarrow{I_{ph}}|\sin\varphi \quad (۲-۷۷)$$

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

$$\overrightarrow{P_{3ph}} = \sqrt{3}|\overrightarrow{V_L}||\overrightarrow{I_L}|\cos\varphi \quad (۲-۷۸)$$

$$\overrightarrow{Q_{3ph}} = \sqrt{3}|\overrightarrow{V_L}||\overrightarrow{I}|\sin\varphi \quad (۲-۷۹)$$

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-۸٤«٤۳»)

الف) ۳ برابر ب) ۱/٤ برابر ج) ٤/۷ برابر د) ٤ 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 ساختمانی قوه قضاییه" سال ۸۴ می‌باشد.

پرسش ٦٤-۲) کدام‌یک 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) هیچ‌کدام

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) ۵۶/٤ 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:

$$\overrightarrow{P_{3ph}} = \sqrt{3}|\overrightarrow{V_L}||\overrightarrow{I_L}|\cos\varphi \rightarrow 15000 = \sqrt{3} \times 380 \times |\overrightarrow{I_L}| \times 0.7 \rightarrow |\overrightarrow{I_L}| = 33A$$

گزینه **ج** صحیح است.

نکته ۲۲-۲) مانند موارد ا شاره شده در بخش "کار و توان الکتریکی"، کنتورهای برق کارخانجات مقادیر انرژی اکتیو و راکتیو را برحسب کیلووات‌ساعت و کیلووارساعت 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، کیلووارساعت، 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 درواقع یک انرژی‌سنج است. واحد توان‌های اکتیو و راکتیو به ترتیب وات و وار است. همچنین کنتورهای آب و گاز نیز برحسب حجم و با واحد مترمکعب کار می‌کنند. گزینه **الف** صحیح است.

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

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

پاسخ) در شبکه غیرمتعادل، 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 متعادل 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 نیار 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 ضرایب سینوسی و کسینوسی باقی می‌مانند. پس بدست می‌آید: $P(t) = 3v_{rms}i_{rms}\cos\varphi$

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

---

۲ - ۶ پریونت کردن کمیت‌ها

۲ - ۶ - ۱ تعریف و روابط

مقدار پریونیت یک کمیت از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$\text{پریونیت یک کمیت} = \frac{\text{مقدار واقعی آن کمیت}}{\text{مقدار مبنا}} \qquad (۲-۸۰)$$

در واقع هدف از پریونیت 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 مبنا دو ویژگی مهم دارد.

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

نکته ۲۳-۲) حقیقی بودن مقدار مبنا سبب می‌شود که در پریونیت 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. به‌طورکلی، برای ولتاژ و توان، مقدار مبنا به‌صورت دلخواه (عموماً برابر با مقدار نامی تجهیزات) انتخاب می‌شود. سپس برای جریان و امپدانس، مقادیر مبنا برحسب ولتاژ و توان مبنا 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 مبنا و V_b را برای ولتاژ مبنا در نظر بگیریم، مقادیر مبنا برای امپدانس و جریان با روابط زیر به‌دست می‌آید:

الف) سیستم تک‌فاز

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

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

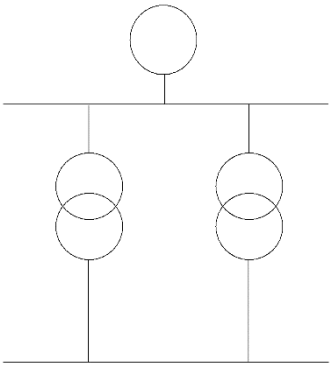
ب) سیستم سه‌فاز

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

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

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 = ۰/۲pu) (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:

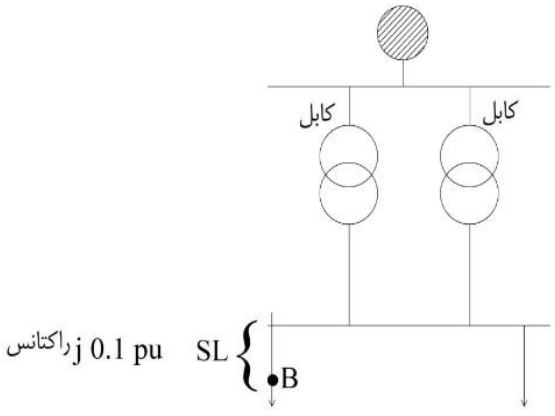
$$X_T = \frac{X}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1pu$$

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 **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 = ۰/۱pu و راکتانس هر ترانس = ۰/۱pu) (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:

$$X = 0.1 + 0.1 = 0.2pu$$

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

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

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

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

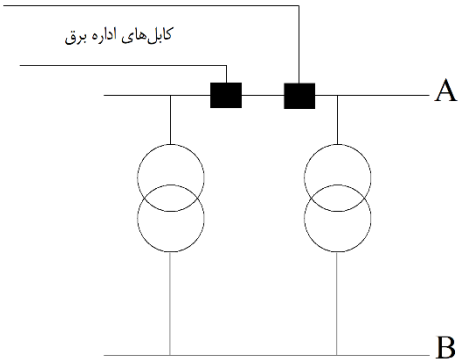
گزینه **الف** صحیح است.

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:

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

پرسش ۷۱-۲) شمای تغذیه‌ی یک کارخانه مطابق شکل زیر است (از مقاومت‌ها صرف‌نظر شده است). دامنه جریان اتصال‌کوتاه 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:

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

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

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

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.

فصل سوم

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	یکای SI	یکای 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 برثانیه (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 (m^3/s) می‌باشد؛ که معمولاً برای اندازه‌گیری جریان سیال استفاده می‌شود.

واحدهای دیگر برای اندازه‌گیری دبی به‌شرح زیر است:

$$1\frac{m^3}{s} = 3600\frac{m^3}{hr} = 1000\frac{Lit}{s} = 15850gpm \qquad (۳-۱)$$

$$1\frac{m^3}{hr} = 4.40gpm \qquad (۳-۲)$$

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

$$Q = V.A \qquad (۳-۳)$$

که در آن، V سرعت سیال (برحسب m/s)، A سطح‌مقطع کانال عبوری (مثلا لوله) (برحسب m^2 باشد) و Q مقدار دبی (برحسب m^3/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) بنابر 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 ماشین‌آلات کارخانجات قوه‌قضائیه" سال ۸۸ می‌باشد.

پرسش ۲-۳) دبی سیال که با سرعت ۱۰ متر برثانیه، از لوله‌ای با سطح‌مقطع ۰/۲ مترمربع جریان دارد، چند مترمکعب بر ثانیه است؟ (ق.ب-۸۸ «۳۶»)

الف) ۲ ب) ٤ ج)۱ د)۸

پاسخ) از تعریف دبی داریم:

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

گزینه **الف** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۷۰» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه‌قضائیه" 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:

$$P = \frac{F}{A} \qquad (۳-۴)$$

که در آن، F نیروی وارد شده (برحسب نیوتون)، A سطح‌مقطع (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:

$$P = \rho gh \qquad (۳-۵)$$

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 $P_{abs\ B} = \rho gh + P_0$ 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 به‌واسطه پمپ).

سایر واحدهای فشار عبارتند از: پوند بر اینچ‌مربع (psi)، اتمسفر (atm)، بار (bar)، سانتی‌متر ستون آب (cmH_2O)، سانتی‌متر ستون جیوه (cmHg)، کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (kg/cm^2) و اینچ ستون آب (inH_2o). تبدیل واحدهای فشار، با استفاده از روابط زیر ممکن خواهد بود:

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

$$1atm = 1.013\,bar \qquad (۳-۷)$$

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

پرسش ۳-۳) واحد فشار در سیستم SI برابر است با: (ق.ت-۸٤ «٤»)

الف) نیوتن بر مترمربع ب) کیلونیوتن بر مترمربع ج) کیلوگرم بر مترمربع د) پاسکال

پاسخ) مطابق توضیح بالا گزینه **د** صحیح است

پرسش ٤-۳) یک اتمسفر معادل کدام‌یک از موارد ذیل است؟ (ق.ب-۹۶ «۲۳»)

الف) ۱٤/۷ PSI ب) ۳۰۵ kPa ج) ۲۹/٤ PSI د) هیچ‌کدام

پاسخ) مطابق توضیحات بالا گزینه **الف** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۶» آزمون "برق و ماشین‌آلات کارخانجات قوه‌قضائیه" سال ۸۴ و پرسش «۳۴» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه‌قضائیه" سال ۸۷ می‌باشد.

پرسش ۵-۳) یک PSI چند کیلو پاسکال می‌باشد؟(ق.ب-۸٤«۳۵»)

الف) ٤/۸۹٤ ب) ٤/۲۹٤ ج) ۶/۸۹٤ د) ۶/۲۹٤

پاسخ) با توجه به روابط تبدیل واحدهای فشار داریم: $\mathbf{1psi = \frac{100}{14.7}\,kPa = 6.8\,kPa}$

بنابراین گزینه **ج** صحیح است

نکته ۱-۳) حداکثر فشار کاری در لوله‌کشی گاز ساختمان، ۱۷۶ میلی‌متر ستون آب، معادل یک چهارم پوند بر اینچ مربع (psi)، می‌باشد. (۱۷-۱-۳-۱-الف)

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

الف) ۰/۵ اتمسفر ب) ۱۲ اینچ ستون آب

ج) ۱۷/۸ سانتی‌متر ستون آب د) ۰/۲۵ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع

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

$$\mathbf{P = \frac{1}{4}psi = \frac{1}{4}\times\left(\frac{406.78}{14.7}\right) = 6.92\ inH_2O}$$

$$\mathbf{P = \frac{1}{4}psi = \frac{1}{4}\times\left(\frac{1033.2}{14.7}\right) = 17.6\,cmH_2O}$$

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

بنابراین گزینه **ج** صحیح می‌باشد.

نکته ۲-۳) فشار خروجی در رگولاتور کپسول‌های گاز مایع، معمولا حدود ۲۳-۳۳ میلی‌بار است؛ که به‌طور متوسط معادل ۱۱ اینچ ستون آب می‌باشد.

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

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

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

این پرسش، مشابه پرسش «۲۸» آزمون "تاسیسات ساختمانی دادگستری" سال ۷۱ و پرسش «۲۹» آزمون "تاسیسات ساختمانی دادگستری" سال ۷۱ می‌باشد.

نکته ۳-۳) نیرو در کف استخر، برابر با وزن آب داخل استخر می‌باشد؛ که عبارتست از حاصلضرب حجم آب (برحسب مترمکعب)، در وزن مخصوص آن (برحسب نیوتن بر مترمکعب). به‌همین‌ترتیب، فشار نیز از حاصل تقسیم این نیرو بر مساحت کف به‌دست می‌آید.

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

الف) ۳۶۰ ب) ۹۰ ج) ۱۸۰ د) ٤٥

پاسخ) وزن مخصوص آب را معمولا 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 حاصل‌ضرب حجم آب در وزن مخصوص آب). درنتیجه داریم:

$$F = V \times I = (2 \times 3 \times 6) \times 10000 = 360000N = 360KN$$

بنابراین گزینه **الف** صحیح می‌باشد.

پرسش ۹-۳) نسبت فشار وارده به ۲ مترمربع از کف مخزنی حاوی ٤ مترمکعب آب با ارتفاع ۲ متر و مخزنی حاوی ٤۰۰ مترمکعب آب با ارتفاع ۲ متر برابر است با: (ق.ت-۸٤ «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، درنتیجه وزن و فشار مربوطه نیز یکی می‌باشد؛ داریم:

$$\frac{\mathbf{P_2}}{\mathbf{P_1}} = \frac{\rho g h_2}{\rho g h_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2}{2} = \mathbf{1}$$

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 ودر هر دو مخزن با توجه به ارتفاع یکسان وزن آب بالای سطح مربوطه یکسان خواهد بود.

این پرسش، مشابه پرسش «۶۲» آزمون "برق و ماشین‌آلات کارخانجات قوه‌قضائیه" سال ۸۴ و پرسش «۱» آزمون "تاسیسات ساختمانی دادگستری" سال ۸۶ و پرسش «۱» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه‌قضائیه" سال ۸۲ می‌باشد.

پرسش ۱۰-۳) ابعاد مخزنی مکعب مستطیل شکل ٤×۲ و به عمق ۲ متر می‌باشد، در صورتی‌که هد آب درون مخزن ۱/۵ متر می‌باشد نیروی اثر کننده بر کف مخزن چقدر خواهد بود؟ (ق.ت-۸۶ «۱»)

الف) ۱٤۷/۱۵KN ب) ۲۲۰KN ج) ۱٤/۷۱۵KN د) ۲۲ KN

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

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

نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ صحیح، گزینه **الف** می‌باشد.

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

الف) ۲/۵ ب) ۱۰ ج) ۵ د) ۱/۲۵

پاسخ) سطح‌مقطع ۲ سانتی‌متر احتمالا اشتباه تایپی بوده و ۲ سانتی‌متر مربع صحیح است بنابراین بر اساس تعریف فشار داریم:

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

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

بنابراین گزینه **ج** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۲» آزمون "تاسیسات ساختمانی 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)):

$$P_{gage} = P_{abs} - P_0 \qquad (۳-۹)$$

وسایل اندازه‌گیری فشار، معمولا فشار نسبی (یعنی اختلاف فشار منبع مورد نظر و فشار اتمسفر)، را نشان می‌دهند. مانومترها یا فشارسنج‌ها، فشار نسبی را نشان می‌دهند. درنتیجه 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 به‌دست 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-۸٤ «۵»)

الف) فشار مطلق = فشارجو + فشارمانومتر

ب) فشارمطلق = 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 ساختمانی قوه‌قضائیه" سال ۸۶ و پرسش «۲» آزمون "تاسیسات ساختمانی 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. مثلا چگالی آب ۱۰۰۰ kg/m^3 ، چگالی روغن ۸۰۰ kg/m^3 و چگالی الکل ۷۸۹ kg/m^3 می‌باشد. چگالی هوا در سطح دریا در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و با توجه به جو استاندارد حدود ۲۲۵/۱ kg/m^3 است.

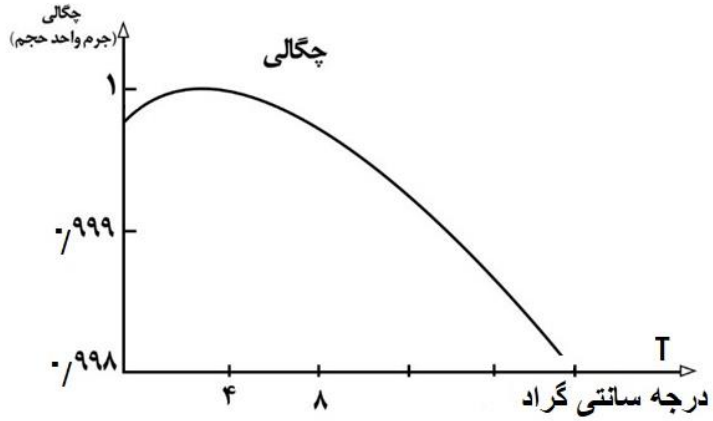
آب خاصیت منحصر به‌فردی دارد که با افزایش دمای آن، از صفر تا ۴ درجه سانتی‌گراد، کاهش حجم می‌دهد. اما از ۴ الی ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، با افزایش دما، حجم آن افزایش می‌یابد. درنتیجه، آب در ۴ درجه سانتی‌گراد، کمترین حجم مخصوص (حجم واحد جرم یا عکس چگالی) و بیش‌ترین چگالی (دانسیته یا جرم واحد حجم یا جرم مخصوص) را دارد.

برخی مقادیر تغییرات چگالی آب در جدول زیر آمده است:

جدول (۳-۳) چگالی آب در دماهای مختلف

دما ($^{\circ}C$)	چگالی (gr/cm^3)
۰/۱	۰/۹۹۹۸۵
۱	۰/۹۹۹۹
۴	۰/۹۹۹۹۷
۱۰	۰/۹۹۹۷
۵۰	۰/۹۸۸۰۴
۹۰	۰/۹۶۵۳۱
۹۵	۰/۹۶۱۸۹
۱۰۰	۰/۹۵۸۳۵

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



شکل (۳-۱) 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) ٤ درجه ج) ۳۷ درجه د) ۱۰۰ درجه

پاسخ) با توجه به مطلب فوق، گزینه **ب** صحیح است

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

پرسش ۱۵-۳) در یک ظرف اســتوانه‌ای شــکل، مقداری آب ٤۰ درجه ســانتی‌گراد 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 هردو ثابت می‌ماند.

پاسخ) حجم مخصوص آب در حدود ٤ درجه به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد. درنتیجه حجم و ارتفاع آب کم می شود. ازطرفی فشــار وارد بر کف، عبارتســت از نیروی وزن آب، تقســیم بر کف ظرف. با توجه به اینکه مقدار جرم آب داخل استوانه تغییری نکرده (صرفا چگالی آن زیاد شده)، نیروی وزن ($W = m.g$) و متعاقبا فشار، ثابت می‌ماند. درنتیجه گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۶-۳) تغییر حجم آب در سیستم‌های حرارتی از ٤ تا ۹٤ درجه سانتی‌گراد حدودا ..... درصد است. (د.ت-۷۱ «۱۱»)

الف) ٤ 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 ۹٤ و ۹۵ درجه بسیار نزدیک به یکدیگرند و در جدول ۹۵ درجه را داریم از آن استفاده می‌کنیم) داریم:

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

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۱۷-۳) یک متر مکعب آب ۱۰۰ درجه چقدر از همان مقدار آب، ولی با دمای ٤ درجه، سبک‌تر است؟ (ق.ت-۸٤ «۱۲»)

الف) ۳۸ کیلوگرم ب) ٤۲ کیلوگرم ج) ۲۹/۶ کیلوگرم د) ٤ کیلوگرم

پاسخ) چگالی آب در دماهای مختلف متفاوت است (رجوع شود به جدول تغییرات چگالی آب با دما). درنتیجه در حجم ثابت، وزن آب با تغییرات چگالی رابطه مستقیم دارد. یعنی:

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

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

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

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

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:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F.d}{t} \qquad (۳-۱۰)$$

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

نکته ۴-۳) واحد دیگر توان، اسب بخار است؛ که در سیستم‌های انگلیسی و متریک به‌شرح 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 ۵-۳) معمولا در محاسبات، مقدار معادل اسب بخار، ۷۴۶ وات درنظر گرفته می‌شود.

پرسش ۱۸-۳) یک اسب بخار چند وات است؟ (ق.ب-۹۳ «٤»)

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

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

پرسش ۱۹-۳) یک بار ۵ کیلوگرمی تو سط بالابر به اندازه ۳۰ متر در ۱۵ ثانیه جابه‌جا می شود. چند ا سب‌بخار توان برای انجام این کار لازم است؟ (ق.ب-۸٤«۵»)

الف) ۰/۳۱ ب) ۰/۱۲ ج) ۱/۲ د) ۰/۰۳

پاسخ) نیروی اعمال شده، برابر وزن بار می‌باشد. ازطرفی می‌دانیم وزن برابر است با حاصلضرب جرم بار (kg) در شتاب جاذبه زمین ($g=9.8\ m/s^2$). داریم:

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

بنابراین گزینه **ب** صحیح است.

نکته ۶-۳) وزن (برحسب نیوتن)، عبارتست از حاصل‌ضرب جرم (برحسب kg) در شتاب جاذبه زمین (برحسب m/s^2). از طرفی واحد دیگری برای نیرو وجود دارد به‌نام کیلوگرم‌نیرو (kgf)؛ که برابر ا ست با ۹/۸ نیوتن. به‌بیان ساده‌تر، وزنِ یک کیلوگرم جرم، برابر است با ۱ kgf یا ۹/۸ N.

پرسش ۲۰-۳) یک کیلوگرم چند نیوتن است؟ (ق.ت-۸٤ «۱۰»)

الف) ٤/۲ ب) ۱٤ ج) ۹/۸ د) ۰/٤۵۳

پاسخ) طبق نکته فوق، یک کیلوگرم نیرو برابر است با ۹/۸۱ نیوتن. بنابراین گزینه **ج** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۶» آزمون "برق و ماشین‌آلات کارخانجات قوه‌قضائیه" 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)	$1\ J = 1\ N.m$ $1 kcal = 4184\ J = 1.163\times10^{-3} kWh$ $1\ Wh = 3600 J$ $1\ Btu = 1055\ J = 0.293\ Wh$
توان	$1\ Watt = 1\ J / s$
	$1\ Watt = 3.41\ Btu / h$

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) کدام‌یک از عبارات زیر نادرست است؟ (د.ت-۷۱ «۴۰»)

الف) یک ژول انرژی برابر است با ۱/۰ Nm ب) یک وات برابر است با ۱/۰ J/s

ج) یک پاسکال برابر است با ۱/۰ N/m^2 د) یک نیوتون برابر است با شتاب ثقل ۱/۰ Kg

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

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

الف) ۳۲/۷۸ سانتی‌مترمربع ب) ۰/۱۸۵۸ مترمربع ج) ۰/۰۹۲۹ مترمربع د) هیچ‌کدام

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، داریم:

$$1 ft^2 = \left(\frac{1\ m}{3.28\ ft}\right)^2 ft^2 = 0.09295\ m^2$$

درنتیجه یک فوت‌مربع، برابر است با ۰/۰۹۲۹۵ 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) ۱۵,۰۰۰ وات در ساعت و ۲۰,۰۰۰ کیلوژول در ساعت

ب) ۱۱,۶۳۰ وات در ساعت و ۴۱,۸۶۰ کیلوژول در ساعت

ج) ۱۸,۳۶۰ وات در ساعت و ۴۵,۷۵۰ کیلوژول در ساعت

د) ۱۳,۴۵۰ وات در ساعت و ۲۱,۳۷۰ کیلوژول در ساعت

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

$$1\frac{k\,cal}{h} = 1.163\,Wh$$

درنتیجه:

$$10000\frac{k\,cal}{h}\times 1.163 Wh = 11630 Wh$$

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

$$1\frac{\text{k cal}}{\text{h}} = 4.186\frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

درنتیجه:

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

گزینه **ب** صحیح است.

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

الف)یک نیوتون نیرویی است که به یک پوند جرم، شتابی معادل یک متربرمجذور 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 سانتی‌مترمربع است.

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

پاسخ) یک نیوتن، مقدار نیرویی است که اگر پیوسته به جسمی با جرم یک کیلوگرم وارد شود، آن جسم شتاب یک متر بر مجذور ثانیه را حفظ می‌کند. درنتیجه 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 کلوین می‌باشد که در گزینه ب به آن‌ها اشاره نشده است). درنتیجه گزینه ب نادرست است. علاوه‌براین، یک پاسکال، فشار برابر است با نیروی یک نیوتون بر سطح یک مترمربع. درنتیجه گزینه ج نادرست است. ضمناً یک وات قدرت، برابر است با یک ژول انرژی در ثانیه. درنتیجه گزینه د نادرست است. هیچ‌کدام 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 ($^{\circ}C$)، درجه فارنهایت ($^{\circ}F$) و کلوین (K) می‌باشد.

انواع دماها را به‌صورت 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 درمعرض 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 دما سنج بپیچیم 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}): به‌طور 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 (Rh): 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 (Rh $(=m_v/m_s$

- 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 ($Rh = P_v/P_s$)

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 معمولا برحسب درصد بیان می‌شود.

$$W = \frac{m_v}{m_a} = 0.622\frac{P_v}{P - P_v} \qquad (۳-۱۱)$$

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 «٤٤»)

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 جزیی بخارآب موجود در هوا به فشار جزئی بخارآب 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 به‌ترتیب ۱۰۸/۶ کیلوگرم و ۲/۷۷ کیلوگرم باشد، نسبت رطوبت یا رطوبت مخصوص را حساب کنید؟ (ق.ت-۸۱ «۳۷»)

الف) ۰/۰۳۵۵ ب) ۳۹/۲۱ ج) ۳۰۰/۸ د) ۰/۰۱

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

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

بنابراین نزدیک‌ترین عدد، گزینه **الف** است.

پرسش ۲۹-۳) اگر در یک مخلوط هوا بخار آب، فشار جزئی بخار ۳/۳۹۷ kPa و فشار اشباع بخار ٤/۲٤٦ kPa باشد، رطوبت نسبی را حساب کنید؟ (ق.ت-۸۱ «۳۸»)

الف) ۰/۸ ب) ۱/۲۵ ج) ۱٤/٤۲ د) ۷/۶٤۳

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، رطوبت نسبی برابر است با:

$$Rh = \frac{P_{Vapor}}{P_{Saturate}} = \frac{P_V}{P_S} = \frac{3.397}{4.246} = 0.8 = 80\%$$

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 این‌صورت 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 «٤١»)

الف) $T_{dp} < T_w < T_d$ **ب)** $T_d = T_w = T_d$ **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 قوه‌قضائیه" سال ۸۱ می‌باشد.

پرسش ۳۲-۳) در چه صورت درجه حرارت خشک با درجه حرارت مرطوب مساوی است؟ (د.ت-۸٤ «۳۹»)

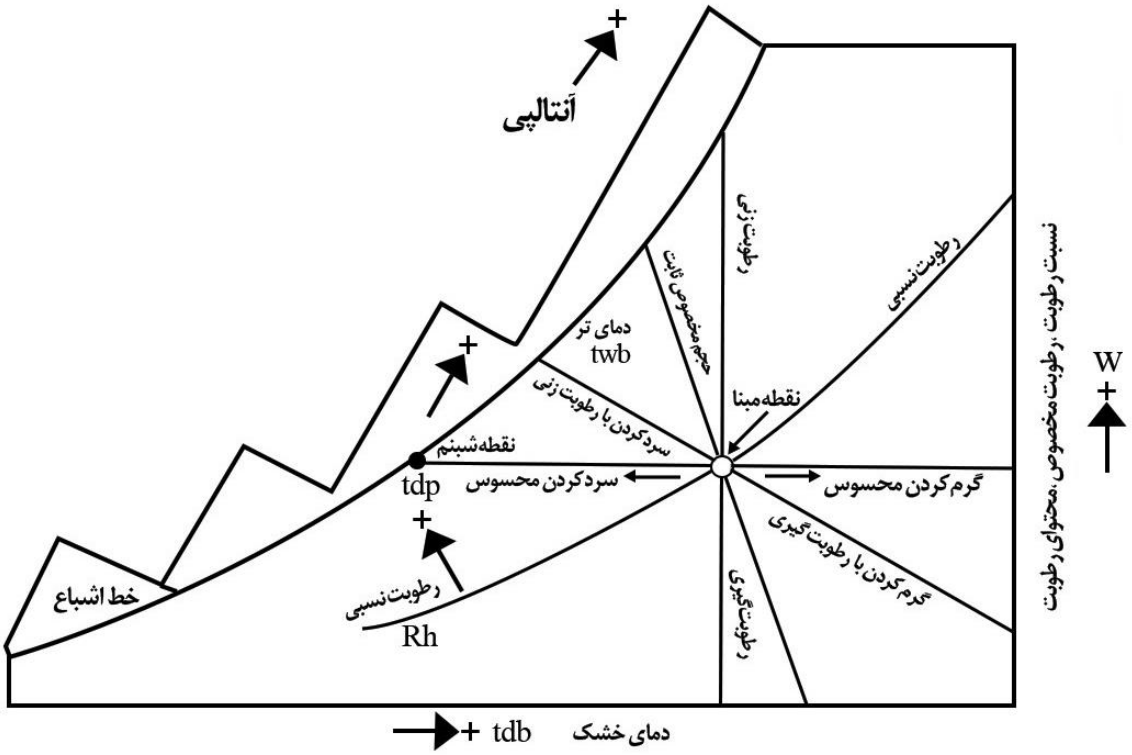
الف) وجود باد با سرعت زیاد ب) هوای ساکن ج) اشباع هوا از بخار د) هیچ‌کدام

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 نشان‌دهنده مشخصات هوا (یعنی دما و رطوبت، مقدار آنتالپی (یا انرژی) 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 به‌دست آوریم. بنابراین سایکرومتریک، علمی است که به مشخصات دما و رطوبت هوا می‌پردازد.



شکل (۳-۲) نمودار سایکرومتریک (نمودار مشخصات هوا)

پرسش ۳۳-۳) سایکرومتریک (PSYCHROMETRIC) علمی است که: (ق.ت-۸۱ «۲٤»)

الف) در مورد نحوه گرمایش هوا صحبت می‌کند. ب) در مورد نحوه سرمایش هوا صحبت می‌کند.

ج) در مورد مخلوط هوا و بخارآب صحبت می‌کند. د) هیچ‌کدام

پاسخ) مطابق توضیح فوق، گزینه **ج** صحیح است.

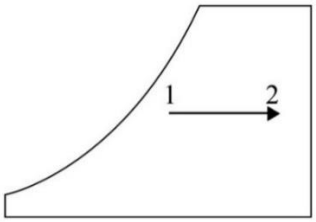
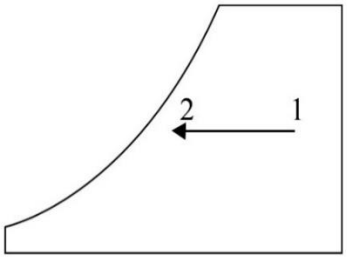
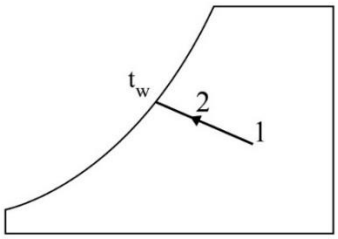
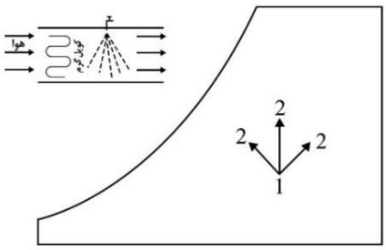
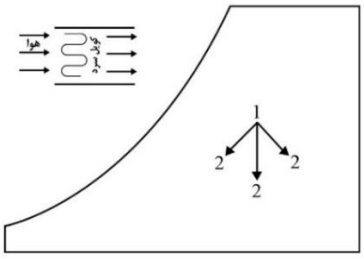
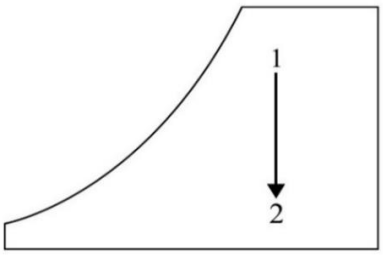
پرسش ۳٤-۳) نمودار م شخ صات هوای مرطوب (سایکرومتریک چارت) را تر سیم کنید. ا ستفاده از این نمودارها را در تهویه مطبوع ساختمان‌ها شرح دهید؟ (د.ت-۷۲ «۲»)

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

انواع عملیات	نمودار	روابط حاکم	توضیحات
گرم کردن هوا		$t_{db2} > t_{db1}$ $W_2 = W_1$ $RH_2 < RH_1$ $h_2 > h_1$ $t_{dP2} = t_{dP1}$ $t_{wb2} > t_{wb1}$	دمای خشک افزایش رطوبت مخصوص ثابت رطوبت نسبی کاهش آنتالپی افزایش دمای نقطه شبنم ثابت دمای مرطوب افزایش
سرد کردن محسوس هوا		$t_{db2} < t_{db1}$ $W_2 = W_1$ $RH_2 > RH_1$ $h_2 < h_1$ $t_{dP2} = t_{dP1}$ $t_{wb2} < t_{wb1}$	دمای خشک کاهش رطوبت مخصوص ثابت رطوبت نسبی افزایش آنتالپی کاهش دمای نقطه شبنم ثابت دمای مرطوب کاهش
رطوبت‌زنی هوا-سرد کردن آدیاباتیک مثال: کولر آبی ایر واشر		$t_{db2} < t_{db1}$ $W_2 > W_1$ $RH_2 > RH_1$ $h_2 \approx h_1$ $t_{dP2} > t_{dP1}$	دمای خشک کاهش رطوبت مخصوص افزایش رطوبت نسبی افزایش آنتالپی تقریبا ثابت دمای نقطه شبنم افزایش
گرم کردن و رطوبت‌زنی هم‌زمان مثال: عبور هوا از روی کویل گرم		t_{db} نامشخص $W_2 > W_1$ RH نامشخص $h_2 > h_1$	دمای خشک نامشخص رطوبت مخصوص افزایش رطوبت نسبی نامشخص آنتالپی افزایش
سرد کردن و رطوبت‌گیری هم‌زمان مثال: عبور هوا از روی کویل سرد		t_{db} نامشخص $W_2 < W_1$ RH نامشخص $h_2 < h_1$	دمای خشک نامشخص رطوبت مخصوص کاهش رطوبت نسبی نامشخص آنتالپی کاهش
فقط رطوبت‌گیری مثال: خشک‌کن‌های شیمیایی یا مکانیکی		$t_{db2} = t_{db1}$ $W_2 < W_1$ $RH_2 < RH_1$ $t_{dP2} < t_{dP1}$ $t_{wb2} < t_{wb1}$	دمای خشک ثابت رطوبت مخصوص کاهش رطوبت نسبی کاهش دمای نقطه شبنم کاهش دمای مرطوب کاهش

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) درصورتی‌که 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. درنتیجه، گزینه **د** پاسخ مورد نظر است.

«فرآیند بی دررو» یا «فرآیند آدیاباتیک»، فرآیندی است که در طول مدت زمان انجام واکنش، گرما بین سیستم و محیط مبادله نمی‌شود ($d_Q = 0$). در این این فرآیند هیچ‌یک از پارامترهای P، V و T ثابت نیستند و همگی تغییر می‌کنند. خنک‌کننده آدیاباتیک، 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، درواقع یک فرآیند آدیاباتیک 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 آن‌را خنک می‌کند. طی این فرآیند، دمای مرطوب هوا ثابت می‌ماند و نقاط انتقال در نمودار سایکرومتریک، از نقطه ۱ به ۲ می‌باشد.

پرسش ۳۷-۳) در صورتی‌که هوا را به‌صورت آدیاباتیک 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 درصورتی‌که هوا را به‌صورت آدیاباتیک 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 هردو افزایش می‌یابند. بنابراین، گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۸-۳) درصورتی‌که هوا به‌صورت محسوس خنک شود، این پدیده به‌وجود می‌آید: (د.ت-۷۱ «۶»)

الف) محتوی رطوبتی کاهش، رطوبت نسبی ثابت می‌ماند. ب) هر دو ثابت می‌ماند.

ج) محتوی رطوبتی ثابت و رطوبت نسبی افزایش می‌یابد. د) محتوی رطوبتی کاهش و رطوبت نسبی افزایش می‌یابد.

پاسخ) بنابر جدول بالا، درصورت 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 مدرّج، اندازه گرفته می‌شود.

ب) ترموکوپل: یک حسگر تشخیص دمای ترموالکتریکی مدار بسته بوده؛ که شامل دو سیم ناهم‌جنس است که در یک انتها به‌هم متصل شده‌اند. زمانی‌که 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 ٤٠-۳) مقدار گرما را با چه وسیله‌ای می‌سنجند؟ (ق.ت-۸٤ «٤٧»)

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 متغییرهای 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:

$$\frac{PV}{T} = nR \qquad (۳-۱۲)$$

که در آن، n تعداد مول ماده و R ثابت جهانی گازها (برابر با ۸/۳ J/mol.K) است.

۳ - ۳ - ۲ - 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 آدیاباتیک (بی‌دررو).

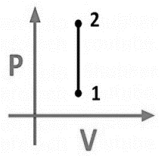
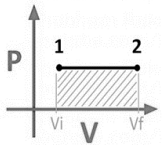
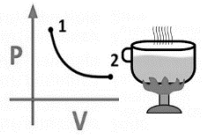
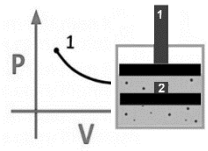
در یک دستگاه ترمودینامیکی اگر به دستگاه گرما بدهیم و یا کار بر روی آن انجام بدهیم، باعث افزایش انرژی درونی آن می‌شود و داریم:

$$U_2 - U_1 = \Delta U = Q + W \qquad (۳-۱۳)$$

در این رابطه، U انرژی درونی و Q و W به ترتیب معرف گرما و کار مبادله شده بین سیستم و محیط می‌باشد. درصورتی‌که سیستم گرما بگیرد Q مثبت و اگر گرما از دست بدهد Q منفی خواهد بود. درصورتی‌که سیستم کار انجام بدهد W مثبت و اگر کار بپذیرد W منفی است.

در فرآیند بی دررو، 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

نوع فرآیند	نمودار	کار (کار مکانیکی)	گرما به/از سیستم (کار مطلق)	تغییر انرژی درونی (کار ترمودینامیکی)	ویژگی
حجم ثابت		$W=0$	Q می‌تواند مثبت یا منفی باشد.	$\Delta U=Q$	با افزایش فشار، دما نیز افزایش می‌یابد. $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$
فشار ثابت		$W=-P.\Delta V$ گاز منبسط W منفی گاز متراکم W مثبت	Q می‌تواند مثبت یا منفی باشد.	$\Delta U=Q+W$	با افزایش حجم، دما نیز افزایش می‌یابد. $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$
دما ثابت		$W=-Q$	$Q=-W$	$\Delta U=0$	با افزایش حجم، فشار کاهش می‌یابد. $P_1V_1=P_2V_2$
آدیاباتیک (بی دررو)		$W=\Delta U$	$Q=0$	$\Delta U=W$	دستگاه ایزوله (عایق بندی کامل) بوده و تبادل گرما با محیط ندارد. $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

نکته ۹-۳) «کار مکانیکی» عبارت است از حاصل‌ضرب 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 کدام‌یک از تحولات زیر، کار مکانیک و کار مطلق برابرند؟ (ق.ب-۸۸ «۲۸»)

الف) حجم ثابت ب) فشارثابت ج) دمای ثابت د) هیچ‌کدام

پاسخ) طبق جدول فوق، فقط در فرایند 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 - ۳ - ۲ - ۲ ماشین گرمایی و بازده آن

ماشین گرمایی، ماشینی است که در یک فرایند 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 به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\eta=\frac{\text{انرژی مفید خروجی}}{\text{انرژی داده شده به ماشین}} \qquad (۳-۱۴)$$

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:

$$\eta=\frac{|W|}{Q_H} \qquad (۳-۱۵)$$

پرسش ۴۲-۳) در یک ماشین ترمودینامیکی طی یک ساعت کارکرد ماکزیمم توان، ۱۸۰۰۰ Mj حرارت جذب و ٤mw کار در توربین تولید می‌شود. راندمان حرارت ماشین در حدود چند درصد است؟ (ق.ب-۹۶ «۳۷»)

الف) ۸۰ ب) ٤۰ ج) ۹۰ د) ۳۰

پاسخ) برای راندمان یک ماشین گرمایی داریم:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{4MW \times 1h}{18000MJ} = \frac{(4\times10^6 W)\times(3600s)}{18000\times10^6 J} = \frac{(4\times10^6\ J/s)\times(3600s)}{18000\times10^6 J} = 0.8 = 80\%$$

گزینه **الف** صحیح است.

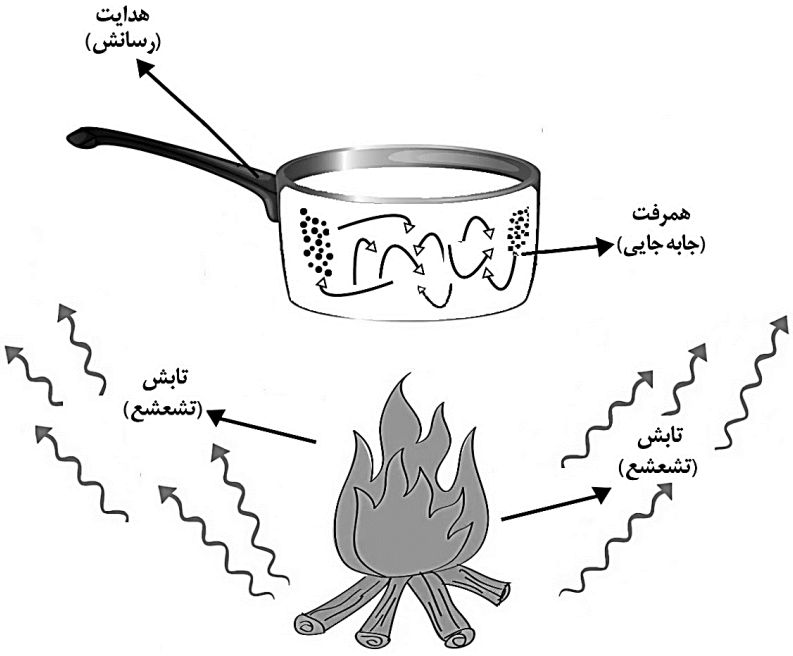
۳ - ۳ - ۳ روش‌های انتقال حرارت

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[۲](همرفت): انتقال حرارت از طریق گاز یا مایع؛ که با حرکت مولکول‌های آن‌ها حرارت انتقال می‌یابد.

ج) تابش[۳](تشعشع): انتقال حرارت بدون دخالت مواد و صرفا از طریق تشعشع.



شکل (۳-۳) روش های 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 شوفاژها 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.

---

[۱] Conduction

[۲] Convection

[۳] Radiation

این پرسش، مشابه پرسش «۵۰» آزمون "برق و ماشین‌آلات 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 کلوین است لذا واحد گرمای ویژه، ژول بر کیلوگرم برکلوین است ($J/kg.K$)، اما با توجه به اینکه تغییرات یک درجه سانتی‌گراد و یک کلوین با یکدیگر برابر است واحد گرمای ویژه، برحسب ژول بر کیلوگرم بر درجه سانتی‌گراد ($J/kg.°C$) نیز بیان می‌شود.

لازم به توضیح است که کلوین (K) و درجه سانتی‌گراد (^oC) از نظر مقداری، باهم برابرند. برای تبدیل این واحدها داریم:

$$K = C - 273 \qquad (۳-۱۶)$$

جدول (۳-۷) جدول گرمای ویژه مواد برحسب $J/kg.K$ در دمای $25\ ^\circ C$

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 $-10\ ^\circ C$	۲۰۰۰	بتن	۸۸۰	چوب	۴۲۰
یخ $100\ ^\circ C$	۱۹۰۰	سنگ مرمر	۸۸۰	مس	۳۸۵
نایلون	۱۷۰۰	آجر	۸۴۰	جیوه	۱۴۰
طلا	۱۲۹۱	گرافیت	۷۱۰	سرب	۱۲۶

پرسش ٤٤-۳) اگر دمای جرم مساوی از هر یک از مواد زیر را از ۲۰ به ۳۰ 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 می‌بایست رابطه‌ی $Q=mc\Delta t$ را به‌کار 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:

$$Q = mc\Delta t = mc(t_2 - t_1) \qquad (۳-۱۷)$$

که در آن، m جرم جسم (برحسب کیلوگرم)، c گرمای ویژه جسم و Q گرمای منتقل‌شده (برحسب ژول) است.

پرسش ٤٥-۳) چه مقدار گرمایش به کیلوژول لازم است تا آب یک مخزن ۲۲۰ لیتری از ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۸۰ درجه سانتی‌گراد برسد؟ (ق.ب-۹۳ «۶»)

الف) ۶٤۶۸۰ ب) ۱۲۹۳۶۰ ج) ۳۲۳٤۰ د) ۱۶۱۷۰

پاسخ) اگر دمای نهایی ۸۰ درجه سانتی‌گراد باشد، داریم:

$$Q = mc(t_2 - t_1) = \left(\frac{220}{1000}\right) \times 1000 \times 4187 \times (80 - 10) = 64,479,800J = 64479.8kJ$$

گزینه **الف** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۴» آزمون "تاسیسات ساختمانی دادگستری" سال ۷۱، پرسش «۳۵» آزمون "برق و ماشین‌آلات کارخانجات قوه قضاییه" سال ۸۰ و پرسش «۱۴» آزمون "برق و ماشین‌آلات کارخانجات قوه قضاییه" سال ۸۰ می‌باشد.

پرسش ۴۶-۳) در صورتی‌که بخواهیم ٤٥ 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 در صد و ظرفیت گرمایی ویژه آب را ۲/٤ کیلوژول بر کیلوگرم درنظر بگیرید) (ق.ت-۸۶ «٤»)

الف) ۳/۶ ب) ۱/۸ ج) ۰/۹ د) ۷/۲

پاسخ) برای جبران تلفات حرارتی (۲۰٪)، باید به همان میزان به گرمای مورد نیاز اضافه نمود. درنتیجه:

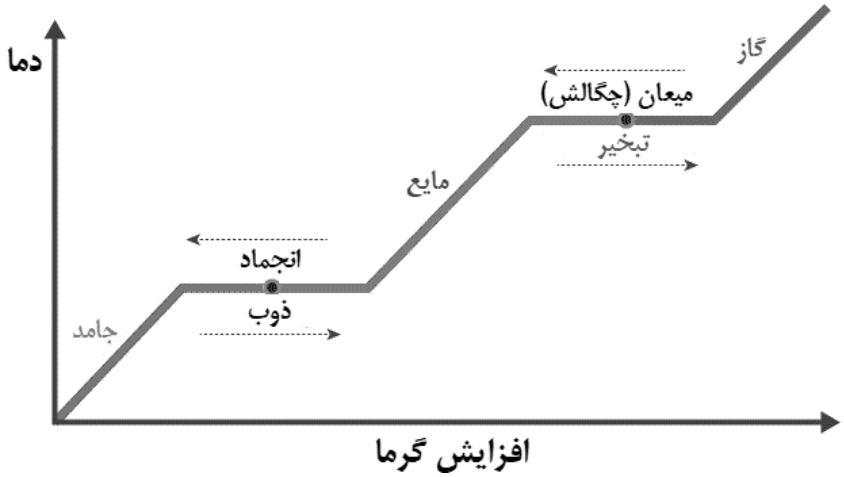
$$Q=(1+0.2)\times mc(t_2-t_1)=1.2\times 45\times 4200\times(80-25)=12,474,000\ J$$

$$P=\frac{Q}{t}=\frac{12,474,000J}{2\times 3600s}=1732W=1.73kW$$

گزینه **ب** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۴» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه‌قضائیه" 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 حالت های 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 منتقل‌شده 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 آن‌را با L_F نشان می‌دهیم.

$$L_F=\frac{Q}{m} \qquad (۳-۱۸)$$

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، کاملا تغییر فاز دهد، گرمای نهان ذوب (صرفا 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 ۴۷-۳) 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.

$$Q = Q_V = mL_V \qquad (۳-۱۹)$$

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 ۴۸-۳) 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 ۴۹-۳) 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

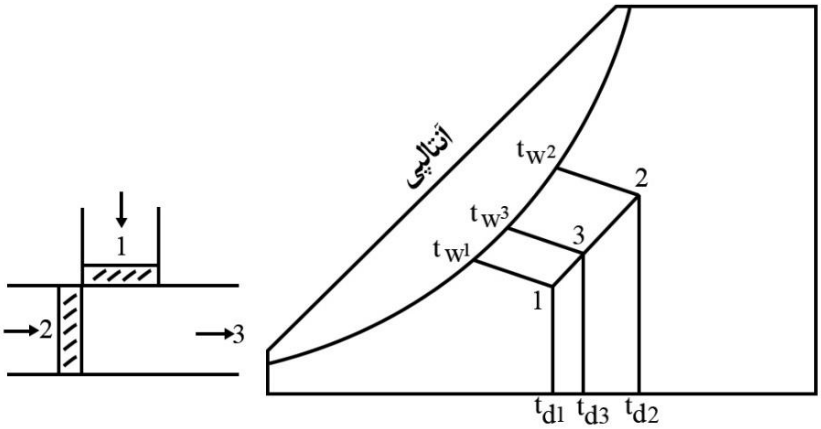
در حالت کلی هرگاه چند جسم متفاوت با گرمای ویژه c_1، c_2، c_3 و...، به جرم m_1، m_2، m_3 و...، با دمای اولیه t_1، t_2، t_3 و ... را در تماس با یک‌دیگر قرار دهیم، دمای تعادل آن‌ها (یعنی t) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$m_1c_1(t-t_1)+m_2c_2(t-t_2)+m_3c_3(t-t_3)+\ldots=0 \qquad (۳-۲۰)$$

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 به‌دست می‌آید: (t نشانگر دما و W نشانگر رطوبت نسبی می‌باشد).

$$t_{d3} = \frac{m_1t_{d1} + m_2t_{d2}}{m_1 + m_2} \qquad (۳-۲۱)$$

$$W_3 = \frac{m_1 W_1 + m_2 W_2}{m_1 + m_2} \qquad (۳-۲۲)$$



شکل (۳-۵) نقطه‌ی تعادل در نمودار سایکرومتریک

پرسش ۵۰-۳) اگر ۳۰۰ گرم آب ۴۰ درجه را با ۲۰۰ گرم آب ۹۰ درجه مخلوط کنیم، دمای تعادل چند درجه سانتی‌گراد می‌شود؟ (ق.ت-۸۷ «۴»)

الف) ۵۵ ب) ۶۵ ج) ۷۰ د) ۶۰

پاسخ) دمای تعادل را از دو روش فوق، به‌دست می‌آوریم:

روش اول:

$$m_1.c_1(t - t_1) + m_2.c_2(t_2 - t) = 0$$

باتوجه به اینکه c_1 و c_2 با هم برابر هستند، داریم:

$$m_1(t - t_1) + m_2(t_2 - t) = 0 \rightarrow 300(t - 40) + 200(90 - t) = 0 \rightarrow t = 60$$

روش دوم:

$$t_{d3} = \frac{(t_{d1}.m_1 + t_{d2}.m_2)}{(m_1 + m_2)} = \frac{(40 \times 300 + 200 \times 90)}{200 + 300} = \frac{30000}{500} = 60$$

بنابراین گزینه **د** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۷» آزمون "برق و ماشین‌آلات کارخانجات قوه‌قضائیه" سال ۹۳ می‌باشد.

پرسش ۵۱-۳) 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:

$$Q_{melting} = m.L_F = 25gr \times 80\frac{cal}{gr} = 2000cal = 2000 \times 4.184 = 8368\ J$$

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:

$$Q_{water} = mc(t_2 - t_1) \rightarrow 8368 = (0.075kg) \times 4200 \times (20 - t_2)$$

$$t_2 = 20 - \frac{8368}{0.075 \times 4200} = -6.5°C$$

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. درنتیجه 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:

(۳-۲۳)

$$C_{water} = 4.187\frac{kJ}{kgK} = 1.001\frac{Btu}{lb°F}$$

(۳-۲۴)

$$1lb = 0.4536kg$$

نکته ۱۳-۳) درجه سانتی‌گراد (C)، درجه فارنهایت (F) و کلوین (K)، با استفاده از روابط زیر به یکدیگر قابل تبدیل هستند:

$$K = 273 + °C \quad (۳-۲۵)$$

$$°F = 1.8°C + 32 \quad (۳-۲۶)$$

$$°C = \frac{°F - 32}{1.8} \quad (۳-۲۷)$$

نکته ۱۴-۳) اختلاف درجه فارنهایت (ΔF) و اختلاف درجه سانتی‌گراد (ΔC)، به‌صورت زیر، به یکدیگر تبدیل می‌گردند:

$$\Delta F = \Delta C \times 1.8 \quad (۳-۲۸)$$

نکته ۱۵-۳) برای تبدیل «گالن بر دقیقه» به «پوند بر ساعت» برای آب، ضریب زیر وجود دارد:

$$1gpm = 8.33\frac{lb}{min} = 500\frac{lb}{hr} \quad (۳-۲۹)$$

توجه شود که پوند واحد جرم بوده و گالن واحد حجم می‌باشد و ضریب فوق، با استفاده از جرم حجمی آب به‌دست آمده است.

پرسش ۵۲-۳) کدام یک از روابط زیر نادرست است (روابط درجه حرارت در سیستم‌های مختلف) (د.ب-۷۹ «۵۰»)

الف) $R°=F°+460$ **ب)** $K°=C°+273$ **ج)** $F°=\frac{9}{5}(C°)+32$ **د)** $C°=\frac{5}{9}(F°+32)$

پاسخ) درجه رانکین (°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 برابراست و داریم:

$$°R = °F + 460$$

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 ۱۰۰۰۰۰۰ Btu/h، دبی آب گرم برحسب gpm کدام یک از گزینه های زیر می‌باشد؟ وزن مخصوص آب ۸/۳۳ lb/gal و اختلاف دمای آب رفت و برگشت ۱۰ درجه سانتی‌گراد فرض شود. **(ق.ت-۹۶ «۱۱»)**

الف) ۲۰۰ ب) ۱۵۰ ج) ۱۰۰ د) هیچ‌کدام

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، داریم:

$$C_{water} = 4.187\frac{kJ}{kgK} = 1.001\frac{Btu}{lb°F}$$

$$\Delta t = 10°C = 10 \times 1.8°F = 18°F$$

$$Q = mc\Delta t \Rightarrow m = \frac{Q}{c.\Delta t} = \frac{1000000\,Btu}{1.001 \times 18} = 55556\ lb$$

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{\rho} = \frac{55556}{8.33} = 6669.4\ gal$$

$$\text{نرخ} = 55556\frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 6669.4\frac{\text{gal}}{\text{hr}} = 6669.4\frac{\text{gal}}{\text{hr}} \times \frac{\text{hr}}{60\,\text{min}} = 111.15\frac{\text{gal}}{\text{min}}(\text{gpm})$$

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 ٥٤-۳) 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 درجه‌کلوین برای ساختمان‌های ویلایی گروه ۲ با انرژی مصرفی برق کدام است؟ (ق.ت.۸۵ «۱۹»)

الف) ۲/۲۵ ب) ۲/۸٤ ج) ۳/۲۹ د) ٤/۲۶

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 معمولا 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:

$$\text{مقاومت حرارتی کل دیواره مرکب} = R_1 + R_2 + ... = \frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + ... \qquad (۳-۳۰)$$

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:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{in}} + R_1 + R_2 + ... + \frac{1}{h_{out}}} \qquad (۳-۳۱)$$

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 می شود 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 محاسبه‌ی 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:

$$Q_1 = UA(T_i - T_o) \qquad (۳-۳۲)$$

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، به‌ترتیب، دمای طرح داخل و دمای طرح خارج ساختمان هستند.

پرسش ۵۶-۳) اتلاف حرارت از یک محیط ۳۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت و ضریب هدایت سرتاسری آن ۲ کیلوکالری بر ساعت مترمربع درجه سانتی‌گراد است؟ سطح حرارتی موردنیاز چند مترمربع است؟ اختلاف‌دما 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 می‌شود:

$$Q = U.A.\Delta t \Rightarrow 3000 = 2 \times A \times 20 \Rightarrow A = \frac{3000}{2 \times 20} = 75m^2$$

بنابراین هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشند.

پرسش ۵۷-۳) 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، ۰/۳ m^2kW، ۰/۱ و ۰/۲۲ است، را بیابید؟ (ق.ت-۸۱ «۲۷»)

الف) ۶/۵۷ m^2kW ب) ۶/۹ m^2kW ج) ۰/۱۵۲ m^2kW د) ۸۸/۷۹ m^2kW

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، ضریب کلی هدایت حرارتی این دیوارها برابر است با:

$$U_{total} = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1}{0.3 + 0.22 + 0.1} = \frac{1}{0.62} = 1.61$$

درنتیجه هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.

پرسش ۵۸-۳) برای تامین گرمای یک ساختمان در زمستان در هر ماه یک تن زغال سنگ مصرف می شود. اگر همین خانه را به‌وسیله انرژی الکتریکی گرم کنیم و بهای برق مصرفی از قرار هر کیلووات ساعت ۵ ریال باشد، هزینه مصرف برق را حساب کنید. (در صورتی‌که از احتراق هر کیلو زغال‌سنگ ۴۰۰۰ کیلوکالری حرارت تولید شود.) (د.ت-۷۲ «۲۲»)

پاسخ) هر کیلوکالری $۱/۱۶۳\times۱۰^{-۳}$ کیلووات ساعت انرژی تولید می‌کند. هر کیلو زغال‌سنگ نیز ٤٠٠٠ کیلوکالری حرارت تولید می‌نمائید. پس:

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

هزینه کل برابر است با: $C_{tot} = 4652\times 5 = 23260\,\text{Rial}$

نکته ۱۷-۳) مقاومت حرارتی لایه هوای مجاور سطوح داخلی و خارجی انواع جدارها (برحسب $m^2.K/W$) به‌صورت زیر است (جدول پ ۸-۱ مبحث ۱۹):

جدول (۳-۸) مقاومت حرارتی لایه هوای مجاور سطح داخلی (Ri) و لایه هوای مجاور سطح خارجی (Re) انواع جدارها

زاویه جدار نسبت به سطح افقی	جهت جریان حرارت	جدار در تماس با فضای خارج			جدار در تماس با فضای کنترل نشده		
		لایه هوای داخلی	لایه هوای خارجی	جمع لایه‌ها	لایه هوای داخلی	لایه هوای خارجی	جمع لایه‌ها
عمودی یا با زاویه بیش از ۶۰ درجه	افقی	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۲۲
افقی یا با زاویه کمتر از ۶۰ درجه	رو به بالا	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۸
	رو به پایین	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۳۴

پرسش ۵۹-۳) مجموع مقاومت لایه‌های هوایی داخل و خارج برای جدارهای قائم پیوسته خارجی ساختمان برحسب مترمربع درجه کلوین به وات کدام است ؟ (ق.ت.۸۵ «۲۳»)

الف) ۰/۱۷ ب) ۰/۱٤ ج) ۰/۲۲ د) ۰/۳٤

پاسخ) طبق جدول فوق، مقاومت حرارتی لایه‌ی هوای مجاور سطح داخلی (R_i) و لایه هوای مجاور سطح خارجی (R_e) برای جدار عمودی (با زاویه بیش از ۶۰ درجه) به‌ترتیب ۰/۱۱ $m^2.K/W$ و ۰/۰۶ $m^2.K/W$ 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 بنابر ضرورت، قبل از استفاده، تصفیه یا سختی‌گیری شود.

پرسش ۶۰-۳) آب خام در کدام‌یک از صنایع زیر، غالباً به‌عنوان خوراک اصلی محسوب می‌شود؟ (ق.ب-۹۹ «٤۶»)

الف) غذایی - پتروشیمی ب) نیروگاه حرارتی - پتروشیمی

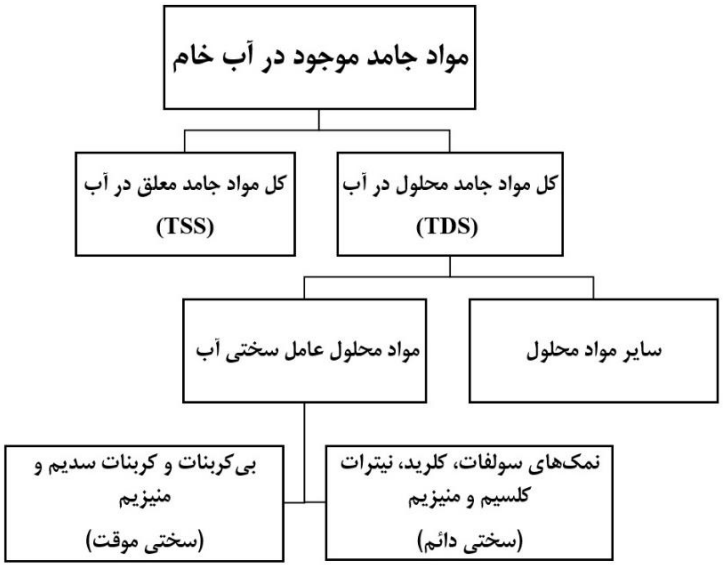
ج) غذایی - دارویی د) نیروگاه حرارتی - دارویی

پاسخ) با توجه به نکته بالا، آب خام، در نیروگاه‌های حرارتی و پتروشیمی استفاده می‌شود. ازطرفی در صنایعی نظیر دارویی و غذایی، پارامترهای آب چون سختی، آلایندگی، PH و غیره، دائماً باید تحت کنترل باشد (به‌دلیل 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، به‌منظور حذف ذرات معلق درشت و سنگین از آب، عملیاتی به‌نام فرآیند ته‌نشینی صورت می‌گیرد. این فرآیند غالبا 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 غالبا دارای بار منفی هستند) را جذب می‌کنند. درنتیجه 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 کوتاه‌کردن مدت زمان ته‌نشینی و کم‌کردن 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 ا زمواد شیمیایی

د) موارد «الف» و «ب»

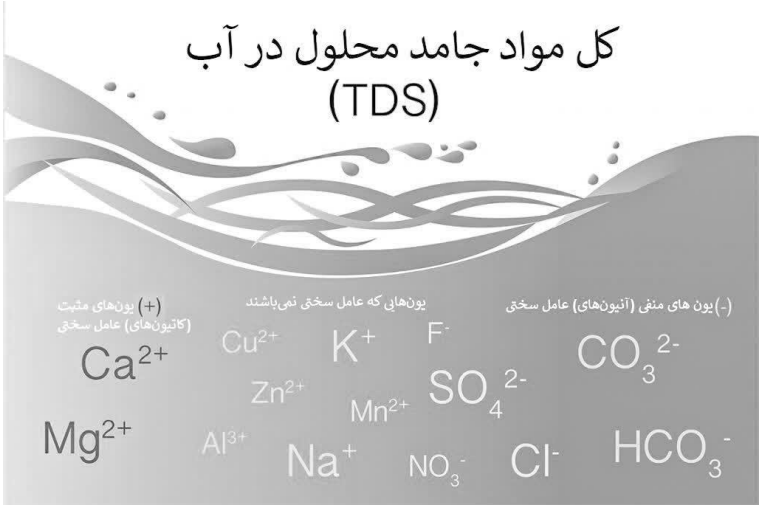
پاسخ) طبق مطالب فوق،گزینه **الف** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۸» آزمون " تاسیسات ساختمانی قوه قضائیه " سال ۸۲ می‌باشد.

---

۳ - ۵ کل مواد جامد حل‌شده 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 (۳-۷) یون‌ها موجود در TDS

جدول (۳-۸) مقادیر تقریبی مواد جامد محلول در آب

نوع آب	TDS (کل مواد جامد محلول) (برحسب ppm)
آب دریا	۱۰۰۰۰< TDS <۴۰۰۰۰
آب شور	۱۰۰۰< TDS <۱۰۰۰۰
آب مجاز نوشیدنی	۵۰۰< TDS <۱۰۰۰
آب مطلوب آشامیدنی	۱۰۰< TDS <۵۰۰
آب مطلوب صنعتی	۵< TDS <۱۰۰

۳ - ۵ - ۱ شیرین کردن آب

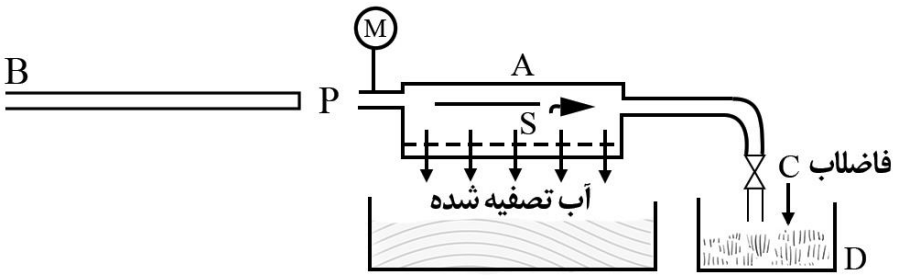
شیرین کردن آب به‌منظور حذف نمک‌ها و املاح معدنی موجود آب صورت می‌گیرد. آب شیرین شده، می‌تواند برای آشامیدن، آبیاری، مصارف صنعتی و غیره استفاده شود. مهم‌ترین روش‌های شیرین کردن آب عبارت است از: روش تقطیر، روش اسموز وارونه (یا معکوس)، روش انجمادی، روش الکترودیالیز و روش تبادل یونی.

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:[۴] 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)، ازهم 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، (ازطریق غشای تراوا یا پوسته نفوذپذیر) به مایع با غلظت بیشتر، نفوذ می‌کند؛ که به این فرآیند،

[۴] REVERSE OSMOSE (RO)

اسموز می‌گویند. در فرآیند «اسموز وارونه»، عکس عمل اسموز طبیعی صورت می‌گیرد؛ به‌طوری‌که 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 به‌سمت 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، به‌صورت 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 انباره (A)، فشرده می‌شود. در قسمت پائین انباره، 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. درنهایت پساب به‌دست‌آمده (یعنی آب شور)، از راه شیر (C) به کانال فاضلاب (D) وارد می‌گردد.

ج) روش انجمادی (تقطیر سرد): درصورت انجماد آب شور، بلورهای یخ به‌دست‌آمده، 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 به‌دست آورد.

پرسش ۶۲-۳) سه روش متداول آب شیرین‌کن‌ها را به‌اختصار شرح دهید. (د.ت-۸۰ «٤» تشریحی)

پاسخ) ازجمله متداول‌ترین روش‌های شیرین کردن آب، می‌توان به روش تقطیر، انجماد سریع و روش اسموز معکوس اشاره کرد. در مطلب فوق، شرح هرکدام آمده است.

پرسش ۶۳-۳) عملی‌ترین و ارزان‌ترین روش شیرین کردن آب‌های شور کدام است؟ (د.ت-۸٤ «۳۶»)

الف) فیلتراسیون REVERSE OSMOSE

ب) ایجاد خلاء 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) به‌وسیله مجموع نمک‌های کلسیم و منیزیم در آب بیان می‌شود. اگرچه ممکن است شامل آلومینیوم، آهن، منگنز، استرانتیم یا روی نیز باشد. آب سخت، در حالت طبیعی می‌تواند رسوب (Scale) ایجاد کند. هنگامی‌که 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 کربنات‌کلسیم 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، نیترات‌ها، 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 حلالیّت آن، تقریبا ۷۰ برابر بیشتر از سختی کربناتی است.

پرسش ۶۴-۳) 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 ۶۵-۳) مواد اصلی تشکیل‌دهنده رسوبات در داخل لوله‌های آب گرم و سرد کدام است؟ (د.ت-۸٤ «۳۷»)

الف) سدیم و پتاسیم ب) کلسیم و منزیم ج) سدیم و منگنز د) کلسیم و آهن

پاسخ) رسوبات ناشی از سختی آب بوده و سختی آب بر حسب نمک‌های کلسیم و میزیم سنجیده می شوند پس گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۶۶-۳) کدام‌یک از موارد زیر، غالباً جزءِ 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 ۶۷-۳) کدام‌یک از مواد زیر باعث سختی آب می‌شود؟ (ق.ب-۸۰ «٤۶»)

الف) سولفات سدیم ب) سولفات مس ج) کربنات منیزیم د) نیترات پتاسیم

پاسخ) با توجه به مطلب فوق، گزینه **ج** صحیح می‌باشد.

پرسش ۶۸-۳) 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) درصورتی‌که آب اسیدی باشد، این حالت اسیدی باعث خوردگی یا corrosion می‌شود. در صورتی که آب قلیایی باشد (یعنی PH بین ۷ تا ١٤)، این حالت قلیایی شرایط تشکیل کربنات‌کلسیم 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.[۵]

این پرسش، مشابه پرسش «۴۲» 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 CO_2 می‌گردند. CO_2 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 ($CaCl_2$) در دیگ بخار می‌تواند باعث ایجاد خوردگی در بخش‌هایی از دیگ شود. حتی مقادیر کمی از $CaCl_2$ در رسوبات، می‌تواند باعث خوردگی شدید فولاد کربنی دیگ شود.

پرسش ۶۹-۳) در مورد سختی آب کدام جمله صحیح است؟ (ق.ب-۸٤«٤۰»)

الف) سختی دائم، میزان کربنات‌کلسیم و کربنات‌منیزیم آن است.

ب) سختی دائم، میزان سولفات‌کلسیم و کلریدمنیزیم آن است.

ج) سختی موقت، میزان کربنات‌کلسیم و کربنات‌منیزیم آن است.

د) سختی موقت، میزان سولفات‌کلسیم و کلریدمنیزیم آن است.

پاسخ) با توجه به مطالب فوق، گزینه‌های **ب** و **ج** صحیح می‌باشند.

این پرسش، مشابه پرسش «۲۰» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه‌قضائیه" سال ۸۴ می‌باشد.

پرسش ۷۰-۳) کدام جمله صحیح است؟ (ق.ت-۸٤ «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 استانداردWHO (سازمان بهداشت جهانی)، به میزان ۲۵۰ میلی‌گرم کربنات‌کلسیم در لیتر و حداقل سختی آب آشامیدنی، ۳۰ میلی‌گرم کربنات‌کلسیم در لیتر تعیین شده است. در ضمن حداکثر درجه سختی آب مصرفی در دیگ‌های بخار طبق استانداردDIN (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

[۵] جهت کسب اطلاعات بیشتر به ASHRAE APPLICATIONS HANDBOOK مراجعه شود.

طبقه بندی	خیلی نرم (Very soft)	نرم (Soft)	نیمه سخت (Medium hard)	سخت (Hard)	خیلی سخت (Very hard)

نکته ۳-۲۱) آب آشامیدنی با میزان سختی ۶۰ تا ۱۲۰ ppm، به‌عنوان آب آشامیدنی خوب شناخته می‌شود.

پرسش ۳-۷۱) آب بسیار سخت، دارای سختی ذیل می‌باشد؟ (ق.ب-۸۰ «۹۶»)

الف) بیش‌از 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

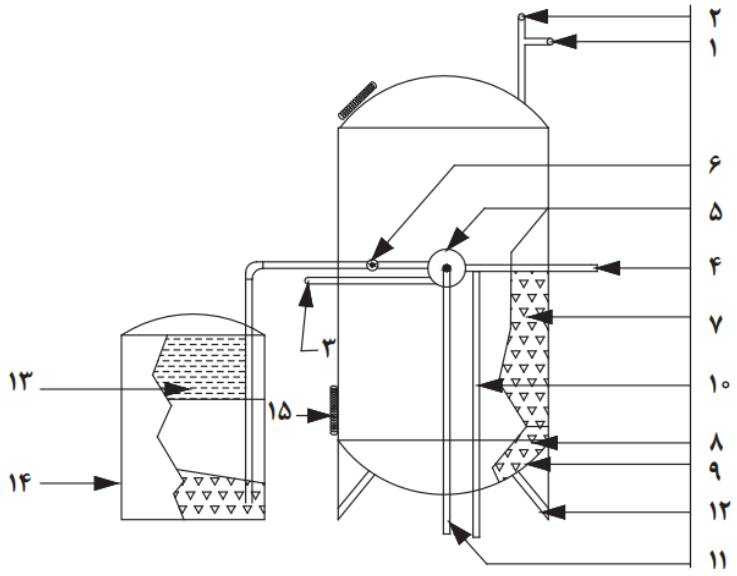
پا سخ) TDS واحد سنجش نیست؛ بلکه یک کمیت است (مانند سختی). واحد سنجش TDS یا مقدار سختی، هر دو برحسب ppm بیان می شوند. تنها گزینه‌ای که صرفا شامل مقدار ppm است، گزینه **د** می‌باشد. بنابراین گزینه **د** صحیح است.

---

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 زئولیتی 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 زئولیتی نشان داده شده است.



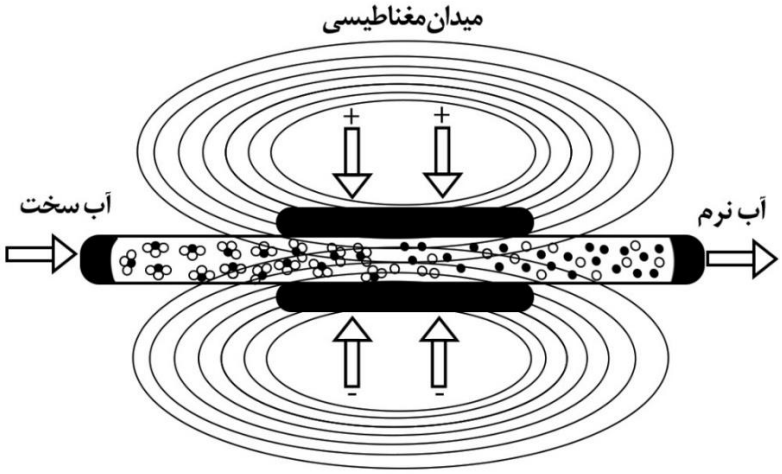
شکل (۳-۹) دستگاه سختی‌گیر زئولیتی

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 شست‌وشوی معکوس ۱۲- پایه ها ۱۳- آب نمک ۱۴- مخزن نمک ۱۵- دریچه بازدید، می‌باشد.

ب) سختی زدایی با آهک: در سختی موقت آب با افزودن یک قلیا، همچون (آهک یا سود)، املاح کلسیم و منیزم محلول در آب به ترکیبات غیرمحلول کربنات کلسیم و منیزیم تبدیل شده که به‌صورت ذرات ریز قابل رسوب درمی‌آیند و قابل جداسازی می‌باشند.

ج) سختی‌گیری مغناطیسی : این سختی‌گیرها با استفاده از مغناطیس دائم در واقع از تشکیل رسوب در لوله‌ها (توسط آب‌های سخت) با استفاده از جریان القایی ناشی از میدان مغناطیسی، جلوگیری می‌کنند.

د) سختی‌گیری الکترومغناطیسی و الکتریکی: این دستگاه شامل مجموعه‌ای از سختی‌گیرها بوده که با اعمال میدان الکترومغناطیسی بر آب و بدون ایجاد کوچک‌ترین تغییر شیمیایی در آن، باعث برهم خوردن توازن یون‌های مثبت و منفی می‌شود. در نتیجه این ذرات، بی تاثیر و معلق می‌شوند و دیگر به بدنه قطعات و سیستم لوله‌کشی نمی‌چسبند.



شکل (۳-۱۰) سختی‌گیر 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 نمک‌های کلسیم و منیزیم در آب بالا رفتن غلظت و میزان سختی آب می‌شود. روش‌هایی برای جلوگیری از آن وجود دارد؛ که در مطلب بالا شرح داده شده‌اند.

پرسش ۷۴-۳) کار یک دستگاه سختی‌گیر آب را توضیح داده و سه نوع آن را نام ببرید. (د.ت-۸۰ «۱۲» تشریحی)

پاسخ) دستگاهای سختی‌گیری آب، شامل سختی‌گیر زئولیتی، سختی‌گیر مغناطیسی، سختی‌گیر الترونیکی و. ... می‌باشد؛ که روش کار آن‌ها در مطلب بالا توضیح داده شده است.

این پرسش، مشابه پرسش «۵» آزمون "برق و ماشین‌آلات کارخانجات دادگستری" سال ۸۲ می‌باشد.

پرسش ۷۵-۳) علت عمده تولید رسوبات در لوله‌های سرد و گرم را در ساختمان‌ها شرح داده و نحوه رسوب‌زدایی و پیشگیری از آن را بیان نمائید. (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. به‌این 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 ۷۶-۳) 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 ۲۲-۳) 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 ۷۷-۳) برای بهبودسازی آب در تجهیزات سختی‌گیر، استفاده از زئولیت منگنز برای چیست؟ (ق.ت-۸٤ «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 ۲۳-۳) گرین (grain) یک واحد اندازه‌گیری برای جرم می‌باشد که تقریباً برابر با ۶۴/۸ میلی‌گرم است.

نکته ۲۴-۳) 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 ۷۸-۳) مقدار آبی که از یک دستگاه سختی‌گیر رزینی عبور می‌کند، ۳۰۰gpm است. سختی آب ٤۰۰ppm است. اگر فاصله زمانی شست‌وشو ۱۲ ساعت باشد، قدرت تقریبی سختی‌گیر، چند میلیون گرین باید باشد؟ (د.ت-۹۸ «٤۱»)

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 ۷۹-۳) سرعت یک جسم در حال سقوط، بستگی دارد به : (ق.ت-۸٤ «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 ۸۰-۳) مسافتی که جسم در حال سقوط طی می‌کند، برابر است با: (ق.ت-۸٤ «۲»)

الف) سرعت × زمان ب) سرعت متوسط × زمان ج) شتاب × زمان د) هیچ‌کدام

پاسخ) طبق تعریف، سرعت متوسط عبارت است از مسافت طی شده در واحد زمان. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۸۱-۳) کدام‌یک 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.

فصل چهارم

پاسخ تشریحی آزمون سال ۹۸

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ آزمون کارشناسی رسمی دادگستری رشته تاسیسات ساختمان سال ۱۳۹۸
- ✓ پاسخ تشریحی آزمون

پرسش ۱) اندازه درب‌های بازرسی در آسانسورها، بر حسب متر، کدامیک از موارد زیر است؟

الف) حداقل ارتفاع ۱/۴ و حداقل عرض ۰/۶ ب) حداقل ارتفاع ۱/۸ و حداقل عرض ۰/۳۵

ج) حداکثر ارتفاع ۱/۸ و حداکثر عرض ۰/۳۵ د) حداکثر ارتفاع ۱/۴ و حداکثر عرض ۰/۳۵

پاسخ) مطابق بند ۱۵-۲-۲-۴-۷، درهای بازرسی (در صورت وجود) باید دارای حداقل ارتفاع ۱/۴ متر و حداقل پهنای ۰/۶ متر باشند. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲) فضای جان‌پناه در آسانسورها، به کدام‌یک از ابعاد زیر، برحسب متر است؟

الف) ۰/۵ × ۰/۶ × ۰/۶ ب) ۰/۵ × ۰/۶ × ۱ ج) ۰/۵ × ۰/۶ × ۰/۸ د) ۰/۵ × ۰/۸ × ۱

پاسخ) مطابق بند ۱۵-۲-۵-۶-۲، ابعاد جان‌پناه در آسانسورها باید برابر با $1m \times 0/6m \times 0/5m$ باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳) ابعاد دریچه اضطراری در سقف کابین آسانسور، برحسب متر، کدام است؟

الف) ۰/۶ × ۰/۶ ب) ۰/۵ × ۰/۶ ج) ۰/۵ × ۰/۴ د) ۰/۵ × ۰/۳۵

پاسخ) مطابق بند ۱۵-۲-۲-۷-۴، دریچه‌های بازدید باید حداکثر ۰/۵ متر درازا و ۰/۵ متر پهنا داشته باشند. تنها گزینه‌ای که این شرایط را مهیا می‌کند. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۴) سرعت عملکرد گاورنر برای یک آسانسور با سرعت ۳ متر بر ثانیه، چند متر بر ثانیه است؟

الف) ۳/۸۳ ب) ۳/۷۵ ج) ۳/۶۵ د) ۱/۵

پاسخ) طبق بند۱۵-۱-۲ مقررات ملی ساختمان، گاورنر وسیله‌ای مکانیکی است که از طریق سیم‌بکسل یا زنجیر به سیستم ترمز ایمنیِ (پاراشوت) کابین یا وزنه تعادل (در صورت وجود)، متصل بوده تا در موقع افزایش سرعت بیش از حد کابین قفل شده و ضمن فرمان قطع برق موتور آسانسور، سیستم ترمز ایمنی را فعال نماید.

سرعت فعال‌سازی گاورنر از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید: $C = 1.25v + \frac{0.25}{v}$

این مقدار باید حداقل ۱۱۵ درصد سرعت اسمی آسانسور باشد: $C \geq 1.15v$

در روابط فوق، v سرعت نامی آسانسور (برحسب متر بر ثانیه) می‌باشد.

درنتیجه با توجه به سرعت عملکرد گاورنر داریم: $C = 1.25v + \frac{0.25}{v} = 1.25 \times 3 + \frac{0.25}{3} = 3.83 \, m/s$

که این مقدار از ۱۱۵٪ سرعت نامی (۳/۴۵ متر بر ثانیه) بیشتر است. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵) در حالت ریویزیون، سرعت کابین آسانسور و وزنه تعادل، به‌ترتیب چند متر بر ثانیه است؟

الف) ۰/۶۳ و ۱ ب) ۰/۶۳ و ۰/۶۳ ج) ۱ و ۰/۶۳ د) ۱ و ۱

پاسخ) مطابق با استاندارد ملی مقررات ایمنی ساختار و نصب آسانسور (۱-۶۳۰۳)، در حالت ریویزیون (سیستم کنترل عملکرد بازرسی)، حداکثر سرعت کابین آسانسور ۰/۶۳ متر بر ثانیه و حداکثر سرعت کابین تعادل می‌تواند برابر، دو برابر و ... آن باشد.

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۶) حداقل قطر سیم‌بکسل کابین آسانسور و وزنه تعادل، به‌ترتیب چند میلی‌متر است؟

الف) ۶ و ۸ ب) ۸ و ۸ ج) ۸ و ۶ د) ۶ و ۶

پاسخ) در آسانسورهای کابلی، چند رشته (معمولا ۴ یا ۸) کابل برای نگه داشتن کابین و وزنه تعادل استفاده می‌شود که در صورت پارگی یکی از آن‌ها، باقی کابل‌ها وزن سیستم را تحمل کنند.

مطابق با استاندارد ملی مقررات ایمنی ساختار و نصب آسانسور (۱-۶۳۰۳)، کابین‌ها و وزنه‌های تعادل باید به‌وسیله طناب‌ها یا زنجیرهای فولادی با حداقل قطر ۸ میلی‌متر آویزان شوند. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۷) مقدار فشار و دما در شیر اطمینان آب‌گرم‌کن، به‌ترتیب، چند کیلو پاسکال و چند درجه سلسیوس است؟

الف) ۹۰ و ۱۰۳۵ ب) ۹۹ و ۹۸۵ ج) ۹۹ و ۱۰۲۵ د) ۹۹ و ۱۰۳۵

پاسخ) در بند ۱۶-۶-۸-۳-پ-۱ و ۱۶-۶-۸-۳-ج-۳ از مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان، نقاط تنظیم توسط شیرهای اطمینان حرارتی ۹۹ درجه سانتی‌گراد و شیرهای اطمینان فشاری ۱۰۰۰ کیلو پاسکال می‌باشد، اما مطابق بند ۱۴-۷-۴-۲-ب از مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، آب گرمکن باید مجهز به شیراطمینان فشار و دما، با فشار تنظیم شدهٔ ۱۰۳۵ کیلوپاسکال (۱۵۰ پوند بر اینچ مربع) و دمای تنظیم شدهٔ ۹۹ درجهٔ سلسیوس (۲۱۰ درجهٔ فارنهایت)، باشد. در نتیجه گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۸) تعداد شیرهای تخلیه بر روی یک دیگ بخار با فشار ۱۲۰ پوند بر اینچ‌مربع قرار می‌گیرد، چند عدد و به کدام صورت است؟

الف) سه- سری ب) سه- موازی ج) دو- سری د) دو- موازی

پاسخ) مطابق بند ۱۴-۷-۴-۶-پ-۴ از مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان روی دیگ‌های بخار با فشار کار مجاز بیش از ۶۸۹ کیلو پاسکال (۱۰۰ پوند بر اینچ مربع)، باید دو شیر تخلیه به‌صورت سری نصب شود؛ که حداقل یکی از آن‌ها ازنوع «آهسته بازشو» باشد. دراین‌صورت، شیر قطع سریع، باید نزدیک‌تر به دیگ نصب شود . گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۹) کدام مورد در خصوص شیرهای اطمینان نصب شده بر روی دیگ بخار، صحیح است؟

الف) شیر باید به‌صورت ثقلی تخلیه شود.

ب) قطر لوله تخلیه باید حداقل ۱/۲ برابر قطر دهانه تخلیه این شیر باشد.

ج) در مسیر خروجی این شیر، می‌توان یک شیر یک‌طرفه نصب کرد.

د) لوله اتصال بین دهانه این شیر و نقطه خروجی یا آب گرم، در محل نصب دستگاه یا فضای خارج، باید قابل انعطاف باشد.

پاسخ) در بند ۱۴-۷-۷-۳ مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان در رابطه با نصب شیر اطمینان داریم:

الف) شیر اطمینان باید بر روی دهانهٔ پیش‌بینی شده، روی دیگ آبگرم، دیگ بخار و مخزن آبگرم مصرفی، نصب شود.

ب) بین دیگ آبگرم، دیگ بخار، آب‌گرمکن و مخزن آبگرم مصرفی تا شیر اطمینان، نباید هیچ شیر دیگری نصب شود.

پ) روی لولهٔ تخلیهٔ بعد از شیر اطمینان نباید هیچ نوع شیر دیگری نصب شود.

- شیر اطمینان دیگ آبگرم و مخزن آبگرم مصرفی باید به‌طور ثقلی تخلیه شود.
- تخلیهٔ شیر اطمینان دیگ بخار باید از راه لوله‌ای به فضای خارج از ساختمان هدایت شود.
- لولهٔ اتصال بین دهانهٔ تخلیهٔ شیر اطمینان و نقطهٔ دریافت تخلیهٔ سیال، در محل نصب دستگاه یا در فضای خارج، باید غیرقابل انعطاف و مناسب برای دمای سیال خروجی باشد.
- قطر لولهٔ تخلیه باید حداقل برابر قطر دهانهٔ تخلیهٔ شیر اطمینان باشد.

هیچکدام از گزینه های ب و ج و د به ترتیب بنابر نکته بالا بندهای پ-۴، پ و پ-۳ موردنظر نبوده و تنها گزینه **الف** بنابر بند پ-۱ صحیح است.

پرسش ۱۰) حداقل ابعاد دریچه تهویه طبیعی اتاق سونا، چند اینچ است؟

الف) ۲ × ۸ ب) ۴ × ۸ ج) ۴ × ۴ د) ۴ × ۲

پاسخ) مطابق بند ۱۴-۸-۶-۱۰ مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، اتاق سونا باید به دریچهٔ تهویهٔ طبیعی مجهز باشد. ابعاد این دریچه که در بالای در ورودی اتاق سونا نصب می‌شود، نباید از ۱۰۰×۲۰۰ میلی‌متر (۴×۸ اینچ) کمتر باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۱) در هنگام تست سیستم‌های لوله‌کشی تأسیسات مکانیکی ساختمان، کدام مورد باید رعایت شود؟

الف) آزمایش با آب و با فشار ۱/۵ برابر فشار کار طراحی سیستم لوله‌کشی انجام می‌شود.

ب) ۲۴ ساعت و با فشار دو برابر فشار طراحی

ج) مدت‌زمان تست باید یک ساعت باشد.

د) فشار کار باید از ۰/۷ بار کمتر باشد.

پاسخ) مطابق بند ۱۴-۲-۵-۱۰-الف مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، در آزمایش لوله‌های تاسیسات مکانیکی باید به نکات زیر توجه شود.

آزمایش با آب، باید با فشار حداقل ۱/۵ برابر فشار کار طراحی سیستم لوله‌کشی، انجام شود.

- در هر حال، کمینهٔ فشار آزمایش نباید از ۷ بار کم‌تر باشد.
- در آزمایش شبکهٔ لوله‌کشی، فشارسنج باید در بالاترین نقطهٔ شبکه قرار داشته باشد .

مدت زمان آزمایش، باید حداقل دو ساعت پیوسته باشد. (۱۴-۱۰-۵-۲-ب)

- در مدت آزمایش، باید همهٔ اجزای لوله‌کشی و اتصال‌ها یک به یک بازرسی و هیچ‌گونه نشتی مشاهده نشود.
- درصورت مشاهدهٔ نشت آب، باید قطعه یا اتصال معیوب تعویض یا ترمیم شود و سپس آزمایش تکرار گردد.

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۱۲) کدام مورد در خصوص حداکثر فشار کار و دمای مجاز اجزای لوله‌کشی توزیع آب مصرفی، صحیح است؟

الف) باید کمتر از ۱۰ بار در دمای ۳۲ سانتی‌گراد باشد. ب) باید کمتر از ۱۰ بار در دمای ۲۵ سانتی‌گراد باشد.

ج) نباید کمتر از ۱۰ بار در دمای ۲۵ سانتی‌گراد باشد. د) باید بیشتر از ۱۵ بار در دمای ۳۰ سانتی‌گراد باشد.

پاسخ) مطابق بندهای ۱۶-۳-۲-۴- الف و ب از مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان داریم:

- حداکثر فشار کار مجاز برای اجزای لوله‌کشی توزیع آب سرد مصرفی (لوله، فیتینگ، فلنج، شیر و ...)، در دمای کار ۲۵ درجه سلسیوس، نباید از ۱۰ بار کم‌تر باشد.
- حداکثر فشار کار مجاز برای اجزای لوله‌کشی توزیع آب گرم مصرفی (لوله، فیتینگ، فلنج، شیر و ...)، در دمای کار ۸۰ درجه سلسیوس، نباید از ۱۰ بار کم‌تر باشد.

با توجه به موارد فوق، گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۳) اگر مسیر خط لوله توزیع آب مصرفی در زیرزمین، مسیر خط فاضلاب را قطع کند فاصله قائم لوله آب مصرفی و فاضلاب، چند سانتی‌متر است؟

الف) حداکثر ۳۰ ب) حداقل ۳۰ ج) حداقل ۲۵ د) حداقل ۲۰

پاسخ) مطابق بند ۱۶-۳-۷-۸-ب اگر مسیر خط لولهٔ توزیع آب مصرفی در زیر زمین، ناگزیر باید مسیر خط لولهٔ فاضلاب را قطع کند، دراین‌صورت باید زیر لولهٔ آب مصرفی، حداقل ۳۰۰ میلی‌متر از روی لولهٔ فاضلاب، فاصلهٔ قائم داشته باشد. این فاصله باید با خاک کوبیده‌شده پر شود. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۴) کدام مورد، عبارت زیر در خصوص ضدعفونی کردن لوله‌کشی آب مصرفی را به‌نحو صحیح تکمیل می‌کند؟

«لوله‌کشی با محلول کلر با غلظت ..... و به‌مدت ..... ساعت انجام می‌شود».

الف) ۱۰۰-۱۲ PPM ب) ۲۰۰-۲ PPM ج) ۵۰-۱۲ PPM د) ۵۰-۱۲۲۴ PPM

پاسخ) مطابق بند ۱۶-۳-۹-۱-ب، مراحل ضدعفونی کردن لوله‌ها در سیستم لوله‌کشی آب آشامیدنی به‌صورت زیر است:

- ابتدا باید لوله‌کشی با آب آشامیدنی کاملاً شستشو داده شود و داخل لوله‌ها از مواد زائد و زیان‌آور کاملاً پاک گردد. شستشو باید تکرار شود تا آب خروجی از دهانه‌های باز کاملاً تمیز شده و عاری از مواد زائد و آلوده گردد.
- سپس لوله‌کشی باید با محلول کلر با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۵۰ppm) پر شود و همهٔ شیرها و دهانه‌های باز به‌مدت ۲۴ ساعت بسته شود. می‌توان مدت ضدعفونی را ۳ ساعت و غلظت محلول کلر را ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۲۰۰ppm) تعیین کرد.
- پس از آن باید لوله‌کشی را از محلول کلر خالی کرد و با آب آشامیدنی دوباره شستشو کرد تا زمانی که آب خروجی از دهانه‌های باز بدون کلر باشد.
- پس از انجام کامل عمل ضدعفونی باید نمونهٔ آب برای آزمایش میکروب‌شناسی برداشته شود. اگر نتیجهٔ آزمایش نشان دهد که هنوز در لوله‌ها یا دیگر اجزای لوله‌کشی آلودگی باقی است، باید با تأیید ناظر ساختمان، عمل ضدعفونی به‌ترتیب بالا تکرار شود.

طبق مطلب فوق، لوله‌کشی با محلول کلر با غلظت ppm ۵۰ و به‌مدت ۲۴ ساعت (و یا با غلظت ppm ۲۰۰ و به‌مدت ۳ ساعت) انجام می‌شود. بنابراین گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۱۵) تست لوله‌کشی فاضلاب بهداشتی، در کدام‌یک از شرایط زیر انجام می‌شود؟

الف) با هوا– فشار ۰/۳ بار حداقل ۱۵ دقیقه ب) با هوا– فشار ۰/۳ بار به‌مدت یک ساعت

ج) با آب– فشار ۰/۳ بار به‌مدت حداکثر ۱۵ دقیقه د) با هوا– فشار ۰/۳ بار به‌مدت حداکثر ۱۵ دقیقه

پاسخ) مطابق بند ۱۶–۴–۵ تست لوله کشی فاضلاب مطابق جدول زیر انجام می پذیرد:

مرحله آزمایش	سیال آزمایش‌کننده	مدت زمان (دقیقه)	فشار تست
آزمایش لوله‌ها قبل از نصب لوازم بهداشتی	آب	۱۵	پر شدن تمام سیستم با آب (در حالت کل طبقات با هم)
			۳ mH_2O (در حالت طبقه به طبقه)
	هوا	۱۵	۰/۳ bar
آزمایش نهایی سیستم بعد از نصب لوازم بهداشتی	دود یا هوا	۱۵	۲۵ mmH_2O

با توجه به مطالب فوق، آزمایش لوله‌کشی فاضلاب با هوا، با فشار ۰/۳ بار و به‌مدت حداقل ۱۵ دقیقه، انجام می‌شود. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۱۶) نصب کدام تجهیزات کنترلی زیر، در سیستم لوله‌کشی گاز الزامی است؟

الف) شیر خودکار گاز در داخل آزمایشگاه

ب) شیر خودکار قطع گاز حساس در مقابله زلزله در همه ساختمان‌ها

ج) شیر خودکار قطع گاز حساس در مقابله زلزله در ساختمان‌های عمومی

د) دستگاه اعلام خطر نشت گاز در موتورخانه‌های ساختمان‌های عمومی و خاص

پاسخ) مطابق مبحث ۱۷ مقرات ملی ساختمان داریم:

۱۷–۴–۷–۵–۱– نصب شیر خودکار قطع گاز حساس در مقابل زلزله، در ابتدای لوله‌کشی گاز ساختمان‌های آپارتمانی مسکونی بزرگ و ساختمان‌های آپارتمانی عمومی و ساختمان‌های خاص، بعد از شیر اصلی الزامی است.

۱۷–۴–۷–۵–۲– نصب آشکارساز گاز طبیعی و آشکارساز مونوکسید کربن، در موتورخانه‌های ساختمان‌های آپارتمانی مسکونی بزرگ و ساختمان‌های آپارتمانی عمومی و ساختمان‌های عمومی و ساختمان‌های خاص، الزامی است.

طبق نکات فوق گزینه **د** صحیح‌ترین پاسخ است.

پرسش ۱۷) فاصله کنتور گاز از منابع تولید اشتعال، چقدر باید باشد؟

الف) حداقل ۱ متر ب) حداقل ۵۰ سانتی‌متر ج) حداکثر ۱ متر د) حداقل ۱۰ سانتی‌متر

پاسخ) مطابق بند ۱۷–۱۰–۳–۷–۴ از مبحث ۱۷ مقررات ملی ساختمان، فاصله کنتور از بدنه دستگاه‌های گازسوز باید حداقل یک متر باشد. گزینه الف صحیح است.

پرسش ۱۸) مصرف گاز مشعل‌های حرارت مرکزی، به‌ترتیب، بر اساس هر چند مترمربع زیربنای مفید، حداقل چند مترمکعب در ساعت منظور می‌شود؟

الف) ۱۰۰ و ۱ ب) ۱۰۰ و ۱/۵ ج) ۵۰ و ۱/۵ د) ۵۰ و ۲

پاسخ) مطابق بند ۱۷–۴–۳–۳ از مبحث مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۳۸۹)، مصرف گاز مشعل‌های حرارت مرکزی، براساس متوسط هر ۱۰۰ متر مربع زیربنای مفید حرارتی، ۱/۵ مترمکعب در ساعت منظور می‌گردد. در نقاط سردسیر یا گرمسیر، این عدد باید براساس محاسبات تبادل حرارتی ساختمان محاسبه و تعیین شود. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۹) در صورتی که لوله انشعاب مشعل از حوالی کف موتورخانه عبور کند، ارتفاع آن از کف حداقل چند میلی‌متر است؟

الف) ۵۰ ب) ۲۵ ج) ۱۰ د) ۵

پاسخ) مطابق بند ۱۷-۵-۱۳-۴ مبحث ۱۷ مقررات ملی ساختمان، پایین‌ترین قسمت لوله‌های افقی که از روی کف موتورخانه عبور می‌کنند، مانند لوله انشعاب مشعل، باید از کف محل عبور حداقل ۵ سانتی‌متر (۵۰میلیمتر) بالاتر قرار گیرد و به‌صورت دولایه رنگ‌آمیزی انجام گیرد و با استفاده از بست، در محل خود محکم شود. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۰) به‌ترتیب، آزمایش استحکام یا مقاومت لوله‌کشی گاز و آزمایش نشت، با چه فشاری باید صورت گیرد؟

الف) ۲ و ۲ ب) ۰/۷ و ۰/۷ ج) ۲ و ۱ د) ۲ و ۰/۷

پاسخ) مطابق بندهای ۱۷-۸-۳ و ۱۷-۱۶-۹ از مبحث ۱۷ مقررات ملی ساختمان، خلاصه شرایط لازم برای آزمایش استحکام لوله‌کشی گاز فشار ضعیف و فشار قوی در جدول زیر آورده شده است:

	آزمایش‌های استحکام	فشار آزمایش	مدت زمان آزمایش
فشار ضعیف ($\frac{۱}{۴}$ psi) (بند۱۷-۸-۳)	آزمایش مقاومت	۲ بار (۳۰ psi)	۱ ساعت
	آزمایش نشتی	۰/۷ بار (۱۰ psi)	۲۴ ساعت
فشار قوی (psi ۲ الی psi ۶۰) (بند ۱۷-۱۶-۹)	آزمایش مقاومت و نشتی	۱۰۰ psi	۴۸ ساعت

با توجه به گزینه‌ها، مشخص است که سوال راجع به گاز فشار ضعیف ($\frac{۱}{۴}$ psi) می‌باشد. طبق مطالب فوق، فشار گاز در آزمایش‌های مقاومت و نشتی، به‌ترتیب، ۲ بار و ۰/۷ بار است. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲۱) زنجیره جبران، به‌کدام علت در آسانسورهای ساختمان‌های بلندمرتبه نصب می‌شود؟

الف) جلوگیری از اضافه‌بار ب) کاهش قدرت موتور ج) حرکت آرام آسانسور د) جلوگیری از سقوط آسانسور

پاسخ) مطابق بند ۱۵-۱-۲ مبحث ۱۵ مقررات ملی ساختمان، زنجیر تعادل (زنجیر جبران) در ساختمان‌های بلند و آسانسورهای با ارتفاع بیش از ۸ طبقه، وقتی که کابین در بالا و یا پایین‌ترین طبقه قرار می‌گیرد، مجموعه وزن سیم‌بکسل‌ها که مقدار قابل ملاحظه‌ای است به یک سمت فلکه کششی منتقل می‌شود. برای کنترل وزن متغیر طناب، یک سیم‌بکسل یا زنجیر، از تیر پایین یوک کابین به تیر پایین وزنه تعادل (هم‌وزن سیم‌بکسل‌ها) متصل می‌شود تا اضافه وزن به‌وجود آمده توسط سیم‌بکسل‌ها را جبران نماید و به آن طناب، سیم‌بکسل یا زنجیر جبران می‌گویند. وزن زنجیر جبران برابر است با وزن سیم‌بکسل به‌اضافه نصف وزن کابل‌های آویزان از کابین است. استفاده از زنجیر جبران باعث کاهش قدرت الکتروموتور می‌شود. همچنین زنجیره جبران (زنجیر تعادل) باعث می‌شود که فشار وارده بر موتور کمتر شود. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۲) حداکثر سرعت پیاده‌رو متحرک، چند متر بر ثانیه و حداکثر شیب آن، چند درجه نسبت به افق است؟

الف) ۰/۷۵ و ۱۴ ب) ۰/۵ و ۱۴ ج) ۰/۷۵ و ۱۲ د) ۰/۵ و ۱۲

پاسخ) مطابق بند ۱۵-۳-۱-۸ و۱۲ مبحث ۱۵ مقررات ملی ساختمان سرعت اسمی پیاده‌روی متحرک در ورودی و خروجی آن، حداکثر ۰/۷۵ متر بر ثانیه است. زاویه شیب پیاده‌روی متحرک، حداکثر ۱۲ درجه نسبت به سطح افق می‌باشد. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۲۳) حداقل صدای تولید شده توسط آژیر یا زنگ اعلام‌حریق، در فضاهای معمولی باید چند دسی‌بل باشد؟

الف) ۶۵ ب) ۶۰ ج) ۵۰ د) ۴۵

پاسخ) مطابق دستورالعمل و ضوابط طراحی، نظارت و اجرای سیستم های اعلام حریق حداقل صدای لازم، باید ۶۵dB و ۵dB بالاتر از نویز محیط باشد. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۴) در روشنایی ایمنی، چند نقطه روشنایی از یک مدار می‌تواند تغذیه گردد و نیز کل جریان مدار، نباید از چند درصد جریان مجاز کلید حفاظتی آن مدار، بیشتر باشد؟

الف) ۳۰ و ۶۰ ب) ۲۰ و ۶۰ ج) ۳۰ و ۷۰ د) ۲۰ و ۷۰

پاسخ) مطابق بند ۱۳-۵-۶-۱-۳ مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان، در روشنایی ایمنی نباید بیش از ۲۰ نقطه روشنایی از یک مدار تغذیه گردد و نیز کل جریان مدار نباید از ۶۰ درصد جریان مجاز کلید حفاظتی (با اعمال ضرایب کاهش باردهی کلید حفاظتی) آن مدار بیشتر باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۵) حداقل فاصله کنتور برق و سیم برق روکار از کنتور گاز با فشار PSI ۱۴، به ترتیب، چند سانتی‌متر باید باشد؟

الف) ۳۰ و ۲۰ ب) ۲۰ و ۳۰ ج) ۱۰ و ۳۰ د) ۵۰ و ۱۰

پاسخ)مطابق بند ۱۷-۴-۳-۷-۹ مبحث ۱۷ مقررات ملی ساختما، فاصله کنتور از سیمهای برق که روی کار نصب شدهاند باید حداقل ۱۰ سانتیمتر و از کنتور برق حداقل ۵۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود . گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲۶) مقدار آب تبخیر شده در یک دستگاه AIR WASHER با ظرفیت cfm ۵۰،۰۰۰ و دمای خشک ۹۸ درجه فارنهایت و دمای خشک خروجی ۷۵ درجه فارنهایت، چند GPM است؟

الف) ۲/۳ ب) ۴/۷ ج) ۵/۶ د) ۶

پاسخ) در ایرواشر مقداری آب بر اثر تبخیر، مصرف می‌شود. مقدار آب تبخیرشده از ایرواشر(برحسب gpm) برابر است با:

$$E_{AW}=\frac{cfm}{1000}\times\frac{(T_2-T_1)}{500}$$

T1 و T2 به‌ترتیب، دمای خشک هوای خروجی و ورودی برحسب درجه فارنهایت می‌باشند. بنابراین داریم:

$$E_{AW}=\frac{cfm}{1000}\times\frac{(T_2-T_1)}{500}=\frac{50000}{1000}\times\frac{(98-75)}{500}=2.3\ gpm$$

گزینه **الف** صحیح است

پرسش ۲۷) دبی یک دستگاه پمپ با سرعت RPM ۱۲۰۰، برابر GPM ۳۵۰ است. اگر سرعت به RPM ۱۸۰۰ افزایش یابد، دبی پمپ چند GPM است؟

الف) ۸۰۰ ب) ۷۹۵ ج) ۵۲۵ د) ۴۹۵

پاسخ) رابطه تغذر دبی با سرعت دورانی با ثابت بودن قطر برابر است با:

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{N_1}{N_2}$$

بنابراین داریم:

$$Q_2=\frac{Q_1N_2}{N_1}\ \rightarrow\ Q_2=\frac{1800\times350}{1200}=525\ GPM$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۲۸) انبساط طولی لوله‌های فولادی، تقریباً ۸ اینچ به ازای هر ۱۰۰ درجه فارنهایت و برای ۱۰۰ فوت طول لوله است. با تغییر دما به ۲۰۰ درجه فارنهایت، انبساط طولی این لوله‌ها، چند اینچ است؟

الف) ۱۰ ب) ۱۲ ج) ۱۵ د) ۱۶

پاسخ) رابطه تغییرات طول لوله با دما به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta l=l_0 a\,\Delta t$$

در رابطه فوق، Δl تغییرات طول لوله، a ضریب انبساط طولی، l0 طول اولیه لوله و Δt تغییرات دما می‌باشد. با توجه به اینکه $\Delta l=l0a\Delta t$، با دوبرابر شدن Δt، درصورت ثابت بودن طول اولیه (l0) وضریب انبساط طولی (a)، افزایش طول (Δl) نیز دو برابر خواهد بود.

$$\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2}=\frac{l_0 a\,\Delta t_1}{l_0 a\,\Delta t_2}=\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\rightarrow\frac{8}{\Delta l_2}=\frac{100}{200}\rightarrow\Delta l_2=\frac{8\times200}{100}=16inch$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲۹) برای از بین بردن بوهای نامطبوع، از کدام نوع فیلتر استفاده می‌شود؟

الف) خشک ب) زغالی ج) هواشوی د) الکترواستاتیکی

پاسخ) مطابق با مورد کاربرد فیلترها، تنها فیلتر ذغالی جهت از بین بردن بوهای نامطبوع مورد استفاده قرار می‌گیرد. گزینه ب صحیح است.

پرسش ۳۰) قدرت یک دستگاه پمپ در ۱۴۵۰ RPM، برابر ۱۰ HP است. اگر دور موتور ۲۹۰۰ RPM شود، قدرت آن چند HP خواهد بود؟

الف) ۱۰۰ ب) ۸۰ ج) ۵۰ د) ۲۰

پاسخ) طبق روابط تشابه، در حالت قطر پروانه ثابت داریم:

$$\frac{Bhp_2}{Bhp_1}=\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \rightarrow Bhp_2=\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 Bhp_1=\left(\frac{2900}{1450}\right)^3\times 10=80\,hp$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳۱) کاربرد شیر خلاشکن (VACUUM BERAKER) در لوله‌کشی آب مصرفی داخل ساختمان چیست؟

الف) جلوگیری از ایجاد فشار منفی در شبکه لوله‌کشی ب) تخلیه هوای مزاحم داخل شبکه

ج) صرفه‌جویی در مصرف آب د) جلوگیری از ضربه‌قوچ

پاسخ) مطابق بند ۱۶-۳-۳-۷-ت-۱ مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان، خلاءشکن اتمسفریک یا فشاری (فنردار)، که برای جلوگیری از برگشت جریان ناشی از مکش سیفونی نصب می‌شود، باید از نظر مشخصات ساخت و آزمایش، طبق یکی از استانداردهای معتبر و مورد تأیید باشد. همچنین مطابق بند ۱۶-۱-۱۱ همین مبحث، شیرخلأشکن، در تأسیسات بهداشتی، نوعی مانع برگشت جریان است؛ که بر روی دهانهٔ خروجی آب از لوله نصب می‌شود تا اگر فشار آب داخل شبکهٔ لوله‌کشی از فشار اتمسفر کم‌تر شود، بلافاصله این وسیله راه ارتباطی بین شبکهٔ لوله‌کشی و مسیر خروجی آب را مسدود نموده، فشار داخلی آن را به فشار اتمسفر برساند تا با تخلیهٔ ثقلی آب باقی‌مانده در مسیر خروجی، از برگشت جریان جلوگیری شود. بنابراین، در صورت کم شدن فشار آب داخل شبکه‌لوله‌کشی، این شیر با وارد کردن هوا به مسیر خروجی، از برگشت جریان ناشی از فشار منفی (فشار کمتر از فشار اتمسفر) جلوگیری می‌کند. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۲) با توجه به سرعت جریان فاضلاب در رایزر یک برج ۴۰ طبقه و حدود ۱۴۰ متر ارتفاع، کدام مورد صحیح است؟

الف) چهار عدد سرعت‌گیر لازم است ب) دو عدد سرعت گیر لازم است

ج) یک عدد سرعت‌گیر لازم است. د) سرعت‌گیر لازم نیست

پاسخ) در رایزرهای اصلی ساختمان‌های بلندمرتبه، در محل‌های مناسب سرعت‌گیر فاضلاب قرار می‌گیرد که معمولاً بعد از هر ۸ طبقه و بر اساس بعضی منابع بعد از هر ۱۰ طبقه، یک سرعت‌گیر قرار داده می‌شود. بنابراین گزینه الف صحیح است.

پرسش ۳۳) بازگردانی هوای محوطه یک استخر شنای سرپوشیده، در کدام صورت مجاز است؟

الف) اصلاً در هیچ شرایطی مجاز نیست.

ب) درجه حرارت محوطه استخر، کمتر از ۴۰ درجه باشد.

ج) درجه حرارت محوطه استخر، بیشتر از ۴۰ درجه باشد

د) رطوبت نسبی محوطه استخر، به ۶۰٪ یا کمتر رسیده باشد.

پاسخ) مطابق بند ۱۴-۴-۴-۵-ب مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، بازگردانی هوای استخر سرپوشیده و فضاهای جنبی آن مجاز نیست؛ مگر آنکه هوا به‌اندازه‌ای رطوبت‌زدائی شود که رطوبت نسبی فضای استخر را به ۶۰ ٪ یا پایین‌تر برساند. بازگردانی این هوا به فضاهای دیگر ساختمان مجاز نمی‌باشد. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۴) به‌منظور افزایش فشار آب ورودی به شبکه لوله‌کشی ساختمان، در کدام محل می‌توان الکتروپمپ برای تأمین فشار لازم نصب کرد؟

الف) قبل از ورود آب شهر به مخزن ذخیره آب مصرفی ساختمان ب) بعد از خروجی آب از مخزن ذخیره

ج) بلافاصله بعد از کنتور آب د) محدودیتی ندارد.

پاسخ) مطابق بند ۱۶-۲-۶-۳-الف-۱ از مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان، نصب مستقیم پمپ روی لوله انشعاب آب شهر مجاز نیست. بنابراین در صورتی‌که فشار آب شهر برای ساختمان کافی نبوده و نیاز به نصب پمپ باشد، ابتدا آب شهر باید به یک مخزن وارد شده و سپس توسط پمپ به طبقات انتقال یابد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳۵) ظرفیت خنک‌کنندگی برج خنک‌کننده آبی در ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا، نسبت به استاندارد آن در کنار دریا، چه تغییری می‌کند؟

الف) زیاد می‌شود. ب) کم می‌شود.

ج) به دمای مرطوب محیط بستگی دارد. د) تغییر نمی‌کند.

پاسخ) عموماً رطوبت هوا با افزایش ارتفاع از سطح دریا، کاهش پیدا می‌کند و درنتیجه، راندمان برج خنک‌کن افزایش می‌یابد گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۶) در یک دستگاه هواساز چند منطقه‌ای (Multi Zone)، دمپر منطقه‌ای از کدام نوع باید باشد؟

الف) نوع تدریجی بدون فنر بازگشت ب) نوع تدریجی با فنر بازگشت

ج) نوع ON-OFF با فنر بازگشت. د) نوع ON-OFF بدون فنر بازگشت

پاسخ) در ساختمان‌هایی که لازم است برای هر منطقه، تهویه هوا و گرمایش (یا سرمایش) به‌صورت مجزا صورت گرفته و از طریق یک سیستم مرکزی کنترل گردند، معمولاً نصب هواساز چند منطقه‌ای توصیه می‌شود. درصورت نصب این تجهیزات در ساختمان، می‌توان از طریق کانال‌کشی گسترده تمام قسمت‌ها را پوشش داد. برای کنترل میزان دبی هوا در کانال‌ها و دریچه‌ها، از زون دمپر یا دمپر منطقه‌ای استفاده می‌شود. این دمپرها به سیستم کنترل مرکزی متصل بوده و با استفاده از پره‌های برقی، قابلیت قطع و وصل تدریجی و کنترل میزان جریان را دارند. از طرفی دمپر بدون فنر قابلیت کنترل بهتری دارد. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۷) کنترل VF ۳ (درایو) در آسانسور، کدام عمل زیر را انجام نمی‌دهد؟

الف) تغییر ولتاژ در نتیجه کاهش برق مصرفی ب) نرمش بیشتر به حرکت آسانسور، با کم کردن فرکانس

ج) توقف دقیق کابین در طبقات د) جلوگیری از سقوط آسانسور

پاسخ) کنترل درایو 3VF سیستم ولتاژ متغیر و فرکانس متغیرمی باشد. این سیستم شتاب اولیه موتوررا با تغییر فرکانس و ولتاژ کم کرده و برای نرمی راه‌اندازی و توقف آسانسور و دقت در توقف کابین، در سطح هم‌تراز طبقه، به‌کار می‌رود. این سیستم، باعث افزایش طول عمر مفید موتور، کاهش هزینه تعمیر و نگهداری و کاهش مصرف برق می‌شود. مطابق استاندارد مقررات ایمنی ساختار و نصب آسانسور (۱-۶۳۰۳) درایو کنترل سرعت با فرکانس VVVF، برای همه آسانسورهای برقی و سیستم نجات اضطراری خودکار (برای آسانسورهای برقی دارای موتور بدون گیربکس)، الزامی می‌باشد. جلوگیری از سقوط آسانسور، ازجمله وظایف سیستم‌های پاراشوت و گاورنر است. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۸) قطر لوله‌های رفت و برگشت منبع انبساط باز در یک دستگاه دیگ شوفاژ به‌ظرفیت ۱۰۰,۰۰۰ kcal/h به‌ترتیب، چند اینچ است؟

الف) ۱ و ۱ ب) $1\frac{1}{4}$ و ۱ ج) ۲ و $\frac{11}{2}$ د) $\frac{11}{2}$ و $\frac{3}{4}$

پاسخ) قطر لوله‌های رفت و برگشت به منبع انبساط باز، با توجه به حجم آب، دما و فشار کار سیستم و ظرفیت گرمایی دیگ، محاسبه و انتخاب می‌شود. قطر لوله‌ها از هر دو سیستم اینچی و متریک قابل محاسبه است:

روش اول (سیستم اینچی): با توجه به اینکه $1\ \text{kcal} = 4\ \text{Btu}$، داریم:

$$Q = 100000\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 100000 \times 4\frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = 400000\,\text{Btu/hr}$$

$$d_S > 0.59 + 0.059\sqrt{\frac{Q}{4000}}$$

$$d_S > 0.59 + 0.059\sqrt{\frac{400000}{4000}} \Rightarrow d_s > 0.59 + 0.059 \times 10 \Rightarrow d_s > 1.18 \Rightarrow d_s = 1\frac{1}{4}\text{inch}$$

$$d_R > 0.59 + 0.04\sqrt{\frac{Q}{4000}}$$

$$d_R > 0.59 + 0.04\sqrt{\frac{400000}{4000}} \Rightarrow d_R > 0.59 + 0.04 \times 10 \Rightarrow d_R > 0.99 \Rightarrow d_R = 1 \text{ inch}$$

روش دوم (سیستم متریک): با توجه به اینکه $1\ \text{kW} = 860\ \text{kcal/h}$، داریم:

$$Q = 100000\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 100000\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \times \frac{1\text{kW}}{860\ \text{kcal}/\text{hr}} = 116.28\ \text{kW}$$

$$d_{\text{Supply}} = 15 + 1.5 \times \sqrt{116.28} = 31.2\ \text{mm} = 31.2\ \text{mm} \times \frac{1\ \text{in}}{25.4\text{mm}} = 1.23\ \text{in} = 1\frac{1}{4}\text{in}$$

$$d_{\text{Return}} = 15 + \sqrt{116.28} = 25.8\ \text{mm} = 25.8\ \text{mm} \times \frac{1\ \text{in}}{25.4} = 1.02\text{in} = 1\ \text{in}$$

گزینه **ب** صحیح می‌باشد.

پرسش ۳۹) در چیلرهای جذبی شعله مستقیم، سوپر هیت شدن در اثر کدامیک از موارد زیر، اتفاق می‌افتد؟

الف) کار نکردن پمپ مبرد ب) زیاد بودن ماده لیتیوم بروماید

ج) بالا رفتن درجه حرارت، بیشتر از حد تعیین شده د) پایین آمدن درجه حرارت، کمتر از حد تعیین شده

پاسخ) سوپرهیتیگ یعنی گرم کردن مبرّد در دمایی بالاتر از دمای تبخیر آن. نزدیک‌ترین گزینه به این مفهوم، گزینه **ج** می‌باشد.

پرسش ۴۰) در یک دستگاه چیلرجذبی، چند عدد پمپ نصب می‌شود؟

الف) یک ب) دو ج) سه د) چهار

پاسخ) در یک دستگاه چیلرجذبی، پمپ ژنراتور، پمپ پاشش آب و پمپ پاشش لیتیوم بروماید نصب می‌شود. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۴۱) 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؟

الف) یک ب) دو ج) سه د) پنج

پاسخ) ظرفیت دستگاه سختی‌گیر رزینی، برحسب گرین (grain)، عبارت است از: $\frac{\text{gpm} \times \text{ppm} \times 60 \times \text{hr}}{17.1}$

بنابراین 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.

پرسش ۴۲) برای جلوگیری از ضربه‌قوچ، از کدام تجهیزات باید استفاده کرد؟

الف) شیرهای الکتریکی تدریجی و والوهای فلکه‌ای (گیت والو)

ب) شیرهای قطع و وصل الکتریکی و دستی

ج) شیرهای سماوری و کروی (بال والو)

د) فشارشکن و شیر اطمینان فشاری

پاسخ) راه‌های مقابله و جلوگیری از ضربه قوچ عبارتند از: طراحی صحیح سایز لوله، استفاده از شیرهای قطع و وصل تدریجی (که معمولا با فرمان برقی کار می‌کنند)، استفاده از مخزن ضربه‌گیر و استفاده از شیر اطمینان می باشد. گزینه الف مناسب‌ترین پاسخ است.

پرسش ۴۳) اگر مقدار آب در برج خنک‌کننده آبی، حدود ۰/۱ آب گردشی بوده و به‌ازای هر ۱۰ درجه فارنهایت اختلاف دمای آب ورودی و خروجی به‌علاوه ۰/۱ درصد آب در گردش در اثر وزش آب باشد، مقدار آب تبخیرشده برای جریان آب ورودی به‌میزان ۶۰۰ گالن در دقیقه، چند گالن در دقیقه است؟

الف) ۱۵/۲۵ ب) ۱۶ ج) ۴۵/۲ د) ۶۰/۶

پاسخ) با توجه به اینکه آب برج خنک‌کن ۶۰۰ گالن بر دقیقه است و این مقدار ۰/۱ از آب درگردش می‌باشد، مقدار آب در گردش برج خنک کن برابر است با: $CW = 600 \times 10 = 6000\,gpm$

مقدار آب تبخیر شده را می‌توان با دو روش (محاسبه دقیق و محاسبات سرانگشتی) حساب نمود.

روش اول) مقدار آب تبخیر شده (E) بر اساس فرمول برابر است با:

$$E = 0.00085 \times CW \times \Delta t = 0.00085 \times 6000 \times 10 = 51 gpm$$

و Δt دمای رنج (دامنه یا اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج برحسب درجه فارنهایت) و E مقدار آب تبخیرشده می باشد.

با توجه به اینکه مقدار آب پرتاب (منحرف) شده، ۰/۰۲ درصد از آب در گردش است، داریم:

$$D = 0.02\% \times CW = \frac{0.02}{100} \times 6000 = 1.2 gpm$$

با توجه به اینکه مقدار آب تخلیه (بلودان)، ۰/۰۵ درصد از آب در گردش است، داریم:

$$B = 0.05\% \times CW = \frac{0.05}{100} \times 6000 = 3 gpm$$

درنتیجه مقدار آب جبرانی برج خنک‌کن (با در نظر گرفتن آب تخلیه)، برابر است با:

$$M = E + D + B = 51 + 1.2 + 3 = 55.2 gpm$$

روش دوم) با محاسبه سرانگشتی، مقدار تبخیر برابر است با:

$$E = 1\% \times (6000) = \frac{1}{100} \times 6000 = 60 gpm$$

درنتیجه مقدار آب جبرانی برج، برابر است با:

$$M = E + D + B = 60 + 1.2 + 3 = 64.2 gpm$$

با توجه به گزینه‌ها، گزینه **د**، نزدیک‌ترین پاسخ به متوسط هر دو روش محاسباتی می‌باشد.

پرسش ۴۴) کنترل‌های حفاظتی در چیلرجذبی، حداقل چه تعداد است؟

الف) ۱۰ ب) ۸ ج) ۷ د) ۵

پاسخ) سیستم‌های کنترل و حفاظت چیلر جذبی شامل کنترل حداقل درجه حرارت اواپراتور، فلوسوئیچ آب سرد، فلوسوئیچ برج خنک‌کن،کنترل حداقل درجه حرارت در برج خنک‌کن، کنترل حداکثر فشار و درجه حرارت در ژنراتور، آلارم و شیر اطمینان فشاری می‌باشد. بنابراین کنترل‌های حفاظتی در چیلرجذبی حداقل هفت عدد می‌باشد. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۴۵) در یک دستگاه مبرد جذبی، آب برج خنک‌کننده در کدام قسمت‌ها گردش می‌کند؟

الف) جاذب و کندانسور ب) کندانسور و ژنراتور ج) ژنراتور د) کندانسور

پاسخ) چیلر جذبی نوع دیگری از چیلرها است که فاقد کمپرسور بوده و آب سرد مبدل‌های حرارتی (مانند فن‌کویل و هواساز) را تأمین می‌کند. اجزای اصلی چیلر جذبی، عبارت است از: اواپراتور، محفظه جاذب، ژنراتور، کندانسور و مبدل گرمایی.

در اواپراتور، آب مقطر به‌عنوان ماده مبرّد بوده و آب مقطر (مبرّد) با گرفتن گرمای نهان تبخیر، از آب درون محفظه اوپراتور، به بخار تبدیل شده و سبب کاهش دمای آب خروجی از اواپراتور (تا ۷ درجه سانتی‌گراد) می‌شود. بخار آب ایجاد شده، به محفظه‌ی لیتیم‌بروماید (که جاذب آب بوده و به‌صورت مایع است) انتقال داده می‌شود. درنتیجه غلظت لیتیوم بروماید مایع، کم می‌گردد. از سوی دیگر، آب با دمای حدود ۲۹ درجه سانتی‌گراد از برج خنک‌کن به کندانسور وارد و پس از گرفتن گرما از بخار آب (مبرّد اواپراتور) سبب میعان آن شده و با دمای حدود ۳۴ درجه مجدداً به‌سمت برج انتقال می‌یابد. به‌این ترتیب، بخار آب تولید شده در

ژنراتور، به‌صورت مایع از کندانسور به اواپراتور برمی‌گردد. بنابراین آب برج خنک‌کن، در کندانسور و جاذب چیلر جذبی گردش می‌کند. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۴۶) اگر بار سرمایی یک ساختمان در ساعت ۹ صبح، در قسمت شرق ۶۰ تن برودتی و در قسمت غرب ۱۵ تن برودتی و برای همین ساختمان در ساعت ۳ بعد از ظهر، در قسمت غرب ۴۰ تن برودتی و در قسمت شرق ۲۰ تن برودتی باشد، ظرفیت چیلر چند تن باید انتخاب شود؟

الف) ۶۰ ب) ۷۵ ج) ۸۰ د) ۱۰۰

پاسخ) انتخاب بار سرمایشی ساختمان به پارامترهای مختلفی از جمله مصالح، ضخامت جداره‌ها و سقف، نوع عایق‌کاری، جهت‌های جغرافیایی ساختمان، تعداد پنجره‌ها و لبه پنجره‌ها (که عامل ایجاد سایه هستند)، بستگی دارد. ابتدا باید بار حرارتی ساختمان را در ساعات مختلف شبانه‌روز محاسبه کنیم و سپس ماکزیمم آن را برای انتخاب چیلر درنظر بگیریم. در این پرسش، ماکزیمم بار سرمایشی در ساعت ۹ اتفاق می‌افتد؛ که برابر است با ۷۵=۱۵+۶۰ تن تبرید (در ساعت ۱۵ برابر است با ۶۰=۴۰+۲۰ تن تبرید). بنابراین ماکزیمم ظرفیت مورد نیاز ۷۵ تن تبرید می‌باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۴۷) دور موتور یک بادبزن که با موتور برقی و به‌وسیله تسمه حرکت می‌کند، برابر ۲۹۰۰ RPM و قطر داخلی پولی بادبزن ۱۵ اینچ است. چنانچه دور موتور به ۱۴۵۰ RPM تغییر یابد، قطر پولی چند اینچ خواهد شد؟

الف) ۷/۵ ب) ۱۰ ج) ۱۵ د) ۲۰

پاسخ) با توجه به اینکه سرعت دورانی بادزن N و قطر پروانه بادزن D، متغیر هستند، از رابطه تشابه زیر استفاده می شود:

$$\frac{N_1}{N_2}=\frac{D_2}{D_1}\Rightarrow\frac{2900\ \text{rpm}}{1450\ \text{rpm}}=\frac{D_2}{15}\quad\Rightarrow\quad D_2=30\text{in}$$

پاسخ صحیح در گزینه‌ها موجود نیست.

پرسش ۴۸) خازن‌های صنعتی، به‌کدام منظور در مدارهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند؟

الف) افزایش توان راکتیو و اصلاح ضریب قدرت ب) کاهش توان راکتیو و اصلاح ضریب قدرت

ج) کاهش توان اکتیو و اصلاح ضریب قدرت د) افزایش توان اکتیو و اصلاح ضریب قدرت

پاسخ) مطابق پیوست ۵ مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان، خازن های صتعتی جهت کاهش توان راکتیو و درنتیجه کاهش هزینه مصرف کننده و اصلاح ضریب قدرت می باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۴۹) شیر واگرد در کولرهای اسپیلیت و پنجره‌ای، به‌کدام منظور نصب می‌شود؟

الف) معکوس کردن جریان گاز در کویل داخلی و بیرونی ب) کنترل میزان گاز کولر

ج) تخلیه گاز کولر د) شارژ گاز کولر

پاسخ) شیر واگرد برای تغییر جهت شارش جریان مبرّد به‌کار می‌رود. در نتیجه گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵۰) دریک دستگاه هواساز، کویل پیش‌گرمکن (Preheat coil) به‌کدام منظور نصب می‌شود؟

الف) افزایش رطوبت هوا ب) بالا بردن درجه حرارت محیط

ج) پایین آوردن درجه حرارت محیط د) جذب رطوبت هوا در محل‌هایی که هوا بیش از حد سرد است.

پاسخ) باید توجه شود که در مناطق سردسیر که دمای هوا نزدیک به صفر است، با ورود هوای تازه به هواساز، امکان یخ زدن آب کویل‌های داخل هواساز وجود دارد، بنابراین داخل هواساز یک کویل پیش‌گرم‌کن تعبیه می‌شود؛ تا هوای تازه را گرم نموده و از یخ زدگی کویل‌های دیگر جلوگیری نماید. مطابق نکته فوق، گزینه‌های الف و ج صحیح نمی‌باشند. گزینه ب دارای ابهام است. زیرا کویل پیش‌گرم‌کن جهت گرم کردن هوای ورودی از بیرون (محیط) استفاده می‌شود. درنتیجه اگر در پرسش قید می‌شد که هوای ورودی از محیط است، گزینه ب می‌توانست پاسخ صحیح باشد وقتی هوای تازه‌ی ورودی گرم می‌شود، علاوه بر اینکه از یخ زدن کویل‌ها و اجزای داخل هواساز جلوگیری می‌کند، عامل افزایش ظرفیت جذب رطوبت هوا نیز می‌گردد. درنتیجه باعث افزایش میزان جذب رطوبت از هوای محیط خواهد بود. بنابراین گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۵۱) چرا موقعی که کمپرسور چیلر کار نمی‌کند، هیتر آن باید حداقل یک ساعت قبل از شروع کار، روشن شود؟

الف) روغن کاملاً گرم شود. ب) گاز کاملاً گرم شود.

ج) گاز محلول در روغن کاملاً آزاد شود. د) رطوبت گاز گرفته شود.

پاسخ) «هیتر برقی»، یک المنت برقی است؛ که دور محفظه‌ی کارتر کمپرسور بسته می‌شود. زمانی که کمپرسور خاموش است، هیتر برقی باید محفظه‌ی مربوطه را به اندازه‌ای که از نقطه‌ی جوش مبرّد بالاتر باشد، گرم نگه دارد. بدین‌ترتیب مخلوط مبرّد و روغن (با تبخیر مبرّد) از یکدیگر جدا می‌شود. همچنین این کار موجب می‌شود گاز مبرّد گرم بماند؛ درنتیجه از مایع شدن مبرّد جلوگیری می‌گردد طبق نکته فوق، گزینه **ج** اولویت اول و گزینه **ب** الویت دوم می‌باشد.

پرسش ۵۲) عملکرد شیر انبساط در چیلرهای کمپرسوری چیست؟

الف) کنترل جریان مبرد که مایع به‌اندازه کافی برای اواپراتور را از خود عبور می‌دهد.

ب) تقلیل فشار مایع تا حد لازم برای اواپراتور

ج) جلوگیری از ورود مایع به اواپراتور

د) جلوگیری از انبساط مایع مبرّد

پاسخ) با توجه به اینکه شیر انبساط برای تبدیل مایع پرفشار به مایع کم‌فشار (جهت ورود به کندانسور) به‌کار می‌رود و همچنین شیر انبساط حرارتی نیز میزان ورود مبرّد به اواپراتور را کنترل می‌کند، گزینه **د** صحیح است .

پرسش ۵۳) در یک چلیر کمپرسوری، چرا از گازهای F11 و F22 استفاده می‌شود؟

الف) در فشار بالا تقطیر می‌شوند. ب) در فشار کم تقطیر می‌شوند.

ج) سرمای بیشتری تولید می‌کنند. د) از انواع مشابه خود، ارزان‌تر هستند.

پاسخ) علی‌رغم اینکه گازهای فریونی جدید نقطه‌ی جوش پایین‌تری داشته و درنتیجه سرمای بیشتری تولید می‌کنند؛ اما متأسفانه فریون ۲۲ و ۱۱ به دلیل قیمت پایین و درحالی‌که برای لایه ازون مضر هستند، استفاده می‌شوند، گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۵۴) اگر سرعت یک دستگاه پله‌برقی ۰/۷۵ متر بر ثانیه و تعداد افراد روی هر پله ۲ نفر باشد، تعداد افراد جابه‌جا شده در ساعت، چند نفر است؟

الف) ۲۵۰۰۰ ب) ۲۰۰۰۰ ج) ۱۵۰۰۰ د) ۱۳۵۰۰

پاسخ) مطابق جدول ۱۵-۳-۲-۲ مبحث ۱۵ مقررات ملی ساختمان، تعداد افراد جابجا شده در ساعت برابر ۱۳۵۰۰ نفر می باشند.

جدول۱۵-۳-۲-۲: ظرفیت جابه‌جایی افراد پله‌برقی

عرض پله (متر)	**سرعت اسمی** (متر بر ثانیه)		
	۰/۵	۰/۶۵	۰/۷۵
۰/۶	**۴۵۰۰ نفر در ساعت**	۵۸۵۰ نفر در ساعت	۶۷۵۰ نفر در ساعت
۰/۸	۶۷۵۰ نفر در ساعت	۸۷۷۵ نفر در ساعت	۱۰۱۲۵ نفر در ساعت
۱	۹۰۰۰ نفر در ساعت	۱۱۷۰۰ نفر در ساعت	۱۳۵۰۰ نفر در ساعت

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۵۵) احیا نمودن مایع لتیوم بروماید، با کدام محلول زیر انجام می‌شود؟

الف) الکل اکتیل ب) آب‌گرم ج) کلروردومتیل د) احیا امکان ندارد.

پاسخ) در چیلرهای جذبی لازم است سالانه احیای لیتیوم بروماید انجام پذیرد. این نیاز بواسطه این است که معمولاً به علت سرد و گرم شدن های متوالی، تغییراتی در غلظت لیتیوم بروماید صورت پذیرفته و مجدداً نیاز به تنظیم غلظت اولیه دارد. همچنین مواد افزوده شده به لیتیوم برماید (ادتیوها) که باعث بهبود عملکرد این ماده در جذب و تبخیر آب و سایر خواص آن می باشد نیازمند بازنگری و تطبیق با معیارهای پذیرش دارد که این امر سالانه توسط آزمایشگاه ها قابل انجام بوده و در صورتی که محلول لیتیم بروماید از خواص تنظیمی خارج شده باشد با اضافه کردن اکتیل الکل خواصی چون بهبود جذب آب و افزایش میعان بخار مبرد در کندانسور و بر روی سطح لوله های مسی کندانسور و افزایش انتقال حرارت در کندانسور را در بر دارد لذا گزینه **الف** صحیح است.

پرسش۵۶) فاصله نصب شیر مصرف‌کننده گاز دیگ‌های حرارتی از دیگ یا مشعل، چقدر باید باشد؟

الف) در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از دیگ ب) بین ۱۰ تا ۴۰ سانتی‌متری از مشعل

ج) در فاصله ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متری از مشعل د) در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از دیگ

پاسخ) طبق جدول ۱۷-۲-۴ مبحث ۱۷ مقررات ملی ساختمان، محل نصب شیر مصرف برخی از دستگاه‌های گازسوز متداول، به‌صورت زیر است:

دستگاه گازسوز	حداقل و حداکثر ارتفاع شیر از کف (سانتی‌متر)	حداقل و حداکثر فاصله شیر از بدنه دستگاه گازسوز (سانتی‌متر)
آبگرمکن دیواری	۱۲۰ الی ۱۵۰	۲۰ الی ۴۰
پکیج دیواری	۱۲۰ الی ۱۵۰	۲۰ الی ۴۰
پکیج زمینی	۳۰ الی ۴۰	۲۰ الی ۴۰
آبگرمکن زمینی	۳۰ الی ۴۰	۲۰ الی ۴۰
اجاق گاز	۹۰ الی ۱۱۰	۲۰ الی ۴۰
بخاری	۳۰ الی ۴۰	۲۰ الی ۴۰
مشعل دیگ‌های حرارتی	۳۰ الی ۶۰	۵۰ الی ۷۰
بخاری دیواری	۱۱۰ الی ۱۲۰	۲۰ الی ۴۰
شومینه	۳۰ الی ۴۰	۲۰ الی ۴۰ از جدار خارجی شومینه ۸۰ الی ۱۲۰ از دودکش

طبق جدول فوق، فاصله مجاز بین شیر مصرف تا بدنه مشعل دیگ‌های حرارتی، ۵۰ الی ۷۰ سانتی‌متر می‌باشد. درنتیجه هیچ‌یک از گزینه‌ها صحیح نبوده و نزدیک‌ترین پاسخ گزینه **ج** است.

پرسش ۵۷) پدیده کاویتاسیون در پمپ، به‌کدام علت حادث می‌شود؟

الف) دور پمپ، بیشتر از حد لازم باشد. ب) فشار در قسمت ورودی، کمتر از حد مجاز باشد.

ج) فشار خروجی پمپ، بیشتر از مقدار مورد نیاز باشد. د) فشار خروجی پمپ، کمتر از مقدار مورد نیاز باشد.

پاسخ) کاویتاسیون در پمپ زمانی اتفاق می‌افتد که مایع موجود در پمپ با فشار کم به بخار تبدیل می‌شود. یعنی اگر در قسمت مکش پمپ به دلایل مختلف میزان مایع لازم (و درنتیجه فشار لازم) موجود نباشد، فشار سیستم زیر فشار بخار سیال قرار می‌گیرد و درنتیجه حباب‌های هوا در فشار کم ایجاد می‌شوند. این امر، موجب ایجاد یک موج شوک (با انرژی بالا) در داخل مایع شده و به قطعات مجاور آسیب زده و باعث خوردگی می‌شود. به این فرایند را حفره‌زایی یا کاویتاسیون می‌گویند.

علت‌های رایج ایجاد پدیده کاویتاسیون عبارت است از: عدم وجود فشار کافی در قسمت مکش، لوله‌های ورودی، بیش از حد طولانی باشند، ویسکوزیته سیال، بالاتر از حد انتظار باشد، ورودی پمپ، مسدود شده باشد، فیلترها و صافی‌ها، گرفتگی داشته باشند، دمای مایع ورودی، زیادتر از حد مجاز باشد، سرعت پمپ، زیاد باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۵۸) برای فضایی به‌حجم ۸۱۰ مکعب و سرعت هوا به‌میزان ۱۰۰۰ فوت‌مربع در دقیقه، سطح مقطع کانال در بهترین شرایط چند فوت‌مربع باید باشد (هر مترمکعب، برابر ۳۰ فوت‌مکعب در نظر گرفته شود)

الف) ۵۰ ب) ۴۶ ج) ۳۷ د) ۲۷

پاسخ) با معلوم بودن دبی و سرعت هوا، بعد از انشعاب، می‌توانیم سطح مقطع کانال را بعد از انشعاب ($A=Q/V$) تعیین کنیم. چون در صورت پرسش ذکر نشده که مدت زمان جابجایی هوا، برای ۸۱۰ متر مکعب فضا، چقدر است بنابراین این زمان را یک دقیقه فرض می‌کنیم:

$$Q = 810 \times 30 = 24300 \frac{ft^3}{min} = 24300\ CFM$$

درنتیجه سطح مقطع کانال برابر است با:

$$A=\frac{Q}{V}=\frac{24300\frac{ft^3}{min}}{1000\frac{ft}{min}}=24.3ft^2$$

نزدیک‌ترین مورد به پاسخ صحیح، گزینه **د** است.

پرسش ۵۹) سطح مقطع دودکش برای یک دستگاه دیگ شوفاژ به‌ظرفیت ۲۰۰,۰۰۰kcal/h، در صورتی که ارتفاع ساختمان ۱۶ متر باشد، چند سانتی‌مترمربع است؟ (د.ت-۹۸ «۵۹»)

الف) ۱۰۰۰ ب) ۵۰۰ ج) ۴۰۰ د) ۳۵۰

پاسخ) قطر دودکش، از دو روش قابل محاسبه است. در روش اول، رابطه کلی و در روش دوم، محاسبات خلاصه . در هر دو رابطه، A مساحت دودکش (برحسب cm2)، H ارتفاع دودکش (برحسب m) و Q قدرت دیگ حرارت مرکزی (برحسب kcal/hr) می‌باشد.

روش اول (استفاده از فرمول اصلی): این روش، معمولاً برای بارهای حرارتی ۴۰,۰۰۰ تا ۲,۵۰۰,۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت استفاده می‌شود.

$$A=\frac{Q+1000}{\sqrt{H}\left(25+2\times\sqrt[4]{Q}\right)}=A=\frac{200000+1000}{\left(\sqrt{16}\left(25+2\times\sqrt[4]{200000}\right)\right)}=746.7\ cm^2$$

۲-روش دوم (استفاده از فرمول خلاصه شده): این روش، معمولاً برای دیگ با ظرفیت حرارتی کم استفاده می‌شود و به طور معمول رایج‌تر است.

$$A=\frac{0.02Q}{\sqrt{H}}=A=\frac{0.02\times200000}{\sqrt{16}}=1000\ cm^2$$

همانطور که ملاحظه می‌شود از فرمول اصلی و فرمول خلاصه شده جواب‌های مختلفی محاسبه شد. انتخاب منطقی از بین دو مقدار به‌دست آمده این است که قطر بزرگ‌تر برگزیده شود. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۶۰) در کدام صورت، می‌توان مخزن کندانس را روی کف موتورخانه نصب کرد؟

الف) قطر لوله کندانس، دو برابر شود. ب) آب کندانس به‌وسیله پمپ وارد مخزن شود.

ج) لوله کندانس در تراز کف وارد موتورخانه شود. د) لوله کندانس در تراز زیرِ سقف وارد موتورخانه شود.

پاسخ) آب تقطیر شده از مصرف کننده‌ها می‌بایست به سمت مخزن کندانس هدایت شود اگر چاله‌ی کندانس جهت مخزن کندانس نداشته باشیم یعنی ارتفاع مخزن با دیگ یکی باشد، بهتر است لوله‌های کندانس که آب تقطیر شده را از مبدل‌های حرارتی به سمت موتورخانه می‌آورند، در تراز زیر سقف موتورخانه نصب شوند تا به صورت ثقلی به منبع وارد شود. در نتیجه گزینه **د** صحیح است.