آکادمی مهندس کریمی

تاسیسات مکانیکی

پاسخنامه تشریحی آزمون نظام مهندسی مکانیک

طراحی مهر ۱۴۰۲

مؤلف

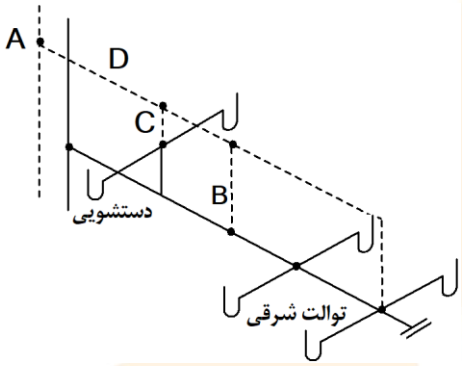
دکتر سید جعفر گلستانه
مهندس محمد کریمی

تهران، بلوار آیت الله کاشانی به سمت فلکه دوم صادقیه، کنارگذرکاشانی، بین رامین شمالی و گلستان شمالی، مجموعه تجاری امید سنتر، طبقه اول

۰۹۱۲۰۹۵۷۲۱۳ ۹۰۰۰۶۰۲۰ ۱۴۸۱۸۷۴۲۷۱

tasisat_barghi www.mohammad-karimi.com info@mohammad-karimi.com

پرسش ۱) شکل زیر طرح پیشنهادی برای سیستم جمع‌آوری فاضلاب و هواکش یک فروشگاه را نشان می‌دهد. کدام گزینه صحیح است؟ (فاصله نقطه A تا هوای آزاد ۲۰ متر است)



الف) قطر لوله‌های B , C و D باید به ترتیب $۲\frac{۱}{۲}, ۱\frac{۱}{۲}, ۲\frac{۱}{۲}$ اینچ باشد.

ب) قطر لوله‌های B , C و D باید به ترتیب $۲, ۱\frac{۱}{٤}, ۲$ اینچ باشد.

ج) قطر لوله‌های B , C و D باید به ترتیب $۲\frac{۱}{۲}, ۱\frac{۱}{۲}, ۲$ اینچ باشد.

د) اجرای این طرح مجاز نیست.

پاسخ) طبق پیوست ۳ مبحث ۱۶ صفحه ۱۶۹، مقدار DFU چهار توالت عمومی برابر با ۲۴ بوده و قطر لوله فاضلاب توالت ها ۴ اینچ می‌باشد و از آنجایی که طبق بند «ت-۲» آیین‌نامه ۱۶-۵-۲-۵ صفحه ۱۱۲، فاصلهٔ نقطهٔ اتصال لولهٔ هواکش به شاخهٔ افقی فاضلاب، تا نقطهٔ سرریز سیفون لوازم بهداشتی، نباید از دو برابر قطر نامی لولهٔ فاضلاب کمتر باشد. پس قطر هواکش‌های B و D باید حداقل ۲ اینچ باشد. همچنین قطر لوله فاضلاب دستشویی‌ها طبق جدول پ-۳-۲-۲، $۱\frac{۱}{٤}$ می‌باشد اما با توجه به پ-۵-۳-۲ صفحه ۱۷۷ این مبحث، اندازه‌گذاری هواکش جداگانه، شاخه افقی، هواکش مداری و هواکش کمکی باید دست‌کم نصف اندازهٔ قطر نامی لوله فاضلابی باشد که این هواکش‌ها برای آن نصب می‌شوند. قطر نامی لوله هواکش نباید کمتر از $۱\frac{۱}{٤}$ اینچ باشد. اگر طول لولهٔ هواکش بیش از ۱۲ متر باشد، در تمام این طول قطر نامی لولهٔ هواکش باید یک اندازه بزرگتر شود. بنابراین به تمام مقادیر بدست آمده یک سایز بزرگتر باشد. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲) مساحت موتورخانه یک سردخانه آمونیاکی ۱۰۰ مترمربع و ارتفاع مفید آن ۳ متر است. ۲ نفر پرسنل به صورت دائم در این موتورخانه حضور دارند و دفع حرارت ناشی از کار تجهیزات داخل موتورخانه ۴ کیلووات است. تخلیه مکانیکی هوا برای این موتورخانه حداقل باید چند متر مکعب بر ساعت باشد؟

الف) ۱۲۰۰۰ ب) ۹۰۰۰ ج) ۹۰۰ د) ۲۱۶۵

پاسخ) طبق بند «ت» و «ت-۱» آیین‌نامه ۱۴-۱۳-۵-۴ صفحه ۱۸۰ مبحث ۱۴، حداقل مقدار تعویض هوا برای سیستم های آمونیاکی ۳۰ بار تعویض هوا در ساعت می‌باشد. استفاده از فن های متعدد و یا فن هایی با سرعت متغیر جهت تامین جریان مورد نیاز هوا در شرایط اضطراری و کاهش آن در شرایط عادی، مجاز است.

مقدار تعویض هوا در شرایط کار عادی

هنگام حضور کارکنان در موتورخانهٔ تبرید، مقدار تخلیهٔ هوای مکانیکی نباید از بیشینهٔ ارقام زیر کمتر باشد:

- ۰/۰۰۲۵ مترمکعب در ثانیه برای هر مترمربع (۰/۵ فوت مکعب در دقیقه به ازای هر فوت مربع) از سطح موتورخانه؛
- ۰/۰۰۹ مترمکعب در ثانیه (۲۰ فوت مکعب در دقیقه) برای هر نفر؛
- به میزانی که افزایش دمای هوای موتورخانه ناشیِ از کار همهٔ دستگاه‌های گرمازا، نسبت به دمای هوای خارج، بیش از ۱۰ درجهٔ سلسیوس (۱۸ درجهٔ فارنهایت) نشود.

حالت اول: ۳۰ با تعویض هوا در ساعت برای موتورخانه آمونیاکی:

$$A.C.H = \frac{\dot{V}}{V} = ۳۰ \quad \Rightarrow \quad \dot{V} = ۳۰ \times (۱۰۰ \times ۳) = ۹۰۰۰ \frac{m^۳}{hr}$$

حالت دوم: براساس سطح موتورخانه:

$$\dot{V} = ۰/۰۰۲۵ \times A = ۰/۰۰۲۵ \times ۱۰۰ = ۰/۲۵ \frac{m^۳}{s} \times \frac{۳۶۰۰\, s}{۱\, hr} = ۹۰۰ \frac{m^۳}{hr}$$

حالت سوم: هوای مورد نیاز برای افراد:

$$\dot{V} = ۰/۰۰۹ \times N = ۰/۰۰۹ \times ۲ = ۰/۰۱۸ \frac{m^۳}{s} \times \frac{۳۶۰۰\, s}{۱\, hr} = ۶۴/۸ \frac{m^۳}{hr}$$

حالت چهارم: براساس دمای هوای موتورخانه

$$Q = \rho_{air} . \dot{V} . c_{air} . \Delta T \quad \Rightarrow \quad \dot{V} = \frac{۴۰۰۰}{۱/۲ \times ۱۰۰۵ \times ۱۰} = ۰/۳۳۱۶ \frac{m^۳}{s} \times \frac{۳۶۰۰\, s}{۱\, hr} = ۱۱۹۴ \frac{m^۳}{hr}$$

مقدار بدست آمده از حالت اول بیشتر بوده پس تخلیه مکانیکی هوا برای این موتورخانه باید حداقل برابر ۹۰۰۰ مترمکعب بر ساعت باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳) با افزایش ارتفاع محیط از سطح دریا و با افزایش رطوبت مطلق محیط خارج، ظرفیت دفع گرما (Heat Rejection) کندانسورهای هوایی به ترتیب چه تغییری می‌کند؟ (سایر شرایط اقلیمی را ثابت در نظر بگیرید)

الف) افزایش می‌یابد – کاهش می‌یابد.
ب) کاهش می‌یابد – افزایش می‌یابد.
ج) افزایش می‌یابد – افزایش می‌یابد.
د) کاهش می‌یابد – ثابت باقی می‌ماند.

پاسخ) از آنجایی که با افزایش ارتفاع چگالی هوا کم می‌شود، طبق رابطه زیر ظرفیت ظرفیت گرمایی کویل (Q) نیز کاهش می‌یابد.

$$Q = \rho_{air} . \dot{V} . c_{air} . \Delta T$$

همانطور که مشاهده می‌شود ظرفیت گرمایی محسوس هوا با رطوبت ارتباطی نداشته بنابراین رطوبت مطلق هوا ثابت می‌ماند. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ٤) دمای هوای خروجی از یک هواسان Draw Through صددرصد هوای تازه ۶۶ درجه فارنهایت است. افزایش دمای هوا در اثر تلفات موتور فن ۲ درجه فارنهایت است. ضریب کنارگذر (Bypass Factor) ۱۰ درصد و دمای خارج ۱۰۰ درجه فارنهایت است. دمای سطح کویل چند درجه فارنهایت است؟ (فن و موتور آن داخل کابین هواسان و بعد از کویل سرمایی قرار گرفته است)

الف) ۶۴ ب) ۶۰ ج) ۶۱ د) ۶۲

پاسخ) با توجه به اینکه ضریب کنارگذر هواساز ۱۰ درصد است پس تنها ۹۰ درصد از هوای عبوری از روی کویل، سرد می‌شود و ۱۰ درصد آن بدون تبادل دما با کویل، از آن عبور می‌کند. دمای خروجی از هواساز ۶۶ درجه می‌باشد که ۲ درجه در اثر تلفات موتور فن گرم شده است پس دمای هوا بعد از عبور از کویل و قبل از ورود به فن ۶۴ درجه بوده است. برای محاسبه دمای هوایی که از کویل عبور می‌کند (دمای سطح کویل)، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$T_m = \frac{T_1 \times ۹۰\%\,cfm + T_2 \times ۱۰\%\,cfm}{۱۰۰\%\,cfm} \Rightarrow ۶٤ = \frac{T_1 \times ۰/۹ + ۱۰۰ \times ۰/۱}{۱} \Rightarrow T_1 = ۶۰^\circ F$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۵) یک هواسان دارای دو کویل سرمایش و گرمایش است. افت فشار آب در هر یک از کویل‌ها ۱۵ فوت آب، افت فشار هر یک از شیرهای کنترل کویل‌های سرمایش و گرمایش ۱۵ فوت آب، افت فشار اواپراتور چیلر ۳۰ فوت آب، افت فشار دیگ ۱۰ فوت آب و افت فشار هر یک از مسیرهای لوله‌کشی آب سرد و گرم ۲۰ فوت آب است. هد پمپ سرمایش هواسان چند فوت آب است؟

الف) ۱۰۵ ب) ۶۵ ج) ۸۰ د) ۱۲۰

پاسخ) حداقل هد مورد نیاز پمپ سرمایش برابر با جمع تمامی افت فشارهای سیکل سرمایش می‌باشد که شامل افت فشار آب در کویل سرمایش، افت فشار شیر کنترلی کویل سرمایش، افت فشار اواپراتور چیلر و افت فشار مسیر لوله‌کشی آب سرد، بنابراین داریم:

$$H_{cooling\ pump} = \Delta P_{total\ cooling} = \Delta P_{coil} + \Delta P_{control\ valve} + \Delta P_{eva} + \Delta P_L = ۱۵ + ۱۵ + ۳۰ + ۲۰ = ۸۰\ ftH_2O$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ٦) در یک برج خنک‌کن مداربسته ارتفاع برج ۴ متر، افت فشار آب در کویل برج ۵ متر آب، افت فشار کندانسور چیلر ۱۰ متر آب و ارتفاع نصب برج از چیلر ۲۰ متر است. طول معادل لوله‌کشی رفت و برگشت از چیلر تا برج ۱۰۰ متر است. در صورتی که افت فشار مسیر لوله‌کشی ۱ متر در هر ۱۰۰ متر باشد، هد پمپ برج خنک‌کن در مسیر برج تا چیلر چند متر ستون آب است؟

الف) ۱۶ ب) ۳۶ ج) ۴۰ د) ۳۵

پاسخ) چون سیستم مدار بسته است پس فشار استاتیک حاصل از ارتفاع برج و فاصله تا چیلر را در نظر نمی‌گیریم. با توجه به دیگر اطلاعات مسئله داریم:

افت فشار سیستم لوله‌کشی:

$$R_L = \frac{\Delta P_L}{L} \quad \Rightarrow \quad ۰/۰۱ = \frac{\Delta P_L}{۱۰۰} \quad \Rightarrow \quad \Delta P_L = ۱ mH_۲O$$

هد مورد نیاز پمپ:

$$H_{pump} = \Delta P_{coil} + \Delta P_{cond} + \Delta P_L = ۵ + ۱۰ + ۱ = ۱۶ mH_۲O$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۷) در یک هوارسان صددرصد هوای تازه با ظرفیت هوادهی ۵۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه دمای هوای خارج ۱۰۰ درجه فارنهایت و دمای نقطه شبنم هوای خارج ۳۹ درجه فارنهایت است. دمای هوا بعد از کویل سرمایی ۷۵ درجه فارنهایت و دمای ورودی آب سردکننده کویل ۴۴ درجه فارنهایت است. مقدار کندانس روی کویل چند گالن بر ساعت است؟

الف) ۴۵ ب) ۸۵ ج) صفر د) ۹۵

پاسخ) با توجه به اینکه دمای نقطه شبنم هوای بیرون کمتر از دمای آب سردکننده کویل می‌باشد پس هیچگاه دمای هوا در اثر عبور از کویل از نقطه شبنم آن کمتر نشده (هوا درنهایت تا ۴۴ درجه سرد خواهد شد) و درنتیجه چگالشی روی کویل اتفاق نمی‌افتد. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۸) کدام یک از سیستم‌های هوارسانی زیر مناسب هوادهی صددرصد هوای تازه برای مناطق گرم و مرطوب نیست؟

الف) هوارسان مولتی زون

ب) هوارسان تک منطقه‌ای

ج) هوارسان تک منطقه‌ای با کویل دوباره گرم کن (Reheat)

د) هیچ‌کدام

پاسخ) دلیل اینکه در صورت مسئله صحبت از سرمایش مناطق مختلف نشده و کل هوای مورد استفاده از بیرون تأمین می‌شود و هوای برگشتی نداریم، پس از هوارسان تک‌زون استفاده می‌شود گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۹) در یک هوارسان به ظرفیت ۱۰۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه آنتالپی هوای ورودی به کویل سرد ۴۸/۵ بی‌تی‌یو بر پوند هوای خشک و آنتالپی هوای خروجی از کویل سرد ۲۹/۵ بی‌تی‌یو بر پوند هوای خشک است. اگر دمای آب سردکننده ورود و خروج کویل به ترتیب ۴۵ و ۵۵ درجه فارنهایت باشد، دبی آب عبوری از کویل سرد تقریباً چند گالن بر دقیقه است؟

الف) ۱۲۹ ب) ۵۸ ج) ۱۷۰ د) ۸۴/۵

پاسخ) گرمایی که هوا از دست می‌دهد توسط آب داخل کویل‌ها جذب می‌شود پس با برابر قرار دادن این دو رابطه دبی آب سرد کننده را حساب می‌کنیم . بار سرمایی هوای عبوری از کویل را با توجه به آنتالپی قبل و بعد عبور از کویل و دبی آن، باز رابطه زیر محاسبه می‌کنیم:

$$Q(\frac{Btu}{hr}) = \dot{m}\left(\frac{lb}{hr}\right)\times\Delta h(\frac{Btu}{lb}) = \rho_{air}\left(\frac{lb}{ft^3}\right)\times\dot{V}\left(\frac{ft^3}{hr}\right)\times\Delta h(\frac{Btu}{lb})$$

$$\dot{V} = ۱۰۰۰۰\frac{ft^3}{min}\times\frac{۶۰min}{۱hr} = ۶۰۰۰۰۰\frac{ft^3}{hr}$$

$$\rho_{air} = ۱/۲\frac{kg}{m^3}\times۰/۰۶۲\frac{lb/ft^3}{kg/m^3} = ۰/۰۷۴۴\frac{lb}{ft^3}$$

$$Q_{air} = Q_{water} \quad \Rightarrow \quad \rho_{air}\times\dot{V}\times(h_۱ - h_۲) = ۵۰۰\times gpm\times\Delta T$$

$$gpm = \frac{۰/۰۷۴۴\times۶۰۰۰۰۰\times(۴۸/۵ - ۲۹/۵)}{۵۰۰\times(۵۵-۴۵)} = ۱۶۹/۶ \approx ۱۷۰\ gpm$$

روش دوم: می‌توانیم به صورت مستقیم گرمای تبادل شده را از فرمول بار سرمایی کل بدست آورده و دبی آب سرد کویل را حساب کنیم:

$$Q_{air} = Q_{water} \quad \Rightarrow \quad ۴/۴۵\times cfm\times\Delta h = ۵۰۰\times gpm\times\Delta T \quad \Rightarrow \quad gpm = ۱۶۹/۱ \approx ۱۷۰$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۰) یک ساختمان ۶ طبقه مسکونی، در هر طبقه دارای ۴ واحد ۸۰ مترمربعی است. فاصله بین آخرین مصرف‌کننده (پکیج گازسوز با ظرفیت ۲۴kW و راندمان ۸۰%) و محل انشعاب گاز از رایزر عمودی توزیع کننده گاز، ۴۰ متر و فاصله محل این انشعاب تا رگولاتور، ۲۴ متر است. اگر ارزش حرارتی گاز مصرفی برای چگالی ۰/۶۵ ، ۸۶۰۰ کیلوکالری بر مترمکعب باشد، قطر لوله انشعاب گاز پکیج گازسوز برای گاز با چگالی ۰/۵ حداقل باید چند اینچ باشد؟

الف) $۱\frac{۱}{۴}$ ب) ۱ ج) $\frac{۳}{۴}$ د) $۱\frac{۱}{۲}$

پاسخ) طبق جدول ۱۷-۴-۴ صفحه ۵۲ مبحث ۱۷، با داشتن ظرفیت لوله‌ها و طول لوله، قطر اسمی آن بدست می‌آید:

برای محاسبه ظرفیت لوله‌ها باید ظرفیت دستگاه را بر ارزش حرارتی گاز مصرفی تقسیم کنیم، بنابراین:

$$\dot{m}=\frac{Q}{\eta\times ۸۶۰۰\frac{kcal}{m^۳}}\times\frac{۲٤kW\times ۸۶۰/٤۲\frac{kcal/hr}{kW}}{۰/۸\times ۸۶۰۰\frac{kcal}{m^۳}}=۳\frac{m^۳}{hr}$$

برای محاسبه طول لوله‌کشی داریم:

$$L=٤۰+۲٤=۶٤m$$

در جدول ۱۷-۴-۴، طول ۷۰ متر را درنظر گرفته و ارقام آن را در ضریب مربوط به چگالی ۰/۵ که در جدول ۱۷-۴-۵ آمده ضرب می‌کنیم:

	قطر اسمی لوله (اینچ)								
	$\frac{۱}{۲}$	$\frac{۳}{۴}$	۱	$۱\frac{۱}{۴}$	$۱\frac{۱}{۲}$	۲	$۲\frac{۱}{۲}$	۳	۴
طول لوله (متر)	ظرفیت لوله‌های فولادی به متر مکعب در ساعت								
۷۰	۰/۸۵	۱/۸	۳/۳	۶/۹	۱۰/۴	۲۰/۰	۳۱/۸	۵۶/۵	۱۱۶/۱
ضرب در ضریب ۱/۱۵	۰/۹۷۷	۲/۰۷	۳/۷۹۵	–	–	–	–	–	–

عدد ۳/۷۹۵ از ظرفیت بدست آمده برای لوله‌ها بیشتر است پس قطر مربوط به آن یعنی ۱ اینچ را انتخاب می‌کنیم. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۱) یک ساختمانی اداری دارای یک دیگ گازسوز به ظرفیت ۳۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت و راندمان ۶۰%. به منظور گرمایش و تامین آب‌گرم فضاهای اداری است. همچنین یک بویلر گازسوز با ظرفیت ۱۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت با راندمان ۸۰% وظیفه گرمایش و تامین آب‌گرم یک رستوران واقع در طبقه آخر این ساختمان را بر عهده دارد. این رستوران دارای ۲ پلوپز تجاری با مصرف کل ۸ متر مکعب بر ساعت، ۲ کباب پز با مصرف کل ۲ مترمکعب بر ساعت و ۳ اجاق گاز تجاری با مصرف کل ۸ متر مکعب بر ساعت است. در برآورد مصرف گاز، مصرف گاز این ساختمان چند مترمکعب گاز بر ساعت در نظر گرفته می‌شود؟ (ارزش حرارتی گاز ۸۶۰۰ کیلوکالری بر مترمکعب است)

الف) ۲۱/۰۶ ب) ۳۵/۹

ج) ۱۴/۳ د) اطلاعات برای حل مسئله کافی نیست.

پاسخ) برای محاسبه مصرف کل دیگ و بویلر گازسوز داریم:

$$\dot{m}_1 = \frac{Q}{\eta \times ۸۶۰۰ \frac{kcal}{m^۳}} \times \frac{۳۰۰۰۰۰ \frac{Btu}{hr} \times ۰/۲۵۲ \frac{kcal/hr}{Btu/hr}}{۰/۶ \times ۸۶۰۰ \frac{kcal}{m^۳}} = ۱٤/۶۵ \frac{m^۳}{hr}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{۱۰۰۰۰۰ \frac{Btu}{hr} \times ۰/۲۵۲ \frac{kcal/hr}{Btu/hr}}{۰/۸ \times ۸۶۰۰ \frac{kcal}{m^۳}} = ۳/۶۶ \frac{m^۳}{hr}$$

با جمع این دو مقدار و دیگر وسایل گازسوز این ساختمان مصرف گاز ساختمان بدست می‌آید:

$$\dot{m}_{total} = ۱٤/۶۵ + ۳/۶۶ + ۸ + ۲ + ۸ = ۳۶/۳۱ \frac{m^۳}{hr}$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۲) در یک آشپزخانه تجاری ابعاد سطح سکوی پخت ۲/۵×۴ مترمربع است. اندازه سطح هود چهارطرفه روی سکوی فوق حداقل باید چند مترمربع باشد؟

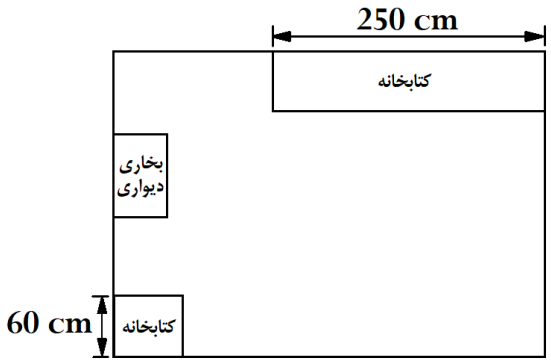
الف) ۱۰/۶۰ ب) ۱۰/۰۰ ج) ۱۱/۰۰ د) ۱۲/۰۴

پاسخ) طبق بند «پ-۶» آیین‌نامه ۱۴-۵-۶-۲ صفحه ۵۷ مبحث ۱۴، سطح افقی زیر هود، که محل ورود هوای گرم، بخار آب، دود و روغن است باید، روی دستگاه پخت را کاملاً بپوشاند و از هر طرف دست‌کم ۱۵۰ میلی‌متر (۶ اینچ) خارج از سطح دستگاه ادامه یابد، مگر در مواردی که دستگاه پخت و پز کاملاً کنار دیوار قرار داشته باشد که در این حالت یک طرف سطح زیرین هود به دیوار می‌چسبد. بنابراین سطح هود برابر است با:

$$A = (۰/۱۵ + ۲/۵ + ۰/۱۵) \times (۰/۱۵ + ٤ + ۰/۱۵) = ۱۲/۰٤ \ m^۲$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۱۳) یک بخاری دیواری به ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر، عرض ۸۰ سانتی‌متر و عمق ۲۰ سانتی‌متر در داخل اتاق مطالعه‌ای با کتابخانه‌های چوبی که ابعاد آنها در پلان شکل زیر آمده، قرار گرفته است. ابعاد اتاق مطالعه حداقل می‌تواند چند سانتی‌متر باشد؟ (کف اتاق از جنس پارکت چوبی است)



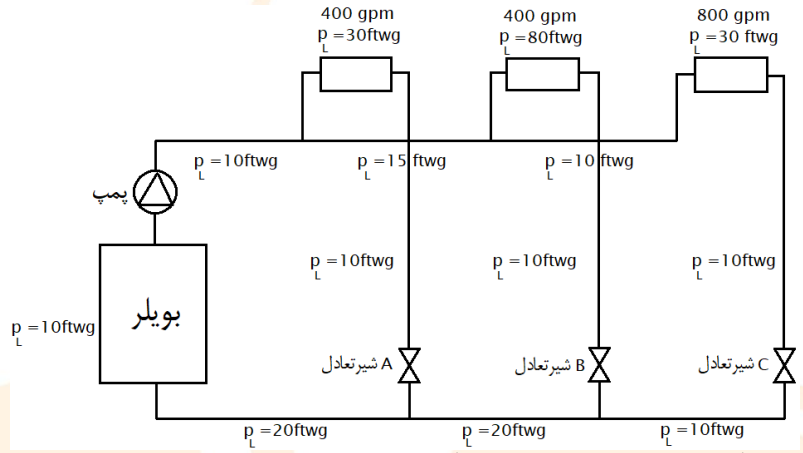
الف) طول ۳۷۰ و عرض ۳۴۰ و ارتفاع ۲۸۰
ب) طول ۲۷۰ و عرض ۲۶۵ و ارتفاع ۲۸۰
ج) طول ۳۲۵ و عرض ۲۷۰ و ارتفاع ۳۲۰
د) هیچکدام

پاسخ) طبق جدول ۱۷-۴-۱ صفحه ۲۹ مبحث ۱۴، حداقل فاصله مورد نیاز نصب بخاری دیواری از بالا و از جوانب ۱۰۰ سانتی‌متر می‌باشد بنابراین با توجه به شکل داریم:

$$L = ۲۰+۱۰۰+۲۵۰ = ۳۷۰ \text{ cm}$$
$$W = ۶۰+۱۰۰+۸۰+۱۰۰ = ۳۴۰ \text{ cm}$$
$$H = ۱۰۰+۸۰+۱۰۰ = ۲۸۰ \text{ cm}$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۱۴) در شکل زیر مشخصات سیستم لوله‌کشی یک سیستم تهویه مطبوع دو لوله‌ای نشان داده شده است. در مسیر برگشت شیرهای بالانس گذاشته شده است. هر شیر باید به چه صورت عمل کند تا سیستم لوله‌کشی به طور کامل بالانس شود؟ (افت فشار شیر بالانس در حالت کاملاً باز صفر فرض شود)



الف) شیر بالانس A باید کاملاً باز، شیر بالانس B باید کاملاً باز و شیر بالانس C باید افت فشار ۶۰ فوت آب ایجاد کند.

ب) شیر بالانس A باید افت فشار ۷۰ فوت آب، شیر بالانس B باید افت فشار ۱۵ فوت آب و شیر بالانس C باید افت فشار ۴۵ فوت آب ایجاد کند.

ج) شیر بالانس A باید افت فشار ۸۵ فوت آب، شیر بالانس B باید کاملاً باز و شیر بالانس C باید افت فشار ۳۰ فوت آب ایجاد کند.

د) شیر بالانس A باید افت فشار ۱۰۵ فوت آب، شیر بالانس B باید افت فشار ۱۵ فوت آب و شیر بالانس C باید کاملاً باز باشد.

پاسخ) افت فشار را در هر ۳ مسیر حساب می‌کنیم:

$$A \Rightarrow \quad ۱۰+۳۰+۱۰+P_A+۲۰+۱۰=۸۰+P_A$$
$$B \Rightarrow \quad ۱۰+۱۵+۸۰+۱۰+P_B+۲۰+۲۰+۱۰=۱۶۵+P_B$$
$$C \Rightarrow \quad ۱۰+۱۵+۱۰+۳۰+۱۰+P_C+۱۰+۲۰+۲۰+۱۰=۱۳۵+P_C$$

اگر شیر B کاملاً باز شود، افت فشار آن صفر شده و کافی است تا شیرهای دیگر تا آنجایی باز شوند که مقدار افت فشار مسیرهای A و C برابر با مسیر B شود، درنتیجه داریم:

$$P_B=۰ \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} ۱۳۵+P_C=۱۶۵ & \Rightarrow \quad P_C=۳۰ \text{ ftwg} \\ ۸۰+P_A=۱۶۵ & \Rightarrow \quad P_A=۸۵ \text{ ftwg} \end{cases}$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۵) در سوال قبل اگر سیستم لوله‌کشی به طور کامل بالانس شود و راندمان پمپ ٪۷۰ باشد، توان ترمزی پمپ چند اسب بخار است؟

الف) ۱۱۹ ب) ۱۵۰ ج) ۸۰/۵ د) ۱۹۰

پاسخ) افت فشار در حالت تعادل سیستم، برابر با ۱۶۵ فوت آب (هد پمپ) و دبی پمپ برابر با مجموع دبی مصرف‌کننده‌ها می‌باشد، بنابراین توان ترمزی پمپ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Bhp = \frac{Q \times h}{۳۹۶۰ \times \eta} = \frac{۲۰۰۰ \times ۱۶۵}{۳۹۶۰ \times ۰/۷} = ۱۱۹ \text{ bhp}$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۱۶) دبی یک فن سانتریفیوژ ۱۲۰۰۰ فوت مکعب بر ساعت، فشار کل آن ۳ اینچ آب و راندمان استاتیک آن ۷۰% است. توان ترمزی فن چند اسب بخار است؟

الف) ۴/۵ ب) ۸/۱

ج) ۷/۳ د) اطلاعات برای حل مسئله کافی نیست.

پاسخ) طبق رابطه زیر برای محاسبه توان ترمزی فن به راندمان فن نیاز داریم که در مسئله داده نشده است توضیح اینکه راندمان استاتیک فن برای محاسبه P استفاده می‌شود و نباید با راندمان فن اشتباه شود.

$$Bhp = \frac{Q \times P}{۶۳۵۶ \times \eta_{Fan}}$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۱۷) در یک کویل سرمایی دمای ورود و خروج آب به ترتیب ۵۰ و ۶۰ درجه فارنهایت و دبی آب ۴۰ گالن بر دقیقه است. هوا با دمای حباب خشک ۱۰۰ درجه فارنهایت، رطوبت نسبی ۵۰% و دبی ۶۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه وارد کویل می‌شود. دمای حباب تر هوای خروجی از کویل چند درجه فارنهایت است؟

الف) ۵۵ ب) ۶۵

ج) ۷۵ د) اطلاعات برای حل مسئله کافی نیست.

پاسخ) بار حرارتی کل هوای عبوری برابر با بار سرمایشی کویل است پس داریم:

$$Q_{TH\,air} = Q_{Water} \quad \Rightarrow \quad ٤/٤٥ \times cfm \times \Delta h = ۵۰۰ \times gpm \times \Delta T$$

$$\Delta h = \frac{۵۰۰ \times gpm \times \Delta T}{٤/٤٥ \times cfm} = \frac{۵۰۰ \times ٤۰ \times (۶۰ - ۵۰)}{٤/٤٥ \times ۶۰۰۰} = ۷/۵ \frac{Btu}{lb}$$

حال با استفاده از نمودار سایکرومتریک داریم:

$$\begin{cases} T_{db} = ۱۰۰^\circ F \\ RH = ۵۰\% \end{cases} \quad \text{psychrometric chart} \Rightarrow \quad h_۱ = ٤۶/۱ \frac{Btu}{lb}$$

$$\Delta h = h_۲ - h_۱ \quad \Rightarrow \quad h_۲ = ۷/۵ - ٤۶/۱ = ۳۸/۶ \frac{Btu}{lb} \quad \text{psychrometric chart} \Rightarrow \quad T_{wb} = ۷۵^\circ F$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۸) مقرر است برای یک فضای اداری به مساحت ۸۰ مترمربع یک فن کویل سقفی به ظرفیت ۳۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت، هوادهی ۱۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه و ابعاد ۳۷۵×۷۰۰×۱۱۳۰ میلی‌متر در داخل فضای سقف کاذب نصب شود. حداقل ابعاد دریچه بازدید روی سقف کاذب باید چند میلی‌متر باشد؟

الف) ۹۰۰×۵۷۵ ب) ۱۲۳۰×۸۰۰ ج) ۲۰۰۰×۴۷۵ د) ۱۳۳۰×۹۰۰

پاسخ) طبق نقشه M.D. 315-10-9 نشریه ۲-۶-۱۲۸، دریچه دسترسی به فن‌کویل باید دست‌کم در هر طرف ۱۰۰ میلی‌متر و در طرف اتصال لوله‌ها به دستگاه ۳۰۰ میلی‌متر بزرگ‌تر از ابعاد دستگاه باشد.

با توجه به نقشه لوله‌ها در زیر دستگاه پس عرض دریچه بازرسی باید حداقل ۳۰۰ میلی‌متر از عرض فن‌کویل بزرگ‌تر بوده و از دو بعد دیگر آن حداقل ۱۰۰ میلی‌متر بزرگ‌تر باشد.

مشخص است در گزینه‌ها فاصله ۳۰۰ میلی‌متری از سمت لوله‌ها درنظر گرفته نشده و فقط از هر طرف ۱۰۰ میلی‌متر به طول و عرض ابعاد دستگاه اضافه شده است. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۱۹) در یک چیلر تراکمی هوا خنک با مشخصات زیر، ضریب عملکرد چقدر است؟ (از تلفات حرارتی از پوسته کمپرسور صرف نظر کنید)

- دمای آب ورودی به اواپراتور ۵۴ درجه فارنهایت
- دمای آب خروجی از اواپراتور ۴۴ درجه فارنهایت
- دمای آب ورودی به کندانسور ۹۰ درجه فارنهایت
- دمای آب خروجی از کندانسور ۹۸ درجه فارنهایت
- دبی آب کندانسور ۱/۵ برابر دبی آب اواپراتور

الف) ۳ ب) ۵ ج) ۱/۵ د) ۴

پاسخ) این سوال توسط دفتر مقررات ملی حذف شده است.

پرسش ۲۰) برای حصول اطمینان از عملکرد صحیح سیستم، بر روی یک دیگ فولادی آب‌گرم به ظرفیت ۲۰۰۰ کیلووات چند شیر اطمینان و با چه ظرفیتی باید نصب شود؟

الف) حداقل یک شیر اطمینان با ۱۵۰% ظرفیت کل دیگ

ب) حداقل یک شیر اطمینان با ۱۰۰% ظرفیت کل دیگ

ج) حداقل دو شیر اطمینان هر کدام با ۵۰% ظرفیت کل دیگ

د) حداقل دو شیر اطمینان هر کدام با ۱۰۰% ظرفیت کل دیگ

پاسخ) طبق بند «الف-۱» آیین‌نامه ۱۴-۷-۷-۲ صفحه ۹۰ مبحث ۱۴، بر روی دیگ آب‌گرم، دیگ بخار و مخزن ذخیرهٔ آب‌گرم مصرفی می‌توان به جای یک شیر، چند شیراطمینان نصب‌کرد. در این صورت، ظرفیت تخلیهٔ مجموع این شیرها باید با ظرفیت دستگاه برابر باشد.

با توجه به این بند از آیین‌نامه، می‌توان چند شیر اطمینان استفاده کرد و الزامی وجود ندارد اما طبق نقشه M.D. 315-04-2 درصورتی که ظرفیت دیگ بیش‌تر از ۱۶۴۰ کیلووات باشد باید حداقل دو شیر اطمینان هر کدام با ۵۰% ظرفیت کل دیگ نصب کرد. گزینه **ج** صحیح است. (طبق پاسخنامه رسمی منتشر شده!)

پرسش ۲۱) یک دیگ گازوئیل‌سوز به ظرفیت ۴۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت و با راندمان ۸۰% مفروض است. اگر دیگ ۲۴ ساعته با ضریب انقطاع عملکرد ۵۰% کار کند و مقرر باشد مخزن سوخت دیگ هر ۹۰ روز یکبار از حالت کاملاً خالی، مجدد پر شود، حجم مخزن سوخت حداقل باید چند لیتر باشد؟ قطر لوله هواکش این مخزن حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟ (ارزش حرارتی گازوئیل ۸۵۰۰ کیلوکالری بر لیتر است)

الف) ۱۶۰۰۰ و ۵۰
ب) ۱۰۰۰۰ و ۴۰
ج) ۴۰۰۰۰ و ۶۵
د) ۲۰۰۰۰ و ۴۰

پاسخ) گنجایش مخزن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\dot{V}=\frac{Q}{\eta\times w}=\frac{٤٠٠٠٠٠\frac{Btu}{hr}\times ٠/٢٥٢\frac{kcal/hr}{Btu/hr}}{٠/٨\times ٨٥٠٠}=١٤/٨\frac{lit}{hr}$$

$$V=١٤/٨\times ٠/٥\times ٢٤\times ٩٠=١٦٠٠٠\ lit$$

طبق جدول ۱۴-۱۲-۳-۲ صفحه ۱۵۸ مبحث ۱۴، کمینه قطر اسمی لوله هواکش مخزن سوخت مایع برای مخزنی با گنجایش ۱۶۰۰۰ لیتر، ۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ) می‌باشد. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۲) مقرر است برای یک دیگ گازوئیل سوز به ظرفیت ۲۰۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت و راندمان ۸۰% ، تمام هوای احتراق از طریق کف و بام (هر دو به طور مستقیم مرتبط با هوای بیرون) تامین شود. حداقل مشخصات دریچه‌های تامین هوا کدام است؟

الف) یک دریچه روی کف با سطح آزاد تقریباً ۸۰۰۰ سانتی‌مترمربع و یک دریچه در زیر سقف با سطح آزاد تقریباً ۴۰۰۰ سانتی‌مترمربع.

ب) یک دریچه روی کف با سطح آزاد تقریباً ۳۲۵۰ سانتی مترمربع و یک دریچه در زیر سقف با سطح آزاد تقریباً ۳۲۵۰ سانتی‌مترمربع

ج) یک دریچه روی کف با سطح آزاد تقریباً ۲۸۵۰ سانتی‌مترمربع و یک دریچه در زیر سقف با سطح آزاد تقریباً ۲۸۵۰ سانتی‌مترمربع

د) یک دریچه روی کف با سطح آزاد تقریباً ۴۰۰۰ سانتی‌مترمربع و یک دریچه در زیر سقف با سطح آزاد تقریباً ۴۰۰۰ سانتی‌مترمربع

پاسخ) طبق بند «الف» و «الف-۲» آیین‌نامه ۱۴-۹-۳-۲ صفحه ۱۱۳ مبحث ۱۴، در صورت گرفتن هوای مورد نیاز احتراق از خارج، باید دست‌کم دو دهانهٔ دایمی و بسته نشدنی ، یکی در کف یا نزدیک کف و دیگری در سقف یا نزدیک سقف فضای محل نصب دستگاه‌های با سوخت مایع یا گاز پیش‌بینی شود که، مستقیماً یا از طریق کانال‌های افقی یا قائم، به هوای خارج مربوط شوند.

اگر دهانه‌های ورودی هوا مستقیماً به هوای خارج باز شوند، هر دهانه باید دست‌کم ۱۰۰ میلی‌متر مربع برای هر ۱۵۵ کیلوکالری درساعت (یک اینچ مربع برای هر ۴۰۰۰ بی‌تی‌یو در ساعت) انرژی معادل سوخت ورودی به دستگاه‌ها، سطح آزاد داشته باشد.

$$Q=\frac{۲۰۰۰۰۰۰}{۰/۸}=۲۵۰۰۰۰۰\frac{Btu}{hr}$$

$$\begin{cases} ۱in^۲ \rightarrow ٤۰۰۰\frac{Btu}{hr} \\ A \rightarrow ۲۵۰۰۰۰۰\frac{Btu}{hr} \end{cases} \Rightarrow A=\frac{۲۵۰۰۰۰۰\frac{Btu}{hr}\times ۱in^۲}{٤۰۰۰\frac{Btu}{hr}}=۶۲۵in^۲\times ۶/٤۵\frac{cm^۲}{in^۲}=٤۰۳۱/۲۵\ cm^۲$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲۳) برای سیستم گردش آب یک چیلر هوا خنک به ظرفیت ۲۰۰ تن تبرید، یک مخزن انبساط باز در نظر گرفته شده است. قطر لوله اتصال منبع انبساط به سیستم تبرید حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟

الف) وابسته به دبی آب سرد کننده است.　　ب) ۳۲

ج) ۴۰　　د) ۲۵

پاسخ) طبق نقشه M.D. 301-06-01 نشریه ۲-۶-۱۲۸، درصورتی‌که مخزن انبساط باز باشد قطر داخلی لوله انبساط ۲۵ میلی‌متر می‌باشد. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲٤) بهترین مسیر برای خروج حباب‌های هوا از سیستم جداکننده هوا که بر روی دیگ نصب شده است، کدام است؟

الف) به سمت مخزن انبساط

ب) به سمت هوای محیط

ج) به صورت غیرمستقیم به لوله هواکش فاضلاب

د) به سمت مخزن انبساط یا هوای محیط یا به صورت غیر مستقیم به لوله هواکش فاضلاب

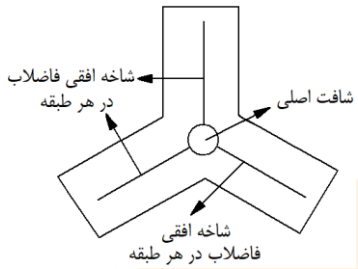
پاسخ) طبق نقشه M.D. 301-02-04 نشریه ۲-۶-۱۲۸، خروج حباب‌های هوا از سیستم جداکننده هوا که بر روی دیگ نصب شده است، به سمت مخزن انبساط می‌باشد. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۵) از یک مخزن ذخیره آب واقع در زیرزمین یک ساختمان اداری، دو لوله آب مصرفی فولادی گالوانیزه هر یک به قطر ۳ اینچ به سمت ساختمان خارج شده است. این دو لوله ابتدا مسیری افقی در کنار دیوار را طی می‌کنند تا به لوله‌های قائم انتقال آب مصرفی متصل شوند. فاصله محور لوله افقی نزدیک‌تر به دیوار، تا دیوار حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟ فاصله بین محور این دو لوله از یکدیگر حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟ (لوله‌ها بدون فلنج هستند)

الف) ۹۵ و ۹۵　　ب) ۹۵ و ۱۴۰　　ج) ۱۴۰ و ۱۴۰　　د) ۱۱۰ و ۱۱۰

پاسخ) طبق نقشه M.D. 301-01-1 نشریه ۲-۶-۱۲۸، برای لوله‌های بدون فلنج فاصله محور لوله افقی نزدیک‌تر به دیوار، تا دیوار (S) با توجه به قطر آن طبق جدول ۹۵ میلی‌متر بوده و فاصله بین محور این دو لوله از یکدیگر (C) حداقل ۱۴۰ میلی‌متر می‌باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۶) پلان معماری یک برج ساختمانی مسکونی به شکل زیر است. محل لوله قائم فاضلاب در شافت اصلی روی شکل مشخص شده است. فاضلاب هر شاخه افقی در هر طبقه به صورت مستقیم به این لوله قائم فاضلاب متصل است. در محل اتصال، فاصله عمودی بین شاخه‌های افقی در هر طبقه حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟



الف) ۳۰۰

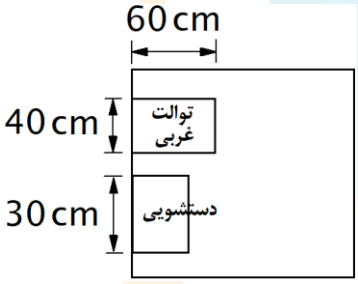
ب) ۲۵۰

ج) ۵۰۰

د) محدودیتی ندارد

پاسخ) طبق نقشه M.D. 203-03-2 نشریه ۱-۶-۱۲۸، در محل اتصال به لوله قائم فاضلاب، فاصله عمودی بین شاخه‌های افقی در هر طبقه حداقل ۲۵۰ میلی‌متر است. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۷) در شکل زیر یک اتاقک توالت برای معلولین نشان داده شده است. طول و عرض اتاقک حداقل چند سانتی‌متر می‌تواند باشد؟



الف) ۱۵۰×۹۰

ب) ۲۱۳×۱۶۶

ج) ۱۸۲×۹۰

د) ۱۵۰×۱۶۶

پاسخ) طبق بند «ث» آیین‌نامه ۱۶-۲-۵-۱ صفحه ۳۱ مبحث ۱۶، فاصلهٔ محور دستشویی از سطح دیوار مجاور یا هر مانع دیگر، نباید کمتر از ۴۵۰ میلی‌متر باشد. همچنین طبق بندهای «الف» و «ج-۱» آیین‌نامه ۱۶-۲-۵-۲ صفحه ۳۲ مبحث ۱۶، توالت غربی باید طوری نصب شود که فاصلهٔ محور آن از سطح دیوار مجاور یا هر مـانع دیگـر، کمتر از ۴۵۰ میلی‌متر و از محور لوازم بهداشتی دیگر کمتر از ۷۶۰ میلی‌متر نباشد.

فضای آزاد کف به صورت دایره‌ای به قطر دست‌کم ۱۵۲۵ میلی‌متر برای گردش صندلی چـرخ دار فراهم باشد. پس برای محاسبه حداقل ابعاد اتاقک داریم:

$$L = ۶۰۰ + ۱۵۲۵ = ۲۱۲۵\,mm = ۲۱۲/۵\,cm$$
$$W = ۴۵۰ + ۷۶۰ + ۴۵۰ = ۱۶۶۰\,mm = ۱۶۶\,cm$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۸) سطح هیدرولیکی کانال تخلیه هوای یک هود نوع I برابر ۴۳۲ اینچ مربع است. حجم هوای تخلیه هود حداقل باید چند فوت مکعب بر دقیقه باشد؟

الف) ۱۵۰۰ ب) ۲۱۶۰۰۰ ج) ۴۳۲۰۰۰ د) ۱۰۸۰۰

پاسخ) طبق بند «پ-۸» آیین‌نامه ۱۴-۵-۶-۴ صفحه ۶۲ مبحث ۱۴، سرعت جریان هوا در داخل کانال تخلیهٔ هوای هود نوع I، نباید کمتر از ۲/۵ متر بر ثانیه (۵۰۰ فوت در دقیقه) باشد. برای محاسبه حجم هوای تخلیه داریم:

$$Q = V \times A = ۵۰۰ \frac{ft}{min} \times ۴۳۲ in^۲ \frac{ft^۲}{۱۴۴ in^۲} = ۱۵۰۰ \frac{ft^۳}{min}$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۹) در محاسبه بار گرمایی و سرمایی ساختمان‌های مسکونی کدام گزینه در مورد دمای طرح داخل صحیح است؟

الف) برای محاسبه بار گرمایی باید حداکثر ۲۲ درجه سلسیوس و برای محاسبه بار سرمایی حداقل ۲۷ درجه سلسیوس در نظر گرفته شود.

ب) برای محاسبه بار گرمایی باید حداکثر ۲۰ درجه سلسیوس و برای محاسبه بار سرمایی حداقل ۲۴ درجه سلسیوس در نظر گرفته شود.

ج) برای محاسبه بار گرمایی باید حداکثر ۲۲ درجه سلسیوس و برای محاسبه بار سرمایی حداقل ۲۴ درجه سلسیوس در نظر گرفته شود.

د) برای محاسبه بار گرمایی باید حداکثر ۲۰ درجه سلسیوس و برای محاسبه بار سرمایی حداقل ۲۷ درجه سلسیوس در نظر گرفته شود.

پاسخ) طبق بند «الف» آیین‌نامه ۱۹-۴-۳-۴ صفحه ۵۸ مبحث ۱۹، برای محاسبه بارهای حداکثر گرمایی و سرمایی ساختمان، باید دمای حداکثر ۲۲ درجه سلسیوس برای محاسبه بار گرمایی (اوقات سرد سال)، و دمای حداقل ۲۴ درجه سلسیوس برای محاسبه بار سرمایی (اوقات گرم سال) در نظر گرفته شود. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۰) برای یک ساختمان مسکونی ۵ طبقه با زیربنای مفید کل ۱۴۰۰ مترمربع در شهر تبریز، اگر بخواهیم ساختمان دارای رده انرژی EC+ باشد، حداقل مقاومت حرارتی دیوارهای ساختمان با عایق میانی طبق روش تجویزی باید چند مترمربع کلوین بر وات باشد؟

الف) ۲/۱ ب) ۳/۰ ج) ۳/۳ د) ۱/۷

پاسخ) طبق پیوست ۳ مبحث ۱۹، تبریز شهری با نیاز گرمایشی زیاد است. همچنین چون ساختمان مسکونی بوده، طبق جدول پ-۴-۱ صفحه ۱۹۰ مبحث ۱۹، ساختمان نوع الف می‌باشد پس طبق جدول پ-۴-۲ صفحه ۱۹۱ این مبحث، این ساختمان، ساختمان گروه ۱ است. با مراجعه به جدول ۱۹-۵-۱ صفحه ۷۲ این مبحث، حداقل مقاومت حرارتی دیوار ساختمان با عایق میانی دارای رده انرژی EC+ ، مقدار ۳/۳ $m^2.k/w$ می‌باشد. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۱) در یک ساختمان اداری اگر بخواهیم رده انرژی ساختمان با استفاده از روش موازنه‌ای (کارکردی) کم انرژی (+EC) باشد، مقاومت حرارتی کانال‌های دستگاه هوارسان که از فضای خارج ساختمان عبور می‌کند حداقل باید چند فوت مربع درجه فارنهایت ساعت بر بی‌تی‌یو باشد؟ (روز-درجه سرمایی و گرمایی سالانه شهر موردنظر به ترتیب ۱۸۵۰ و ۱۰۰۰ است)

الف) ۳/۳ ب) ۱۰/۴ ج) ۶/۵ د) ۹/۱

پاسخ) طبق جدول ۱۹-۵-۲۱ صفحه ۹۲ مبحث ۱۹، ضریب افزایش مقاومت حداقل تعیین شده در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان برای ساختمان‌هایی با رده انرژی +EC در فضای خارجی یا کنترل نشده ۱/۶۰ می‌باشد.

طبق جدول (۱۴-۶-۷-۳) "الف" صفحه ۷۷ مبحث ۱۴، کمینهٔ مقاومت گرمایی عایق کانال هوا در خارج از ساختمان در تأسیسات گرمایی و سرمایی برای روز درجه سرمایی ۱۸۵۰، ۶/۵ فوت مربع درجه فارنهایت ساعت بر بی‌تی‌یو و برای روز درجه گرمایی ۱۰۰۰، ۳/۳ فوت مربع درجه فارنهایت ساعت بر بی‌تی‌یو می‌باشد.

عدد بزرگ‌تر را انتخاب کرده و در ضریبی که از مبحث ۱۹ استخراج کردیم ضرب می‌کنیم:

$$R = ۶/۵ \times ۱/۶۰ = ۱۰/٤ \frac{h.ft^{۲}.°F}{BTU}$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳۲) عرض و ارتفاع بازشوی در موتورخانه آسانسور به ترتیب حداقل باید چند سانتی‌متر باشد؟

الف) ۹۰ و ۲۲۰ ب) ۱۰۰ و ۲۲۰ ج) ۱۰۰ و ۲۰۰ د) ۹۰ و ۲۰۰

پاسخ) طبق آیین‌نامه ۱۵-۲-۲-۵-۴ صفحه ۲۲ مبحث ۱۵، بازشوی در موتورخانه (در صورت وجود) باید دارای حداقل ۹۰۰ میلیمتر عرض و ۲۰۰۰ میلی متر ارتفاع باشد بازشوی در باید به سمت بیرون، دارای قفل و کلید مطمئن بوده و در اختیار افراد صاحب صلاحیت قرار گیرد.قفل در موتورخانه باید به گونه‌ای باشد که از داخل بدون کلید و از بیرون با کلید باز شود. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۳) عمق هوابند سیفون توالت شرقی و آبخوری به ترتیب حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟

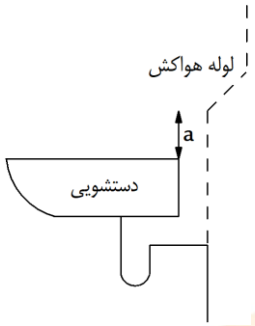
الف) ۷۵ و ۵۰ ب) ۵۰ و ۷۵ ج) ۵۰ و ۵۰ د) ۷۵ و ۷۵

پاسخ) طبق بند «ث-۱» آیین‌نامه ۱۶-۴-۲-۳ صفحه ۸۵ مبحث ۱۶، مقدار عمق آب هوابند سیفون که مانع ورود هوا و گازهای داخل لوله‌کشی به فضاهای ساختمان می‌شود، نباید از ارقام زیر کمتر باشد:

- قطر نامی لولهٔ خروجی فاضلاب تا ۵۰ میلی‌متر، عمق آب هوابند سیفون ۷۵ میلی‌متر
- قطر لولهٔ خروجی فاضلاب بزرگتر از ۵۰ میلی‌متر، عمق آب هوابند سیفون ۵۰ میلی‌متر

طبق جدول ۱۶-۴-۲-۳ "ت"(۱) صفحه ۸۶ مبحث ۱۶، حداقل اندازهٔ سیفون لوله‌ای شکل برای توالت شرقی ۱۰۰ میلی‌متر و برای آبخوری ۳۲ میلی‌متر است. بنابراین عمق هوابند سیفون برای توالت شرقی ۵۰ میلی‌متر و برای آبخوری ۷۵ میلی‌متر می‌باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳۴) در شکل زیر فاصله a حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟



الف) ۲۰۰
ب) ۳۰۰
ج) ۱۵۰
د) محدودیتی ندارد.

پاسخ) طبق بند «پ-۳» آیین‌نامه ۱۶-۵-۲-۵ صفحه ۱۱۱ مبحث ۱۶ و نقشه M.D. 201-01-1 نشریه ۱-۶-۱۲۸، اتصال هر شاخهٔ افقی هواکش به لولهٔ قائم هواکش یا هواکش لولهٔ قائم فاضلاب باید دست‌کم ۱۵۰ میلی‌متر بالاتر از لبهٔ سرریز بالاترین دستگاهی که هواکش آن به این شاخهٔ افقی هواکش متصل شده است، باشد. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۵) یک اتاق دوش اختصاصی مجهز به فقط یک دوش است. در زیر دوش بر روی کف تمام شده دریچه تخلیه فاضلاب دوش قرار گرفته است. قطر لوله تخلیه حداقل باید چند میلی‌متر باشد؟

الف) ۱۰۰ ب) ۴۰ ج) ۵۰ د) ۸۰

پاسخ) طبق جدول ۱۶-۴-۲-۳ "ت"(۱) صفحه ۸۶ مبحث ۱۶، حداقل اندازهٔ سیفون‌های لوله‌ای شکل برای زیردوشی ۴۰ میلی‌متر می‌باشد. اما طبق نقشه M.D. 201-06-1 نشریه ۱-۶-۱۲۸، این قطر ۵۰ میلی‌متر می‌باشد. در کلید رسمی منتشر شده، گزینه **ج** پاسخ صحیح می‌باشد!

پرسش ۳۶) مقرر است برای یک واحد مسکونی که در طبقه همکف روی زمین واقع شده است، یک دوش با زیردوشی پیش‌ساخته نصب شود. حداقل قطر غلاف لوله فاضلاب خروجی از زیردوشی و جنس آن کدام است؟

الف) ۱/۵ برابر قطر لوله فاضلاب (۶۰ میلی‌متر)، فولاد گالوانیزه
ب) ۵۰ میلی‌متر، فولاد گالوانیزه
ج) برابر قطر لوله فاضلاب (۸۰ میلی‌متر) پلاستیکی یا فولاد گالوانیزه
د) نیاز به اجرای غلاف لوله نیست.

پاسخ) طبق نقشه M.D. 201-06-2 نشریه ۱-۶-۱۲۸، درصورتی‌که زیردوشی در طبقه‌ای که روی زمین قرار دارد نصب شود نیاز به اجرای غلاف لوله و قطعه لاستیکی نمی‌باشد. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۷) قطر موثر دهانه خروجی شیر آب پرکن یک وان ۳۲ میلی‌متر است. فاصله لبه دهانه خروجی آب شیر پرکن وان از دیوار مجاور وان ۱۰ سانتی‌متر است. فاصله هوایی بین شیر و لبه سرریز وان حداقل چند سانتی‌متر می‌تواند باشد؟

الف) ۷ ب) ۱۰ ج) ۱۲ د) ۱۵

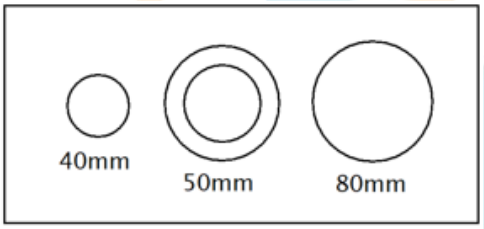
پاسخ) طبق جدول ۱۶-۳-۷-۴ "ب" صفحه ۶۹ مبحث ۱۶، حداقل فاصلهٔ هوایی برای دهانه‌های خروج آب لوازمی که قطر مؤثر دهانهٔ خروج آب آن‌ها بـیش از ۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ) باشد، در دو حالت دور از دیوار و نزدیک دیوار آمده است. همچنین اگر حالت دور از دیوار درنظر گرفته شود باید لبه دهانه خروج آب، از یک دیوار فاصله‌ای بیش از ۳ برابر قطر موثر دهانه خروج آب یـا از دو دیوار مجاور فاصله ای بیش از ۴ برابر قطر مؤثر دهانهٔ خروج آب داشته باشد. در غیر این صورت حالت نزدیک به دیوار است. داریم:

$$L \geq 3D \quad \Rightarrow \quad ۱۰۰ \geq ۹۶$$

بنابراین حالت دور از دیوار را درنظر گرفته و حداقل فاصله هوایی دو برابر قطر موثر دهانه یعنی ۶۴ میلی‌متر (سانتی‌متر ۶/۴) می‌باشد.

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۸) سه لوله فولادی به قطرهای ۴۰ و ۵۰ و ۸۰ میلی‌متر بدون فلنج از داخل یک شفت تاسیساتی به شکل زیر عبور می‌کند. طول و عرض شفت تاسیساتی به ترتیب حداقل باید چند سانتی‌متر باشد؟ (لوله ۵۰ میلی‌متری دارای ۲۵ میلی‌متر عایق حرارتی است)



الف) ۴۱ و ۱۹

ب) ۴۶ و ۱۹

ج) ۴۱ و ۲۲

د) ۴۶ و ۲۲

پاسخ) طبق نقشه M.D. 301-01-1 نشریه ۲-۶-۱۲۸، فاصله لوله ۴۰ میلی‌متری تا دیوار (S) طبق جدول ۸۰ میلی‌متر می‌باشد و فاصله لوله۴۰ میلی‌متری و۵۰ میلی‌متری (C) طبق جدول۱۱۰ میلی‌متر می‌باشد. چون لوله ۵۰ میلی‌متری عایق‌دار می‌باشد باید ضخامت عایق آن به مقدار C اضافه شود. فاصله بین لوله ۵۰ میلی‌متری و لوله ۸۰ میلی‌متری نیز به همین صورت محاسبه شده و فاصله لوله‌ی ۸۰ میلی‌متری تا دیوار نیز مانند لوله ۴۰ میلی‌متری محاسبه می‌شود. بنابراین برای طول شفت داریم:

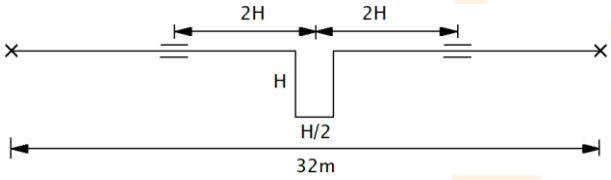
$$L = S_1 + C_1 + t + C_2 + t + S_2 = ۸۰ + ۱۱۰ + ۲۵ + ۱۲۵ + ۲۵ + ۹۵ = ۴۶۰\,mm$$

برای محاسبه عرض شفت فاصله لوله‌ها را تا دیوار از دو طرف لوله محاسبه کرده و مقدار بزرگ‌تر را درنظر می‌گیریم:

$$D = ۸۰\,mm \quad \Rightarrow \quad W = 2S = ۲ \times ۹۵ = ۱۹۰\,mm$$
$$D = ۵۰\,mm \quad \Rightarrow \quad W = 2(S + t) = ۲ \times (۸۵ + ۲۵) = ۲۲۰\,mm$$
$$D = ۴۰\,mm \quad \Rightarrow \quad W = 2S = ۲ \times ۸۰ = ۱۶۰\,mm$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۹) در شکل زیر مقدار H در حلقه انبساطی برای لوله فولادی به قطر ۸۰ میلی‌متر حداقل باید چند متر باشد؟ (دمای لوله قبل از عبور سیال، صفر درجه سلسیوس و پس از عبور سیال ۸۰ درجه سلسیوس است).



الف) ۱/۹۴

ب) ۲/۴۲

ج) ۱/۶۰

د) ۱/۳۴

پاسخ) طبق نقشه M.D. 301-03-1 نشریه ۲-۶-۱۲۸، مقدار H برای لوله فلزی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H = ۶ \times D^{۰/۴۸} \times L^{۰/۴۶} \times T.D^{۰/۴۶} = ۶ \times ۸۰^{۰/۴۸} \times ۳۲^{۰/۴۶} \times ۸۰^{۰/۴۶} = ۶ \times ۸/۲ \times ۵ \times ۷/۵ = ۱۸۴۵\,mm = ۱/۸۵\,m$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۴۰) در یک موتورخانه سه دستگاه دیگ با سوخت مایع که یک دستگاه رزرو است، هر یک به ظرفیت ۴۰۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت نصب شده است. راندمان حرارتی هر دیگ به همراه مشعل ۸۰ درصد است. تمام هوای احتراق به طور مستقیم از خارج ساختمان و به‌وسیله دریچه‌هایی که سطح آزاد آن‌ها ۵۰ درصد سطح کل است، تامین می‌شود. حداقل مشخصات دریچه‌های قابل قبول کدام است؟

الف) ۵ دریچه هر یک به ابعاد ۲۰×۵۰ اینچ مربع در سقف و ۵ دریچه هر یک به ابعاد ۲۰×۵۰ اینچ مربع در نزدیکی کف موتورخانه

ب) ۵ دریچه هر یک به ابعاد ۲۰×۲۵ اینچ مربع در نزدیکی کف موتورخانه

ج) ۵ دریچه هر یک به ابعاد ۲۰×۲۵ اینچ مربع در سقف و ۵ دریچه هر یک به ابعاد ۲۰×۲۵ اینچ مربع در نزدیکی کف موتورخانه

د) ۵ دریچه هر یک به ابعاد ۲۰×۲۵ اینچ مربع در سقف موتورخانه

پاسخ) یک دستگاه رزرو بوده پس دو دستگاه درحال کار هستند، ظرفیت کل دستگاه‌ها برابر است با:

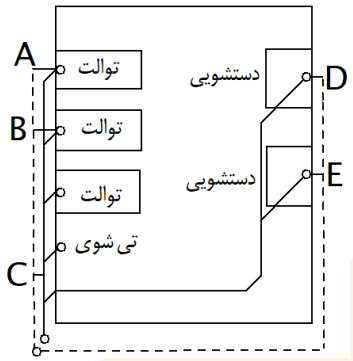
$$Q_b = \frac{۲ \times Q}{\eta} = \frac{۲ \times ۴۰۰۰۰۰۰}{۰/۸} = ۱۰۰۰۰۰۰۰\,\frac{Btu}{hr}$$

طبق بند «الف-۲» آیین‌نامه ۱۴-۹-۳-۲ صفحه ۱۱۳ مبحث ۱۴، اگر دهانه‌های ورودی هوا مستقیماً به هوای خارج باز شوند، هر دهانه باید دست‌کم ۱۰۰ میلی‌متر مربع برای هر ۱۵۵ کیلوکالری درساعت (یک اینچ مربع برای هر ۴۰۰۰ بی‌تی‌یو در ساعت) انرژی معادل سوخت ورودی به دستگاه‌ها، سطح آزاد داشته باشد. چون در صورت سوال عنوان شده که سطح آزاد دریچه‌ها ۵۰٪ است پس برای بدست آوردن سطح کلی، مساحت بدست آمده را تقسیم به ۵۰٪ می‌کنیم، بنابراین:

$$\begin{cases} ۱in^۲ \rightarrow ۴۰۰\,\frac{Btu}{hr} \\ A \rightarrow ۱۰۰۰۰۰۰۰\,\frac{Btu}{hr} \end{cases} \Rightarrow A = \frac{۱۰۰۰۰۰۰۰\,\frac{Btu}{hr} \times ۱in^۲}{۴۰۰\,\frac{Btu}{hr} \times ۰/۵} = ۵۰۰۰\,in^۲ = ۵ \times (۵۰ \times ۲۰)in^۲$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ٤١) شکل زیر بخشی از شبکه جمع‌آوری فاضلاب و هواکش یک ساختمان آموزشی را نشان می‌دهد. کدام گزینه صحیح است؟



الف) اجرای یکی از هواکش‌های A یا B و هواکش‌های D و E الزامی است.
ب) اجرای هواکش‌های A , D و E الزامی است.
ج) اجرای هواکش A و یکی از هواکش‌های D یا E الزامی است.
د) اجرای هواکش‌های A و C و یکی از هواکش‌های D یا E الزامی است.

پاسخ) طبق بند «الف» آیین‌نامه ۱۵-۵-۲-۶ صفحه ۱۱۲ مبحث ۱۶، برای دو عدد از لوازم بهداشتی که در یک طبقه و در مجاورت هم قرار دارند می‌توان به طور مشترک یک هواکش جداگانه نصب کرد.
همچنین طبق بند «الف» و «ب» آیین‌نامه ۱۶-۵-۲-۹ صفحه ۱۱۴ و ۱۱۵، حداکثر ۸ عدد از لوازم بهداشتی، که روی کف نصب شوند (مانند توالت، دوش، وان، کفشوی)، و به یک شاخهٔ افقی فاضلاب متصل شده باشند، ممکن است یک هواکش مداری داشته باشند. هواکش مداری هر شاخهٔ افقی فاضلاب باید در نقطه‌ای پس از سیفون بالا دست‌ترین دستگاه، و با رعایت الزامات مندرج در (۱۶-۵-۲-۵) به این شاخهٔ افقی فاضلاب متصل شود. بنابراین وجود یکی از هواکش‌های D یا E به عنوان هواکش مشترک دستشویی‌ها و هواکش A به عنوان هواکش مداری دیگر لوازم بهداشتی کف، الزامی است. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ٤٢) مقیاس نقشه‌های لوله‌کشی توزیع آب مصرفی و جمع‌آوری فاضلاب در داخل ساختمان به ترتیب باید حداقل چند درصد باشد؟

الف) ۱:۱۰۰ و ۱:۲۰۰
ب) ۱:۱۰۰ و ۱:۱۰۰
ج) ۱:۲۰۰ و ۱:۱۰۰
د) ۱:۲۰۰ و ۱:۲۰۰

پاسخ) طبق بند «ب-۵» آیین‌نامه ۱۶-۳-۳-۲ صفحه ۴۲ مبحث ۱۶، مقیاس نقشه‌ها نباید از یک به صد کوچک‌تر باشد، مگر در نقشه محوطه و با تأیید. همچنین طبق بند «ب-۵» آیین‌نامه ۱۴-۴-۲-۲ صفحه ۸۴، گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ٤٣) یک ساختمان ۵ طبقه دارای ۶ واحد مسکونی در هر طبقه است. لوازم بهداشتی هر واحد مسکونی عبارت است: یک حمام کامل (شامل یک دستشویی، یک توالت و یک دوش)، یک سرویس بهداشتی (شامل یک دستشویی و یک توالت)، یک سینک آشپزخانه، یک ماشین رختشویی و یک ماشین ظرفشویی. توالت‌ها با فلاش تانک هستند. قطر لوله اصلی افقی فاضلاب در محل خروج از ساختمان باید چند اینچ باشد؟ (شیب لوله اصلی افقی فاضلاب را ۱ درصد در نظر بگیرید).

الف) ۴
ب) ۶
ج) ۵
د) ۸

پاسخ) طبق جدول پ ۳-۲-۲ صفحه ۱۶۹ مبحث ۱۶، مقدار D.F.U که به لوله اصلی افقی فاضلاب می‌ریزد را برای لوازم بهداشتی تمام واحدهای ساختمان حساب می‌کنیم:

$$D.F.U = ۵ \times ۶ \times (۶+۱+٤+۲+۲+۲) = ۵۱۰$$

طبق جدول پ ۳-۳-۲ صفحه ۱۷۲، اندازه لوله اصلی افقی ساختمان با مقدار D.F.U=۵۱۰ و شیب ۱ درصد برابر ۶ اینچ می‌باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ٤٤) در سوال قبل، اندازه لوله اصلی آب ورودی به ساختمان، بعد از کنتور آب باید حداقل چند اینچ باشد؟ (لوله‌ها از جنس فولادی گالوانیزه با سطح داخل نسبتاً ناصاف هستند. حداکثر افت فشار آب در لوله اصلی را ۴ فوت آب در هر ۱۰۰ فوت طول لوله در نظر بگیرید)

الف) ۲ ب) $۲\frac{۱}{۲}$ ج) ۳ د) ۴

پاسخ) طبق جدول پ ۱-۲-۲ صفحه ۱۴۵ مبحث ۱۶، مقدار S.F.U را برای لوازم بهداشتی تمام واحدهای ساختمان حساب می‌کنیم:

$$S.F.U = ۵ \times ۶ \times (۳/۶+۰/۷+۲/۲+۱/٤+۱/٤+۱/٤) = ۳۲۱$$

طبق جدول پ ۱-۳-۲ صفحه ۱۴۷، مقدار جریان آب با S.F.U=۳۲۱ و برای سیستم‌هایی که با فلاش تانک کار می‌کنند با میانیابی بدست می‌آید:

$$\begin{cases} ۳۰۰ & ۸۵\,gpm \\ ۳۲۱ & x \\ ٤۰۰ & ۱۰۵\,gpm \end{cases} \Rightarrow \frac{٤۰۰-۳۲۱}{٤۰۰-۳۰۰} = \frac{۱۰۵-x}{۱۰۵-۸۵} \Rightarrow \frac{۷۹}{۱۰۰} = \frac{۱۰۵-x}{۲۰} \Rightarrow x = ۸۹/۲\ gpm$$

طبق شکل پ ۱-۵-۳ صفحه ۱۵۴ مبحث ۱۶، با افت فشار ۴ فوت آب در ۱۰۰ فوت طول لوله (معادل ۱/۷۳ پوند بر اینچ مربع در ۱۰۰ فوت) و دبی ۸۹/۲ گالن بر دقیقه، قطر لوله تقریباً ۳ اینچ بدست می‌آید. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ٤٥) جریان آب با دبی ۶۰ گالن بر ساعت از یک شیر کف فلزی به قطر نامی ۲ اینچ عبور می‌کند. افت فشار آب در شیر تقریباً چند فوت آب است؟ (سطح داخلی لوله‌کشی را نسبتاً صاف در نظر بگیرید)

الف) ۳/۷ ب) ۱/۶ ج) ۷/۴ د) ۳/۰

پاسخ) سوال حذف شده است.

پرسش ٤٦) کدام گزینه برای تامین فشار آب سیستم آبرسانی یک ساختمان مسکونی ۶ طبقه با مشخصات زیر قابل استفاده است؟ ارتفاع تراز ورود لوله آب شهر به محوطه ساختمان تا بالاترین وسیله بهداشتی (دوش بدون شیر ترموستاتیک) ۲۰ متر و تا سطح بام ۲۳ متر است. فشار آب شهری ۲۵ متر آب و افت فشار آب در کنتور ۱۰ متر آب است. (از افت فشار اصطکاکی آب صرف‌نظر کنید. پمپ در محوطه نصب شده است. روی بام هیچگونه شیر بهداشتی وجود ندارد)

الف) بوستر پمپ دور متغیر با فشار خروجی حداقل ۱۰/۵ متر آب

ب) بوستر پمپ دور متغیر با فشار خروجی حداقل ۲۵/۵ متر آب

ج) پمپ با فشار خروجی حداقل ۲۳ متر آب و مخزن ذخیره آب اتمسفریک روی بام
د) پمپ با فشار خروجی حداقل ۸ متر آب و مخزن ذخیره آب اتمسفریک روی بام

پاسخ) طبق بند «الف-۱» آیین‌نامه ۱۶-۳-۶-۲ صفحه ۶۴ مبحث ۱۶، نصب مستقیم پمپ روی لولهٔ انشعاب آب شهر مجاز نیست. بنابراین گزینه‌های ج و د نادرست می‌باشند. طبق بند «الف» آیین‌نامه ۱۶-۳-۳-۵ صفحه ۴۴، حداکثر فشار آب شبکهٔ لوله‌کشی توزیع آب مصرفی، در پشت شیرهای لوازم بهداشتی، در وضعیت بدون جریان نباید از ۴ بار (۴۰ متر ستون آب) بیشتر باشد. همچنین طبق جدول ۱۶-۳-۳-۵ "ب" صفحه ۴۵، حداقل مقدار فشار جریان آب در پشت شیرهای لوازم بهداشتی نباید از ارقام این جدول کمتر باشد. بالاترین وسیله بهداشتی یک دوش بدون شیر ترموستاتیک است که طبق جدول حداقل مقدار فشار جریان پشت آن ۵/۵ متر ستون آب می‌باشد.

$$H_{pump} = H_{st} + H_v = ۲۰ + ۵/۵ = ۲۵/۵$$

در گزینه‌ها حداقل فشار در خروجی بوستر پمپ عنوان شده (H_{out}) نه فشاری که باید توسط پمپ تأمین شود (H_{out}-H_{in})، بنابراین فشار آب شهر و افت فشار در کنتور آب را (که قبل از پمپ قرار دارد) در محاسبه در نظر نگرفته و فقط با توجه به ارتفاع ساختمان و حداقل فشار پشت دوش، فشار خروجی از پمپ را محاسبه کردیم. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ٤٧) قیمت دریچه سقفی چهارگوش آهنی با سطح ۲۳۲ سانتی‌متر مربع با رنگ روغنی با دمپر طبق روش فهرست بها چند ریال است؟ (قیمت هر سانتی‌متر مربع دریچه چهارگوش را ۲۹۰۰ ریال در نظر بگیرید)

الف) ۲۵۸۴۶۲۵ ب) ۲۲۴۷۵۰۰
ج) ۲۹۲۱۷۵۰ د) ۶۷۲۸۰۰

پاسخ) طبق فصل نوزدهم فهرست بهای پایه تأسیسات مکانیکی صفحه ۵۹ و ۶۰ اضافه بهای دریچه‌های دمپردار، نسبت به دریچه های بدون دمپر، برای گروه (۳) (دریچه سقفی گرد) سی (۳۰) و برای سایرگروه‌ها پانزده (۱۵) درصد ردیف مربوط است. سطح دریچه های کمتر از ۷۷۵ سانتی‌متر مربع (۱۲۰ اینچ مربع)، ۷۷۵ سانتی‌متر مربع (۱۲۰ اینچ مربع) محاسبه می‌شود. بنابراین داریم:

$$P_b = ۷۷۵ \times ۲۹۰۰ = ۲۲٤۷۵۰۰ \text{ Rial}$$
$$P_t = P_b + ۰/۱۵P_b = ۱/۱۵P_b = ۲۵۸٤۶۲۵ \text{ Rial}$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ٤٨) اگر تمام ساختمان مجهز به شبکه بارنده خودکار باشد، استفاده از کدام سیستم برای حفاظت دور بندهای پلکان ساختمان در برابر دود مجاز است؟

الف) ایجاد فشار مثبت ب) لابی با تهویه طبیعی
ج) لابی با تهویه مکانیکی د) هر سه گزینه صحیح است.

پاسخ) طبق آیین‌نامه ۳-۹-۵-۶ صفحه ۱۷۹ مبحث ۳، در صورتی که تمام ساختمان مجهز به شبکه بارنده خودکار تأیید شده باشد، به جای راهکارهای بالکن باز یا لابی تهویه شده، می‌توان از ایجاد فشار مثبت در پلکان استفاده نمود. در این صورت فشار مثبت داخل

پلکان باید بین حداقل ۲۵ تا حداکثر ۹۰ پاسکال باشد. بنابراین هم از تهویه طبیعی و هم به جای آن می‌توان از ایجاد فشار مثبت استفاده کرد. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ٤٩) در یک مجموعه ورزشی که سرویس‌های توالت و دستشویی و دوش به صورت عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اتصال کدام‌یک از گزینه‌های زیر به یک شاخه افقی فاضلاب به قطر ۱۰۰ میلی‌متر صحیح است؟

الف) ۳ دوش، ۶ دستشویی و ۶ توالت
ب) ۶ دوش، ۶ دستشویی و ۶ توالت
ج) ۶ دوش، ۵ دستشویی و ۴ توالت
د) ۴ دوش، ۴ دستشویی و ۶ توالت

پاسخ) طبق بندهای «الف-۵» و «الف-۶» آیین‌نامه ۱۶-۴-۲-۵ صفحه ۸۷ مبحث ۱۶، حداکثر قطر نامی شاخهٔ افقی فاضلاب نباید بزرگتر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد و به هر شاخهٔ افقی فاضلاب نباید بیش از ۵ توالت عمومی یا ۸ توالت خصوصی متصل شود. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۵۰) یک دستگاه هوارسان صددرصد هوای تازه دارای سیستم بازیافت انرژی هوا به هوا است. هوای بیرون با دمای ۱۰۰ درجه فارنهایت و دبی ۴۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه وارد مبدل حرارتی می‌شود. از سمت دیگر، هوای برگشتی با دمای ۸۰ درجه فارنهایت و دبی ۴۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه وارد مبدل حرارتی شده و پس از انتقال حرارت به محیط بیرون تخلیه می‌شود. راندمان مبدل حرارتی سیستم بازیافت ۷۰% است. در صورتی که دمای هوای خروجی از دستگاه هوارسان (به سمت کانال رفت) ۶۰ درجه فارنهایت باشد، بار محسوس کویل سرمایی چند بی‌تی‌یو بر ساعت است؟ (بر روی مبدل حرارتی تقطیر صورت نمی‌گیرد)

الف) ۱۱۲۳۲۰
ب) ۸۶۴۰۰
ج) ۶۰۴۸۰
د) ۱۲۳۴۲۸

پاسخ) اگر راندمان سیستم بازیافت انرژی ۱۰۰ درصد باشد، دمای هوای ۱۰۰ درجه بعد از تبادل انرژی با هوای برگشتی (که دمای آن ۸۰ درجه است)، ۸۰ درجه می‌شود پس تغییر دمای واقعی هوای عبوری از سیستم بازیافت با راندمان ۷۰ درصد به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_{۷۰\%} = Q_{۱۰۰\%} \times \eta \quad \Rightarrow \quad ۱/۰۸ \times ٤۰۰۰ \times (۱۰۰ - T_m) = ۱/۰۸ \times ٤۰۰۰ \times (۱۰۰ - ۸۰) \times ۰/۷$$

$$۱۰۰ - T_m = ۰/۷ \times ۲۰ \quad \Rightarrow \quad T_m = ۸۶^\circ F$$

حال با داشتن دمای هوای ورودی به هواساز (T_m) بار محسوس کویل سرمایی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = ۱/۰۸ \times cfm \times (T_m - T_{sa}) = ۱/۰۸ \times ٤۰۰۰ \times (۸۶ - ۶۰) = ۱۱۲۳۲۰ \frac{Btu}{hr}$$

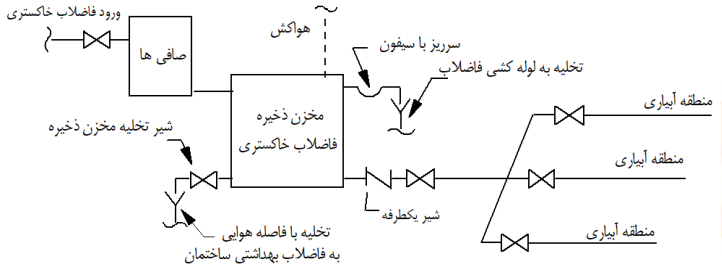
گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵۱) در یک ساختمان، دودکش از مجاورت (پشت) دیوار چاه آسانسور عبور کرده است. در این باره کدام گزینه صحیح است؟
الف) این کار مجاز است، به شرط آنکه سیستم اعلان نشت دود برای آن فضا در نظر گرفته شود.
ب) این کار مجاز نیست.
ج) این کار کاملاً مجاز است.
د) این کار مجاز است، ولی باید دیواره معبر دودکش در جوار فضای موصوف سیمان اندود شود.
پاسخ) طبق بند «ذ» آیین‌نامه ۱۷-۷-۴-۲ صفحه ۹۹ مبحث ۱۷، عبور دودکش از فضای بالای سقف کاذب فضای داخلی و دیوارهای مربوط به استخر، سونا و حمام و چاه آسانسور ممنوع است. در صورت عبور دودکش از مجاورت دیوار فضاهای یاد شده، باید دیواره معبر دودکش در جوار فضای موصوف سیمان اندود شود. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۵۲) تخلیه کفشوی چاه آسانسور به شبکه لوله‌کشی فاضلاب بهداشتی ساختمان باید به چه صورتی باشد؟
الف) اتصال مستقیم
ب) اتصال غیرمستقیم
ج) اتصال مستقیم و غیرمستقیم هر دو مجاز است.
د) نصب هیچ‌یک از لوله‌کشی‌ها و دیگر اجزای تاسیسات بهداشتی داخل چاه آسانسور مجاز نیست.
پاسخ) طبق آیین‌نامه ۱۶-۱-۹-۲ صفحه ۷ مبحث ۱۶، هیچ یک از لوله‌کشی‌ها و دیگر اجزای تأسیسات بهداشتی، جزکفشوی یا حوضچه و پمپ تخلیه آب کف چاه آسانسور، نباید در داخل چاه آسانسور، یا ماشین خانهٔ آن، نصب شود. تخلیهٔ این کفشوی (یا حوضچه) به شبکهٔ لوله‌کشی فاضلاب بهداشتی ساختمان باید با اتصال غیر مستقیم باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۵۳) در فن‌های سانتریفیوژ کدام نوع پروانه برای کاربردی که در آن جریان هوا حاوی ذرات معلق درشت است، مناسب‌تر است؟
الف) Plug ب) Forward ج) Backward د) Radial
پاسخ) در بادزن سانتریفیوژ رادیال تیغه‌ها دارای انحنا نمی‌باشند و برای ذرات معلق درشت از نظر فشار استاتیک مناسب ترند. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ٥٤) فاضلاب خاکستری پیش از ورود به تانک ذخیره باید :
الف) از اندازه‌گیر جریان عبور کند.
ب) از صافی عبور کند.
ج) از شیر کنترل و اندازه‌گیر عبور کند.
د) از شیر جلوگیری از برگشت جریان عبور کند.
پاسخ) طبق شکل پ ۹-۹ صفحه ۱۹۰ مبحث ۱۶، فاضلاب خاکستری پیش از ورود به تانک از صافی عبور می‌کند. گزینه **ب** صحیح است.



پرسش ۵۵) دبی آب در گردش یک برج خنک‌کن ۶۰۰ گالن بر دقیقه است. مقدار تبخیر آب و فرار قطرات (Drift) در برج خنک کن به ترتیب ۱ و ۰/۱ درصد آب در گردش است. اگر حداکثر TDS مجاز در مدار آب برج خنک‌کن ۳۰۰ppm و TDS آب جبرانی ۵۰ppm باشد، دبی متوسط آب جبرانی چند گالن بر دقیقه است؟

الف) ۷/۲۰ ب) ۶/۶۰ ج) ۷/۹۲ د) ۸/۲۴

پاسخ) آب جبرانی برج باید آبی را که بر اثر تبخیر، پرتاب و بلودان از آب درگردش برج کم شده، جبران کند همچنین می‌دانیم که TDS بخار آب صفر است پس مقدار آب جبرانی برج به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\dot{m}_v = ۱\% \times ۶۰۰ = ۶\,gpm \quad , \quad \dot{m}_d = ۰/۱\% \times ۶۰۰ = ۰/۶\,gpm$$

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_v + \dot{m}_d + \dot{m}_b$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{in} = ۶ + ۰/۶ + \dot{m}_b \quad \Rightarrow \quad \dot{m}_{in} - ۶/۶ = \dot{m}_b \quad (۱)$$

$$\dot{m}_{in} \times TDS_{in} = \dot{m}_v \times TDS_v + \dot{m}_d \times TDS_d + \dot{m}_b \times TDS_b$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{in} \times ۵۰ = ۶ \times ۰ + ۰/۶ \times ۳۰۰ + \dot{m}_b \times ۳۰۰ \quad \Rightarrow \quad ۵۰\dot{m}_{in} = ۱۸۰ + ۳۰۰\dot{m}_b \quad (۲)$$

$$(۱),(۲) \quad \Rightarrow \quad ۵۰\dot{m}_{in} = ۱۸۰ + ۳۰۰\left(\dot{m}_{in} - ۶/۶\right) \quad \Rightarrow \quad \dot{m}_{in} = ۷/۲\,gpm$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵۶) شرایط کارکرد یک کویل سرمایی در سطح دریا عبارتست از:

- شرایط هوای خارج: دمای حباب خشک ۹۵ درجه فارنهایت و دمای حباب‌تر ۷۸ درجه فارنهایت
- شرایط هوای ورودی به کویل: دمای حباب خشک ۷۶ درجه فارنهایت و رطوبت نسبی ۵۰ درصد
- شرایط هوای خروجی از کویل: دمای حباب خشک ۵۵ درجه فارنهایت و دمای حباب‌تر ۵۱ درجه فارنهایت
- دبی هوای عبوری: ۱۵۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه.

مقدار رطوبت خروجی به صورت چگالیده تقریباً چند گالن بر ساعت است؟ (حجم مخصوص هوا ۱۳/۷۵ فوت مکعب بر پوند در نظر گرفته شود)

الف) ۱۳/۵ ب) ۳۸ ج) ۲۲/۵ د) ۵۵

پاسخ) با توجه به اطلاعات هوای ورودی و خروجی کویل، مقدار رطوبت مطلق را از نمودار سایکرومتریک بدست می‌آوریم:

$$\begin{cases} T_{db} = ۷۶F^{\circ} \\ T_{wb} = ۵۰\% \end{cases} \Rightarrow \quad W_{in} = ۶۹/۲$$

$$\begin{cases} T_{db} = ۵۵F^{\circ} \\ T_{wb} = ۵۱F^{\circ} \end{cases} \Rightarrow \quad W_{out} = ۴۹/۱$$

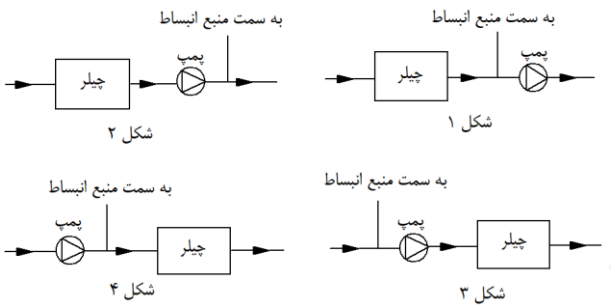
مقدار چگالیده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\dot{m}\left(\frac{lb}{hr}\right) = \frac{۶۰ \times cfm \times \Delta W}{۷۰۰۰ \times ۱۳/۷۵} = \frac{۶۰ \times ۱۵۰۰۰ \times (۶۹/۲ - ۴۹.۱)}{۷۰۰۰ \times ۱۳/۷۵} = ۱۸۷/۹ \frac{lb}{hr} \times \frac{۱gal}{۸/۳۵lb} = ۲۲/۵ \frac{gal}{hr}$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۵۷) کدام گزینه مناسب‌ترین چیدمان برای اتصال منبع انبساط بسته به سیستم سرمایش با آب سرد را نشان می‌دهد؟

الف) شکل ۱
ب) شکل ۲
ج) شکل ۳
د) شکل ۴



پاسخ) طبق نقشه M.D. 301-02-08 نشریه ۲-۶-۱۲۸، پمپ بعد از منبع انبساط و منبع انبساط بعد از مولد گرم‌کننده یا سردکننده قرار دارد گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵۸) بار سرمایی کل یک اتاق ۱۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت و نسبت بار محسوس آن ۰/۷۵ است. شرایط طرح خارج دمای حباب خشک ۱۰۴ درجه فارنهایت و دمای حباب تر ۶۹ درجه فارنهایت و شرایط طرح داخل دمای حباب خشک ۸۲ درجه فارنهایت است. در صورت استفاده از سیستم تبخیری مستقیم با بازده اشباع (Saturation Eff) برابر ۸۰% ، هوادهی دستگاه باید تقریباً چند فوت مکعب بر دقیقه باشد؟

الف) ۱۲۸۶۰ ب) ۱۵۴۳۰ ج) ۱۱۵۷۰ د) ۱۷۱۵۰

پاسخ) بار سرمایی محسوس اتاق به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{Q_S}{Q_{Total}} = ۷۵\% \quad \Rightarrow \quad Q_S = ۰/۷۵ \times ۱۰۰۰۰۰ = ۷۵۰۰۰ \frac{Btu}{hr}$$

دمای خشک خروجی از سیستم تبخیری مستقیم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\eta=\frac{T_{db(in)}-T_{sa}}{T_{db(in)}-T_{wb(in)}} \quad \Rightarrow \quad ۰/۸=\frac{۱۰۰-T_{sa}}{۱۰۰-۶۹} \quad \Rightarrow \quad T_{sa}=۷۶^{\circ}F$$

با داشتن بار سرمایی محسوس اتاق، دمای هوای خروجی از سیستم تبخیری و دمای حباب خشک طرح داخل، هوادهی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$cfm=\frac{Q_S}{۱/۰۸\times\Delta T}=\frac{۷۵۰۰۰}{۱/۰۸\times(۸۲-۷۶)}=۱۱۵۷٤\,cfm$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۵۹) در مسئله قبل رطوبت نسبی نهایی اتاق تقریباً چند درصد است؟

الف) ۶۰ ب) ۵۰ ج) ۷۰ د) ۸۰

پاسخ) تغییرات آنتالپی اتاق، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_{Total}=٤/٤٥\times cfm\times\Delta h \quad \Rightarrow \quad \Delta h=\frac{Q_{Total}}{٤/٤٥\times cfm}=\frac{۱۰۰۰۰۰}{٤/٤٥\times۱۱۵۷٤}=۱/۹٤\frac{Btu}{lb}$$

با توجه به دمای خشک و تر هوای بیرون آنتالپی آن را از نمودار سایکرومتریک بدست می‌آوریم:

$$\begin{cases}T_{db}=۱۰٤^{\circ}F\\T_{wb}=۶۹^{\circ}F\end{cases} \quad \Rightarrow \quad h_۱=۳۳/۶\frac{Btu}{lb}$$

آنتالپی هوای اتاق به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta h=h_۲-h_۱ \quad \Rightarrow \quad h_۲=۳۵/۵٤\frac{Btu}{lb}$$

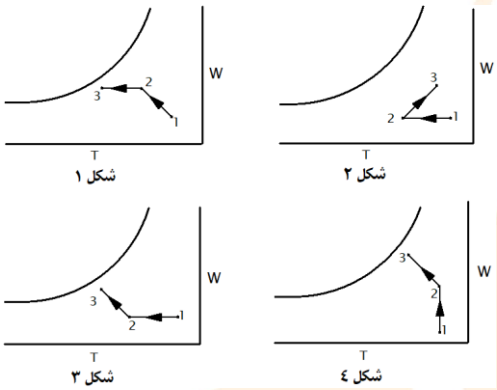
با استفاده از نمودار سایکرومتریک و با داشتن دمای حباب خشک اتاق رطوبت نسبی را بدست می‌آوریم:

$$\begin{cases}T_{db}=۸۲^{\circ}F\\h_۲=۳۵/۵٤\frac{Btu}{lb}\end{cases} \quad \Rightarrow \quad RH\approx۶۰\%$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ٦۰) کدام یک از شکل‌های زیر فرآیند سرمایش تبخیری دو مرحله‌ای بر روی نمودار سایکرومتریک را نشان می‌دهد؟ (نقطه ۱ شرایط هوای خارج و نقطه ۳ شرایط هوای خروجی از دستگاه است)

الف) شکل ۱
ب) شکل ۲
ج) شکل ۳
د) شکل ۴



شکل ۱

شکل ۲

شکل ۳

شکل ٤

پاسخ) مرحله‌ی اول سرمایش تبخیری دومرحله‌ای به‌صورت سرمایش محسوس و مرحله دوم آن به‌صورت فرایند سرمایش آدیاباتیک می‌باشد. گزینه **ج** صحیح است.