بسم الله الرحمن الرحیم

کتاب کار
تأسیسات حرارتی

رشتهٔ : تأسیسات

زمینهٔ : صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس : ۱۸۶۱

عنوان و نام پدیدآور	:	لیلاز مهرآبادی، امیر تأسیسات حرارتی کتاب کار [کتاب‌های درسی] : ۴۶۱/۳ رشتهٔ تأسیسات، زمینهٔ صنعت، برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش؛ مؤلف : امیر لیلازمهرآبادی؛ وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
مشخصات نشر	:	تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	:	۲۳۴ ص. : مصور (رنگی)، جدول (رنگی)،۲۷× ۲۰/۵
فروست	:	نظام جدید آموزش متوسطه، شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۱۸۶۱
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۱۴۵-۸
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	چاپ قبلی : گویش نو، ۱۳۹۰، کتابنامه : ص. ۲۳۴.
موضوع	:	تأسیسات
شناسه افزوده	:	لیلاز مهرآبادی، امیر ــ الف ــ سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی ب ــ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش ج ــ ادارهٔ کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
رده‌بندی کنگره	:	۱۳۹۲ TH ۶۰۱۰/ت۲
رده‌بندی دیویی	:	۴۶۱/۳ ک ۳۷۳
شماره کتاب‌شناسی ملی	:	۳۰۹۷۸۴۵

۱۳۹۳

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار(ایمیل) **info@tvoccd.medu.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.medu.ir**

محتوای این کتاب در کمیسیون تخصصی رشتهٔ تأسیسات دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش تأیید شده است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **کتاب کار تأسیسات حرارتی ـ ۴۶۱/۳**

شمارهٔ درس : **۱۸۶۱**

مؤلف : **مهندس امیر لیلاز مهرآبادی**

اعضای کمیسیون تخصصی : **داود بیطرفان، سیدحسن میرمنتظری، حسن ضیغمی، رضا افشاری‌نژاد، محمد قربانی، احمدآقازاده‌هریس و امیر لیلاز مهرآبادی**

نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا و گرافیک : **بهنام امینی بیدختی، روبرت پطرس پرغان**

رسام : **ابوالفضل شریفیان، بهنام امینی بیدختی، روبرت پطرس پرغان**

طراح جلد : **محمدحسن معماری**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)**

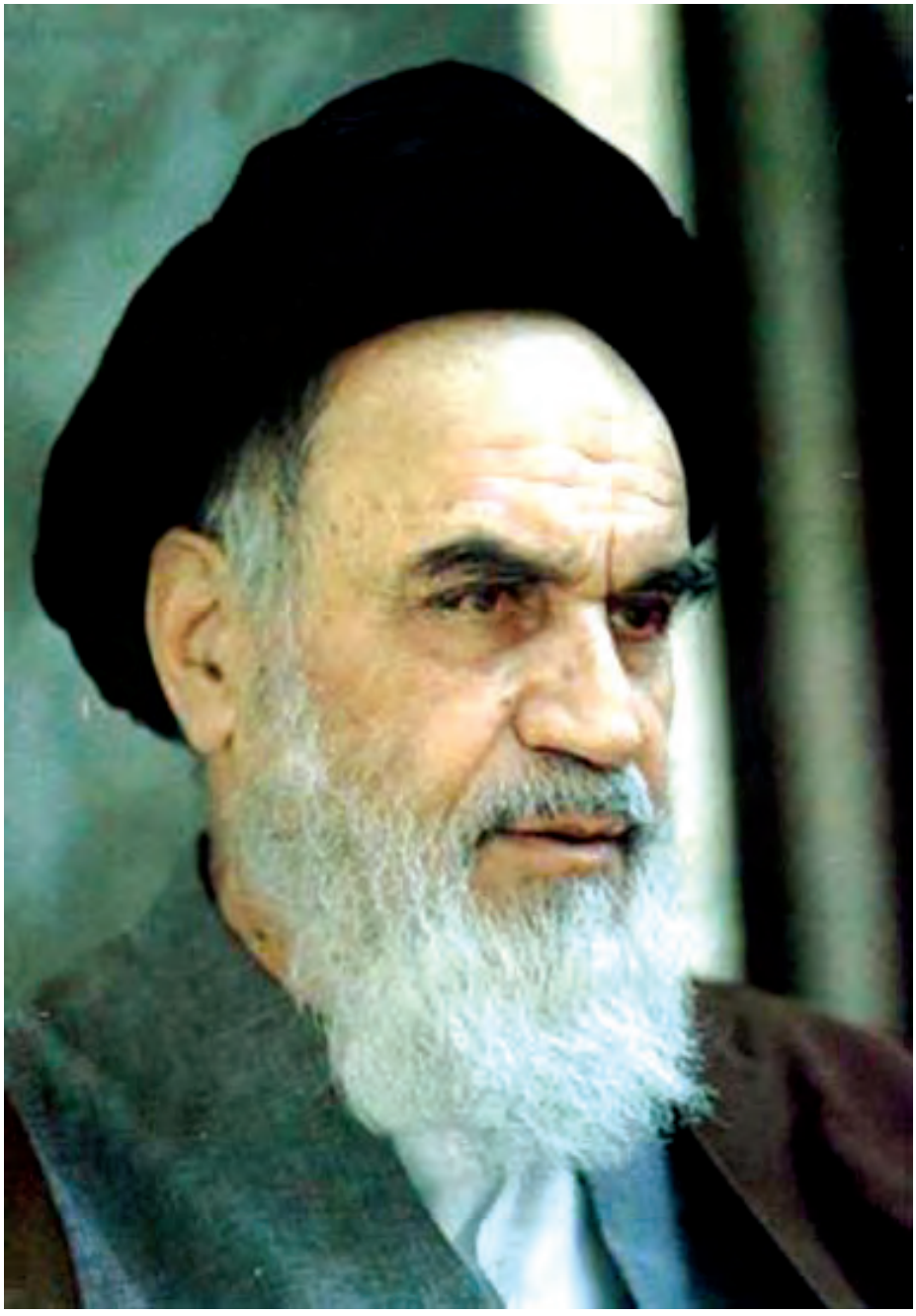
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **خجسته**

سال و نوبت چاپ : **چاپ اوّل ۱۳۹۳**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۸-۲۱۴۵-۰۵-۹۶۴-۹۷۸ **ISBN 978-964-05-2145-8**



زندگی در دنیای امروز، زندگی در مدرسهٔ اراده است، و سعادت و شقاوت هر انسانی به ارادهٔ همان انسان رقم می‌خورد. اگر بخواهید عزیز و سربلند باشید باید از سرمایهٔ عمر و استعدادهای جوانی استفاده کنید و با اراده و عزم راسخ به طرف علم و عمل و کسب دانش حرکت نمایید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست مطالب

فصل اول ـ انتقال گرما

فصل اول در یک نگاه ۱
* گرما (حرارت) ۲
* دما (درجه حرارت) ۲
* واحد سنجش گرما ۲
* گرمای ویژه ۴
* توان گرمایی ۷
* انتقال گرما ۸
* روشهای انتقال گرما ۹
* انتقال گرما از یک جدار ۱۱

فصل دوم ـ محاسبات بار گرمایی ساختمان

فصل دوم در یک نگاه ۱۴
* شرایط طرح هوای داخل ۱۵
* شرایط طرح هوای خارج ۱۵
* ضریب کلی انتقال گرمای جدارها (U) ۱۵
* اتلاف گرمایی از دیوار، در و پنجره ۱۸
* اتلاف گرمایی از سقف ۲۰
* انتقال گرما از دیوارها و کف متصل به زمین ۲۲
* اتلاف گرمایی در اثر نفوذ هوا از درزها ۲۵
* ضریب موقعیت ۳۱
* ضریب تناوب ۳۲
* ضریب ارتفاع ۳۲
* برگ محاسباتی نمونه ۳۴

فصل سوم ـ سیستم‌های حرارت‌مرکزی

فصل سوم در یک نگاه ۴۴
* انواع سیستم‌های حرارت مرکزی ۴۵
* سیستم حرارت مرکزی با آب‌گرم ۴۵
* انواع سیستم حرارت مرکزی با آب‌گرم ۴۵

* قسمت‌های مختلف سیستم حرارت مرکزی با آب‌گرم ۴۵
* شرح سیستم ۴۵
جدول کلمات متقاطع (شماره‌ی ۱) ۴۶

فصل چهارم ـ دستگاه‌های پخش‌کننده گرما

فصل چهارم در یک نگاه ۴۷
* انواع دستگاه‌های پخش‌کننده گرما ۴۸
* انواع رادیاتور از نظر جنس ۴۸
* رادیاتور چدنی ۴۸
* رادیاتور فولادی ۴۸
* رادیاتور آلومینیومی ۴۸
* شیر رادیاتور ۴۸
* شیر رادیاتور ترموستاتیکی ۴۸
* شیر هواگیری رادیاتور ۴۸
* زانو قفلی رادیاتور ۴۸
* محاسبه سطح گرمایی و تعداد پره‌های مورد نیاز رادیاتور ۴۹
* محاسبه توان گرمایی یک‌مترمربع رادیاتور ۴۹
* انتخاب رادیاتور ۵۱
* یونیت هیتر و ساختمان آن ۵۴
* فن کویل و ساختمان آن ۵۴
* انواع فن کویل از نظر مقدار هوادهی ۵۵
* صرفه‌جویی در مصرف انرژی دستگاه‌های پخش‌کنندهٔ گرما ۵۷

فصل پنجم ـ سیستم انتقال آب‌گرم

فصل پنجم در یک نگاه ۵۸
* اجزای سیستم انتقال آب گرم ۵۹
* روش‌های لوله‌کشی سیستم حرارت مرکزی با آب گرم ۵۹
* سیستم لوله‌کشی با برگشت مستقیم ۵۹
* سیستم لوله‌کشی با برگشت معکوس ۵۹
* سیستم لوله‌کشی مختلط ۶۱
* محاسبه شبکه لوله‌کشی حرارت مرکزی با آب گرم ۶۴
* طرز استفاده از جدول تبدیل واحد فشار ۶۵

* محاسبه دبی حجمی آب با استفاده از تلفات گرمایی ۶۷
* محاسبه قطر لوله‌ها در سیستم حرارت مرکزی با آب گرم ۷۰
* محاسبه افت فشار در شبکه لوله‌کشی ۷۶
* موتور پمپ جریانی (سیرکولاتور) ۷۹
* محاسبه قدرت مصرفی پمپ ۸۰
* محاسبه و انتخاب پمپ جریانی ۸۳

فصل ششم ـ دستگاه‌های آب‌گرم مصرفی

فصل ششم در یک نگاه ۹۶
* انواع مخازن آب گرم ۹۷
امتحان درس تأسیسات حرارتی ـ پایان نیمه‌ی اول ـ دی‌ماه (زمان ۶۰ دقیقه) ۱۰۲
امتحان درس تأسیسات حرارتی ـ پایان نیمه‌ی اول ـ دی‌ماه (زمان ۱۲۰ دقیقه) ۱۰۴
* محاسبه‌ی مقدار آب گرم مصرفی و حجم مخزن آب گرم ۱۰۶
* محاسبه ظرفیت حرارتی مخزن آب گرم ۱۱۱
* پمپ سیرکولاتور برگشت آب گرم مصرفی ۱۱۳
* صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی دستگاه‌های آب گرم مصرفی ۱۱۶
جدول کلمات متقاطع (شماره‌ی ۲) ۱۱۸

فصل هفتم ـ دستگاه‌های مولد آب‌گرم

فصل هفتم در یک نگاه ۱۱۹
* انواع دیگ از نظر نوع سیال ۱۲۰
* انواع دیگ از نظر جنس ۱۲۰
* محاسبه ظرفیت و انتخاب دیگ ۱۲۰
* انتخاب دیگ چدنی ۱۲۲
* انتخاب دیگ آب گرم فولادی ۱۲۴
* محاسبه و انتخاب مشعل گازوئیلی ۱۲۵
* محاسبه مصرف سوخت مشعل ۱۲۷
* مشعل گازی اتمسفریک ۱۲۸
* مشعل گازی دمنده‌دار ۱۳۰
* هوای احتراق ۱۳۲
* دودکش ۱۳۳
* عوامل مؤثر در کارکرد صحیح دودکش ۱۳۳

فصل هشتم ـ مخزن‌های گازوئیل و انبساط

فصل هشتم در یک نگاه ۱۳۶
* انواع مخزن گازوئیل از نظر محل نصب ۱۳۷
* لوله‌کشی گازوئیل ۱۳۸
* انواع سیستم تغذیه مشعل ۱۳۸
* محاسبه حجم مخزن گازوئیل ۱۳۹
* انتخاب مخزن گازوئیل ۱۴۱
* مخزن انبساط ۱۴۳
* محاسبه حجم مخزن انبساط باز ۱۴۴
* محاسبه قطر لوله رفت و برگشت مخزن انبساط باز ۱۴۶

فصل نهم ـ نشان‌دهنده‌ها و کنترل‌کننده‌ها

فصل نهم در یک نگاه ۱۵۰
* دماسنج‌ها ۱۵۰
* فشارسنج‌ها ۱۵۰
* وسایل نشان دهنده سطح مایع ۱۵۶
* کنترل کننده‌ها ۱۵۶
* انواع حس کننده‌های ترموستات ۱۵۶
* انواع ترموستات سیستم حرارت مرکزی ۱۵۶
* شرایط محل نصب ترموستات اتاقی ۱۵۷
* انواع کنترل‌کننده‌های فشار در سیستم حرارت‌مرکزی ۱۵۷
* کنترل کننده‌های سطح ۱۵۸
* رله‌های مشعل ۱۵۸
* رله‌ی مشعل‌گازوئیلی ۱۵۸
* رله‌ی مشعل‌گازی‌دمنده‌دار ۱۵۹
جدول کلمات متقاطع (شماره‌ی۳) ۱۶۰

فصل دهم ـ سیستم حرارت‌مرکزی با هوای‌گرم

فصل دهم در یک نگاه ۱۶۱
* محاسبه مقدار هوای لازم ۱۶۲
* اجزای سیستم حرارت مرکزی با هوای گرم ۱۶۴

* دستگاه‌های مولد هوای گرم ۱۶۴
* روش‌های گرم کردن هوای در سیستم حرارت مرکزی با هوای گرم ۱۶۴
* اجزای کوره‌ی هوای گرم (مبدل شعله مستقیم) ۱۶۵
* انواع مشعل کوره‌ی هوای گرم ۱۶۵
* محاسبه توان گرمایی کوره‌ی هوای گرم ۱۶۵
* انتخاب کوره‌ی هوای گرم ۱۷۰

فصل یازدهم ـ تکیه‌گاه‌ها

فصل یازدهم در یک نگاه ۱۷۱
* عوامل مؤثر در تعیین فاصله بین دو تکیه‌گاه مجاورهم ۱۷۲
* آویز رکابی قابل تنظیم ۱۷۴

فصل دوازدهم ـ عایق‌کاری

فصل دوازدهم در یک نگاه ۱۷۶
* انواع عایق ۱۷۷
* انواع عایق حرارتی ۱۷۷
* انواع عایق هدایتی گرما ۱۷۷
* شرایط عایق‌کاری لوله‌ها، کانال‌های هوا و مخازن ۱۷۸
* عایق صدا ۱۷۹
* عایق‌کاری ۱۸۰
* عایق‌کاری لوله‌ها ۱۸۰
▣ جدول کلمات متقاطع (شماره‌ی۴) ۱۸۲

فصل سیزدهم ـ گازرسانی

فصل سیزدهم در یک نگاه ۱۸۳
* گازرسانی ۱۸۴
* قسمت‌های اصلی رگولاتور گاز ۱۸۵
* عوامل مؤثر در محاسبه قطر لوله‌ی گاز ۱۹۱

فصل چهاردهم ـ دستگاه‌های گازسوز

فصل چهاردهم در یک نگاه ۲۰۰
* انواع مشعل‌های گازسوز ۲۰۱
* اجزای شیر ترموالکتریک ۲۰۱
* پکیج ۲۰۳
* مزایای پکیج دیواری یا شوفاژ دیواری ۲۰۳
* معایب پکیج دیواری یا شوفاژ دیواری ۲۰۳
* اجزای پکیج گازی دیواری ۲۰۴
* اجزای پکیج زمینی ۲۰۸
جدول کلمات متقاطع (شماره‌ی۵) ۲۰۹
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۲۱۰
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۲۲۲
منابع ۲۳۴

جدول زمان‌بندی کتاب‌کار

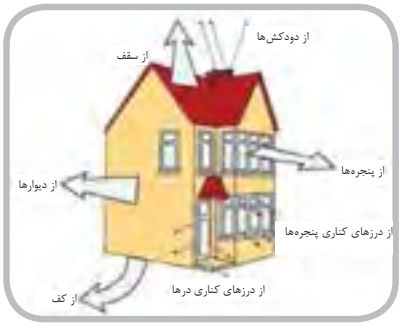
شماره هفته	شماره صفحات کتاب تاسیسات حرارتی	موضوع
۱	۱ تا ۷	گرما، دما، اندازه‌گیری دما، واحد سنجش دما و گرمای ویژه
۲	۷ تا ۱۱	توان گرمایی، انتقال گرما و روشهای انتقال گرما
۳	۱۱ تا ۱۴	انتقال گرما از یک جدار، عایق‌کاری گرمایی (گرمابندی)
۴	۱۵ تا ۲۰	اتلاف گرمایی از دیوار، در و پنجره
۵	۲۰ تا ۲۵	اتلاف گرمایی از سقف
۶	۲۵ تا ۳۰	اتلاف گرمایی در اثر نفوذ هوا
۷	۳۰ تا ۳۴	ضرایب تصحیح در محاسبات بار گرمایی
۸	۳۴ تا ۳۶	برگ محاسباتی
۹	۱۵ تا ۴۳	کل فصل دوم (محاسبات بار گرمایی)
۱۰/۱	۴۴ تا ۴۶	فصل سوم (سیستم‌های حرارت مرکزی)
۱۰/۲	۴۸ تا ۵۴	رادیاتورها و انواع آن
۱۱/۱	۵۴ تا ۵۸	یونیت هیتر و فن‌کویل
۱۱/۲	۵۸ تا ۶۴	سیستم‌های لوله‌کشی
۱۲	۶۴ تا ۷۹	محاسبه‌ی شبکه‌ی لوله‌کشی حرارت مرکزی
۱۳	۷۹ تا ۸۳	موتور پمپ جریانی
۱۴	۸۳ تا ۹۳	محاسبه و انتخاب پمپ
۱۵/۱	۹۳ تا ۹۶	انبساط لوله‌ها و ارتعاش در لوله‌کشی
۱۵/۲	۹۶ تا ۱۰۶	مخزن دوجداره و کویلی
۱۶	۱۰۶ تا ۱۱۸	محاسبه مقدار آب‌گرم مصرفی
۱۷/۱	۱۱۹ تا ۱۲۵	دیگ‌ها
۱۷/۲	۱۲۵ تا ۱۲۸	مشعل‌های گازوئیلی
۱۸	۱۲۸ تا ۱۳۲	مشعل‌های گازی

ادامه جدول زمان‌بندی کتاب‌کار

شماره هفته	شماره صفحات کتاب تأسیسات حرارتی	موضوع
۱۹/۱	۱۳۲ تا ۱۳۶	دودکش
۱۹/۲	۱۳۷ تا ۱۳۸	مخزن گازوئیل
۲۰	۱۳۸ تا ۱۴۳	لوله‌کشی گازوئیل و محاسبه حجم مخزن
۲۱/۱	۱۴۳ تا ۱۴۸	مخزن انبساط
۲۱/۲	۱۴۸ تا ۱۵۴	نشان‌دهنده‌ها
۲۲	۱۵۴ تا ۱۵۸	ادامه‌ی نشان‌دهنده‌ها و کنترل‌کننده‌ها
۲۳/۱	۱۵۸ تا ۱۶۰	رله‌ی مشعل‌ها
۲۳/۲	۱۶۱ تا ۱۶۴	سیستم حرارت مرکزی با هوای گرم
۲۴	۱۶۴ تا ۱۶۵	دستگاه‌های مولد هوای گرم
۲۵/۱	۱۶۵ تا ۱۷۰	محاسبه قدرت حرارتی کوره‌ی هوای گرم
۲۵/۲	۱۷۱ تا ۱۷۶	تکیه‌گاه‌ها
۲۶/۱	۱۷۶ تا ۱۸۲	عایق‌کاری
۲۶/۲	۱۸۳ تا ۱۸۴	گازرسانی
۲۷	۱۸۴ تا ۱۸۶	انشعاب گاز، کنتور و رگولاتور
۲۸	۱۸۶ تا ۱۹۹	محاسبه لوله‌کشی گاز
۲۹	۲۰۰ تا ۲۰۲	دستگاه‌های گازسوز
۳۰	۲۰۳ تا ۲۰۹	ساختمان پکیج گازی و ایمنی

تذکر: نیمسال اول شامل ۱۵ هفته می‌باشد و در این نیمسال تا پایان صفحه‌ی ۹۲ کتاب تأسیسات حرارتی می‌بایستی مطالعه و تمرین شود. در امتحان پایان نوبت دوم که به صورت نهایی کشوری برگزار می‌شود، کل کتاب مورد ارزشیابی قرار می‌گیرد که ۸ نمره‌ی آن مربوط به مباحث نیمسال اول است.

فصل اول
در یک نگاه



انتقال گرما

* گرما
* دما
* اندازه‌گیری دما
* واحد سنجش گرما
* گرمای ویژه
* توان گرمایی
* انتقال گرما
* روشهای انتقال گرما
* انتقال گرما از یک جدار
* عایق کاری گرمایی (گرمابندی)

انتقال گرما

گرما (حرارت)

مولکول‌های اجسام دارای انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل می‌باشند. گرما مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌ها است. وقتی جسمی را گرم می‌کنیم انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.

دما (درجه حرارت)

دما نشان‌دهنده‌ی سرعت مولکول‌های یک جسم است. دما با گرما تفاوت دارد. اگر گرمای یک جسم را به صفر کاهش دهیم، حرکت مولکول‌های آن جسم به صورت کامل متوقف می‌شود و دمای این جسم به صفر مطلق می‌رسد.

وقتی به جسمی گرما می‌دهیم، دمای آن افزایش می‌یابد و با گرفتن گرما از جسم دمای آن کاهش می‌یابد. دما را می‌توان میزان تراکم یا شدت گرمای یک جسم توصیف کرد. دما را به وسیله‌ی دماسنج (ترمومتر) اندازه‌گیری می‌کنند. اساس کار دماسنج‌های شیشه‌ای انبساط مایعات در اثر گرما است.

دماسنج سلسیوس نقطه‌ی انجماد آب را با صفر درجه و نقطه‌ی جوش آب را با ۱۰۰ درجه نشان می‌دهد، بین نقطه‌ی جوش و نقطه‌ی انجماد آب ۱۰۰ قسمت مساوی می‌باشد که هر قسمت آن یک درجه‌ی سلسیوس (سانتی‌گراد) است.

دماسنج فارنهایت نقطه‌ی انجماد آب را با ۳۲ و نقطه‌ی جوش آب را با ۲۱۲ نشان می‌دهد، بین نقطه‌ی انجماد و جوش آب ۱۸۰ قسمت مساوی است که به هر قسمت یک درجه‌ی فارنهایت (°F) گویند.

صفر مطلق پایین‌ترین نقطه درجه‌بندی کلوین (K) است که معادل ۲۷۳/۱۵°C- است.

$$0°K = -273/15°C$$

تبدیل دمای سلسیوس به درجه‌ی کلوین از رابطه‌ی $K = 273 + °C$ انجام می‌شود.

تمرین: نقطه ی جوش و انجماد آب چند درجه‌ی کلوین است؟

نقطه‌ی جوش آب ۱۰۰°C است برای تبدیل آن به درجه‌ی کلوین از رابطه‌ی k=۲۷۳+°c استفاده می‌کنیم.

K=۲۷۳+۱۰۰ C=۲۷۳+°C t=۱۰۰°K K=۳۷۳°

نقطه‌ی انجماد آب ۰°c است، در نتیجه خواهیم داشت:

K=۲۷۳+۰ K=۲۷۳+°C t=۰°C K=۲۷۳°

تمرین:۱۰۰°c- برابر چند درجه کلوین است؟

K=۲۷۳+(-۱۰۰) K=۲۷۳+°C t=-۱۰۰°C

K=۱۷۳° K=۲۷۳-۱۰۰

تمرین: ۳۱۰ درجه کلوین چند درجه‌ی سانتی‌گراد است؟

۳۱۰=۲۷۳+C K=۲۷۳+°C t=۳۱۰°C

C=۳۷° ۳۷=C ۳۱۰-۲۷۳=C

۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد دمای طبیعی بدن انسان است.

تمرین:۲۳۴درجه کلوین چند درجه‌ی سانتی‌گراد است؟

۲۳۴=۲۷۳+C K=۲۷۳+°C t=۲۳۴°K

C=-۳۹° C=۲۳۴-۲۷۳ ۲۳۴-۲۷۳=C

۳۹- درجه‌ی سانتی‌گراد نقطه‌ی انجماد جیوه است.

واحد سنجش گرما

گرما نوعی انرژی است در نتیجه واحد سنجش آن نیز واحد انرژی یعنی ژول (j) است. واحد بزرگ‌تر از ژول در سیستم SI کیلو ژول(kj) است، هرکیلو ژول برابر ۱۰۰۰ژول است. ۱kj=۱۰۰۰j

نکته: پیشوند کیلو به معنای هزار است و قبل از هر واحد اندازه‌گیری که قرار بگیرد، آن را ۱۰۰۰ برابر می‌کند مانند کیلوگرم که ۱۰۰۰ گرم است یا کیلومتر که ۱۰۰۰ متر است.

تمرین: ۱۴ kj چند ژول است؟

$14Kj = ?j$

$q = 14kj \quad 1kj = 1000j \quad q = 14 \times 1000j$

$q = 14000j$

تمرین: ۰/۱۴ kj چند ژول است؟

$0/14kj = ?j$

$q = 0/14kj \qquad 1kj = 1000j$

$0/14 = \frac{14}{100} \qquad q = \frac{14}{100} \times 1000j$

$q = 140j$

تمرین: ۷۰۰۰ j چند کیلو ژول است؟

$7000j = ?kj$

$q = 7000j \qquad 1kj = 1000j$

$\frac{1kJ}{q} = \frac{1000J}{7000J} \qquad q = \frac{7J \times 1kJ}{1}$

$q = 7kJ$

تمرین: ۷۰ j چند کیلو ژول است؟

$70j = ?kj$

$q = 70j \qquad \frac{1kJ}{q} = \frac{1000J}{70J}$

$q = \frac{70 \times 1kJ}{1000J} = 0/07kJ$

یکی دیگر از واحدهای سنجش گرما کالری است.

تعریف کالری: مقدار گرمایی که به یک گرم (gr) آب داده شود تا دمای آن ۱°C افزایش یابد. واحد بزرگتر از کالری (cal)کیلو کالری (kcal) است که برابر ۱۰۰۰کالری می‌باشد. $1kcal = 1000cal$

در محاسبات لازم است واحدهای مختلف گرما را به یکدیگر تبدیل کنیم. کالری از ژول بزرگتر است و میزان بزرگی آن ۴/۱۸۶ برابر ژول است. $1cal = 4/186j$

تمرین: یک کیلو کالری برابر چند ژول است.

$1kcal = ?j$

می‌دانیم که هر کیلو کالری برابر ۱۰۰۰ کالری است پس باید ۱۰۰۰ کالری را به ژول (j) تبدیل کنیم.

$1kcal = 1000cal \qquad 1cal = 4/186j$

$1000 \times 4/186 = 4186j$

پس هر کیلو کالری برابر ۴۱۸۶ j می‌باشد.

$1kcal = 4186j$

تمرین: گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک شمش فولادی به جرم ۳۰۰۰ kg از ۳۰°c تا ۲۰۰°c برابر ۲۲۹۵۰۰kj است، آن را برحسب کیلوکالری محاسبه کنید.

$q = 229500kj \qquad 229500kj = ?kcal$

$1cal = 4/186j \qquad 1 \times 1000cal = 4/186 \times 1000j$

$1kcal = 4/186kj$

$\frac{1kcal}{q} = \frac{4/186kj}{229500kj} \Rightarrow q = \frac{229500kj \times 1kcal}{4/186kj}$

$q = 54825/6kcal$

تمرین: گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک شمش فولادی به جرم ۵۰۰kg از ۳۰°c به ۱۰۵۰°c برابر ۲۲۹۵۰۰kj است، آن را برحسب کالری محاسبه کنید.

$1cal = 4/186j \quad q = 229500kj \qquad 229500kj = ?cal$

$kcal = 4/186kJ$

$\frac{1000cal}{q} = \frac{4/186kJ}{229500kJ}$

$q = \frac{229500\cancel{kJ} \times 1000cal}{4/186\cancel{kJ}} = 54825609cal$

مقایسه و نتیجه‌گیری: جواب این تمرین را با تمرین قبلی مقایسه کنید، نتیجه را بنویسید.
مقدار گرما و دما را در این دو تمرین با هم مقایسه کنید.

گرمای ویژه

گرمای مورد نیاز برای تغییر دمای یک کیلوگرم از جسم به میزان $1^{\circ}c$ را گرمای ویژه گویند.

واحد سنجش گرمای ویژه ژول بر کیلو گرم بر درجه‌ی کلوین $\frac{j}{kg.^{\circ}K}$ یا ژول برکیلوگرم بر درجه‌ی سانتی‌گراد $\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ است.

گرمای ویژه را با حرف c نشان می‌دهند.مقدار گرمای ویژه آب $\frac{j}{kg.^{\circ}K}$ ۴۱۸۶ است. بالا بودن گرمای ویژه‌ی آب باعث شده است که در انتقال گرما مورد استفاده قرار گیرد.

میزان گرمای لازم برای تغییر دمای یک جسم از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود. $q = m \times c \times (t_2 - t_1)$

در این رابطه m جرم جسم برحسب kg و c گرمای ویژه بر حسب $\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ یا $\frac{j}{kg.^{\circ}K}$ است.

t_2 دمای نهایی جسم برحسب °C یا °K است. (t_2-t_1) را اختلاف دما می‌گوییم و آن را با Δt (دلتا تی) نشان می‌دهیم. در این رابطه q مقدار گرمای داده شده یا گرفته شده است که با قرار دادن واحدهای t_2وt_1،c،m در رابطه، واحد q به دست می‌آید:

$$q = mc(t_2 - t_1) = \cancel{kg} \times \frac{j}{\cancel{kg}.^{\circ}\cancel{K}} \times {}^{\circ}\cancel{K}$$

واحد گرما (q) ژول بدست می‌آید. $q=j$

تمرین: برای افزایش دمای ۲۰ kg شمش مس از $30^{\circ}c$ به $300^{\circ}c$ به چند ژول گرما نیاز داریم؟ (گرمای ویژه مس $385\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ است)

$q = m \times c \times (t_2 - t_1)$

$t_1 = 30^{\circ}C$

$m = 20kg \quad c = 385\frac{j}{kg.^{\circ}C} \quad t_2 = 300^{\circ}C$

$q = 20 \times 385(300-30) = 20 \times 385 \times 270$

$q = 2079000j$

یادآوری: $(30-300)385$ و $(30-300)\times 385$ یکی است. زمانی که بین عدد و پرانتز علامتی وجود نداشته باشد مفهوم آن ضرب است یعنی آن عدد در مقدار داخل پرانتز باید ضرب شود.

$10(20-10) = 10 \times 10 = 100$

$5(20-(-10)) = 5(20+10) = 5 \times 30 = 150$

تمرین: برای افزایش دمای ۲۰kg شمش آلومینیوم $30^{\circ}C$ به $300^{\circ}C$ به چند کیلو ژول گرما نیاز داریم؟

$c_{AL} = 897\frac{j}{kg.^{\circ}C}$

چون واحد گرمای ویژه $\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ است، مقدار گرما بر حسب j به دست می‌آید و پس از به دست آوردن آن را به kj تبدیل می‌کنیم.

$q = m.c.\Delta t \quad m = 20kg \quad c = 897\frac{j}{kg.^{\circ}C}$

$\Delta t = 300-30 = 270^{\circ}C$

$q = 20 \times 897 \times 270 = 484380j$

$1kj = 1000j$

$484380 \div 1000 = \frac{484380}{1000} = 484/8kj$

با مقایسه این دو تمرین متوجه می‌شویم که مقدار گرمای لازم برای تغییر دمای ۲۰kg شمش آلومینیوم از $30^{\circ}c$ به $300^{\circ}c$ بیشتر از گرمای لازم برای شمش مسی ۲۰ کیلوگرمی است و علت آن تفاوت درگرمای ویژه‌ی آلومینیوم و مس است.

نتیجه‌گیری:

۱- با افزایش گرمای ویژه، مقدار گرمای لازم برای افزایش دما نیز بیشتر می‌شود. گرمای ویژه‌ی سرب $۱۲۶\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ است یعنی برای اینکه دمای ۱ kg سرب، $۱^{\circ}c$ افزایش یابد، نیاز به ۱۲۶j گرما است. گرمای ویژه آب $۴۱۸۶\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ است یعنی برای این‌که دمای ۱ kg آب، $۱^{\circ}c$ افزایش یابد نیاز به ۴۱۸۶ j گرما است.

در نتیجه آب از سرب در شرایط مساوی دیرتر گرم می‌شود.

۲- با افزایش گرمای ویژه، گرمایی که باید از جسم گرفته شود تا دمای آن کاهش یابد، بیشتر می شود.

گرمای ویژه شیشه $۶۷۰\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ است یعنی اگر بخواهیم دمای ۱ kg شیشه $۱^{\circ}c$ کاهش یابد، می‌بایستی ۶۷۰ j گرما از آن بگیریم. گرمای ویژه سنگ مرمر $۸۸۰\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ است یعنی اگر بخواهیم دمای ۱ kg سنگ مرمر $۱^{\circ}C$کاهش یابد، می‌بایستی ۸۸۰j گرما از آن بگیریم.

نتیجه گیری: شیشه در شرایط مساوی زودتر از سنگ مرمر سرد می‌شود.

تمرین: گرمای مورد نیاز برای گرم کردن یک لیتر آب از $۱۵^{\circ}C$ به $۶۰^{\circ}C$ را برحسب ژول محاسبه کنید.

$(c_{H_۲O}=۴۱۸۶\frac{j}{kg.^{\circ}C})$

$q=m.c.\Delta t \quad v=۱Lit \quad c=۴۱۸۶\frac{j}{kg.^{\circ}C}$

$\Delta t=(t_۲-t_۱)=(۶۰-۱۵)=۴۵^{\circ}C$

در این تمرین حجم آب داده شده است که می‌بایستی به وسیله‌ی آن جرم آب را حساب کنیم. اگر حجم را با v و جرم را با m نشان دهیم خواهیم داشت: $m=\rho\times v$

در این رابطه ρ جرم مخصوص است که مقدار آن برابر یک کیلوگرم بر لیتر $(\frac{kg}{lit})$است یعنی یک لیتر آب یک کیلوگرم جرم دارد.

$m=\rho\times v \quad \rho=۱\frac{kg}{lit} \quad v=۱lit \quad m=۱\frac{kg}{lit}\times ۱lit$

$m=۱kg \quad q=۱\times ۴۱۸۶\times ۴۵=۱۸۸۳۷۰j$

تمرین: گرمای لازم برای گرم کردن ۱۰۰ لیتر آب از دمای $۶۰^{\circ}c$ به $۷۰^{\circ}c$ چند کیلو کالری است؟ (گرمای ویژه آب $۴۱۸۶\frac{j}{kg.^{\circ}C}$ است)

$q=m.c.\Delta t \quad v=۱۰۰lit \Rightarrow m=۱۰۰kg$

$c=۴۱۸۶\frac{j}{kg.^{\circ}C}$

$t_۲=۷۰^{\circ}C \quad t_۱=۶۰^{\circ}C \quad q=۱۰۰\times ۴۱۸۶(۷۰-۶۰)$

$q=۱۰۰\times ۴۱۸۶\times ۱۰ \quad q=۴۱۸۶۰۰۰j$

مقدار گرما بر حسب کیلو کالری خواسته شده است پس باید j به kcal تبدیل شود. هر کیلو کالری ۴۱۸۶ ژول است پس خواهیم داشت:

$$\begin{matrix}۱kcal & ۴۱۸۶j \\ q & ۴۱۸۶۰۰۰j\end{matrix} \Rightarrow q=\frac{۴۱۸۶۰۰۰j\times ۱kcal}{۴۱۸۶j}$$

$q=۱۰۰۰kcal$

راه حل دوم:گرمای ویژه‌ی آب $۱\frac{kcal}{kg.^{\circ}C}$می‌باشد پس خواهیم داشت:

$q=۱۰۰kg\times ۱\frac{kcal}{kg.^{\circ}C}\times(۷۰-۶۰)^{\circ}C$

$q==۱۰۰\times ۱\times ۱۰=۱۰۰۰kcal$

تمرین: به ۲۰ لیتر آب با دمای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس ۲۰۰ کیلو کالری گرما می‌دهیم، دمای آب چند درجه‌ی سلسیوس افزایش می‌یابد؟

$(c_{H_2O} = ۴۱۸۶ \frac{j}{kg.°C})$

$q = ۲۰۰ kcal$ $\quad q = m.c.\Delta t$

$c = ۴۱۸۶ \frac{j}{kg.°C}$ $\quad m = ۲۰ kg$

در این مثال واحد گرما kcal است که با توجه به واحد گرمای ویژه می‌بایستی واحد گرما را به ژول تبدیل کنیم.

$۱kcal = ۴۱۸۶ j \quad ۲۰۰kcal = ?j \quad q = ۲۰۰ \times ۴۱۸۶$

$۲۰۰ \times ۴۱۸۶ = ۲۰ \times ۴۱۸۶ \times \Delta t \quad \Delta t = \frac{۲۰۰ \times ۴۱۸۶}{۲۰ \times ۴۱۸۶}$

$\Delta t = ۱۰°C$

دمای آب $۱۰°c$ افزایش می‌یابد و آب $۴۰°C$ دمایش به $۵۰°C$ می‌رسد.

$\Delta t = t_۲ - t_۱ \quad ۱۰ = t_۲ - ۴۰ \quad ۱۰ + ۴۰ = t_۲ \quad t_۲ = ۵۰°C$

تمرین: در تمرین قبل دمای آب چند درجه‌ی کلوین افزایش یافته است؟

$t_۲ = ۵۰°C \qquad t_۱ = ۴۰°C \qquad k = ۲۷۳ + °C$

$t_۲ = ۲۷۳ + ۵۰ = ۳۲۳°K \quad t_۱ = ۲۷۳ + ۴۰ = ۳۱۳°K$

$\Delta t = t_۲ + t_۱ = ۳۲۳°K - ۳۱۳°K = ۱۰°K$

نتیجه‌گیری: اختلاف دما (Δt) بر حسب $°C$ و $°K$ با هم برابر است:

$\Delta t = ۱۰°C \Rightarrow \Delta t = ۱۰°K$

به همین علت واحد گرمای ویژه $\frac{j}{kg.°C}$ و $\frac{j}{kg.°K}$ با هم یکسان است.

توان گرمایی

گرمای مبادله شده در واحد زمان را توان گرمایی گویند.

$$H=\frac{q}{t}$$

واحد سنجش گرما را ژول و واحد زمان را ثانیه در نظر می‌گیریم در نتیجه خواهیم داشت: $H=\frac{j}{s}=w$

اگر واحد گرما را کیلو کالری و واحد زمان را ساعت در نظر بگیریم واحد توان گرمایی $\frac{kcal}{hr}$ می شود.

برای تبدیل وات به کیلو کالری بر ساعت به ترتیب زیر عمل می‌کنیم: $w=\frac{j}{s}=?\frac{kcal}{hr}$

ابتدا ژول را به کیلو کالری تبدیل می‌کنیم.

$$1kcal=4186j \qquad 1j=\frac{1}{4186}kcal$$

سپس ثانیه را به ساعت تبدیل می‌کنیم.

$$1hr=3600s \qquad 1s=\frac{1}{3600}hr$$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$\frac{j}{s}=\frac{\frac{1}{4186}kcal}{\frac{1}{3600}hr}=\frac{3600}{4186}\frac{kcal}{hr}=0/86\frac{kcal}{hr}$$

$$1w=0/86\frac{kcal}{hr}$$

برای تبدیل $\frac{kcal}{hr}$ به w به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

$$1kcal=4186j \qquad 1\frac{kcal}{hr}=?w=?\frac{j}{s}$$

$$1hr=3600\,s \qquad 1\frac{kcal}{hr}=\frac{4186j}{3600s}=1/16\frac{j}{s}$$

$$1\frac{kcal}{hr}=1/16w$$

کیلو کالری بر ساعت از وات بزرگتر است و ۱/۱۶ برابر وات است.

تمرین: ۱۰۰کیلو کالری بر ساعت چند وات است؟

$$\frac{1\frac{kcal}{hr}}{100\frac{kcal}{hr}}=1/16w\Rightarrow H=\frac{100\frac{kcal}{hr}\times 1/16w}{1\frac{kcal}{hr}}=100\times 1/16w$$

$$H=100\times 1/16w \qquad H=116w$$

تمرین: ۱۰۰ وات چند کیلو کالری بر ساعت است؟

$$\frac{1\frac{kcal}{hr}}{H}=\frac{1/16w}{100w}\Rightarrow H=\frac{100\times 1}{1/16}=\frac{100}{1/16}=86/2\frac{kcal}{hr}$$

راه حل دوم: $1w=0/86\frac{kcal}{hr} \qquad 100w=?\frac{kcal}{hr}$

$$100\times 0/86\frac{kcal}{hr}=100\times\frac{86}{100}\frac{kcal}{hr}=86\frac{kcal}{hr}$$

اختلاف جزیی در دو راه حل به خاطر گرد کردن ضریب تبدیل ۰/۸۶ و ۱/۱۶ در قسمت قبل است. ضریب تبدیل‌های دقیق‌تر عبارت است از:

$$\frac{3600}{4186}=0/860095 \qquad \frac{4186}{3600}=1/62777$$

تمرین: یک بلوک رادیاتور ۸۷۰۰۰ ژول گرما را در مدت زمان یک دقیقه به هوای اتاقی اضافه می‌کند. توان گرمایی (قدرت×حرارتی) این رادیاتور چند وات است؟

$$\text{توان گرمایی}=\frac{\text{گرما}}{\text{زمان}}=\frac{q}{t} \qquad q=87000j \qquad H=?w$$

$$t=1min \qquad 1min=60s \qquad t=60s$$

$$H=\frac{87000}{60}=1450\frac{j}{s}=1450w$$

تمرین: ظرفیت گرمایی یک بلوک از رادیاتوری $۱۲۵۰\frac{kcal}{hr}$ است، این رادیاتور در ۱۰ ساعت چه مقدار گرما به هوای اتاق منتقل می‌کند؟

$H=\frac{q}{t}$ $H=۱۲۵۰\frac{kcal}{hr}$ $t=۱۰hr$ $q=?$

$۱۲۵۰=\frac{q}{۱۰}$ $q=۱۲۵۰\frac{kcal}{\cancel{hr}}\times ۱۰\cancel{hr}$ $q=۱۲۵۰۰kcal$

تمرین: زمان گرم کردن ۵۰ لیتر آب $۱۸^{\circ}c$ به $۵۳^{\circ}c$ توسط آب‌گرم‌کن با قدرت حرارتی $۱۰۰۰w$ چند ثانیه است؟ $(c_w=۴۱۸۶\frac{j}{kg.^{\circ}c})$

$q=m.c(t_۲-t_۱)$

$m=۵۰kg$ $c=۴۱۸۶\frac{j}{kg.^{\circ}C}$

$t_۲=۵۳^{\circ}C$ $t_۱=۱۸^{\circ}C$

$q=۵۰\times ۴۱۸۶(۵۳-۱۸)=۵۰\times ۴۱۸۶\times ۳۵=۱۰۰۰\frac{j}{s}$

$q=۷۳۲۵۵۰۰j$ $H=\frac{q}{t}$ $H=۱۰۰۰w$

$\frac{۱۰۰۰\frac{j}{s}}{۱}=\frac{۷۳۲۵۵۰۰j}{t}$ $۱۰۰۰\frac{j}{s}\times t=۷۳۲۵۵۰۰j$

$t=\frac{۷۳۲۵۵۰۰j}{۱۰۰۰\frac{j}{s}}=۷۳۲۵/۵\frac{j\times s}{j}=۷۳۲۵/۵s$

تمرین: توان گرمایی رادیاتور اتاقی ۲۰۰ وات و حجم این اتاق $۳۶m^۳$ است. زمان لازم برای گرم شدن هوای این اتاق از $-۵^{\circ}C$ به $۲۰^{\circ}C$ چند ساعت است؟ (جرم مخصوص هوا $۱/۲\frac{kg}{m^۳}$ و گرمای ویژه هوا $۱۰۰۴\frac{j}{kg.^{\circ}c}$ می‌باشد.)

$q=m.c(t_۲-t_۱)$ $v=۳۶m^۳$ $m=\rho\times v$

$\rho=۱/۲\frac{kg}{m^۳}$

$m=۱/۲\frac{kg}{\cancel{m^۳}}\times ۳۶\cancel{m^۳}$ $m=۴۳/۲kg$

$C_{Air}=۱۰۰۴\frac{J}{kg.^{\circ}C}$

$t_۲=۲۰^{\circ}C$ $t_۱=-۵^{\circ}C$

$q=۴۳/۲\times ۱۰۰۴(۲۰-(-۵))$

$q=۴۳/۲\times ۱۰۰۴\times ۲۵$ $q=۱۰۸۴۳۲۰J$

$H=\frac{q}{t}$ $H=۲۰۰W$ $۲۰۰=\frac{۱۰۸۴۳۲۰}{t}$

$۲۰۰\times t=۱۰۸۴۳۲۰$ $t=\frac{۱۰۸۴۳۲۰}{۲۰۰}$ $t=۵۴۲۱/۶S$

$۱hr=۳۶۰۰S$ $۵۴۲۱/۶\div ۳۶۰۰=۱/۵hr$

انتقال گرما

انتقال گرما از جسمی به جسم دیگر زمانی انجام می‌گیرد که درجه حرارت دو جسم با هم برابر نباشد، مانند انتقال گرما از رادیاتور با دمای $۶۰^{\circ}c$ به هوای اتاق با دمای $۱۰^{\circ}c$.

انتقال گرما از جسم با دمای زیاد به جسم با دمای کم صورت می‌گیرد، مانند انتقال گرما از خورشید به زمین، بخاری به هوای اتاق، شعله گاز به ظرف روی آن.

تمرین: جهت انتقال گرما در دو ستون زیر را رسم کنید.

گوی مسی ۱۵۰°c درون آب	هوای ۲۰°c داخل اتاق
هوای اتاق ۱۸°c	آب ۸۵°c درون ظرف
بخاری گازی ۷۵°c	بدنه‌ی ۹۰°c آب‌گرم‌کن
آب ۳۰°c درون آب‌گرم‌کن	هوای ۲°c بیرون اتاق
هوای ۵°c- بیرون ساختمان	هوای ۸°c داخل اتاق
آب ۶۵°c داخل رادیاتور	بدنه‌ی ۶۰°c رادیاتور
شعله‌ی مشعل گازی	بدن انسان
هوای ۲۰°c اتاق	بدنه‌ی دیگ چدنی

روشهای انتقال گرما

انتقال گرما به سه روش هدایت، وزش (همرفت، جابجایی) و تابش انجام می‌پذیرد. در هر یک از سه روش باید اختلاف دما باشد تا انتقال گرما صورت گیرد.

انتقال گرما در اجسام جامد به روش هدایت انجام می‌شود و در حقیقت انتقال انرژی جنبشی یک مولکول به مولکول مجاور است، مانند گرم شدن تمام یک میله آهنی که تنها یک طرف آن در آتش قرار دارد.

میزان انتقال گرما به روش هدایت به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. اختلاف دمای سطح گرم و سطح سرد
۲. سطح مقطع جسم
۳. ضخامت جسم
۴. قابلیت هدایت گرمایی
۵. زمان عبور گرما

* هر چه اختلاف دما (Δt) بیشتر شود میزان انتقال گرما نیز بیشتر می‌شود.
* هر چه سطح مقطع (مساحت) بیشتر شود میزان انتقال گرما بیشتر می‌شود.
* هر چه ضخامت جسم بیشتر شود میزان هدایت گرما کمتر می‌شود. پس ضخامت جسم با میزان انتقال گرما رابطه‌ی معکوس دارد.
* هر چه قابلیت هدایت گرمایی بیشتر باشد انتقال گرما بیشتر صورت می‌گیرد.
* قابلیت هدایت گرمایی را با k نشان می‌دهند و واحد آن $\frac{w.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$ است.
* فلزات قابلیت هدایت گرمایی بیشتری نسبت به سایر مواد دارند. قابلیت هدایت گرمایی مس $۳۸۰\frac{w.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$، آهن $۵۲\frac{w.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$، بتن $۱/۷\frac{w.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$، گچ $۰/۵\frac{w.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$ و پشم شیشه $۰/۰۵\frac{w.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$ است.
* اجسامی که هادی خوب الکتریسیته هستند، هادی مناسب گرما نیز می‌باشند.
* اجسامی را که قابلیت هدایت گرمایی کمی دارند عایق (گرمابند) گویند، مانند پلی‌یورتان، پشم سنگ، پشم شیشه، پلی‌استایرن (یونولیت).

انتقال گرما به روش هدایت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H=\frac{k}{x}\times A(t_2-t_1)$$

k: قابلیت هدایت گرما برحسب $\frac{w.m}{m^2.^\circ C}$

x: ضخامت جسم برحسب m

A: مساحت جسم برحسب m^2

t_2: دمای سطح گرم برحسب °c

t_1: دمای سطح سرد برحسب °c

H: توان گرمایی برحسب W

$$H=\frac{\frac{w.m}{m^2.^\circ C}}{\frac{m}{1}}\times m^2\times C^\circ$$

$$H=\frac{w.\cancel{m}}{\cancel{m}.\cancel{m^2}.\cancel{^\circ C}}\times\cancel{m^2}\times\cancel{^\circ C}=W$$

گرما برحسب وات به دست می‌آید.

تمرین: دمای سطح داخل دیگ آب گرم ۹۵°C و دمای سطح خارجی آن ۸۵°C است، اگر ضخامت جداره ۲cm و مساحت آن $2m^2$ باشد، میزان انتقال گرما از سطح داخل دیگ به سطح بیرون آن چند W است؟ (قابلیت هدایت گرمایی چدن $۵۰\frac{w.m}{m^2.^\circ C}$ است)

$$H=\frac{k}{x}A(t_2-t_1)\qquad H=?W\qquad k=۵\frac{w.m}{m^2.^\circ C}$$

ضخامت باید برحسب m باشد.

$$x=۲cm\qquad ۱m=۱۰۰cm$$

$$x=۲\div۱۰۰=۰/۰۲m\qquad A=۲m^2$$

$$t_2=۹۵^\circ C\qquad t_1=۸۵^\circ C$$

$$H=\frac{۵}{۰/۰۲}\times۲(۹۵-۸۵)=\frac{\frac{۵}{۱}}{\frac{۲}{۱۰۰}}\times۲\times۱۰=\frac{۵۰۰}{\cancel{۲}}\times\cancel{۲}\times۱۰$$

$$H=۵۰۰۰W$$

انتقال گرما به روش وزش (هم‌رفت) فقط در مایعات و گازها صورت می‌گیرد.

انتقال گرما به روش وزش به دو نوع وزش طبیعی و وزش اجباری انجام می‌گیرد. گرم شدن هوای اتاق توسط رادیاتور یا بخاری به روش وزش طبیعی است. خشک کردن موها توسط سشوار انتقال گرما به روش وزش اجباری است.

مقدار گرمای انتقال یافته بین سطح جسم گرم و یک سیال مانند هوا یا آب از رابطه‌ی زیرکه به رابطه‌ی نیوتن معروف است محاسبه می‌شود.

$$H=F\times A(t_s-t_m)$$

F: ضریب هدایت سطحی برحسب $\frac{w}{m^2.^\circ C}$

A: مساحت سطح گرم برحسب m^2

t_s: دمای سطح گرم برحسب °C

t_m: دمای متوسط سیال برحسب °C

H: گرمای منتقل شده به روش وزش برحسب w

$$H=\frac{w}{m^2.\cancel{^\circ C}}\times\cancel{m^2}\times\cancel{^\circ C}=W$$

تمرین: مقدار گرمای انتقال یافته از سطح بیرونی دیواری به مساحت $۱۲\ m^2$ و دمای ۱۰°c به هوای بیرون با دمای ۵°C- چند وات است؟

(ضریب هدایت سطح خارجی دیوار $۱۸\frac{w}{m^2.^\circ C}$ است)

$$H=F\times A(t_S-t_m)\qquad F=۱۸\frac{w}{m^2.^\circ C}$$

$$A=۱۲m^2\qquad t_S=۱۰^\circ c$$

$$t_m=-۵^\circ c\qquad H=?W\qquad H=۱۸\times۱۲(۱۰-(-۵))$$

$$H=۱۸\times۱۲\times۱۵\qquad H=۳۲۴۰W$$

تمرین: از هوای داخل اتاقی ۱۳۶۰W گرما به سطح دیوار اتاق منتقل شده است، اگر سطح دیوار $۲۰m^۲$، دمای هوای اتاق $۲۰^\circ c$ و دمای سطح دیوار $۱۲^\circ c$ باشد، ضریب هدایت سطح داخلی دیوار را بدست آورید.

$$H = F \times A(t_S - t_m) \qquad H = ۱۳۶۰W$$

$$F = ? \frac{w}{m^۲.^\circ C}$$

$$A = ۲۰m^۲ \qquad t_S = ۲۰^\circ C \qquad t_m = ۱۲^\circ C$$

$$۱۳۶۰W = F \times ۲۰m^۲ (۲۰ - ۱۲)^\circ C$$

$$۱۳۶۰W = F \times ۲۰m^۲ \times ۸^\circ C$$

$$۱۳۶۰W = ۱۶۰m^۲.^\circ C \times F$$

$$F = \frac{۱۳۶۰W}{۱۶۰m^۲.^\circ C} = ۸/۵ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$$

انتقال گرما از یک جدار

در زمستان انتقال گرما از هوای داخل اتاق به هوای سرد بیرون در سه مرحله صورت می‌پذیرد.

۱- انتقال گرما به روش وزش از هوای گرم داخل به سطح داخلی دیوار و مقدار آن از رابطه‌ی $H = F.A(t_i - t_o)$ قابل محاسبه است.

۲- انتقال گرما به روش هدایت از سطح داخلی دیوار به سطح خارجی دیوار و مقدار آن از رابطه‌ی $H = \frac{k}{x} A(t_۱ - t_۲)$ قابل محاسبه است.

۳- انتقال گرما به روش وزش از سطح خارجی دیوار به هوای سرد بیرون و مقدار آن از رابطه‌ی $H = F.A(t_۲ - t_o)$ قابل محاسبه است.

برای آسان شدن محاسبات انتقال گرما از هوای گرم داخل اتاق به هوای سرد خارج اتاق می‌توانیم از رابطه‌ی $H = U.A(t_i - t_o)$ استفاده کنیم.

U: ضریب کلی انتقال گرمای دیوار برحسب $\frac{w}{m^۲.^\circ C}$ که مقدار آن بر اساس مصالح به کار رفته در دیوار، ضخامت دیوار و ضریب هدایت سطحی داخل و خارج است.

در ساختمان‌ها انتقال گرما به غیر از دیوارها می‌تواند از طریق در، پنجره، سقف و کف نیز صورت گیرد.

تمرین: مقدار گرمای انتقال یافته از دیوار اتاقی به طول ۵m و ارتفاع ۳m را محاسبه کنید. دمای داخل اتاق $۲۰^\circ C$ و دمای هوای بیرون $۰^\circ C$ است و ضریب کلی انتقال گرمای این دیوار $۱/۶ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$ می‌باشد.

$$H = U.A(t_i - t_o) \qquad U = ۱/۶ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$$

A=ارتفاع دیوار × طول دیوار

$$A = ۵m \times ۳m = ۱۵m^۲ \qquad t_i = ۲۰^\circ C \qquad t_o = ۰^\circ C$$

$$H = ۱/۶ \times ۱۵(۲۰ - ۰) = ۱/۶ \times ۱۵ \times ۲۰ = ۱/۶ \times ۳۰۰$$

$$H = ۴۸۰W$$

تمرین: مقدار گرمایی که از طریق پنجره‌ای به طول ۲/۵m و ارتفاع ۱/۶m از داخل اتاق با دمای $۲۰^\circ c$ به بیرون با دمای $۰^\circ C$ منتقل می شود را محاسبه کنید. (پنجره $U = ۶ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$)

$$H = U.A(t_i - t_o) \qquad U = ۶ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$$

$$A = ۲/۵m \times ۱/۶m = ۴m^۲$$

$$t_i = ۲۰^\circ C \qquad t_o = ۰^\circ C$$

$$H = ۶ \times ۴(۲۰ - ۰) = ۶ \times ۴ \times ۲۰ = ۴۸۰W$$

با مقایسه دو تمرین قبل مشاهده می‌کنیم انتقال گرما از دیوار ۱۵ متر مربعی اتاق و انتقال گرما از پنجره ۴ مترمربعی همین اتاق با هم برابر و مساوی ۴۸۰ وات است. علت آن تفاوت زیاد در مقادیر ضریب کلی انتقال گرما (U) می‌باشد. U پنجره $۶ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$ و U دیوار $۱/۶ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$ است.

نتیجه: با کم شدن ضریب کلی انتقال گرما (U) مقدار انتقال گرما و به عبارت دیگر مقدار تلفات گرما و هدر رفتن گرما کمتر می شود.

تمرین: اگر پنجره ی تمرین قبل را از نوع دو جداره در نظر بگیریم مقدار انتقال گرما از پنجره به هوای بیرون را محاسبه کنید. ($U=۲/۹ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$ پنجره دوجداره)

$$H = U.A(t_i - t_o) \qquad U = ۲/۹ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$$

$$A = ۴m^۲ \qquad \Delta t = ۲$$

$$H = ۲/۹ \times ۴ \times ۲۰ \qquad H = ۲۳۲W$$

مشاهده می‌کنید که با استفاده از پنجره دو جداره که منجر به کاهش U شده است میزان انتقال گرما نیز کاهش چشمگیری دارد که باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌گردد.

تمرین: مقدار انتقال گرما از دیواری با مساحت $۲۰m^۲$ را در صورتی که دمای داخل $۱۸^\circ c$ و دمای خارج $-۲^\circ c$ باشد، را محاسبه کنید. محاسبه را یک بار برای دیوار بدون عایق $U = ۲/۲۵ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$ و یک بار برای دیوار با عایق $U = ۰/۵ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$ انجام دهید.

$$H = U.A(t_i - t_o) \qquad A = ۲۰m^۲$$

$$t_i = ۱۸^\circ C \qquad t_o = -۲^\circ C$$

دیوار بدون عایق $U = ۲/۲۵ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$

دیوار با عایق $U = ۰/۵ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$

دیوار بدون عایق $H = ۲/۲۵ \times ۲۰ \left(۱۸ - (-۲)\right)$

$$H = ۲/۲۵ \times ۲۰ \times ۲۰ = ۹۰۰W$$

دیوار با عایق $H = ۰/۵ \times ۲۰ \left(۱۸ - (-۲)\right)$

$$H = ۰/۵ \times ۲۰ \times ۲۰ = ۲۰۰W$$

تمرین: میزان صرفه‌جویی در انرژی را با به کار بردن عایق در تمرین قبل محاسبه کنید.

بدون عایق $H = ۹۰۰W$

با عایق $H = ۲۰۰W$

مقدار صرفه‌جویی $= ۹۰۰ - ۲۰۰ = ۷۰۰W$

$$\text{درصد صرفه‌جویی} = \frac{\text{مقدار صرفه جویی}}{\text{مقدار H بدون عایق}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد صرفه‌جویی} = \frac{۷۰۰}{۹۰۰} \times ۱۰۰ = ۰/۷۸ \times ۱۰۰ = ٪۷۸$$

درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی را با استفاده از ضریب کلی انتقال گرما (U) نیز می‌توانیم محاسبه کنیم.

دیوار با عایق $U = ۰/۵ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$

دیوار بدون عایق $U = ۲/۲۵ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$

$$\text{مقدارصرفه‌جویی با استفاده ازعایق} = ۲/۲۵ - ۰/۵ = ۱/۷۵ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$$

$$\text{درصد صرفه‌جویی} = \frac{\text{مقدار کاهش u}}{\text{بدون عایق u}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد صرفه‌جویی} = \frac{۱/۷۵}{۲/۲۵} \times ۱۰۰ = ٪۷۸$$

مشاهده می‌کنید که درصد صرفه‌جویی از هر دو روش ۷۸ درصد به دست می‌آید.

تمرین: ضریب کلی انتقال گرمای پنجره با شیشه یک جداره $U = ۵/۶ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$ است، اگر به جای آن از پنجره دو جداره که U آن $U = ۲/۸ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$ می‌باشد استفاده کنیم، صرفه‌جویی در انرژی چند درصد است؟

پنجره دو جداره $U = ۲/۸ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$

پنجره یک جداره $U = ۵/۶ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$

$$\text{مقدار کاهش U} = ۵/۶ - ۲/۸ = ۲/۸ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$$

$$\text{درصدصرفه‌جویی} = \frac{\text{مقدار کاهش u}}{\text{U پنجره یک جداره}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد صرفه‌جویی} = \frac{۲/۸\frac{w}{m^۲.^\circ C}}{۵/۶\frac{w}{m^۲.^\circ C}} \times ۱۰۰ = ۰/۵ \times ۱۰۰ = ٪۵۰$$

تمرین: مقدار انتقال گرما از هوای داخل اتاق با دمای ۲۱°c به هوای بیرون با دمای ۱۵°c- را از طریق سقف اتاق محاسبه کنید. طول اتاق ۴/۵m و عرض آن ۴m می‌باشد. محاسبه انتقال گرما را در دو حالت انجام دهید: سقف بدون عایق با $U = ۲/۸\frac{w}{m^۲.^\circ C}$ و سقف با عایق $U = ۱\frac{w}{m^۲.^\circ C}$

سقف بدون عایق $H = U.A(t_i - t_o)$

سقف بدون عایق $= ۲/۸(۴/۵ \times ۴)\big(۲۱-(-۱۵)\big)$

$H = ۲/۸ \times ۱۸ \times ۳۶$

سقف بدون عایق $H = ۱۸۱۴/۴W$

سقف با عایق $H = U.A(t_i - t_o)$

سقف با عایق $= ۱(۴/۵ \times ۴)\big(۲۱-(-۱۵)\big)$

$H = ۱ \times ۱۸ \times ۳۶$

سقف با عایق $H = ۶۴۸W$

میزان انتقال گرما از سقف بدون عایق و سقف عایق‌دار با هم مقایسه کنید و درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی را به دست آورید.

تمرین: انتقال گرما از پنجره‌ای به ابعاد ۲/۸m×۱/۲۵m را در صورتی که دمای داخل ۲۴°c و دمای خارج ۶°c- و U پنجره $۵/۶\frac{w}{m^۲.^\circ C}$ باشد را بر حسب وات محاسبه کنید.

$$H = U.A(t_i - t_o) \qquad U = ۵/۶\frac{w}{m^۲.^\circ C}$$

$A = ۲/۸m \times ۱/۲۵m = ۳/۵m^۲$

$t_i = ۲۴^\circ C \qquad t_o = -۶^\circ C$

$H = ۵/۶ \times ۳/۵\big(۲۴-(-۶)\big) = ۵/۶ \times ۳/۵ \times ۳۰ = ۵۸۸W$

تمرین: مقدار انتقال گرما در تمرین قبل، در صورتی که دمای داخل را از ۲۴°c به ۱۸°c کاهش دهیم چند وات می‌شود؟

$$H = U.A(t_i - t_o) \qquad U = ۵/۶\frac{w}{m^۲.^\circ C} \qquad A = ۳/۵m$$

$t_i = ۱۸^\circ C \qquad t_o = -۶^\circ C$

$H = ۵/۶ \times ۳/۵\big(۱۸-(-۶)\big) \qquad H = ۴۷۰/۴W$

مشاهده می‌کنید با کم کردن درجه حرارت داخل اتاق از ۲۴°c به ۱۸°c مقدار انتقال حرارت کاهش می‌یابد و در مصرف انرژی صرفه‌جویی می شود.

درصد صرفه‌جویی در تمرین قبل را به ترتیب زیر محاسبه می‌کنیم:

با دمای ۲۴°c $H = ۵۸۸W$

با دمای ۱۸°c $H = ۴۷۰/۴W$

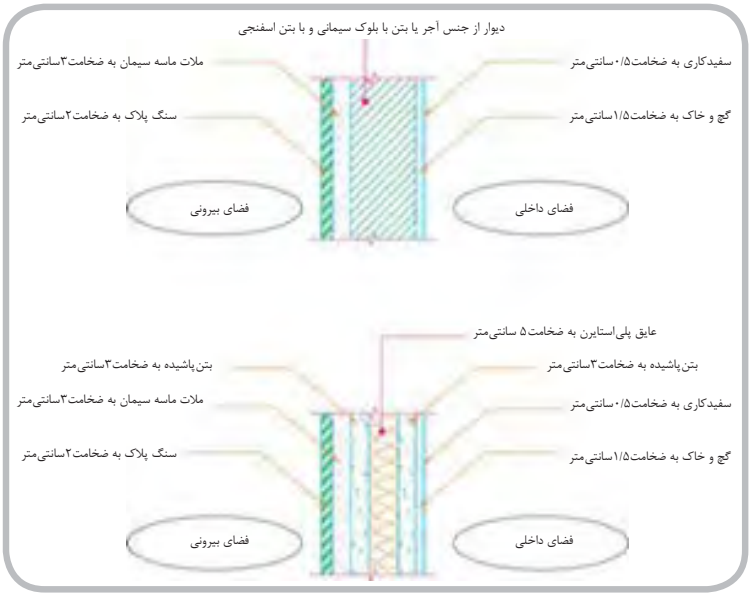
مقدار کاهش انتقال گرما $= ۵۸۸ - ۴۷۰/۴ = ۱۱۷/۶W$

$$\text{درصد صرفه‌جویی} = \frac{۱۱۷/۶}{۵۸۸} \times ۱۰۰ = ۰/۲ \times ۱۰۰ = ٪۲۰$$

نتیجه‌گیری: کاهش دمای هوای داخل ساختمان منجر به کاهش مصرف انرژی و به عبارت دیگر کاهش مصرف (گاز، گازوئیل، نفت سفید و برق) است که در نتیجه باعث کاهش هزینه و پول پرداختی شما می‌گردد. این کاهش دما هیچگونه تغییری نیز در شرایط راحتی شما در ساختمان ایجاد نمی‌کند. به ازای کاهش هر درجه‌ی دما صرفه‌جویی مصرف انرژی بسته به شرایط اقلیمی سرد و معتدل ایران بین ۳ تا ۵ درصد افزایش می یابد.

شما هنرجوی گرامی به عنوان یکی از نیروهای متخصص ایرانی می‌توانید الگوی دیگران در درست مصرف کردن انرژی باشید و آموخته‌های خود را به اعضای خانواده و دیگران منتقل کنید. کم کردن شعله بخاری به جای باز کردن در و پنجره، کاهش منطقی دمای آب گرم با تنظیم ترموستات آب‌گرم‌کن، پکیج یا دیگ ساده‌ترین و آسان‌ترین کار ممکن در صرفه‌جویی توسط شما است.

فصل دوم
در یک نگاه



محاسبات بار گرمایی

- شرایط طرح هوای داخل
- شرایط طرح هوای خارج
- اتلاف گرمایی از دیوار، در و پنجره
- اتلاف گرمایی از سقف
- اتلاف گرمایی از کف و دیوارهای متصل به زمین
- اتلاف گرمایی در اثر نفوذ هوا از درزها
- ضرایب تصحیح در محاسبات بار گرمایی
- برگ محاسباتی نمونه

محاسبات بار گرمایی ساختمان

مقدار گرمایی را که از هوای گرم ساختمان در زمستان به هوای سرد بیرون ساختمان انتقال می‌یابد اتلاف گرمایی یا تلفات گرمایی ساختمان می‌نامیم.

مقدار گرمایی که برای جبران اتلاف گرمایی ساختمان توسط دستگاه‌های گرم‌کننده تولید می‌شود بار گرمایی یا ظرفیت گرمایی دستگاه‌ها می‌نامیم.

بار گرمایی دستگاه‌ها و تلفات گرمایی ساختمان معادل یکدیگر می‌باشند.

اتلاف گرمایی ساختمان از دو طریق صورت می‌گیرد:

۱- انتقال گرما از جدارهای ساختمان، که شامل دیوار، سقف، کف، پنجره و در است.

۲- انتقال گرما به دلیل ورود هوای سرد و خروج هوای گرم از درز پنجره‌ها و درهای ساختمان.

مقدار انتقال گرما از جدارهای ساختمان را از رابطه‌ی $H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$ قابل محاسبه است.

شرایط طرح هوای داخل

دمای هوای داخل (t_i) در ساختمان‌های مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد، این دما با توجه به نوع کاربری ساختمان تعیین و در جدول‌هایی ثبت شده است.

در جدول ۱-۲ کتاب اصلی دمای هوای داخل بعضی از ساختمان ها آمده است.

نام شهر	دمای خارج در زمستان °C
مشهد	
آبادان	
سنندج	
اردبیل	
شهرکرد	
شهر محل سکونت	

تمرین: دمای داخلی هر یک از مکان‌های زیر را مشخص کنید.

۱- اتاق نشیمن آپارتمان ..... درجه سلسیوس

۲- کلاس درس هنرستان ..... درجه سلسیوس

۳- اتاق خواب خانه ویلایی ..... درجه سلسیوس

۴- سالن استخر شنا ..... درجه سلسیوس

۵- حمام ساختمان مسکونی ..... درجه سلسیوس

شرایط طرح هوای خارج

دمای هوای خارج (t_o) ساختمان با توجه به شرایط جوی آن محل تعیین می‌شود.

سازمان هواشناسی معدل حداقل دمای هوا را در زمستان در سال‌های مختلف محاسبه و در جداولی ثبت می‌نماید.

در جدول ۲-۲ کتاب اصلی دمای هوای خارج برخی از شهرهای ایران ارائه گردیده است.

اطلاعات شهرهایی که در این جدول ارائه نشده است از طریق سازمان هواشناسی قابل دسترسی و تهیه است.

تمرین: دمای هوای خارج در شهرهای زیر را مشخص کنید.

ضریب کلی انتقال گرمای جدارها (U)

U دیوارها با توجه به نوع مصالح به کار رفته در دیوار، ضخامت دیوار بر حسب cm و عایق‌دار بودن یا بدون عایق بودن دیوار از جدول ۳-۲ کتاب اصلی قابل برداشت است.

به‌طور مثال ضریب کلی انتقال گرمایی دیوار ۲۰ سانتی‌متری بتنی بدون اندود و بدون عایق برابر $۱/۲۵ \frac{w}{m^{۲}\cdot^{\circ} c}$ است.

در ستون آخر این جدول ضریب کلی هدایت گرمایی U دیوارهای داخلی داده شده است.

تمرین: ضریب کلی انتقال گرمای دیوارها را در جدول زیر تعیین کنید.

شرح دیوار	U بر حسب $\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$
دیوار بتنی ۲۰ سانتی‌متری با اندود داخلی و نمای سیمانی با ۲/۵ cm عایق	
دیوار ۳۳ سانتی‌متری با آجر فشاری بدون اندود و عایق	
دیوار ۱۰ سانتی‌متری با بلوک سیمانی بدون عایق و با اندود داخلی	
دیوار ۲۲ سانتی‌متری با آجر فشاری و اندود داخلی و نمای سنگ بدون عایق	
دیوار ۲۲ سانتی‌متری با آجر فشاری و اندود داخلی و نمای سنگی با ۲/۵ سانتی‌متری عایق	
دیوار ۲۲ سانتی‌متری با آجر سفالی و اندود داخلی و نمای سنگی با ۲/۵ سانتی‌متری عایق	
دیوار داخلی ۱۱ سانتی‌متری از پلی‌استایرن با بتن پاشیده	

یادآوری: منظور از اندود، لایه‌هایی است که بر روی آجر یا بتن در قسمت داخل یا خارج قرار می‌گیرد.

اندود داخلی مانند لایه کاه‌گل یاگچ و خاک و گچ برای سفیدکاری است.

پلی‌استایرن نوعی عایق گرمایی است که به آن یونولیت نیز می‌گویند.

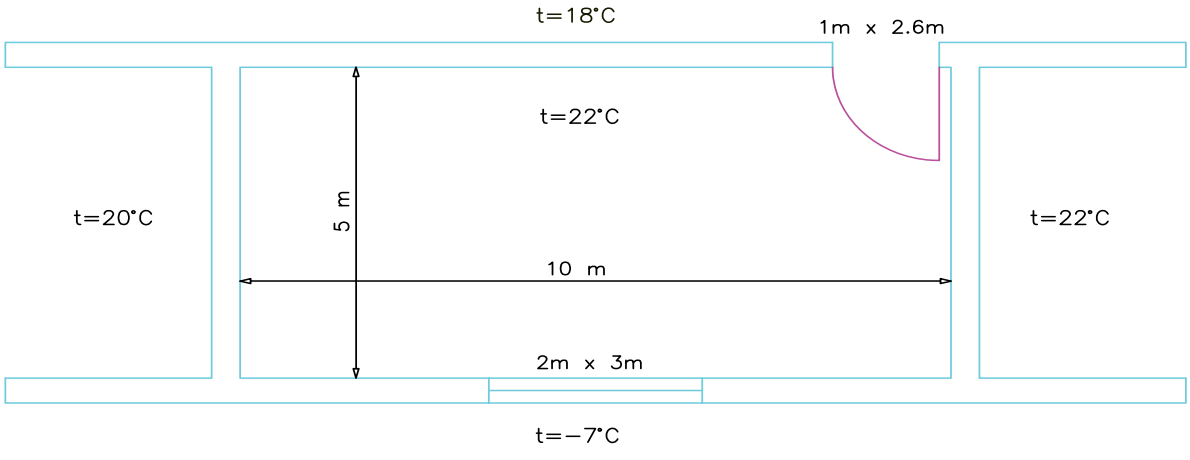
در شکل ۱-۲ مصالح به کار رفته در دیوارها را مشاهده می‌کنید.

تمرین: با توجه به پلان شکل زیر دیوارهای داخلی و دیوارهای خارجی را در جدول مشخص کنید.

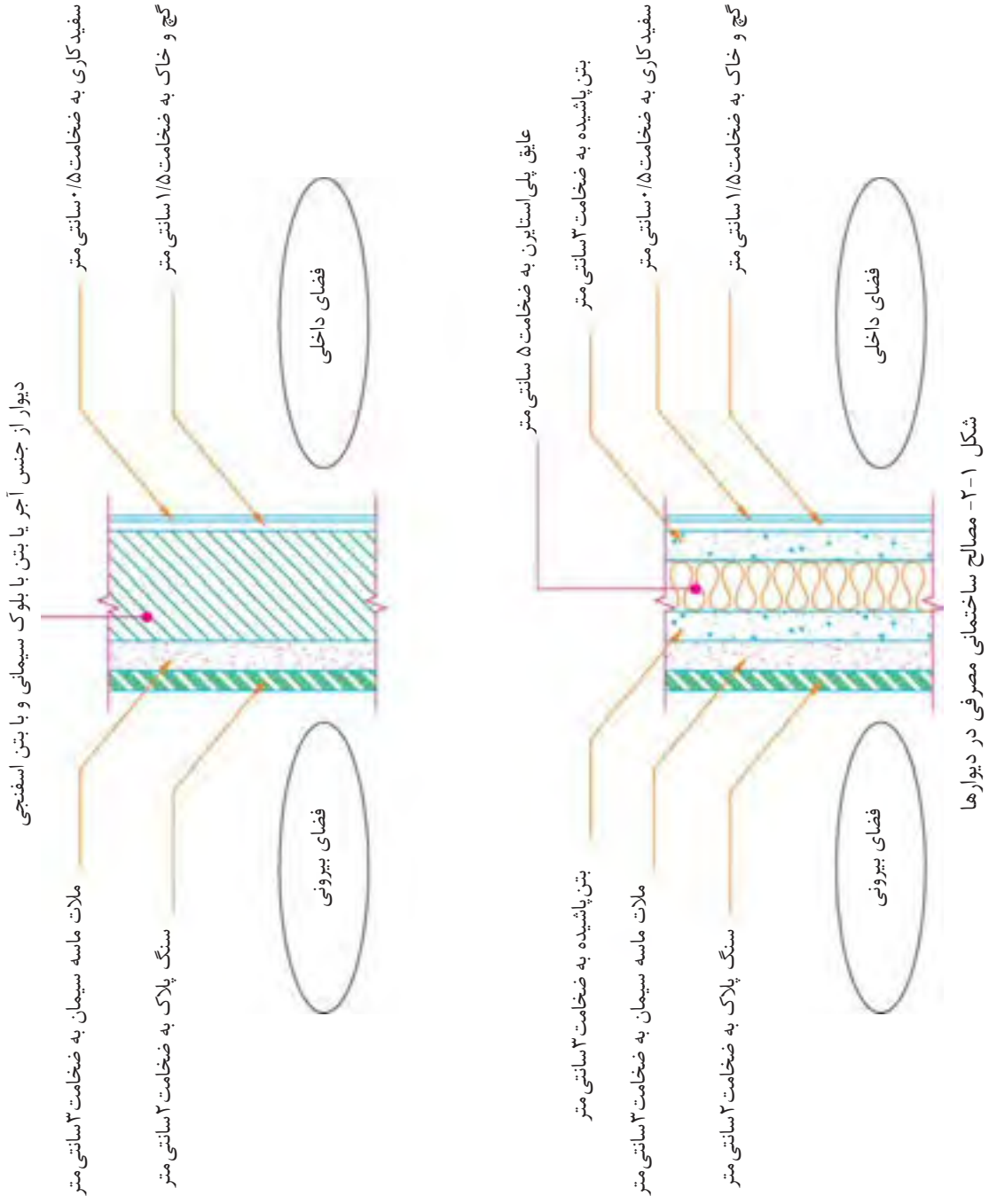
همان طور که می‌دانید دیوارهای ساختمان به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- دیواری که با هوای سرد خارج در ارتباط می‌باشد که به آن‌ها دیوار خارجی گفته می‌شود مانند دیوارهای مشرف به حیاط ساختمان یا دیوارهای سمت کوچه و خیابان.

۲- دیواری که هر دو طرف آن فضاهایی از داخل ساختمان باشد و با هوای سرد بیرون تماسی نداشته باشد که به آن دیوار داخلی گفته می‌شود مانند دیوار بین کلاس درس و راهرو یا دیوار بین اتاق پذیرایی و اتاق خواب.



جهت دیوار بر روی پلان	نوع دیوار
دیوار شرقی	داخلی
دیوار جنوبی	
دیوار غربی	
دیوار شمالی	



شکل ۱-۲- مصالح ساختمانی مصرفی در دیوارها

U در و پنجره با توجه به جنس در و پنجره و تعداد جدار شیشه پنجره تعیین می‌گردد.

ضریب های کلی انتقال گرمای درها و پنجره‌های مختلف در جدول ۴-۲ کتاب اصلی ارائه شده است.

تمرین: ضریب کلی انتقال گرمای در و پنجره‌ها را در جدول زیر بنویسید.

نوع در و پنجره	U بر حسب $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$
در چوبی داخلی	
در آهنی خارجی	
پنجره‌ی آهنی با شیشه	
پنجره‌ی آهنی با شیشه مضاعف	
پنجره‌ی خارجی چوبی با شیشه	

اتلاف گرمایی از دیوار، در و پنجره

همان‌طور که می‌دانید برای محاسبه ی انتقال گرما از جدارهای مختلف ساختمان از رابطه‌ی $H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$ استفاده می کنیم.

تمرین: تلفات گرمایی از دیوار را که طول آن ۳/۵ m و ارتفاع آن ۲/۸ m می‌باشد محاسبه کنید. در صورتی‌که اختلاف دمای دو طرف دیوار ۳۰°c و U دیوار $۱/۵ \ \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$ باشد.

$H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$

$U = ۱/۵ \ \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} \qquad A = L \times h \qquad L = ۳/۵ m$

$h = ۲/۸ m \qquad A = ۳/۵ m \times ۲/۸ m = ۹/۸ m^2$

$t_i - t_o = \Delta t = ۳۰^\circ C \qquad H = ۱/۵ \times ۹/۸ \times ۳۰$

$H = ۴۴۱ w$

نکته: در محاسبات نوشتن واحد لازم می‌باشد و عدد بدون واحد مفهوم ندارد. ننوشتن واحد باعث کم شدن نمره در امتحانات می‌گردد، پس نوشتن واحد اعداد را فراموش نکنید.

تمرین: مقدار انتقال گرما از دیوار خارجی اتاق خواب ساختمان مسکونی را که در شهر کرمان واقع شده است حساب کنید اگر دیوار از ۲۲ سانتی‌متر آجر فشاری با اندود داخلی و نمای سنگی با عایق ساخته شده باشد مساحت این دیوار $۱۵ m^2$ است.

در ابتدا می‌بایستی دمای داخل، دمای خارج و U دیوار را از جدول‌ها به دست آوریم.

دمای اتاق خواب خانه $\xrightarrow{\text{از جدول ۱-۲}}$ $t_i = ۱۸^\circ C$

دمای هوای کرمان $\xrightarrow{\text{از جدول ۲-۲}}$ $t_o = -۸^\circ C$

دیوار ۲۲ سانتی‌متری از آجر فشاری با اندود داخلی و نمای سنگ با عایق $\xrightarrow{\text{از جدول ۳-۲}}$ $U = ۰/۸۶ \ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$

مساحت دیوار $\xrightarrow{\text{از متن سوال}}$ $A = ۱۵ m^2$

$H = U \cdot A\,(t_i - t_o) = ۰/۸۶ \times ۱۵ (۱۸ - (-۸)) = ۱۲/۹ \times ۲۶$

$H = ۳۳۵/۴ w$

تمرین: تلفات گرمایی از پنجره‌ی آهنی یک جداره به طول ۱/۸ m و ارتفاع ۱/۶۷ m را حساب کنید. دمای داخل ۱۸°C و دمای خارج ۲°C- است.

$H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$

پنجره آهنی یک جداره $\xrightarrow{\text{از جدول ۴-۲}}$ $U = ۵/۸ \cdot \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ k}$

$A = ۱/۸ m \times ۱/۶۷ m = ۳ m^2$

$t_i = ۱۸^\circ C \qquad t_o = -۲^\circ C$

$H = ۵/۸ \times ۳ (۱۸ - (-۲)) = ۵/۸ \times ۳ \times ۲۰ = ۵/۸ \times ۶۰$

$H = ۳۴۸ W$

تمرین: تلفات گرمایی حمام خانه‌ای را از در چوبی واقع بین اتاق خواب و حمام را محاسبه کنید. ابعاد در ۷۵cm×۲۰۰cm است.

$$H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$$

$$\text{در چوبی داخلی} \xrightarrow{\text{از جدول ۴-۲}} U = ۲/۳۰ \frac{W}{m^{۲}\cdot^{\circ} k}$$

مساحت (A) باید بر حسب $m^{۲}$ در رابطه قرار داده شود، در نتیجه طول و عرض در، باید برحسب متر باشد.

$$\text{دمای اتاق خواب خانه} \xrightarrow{\text{از جدول ۱-۲}} t_c = ۱۸^{\circ}C$$

$$\text{دمای حمام خانه} \xrightarrow{\text{از جدول ۱-۲}} t_i = ۲۲^{\circ}C$$

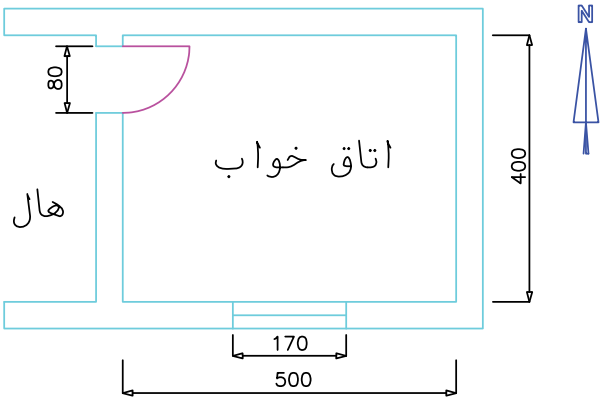
$$H = ۲/۳ \times ۱/۵ (۲۲ - ۱۸) = ۲/۳ \times ۱/۵ \times ۴$$

$$H = ۲/۳ \times ۶ = ۱۳/۸ W$$

با توجه به دمای حمام و دمای اتاق خواب متوجه می‌شویم انتقال گرما از حمام به اتاق خواب انجام می‌شود زیرا دمای حمام بیشتر است و گرما از فضایی با دمای زیاد به فضایی با دمای کمتر منتقل می‌شود.

تمرین: میزان انتقال گرما از دیوار جنوبی و غربی اتاق خواب آپارتمانی در همدان را که در پلان زیر نشان داده شده است حساب کنید.

در صورتی‌که ارتفاع پنجره ۱/۲m و ارتفاع در ۲m و ارتفاع اتاق ۲/۷m باشد. پنجره از نوع آهنی با شیشه مضاعف و در از نوع چوبی است. (U دیوار خارجی $۱/۵ \frac{W}{m^{۲}\cdot^{\circ} C}$ و U دیوار داخلی $۲ \frac{W}{m^{۲}\cdot^{\circ} C}$)



انتقال گرما از طریق دیوار جنوبی این اتاق از دو قسمت به هوای سرد بیرون انجام می‌شود، قسمتی از گرما از پنجره و بخش دیگر گرما از دیوار (خالص)منتقل می‌شود که مجموع آن تلفات گرما از دیوار جنوبی است.

تلفات گرمایی دیوار جنوبی:

پنجره جنوبی $H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$

پنجره آهنی با شیشه مضاعف $U = ۳/۷ \frac{W}{m^{۲}\cdot^{\circ} C}$

پنجره $A = ۱/۲ \times ۱/۷ = ۲/۰۴ m^{۲}$

اتاق خواب $t_i = ۱۸^{\circ}C$ همدان $t_o = -۱۵^{\circ}C$

پنجره جنوبی $H = ۳/۷ \times ۲/۰۴ (۱۸ - (-۱۵))$

$H = ۳/۷ \times ۲/۰۴ \times ۳۳ = ۲۴۹/۰۸ W$

دیوار جنوبی $H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$

دیوار خارجی $U = ۱/۵ \frac{W}{m^{۲}\cdot^{\circ} C}$

کل دیوار $A = ۵ \times ۲/۷ = ۱۳/۵ m^{۲}$

برای محاسبه تلفات گرمایی دیوار جنوبی باید مساحت خالص دیوار در نظر گرفته شود. بنابراین مساحت پنجره را باید از مساحت کل دیوار کم کنیم.

دیوار خالص A = مساحت کل دیوار - مساحت پنجره

دیوار خالص $A = ۱۳/۵ - ۲/۰۴ = ۱۱/۴۶ m^{۲}$

دیوار خالص $H = ۱/۵ \times ۱۱/۴۶ (۱۸ - (-۱۵))$

$H = ۱/۵ \times ۱۱/۴۶ \times ۳۳$

دیوار خالص $H = ۵۶۷/۲۷ W$

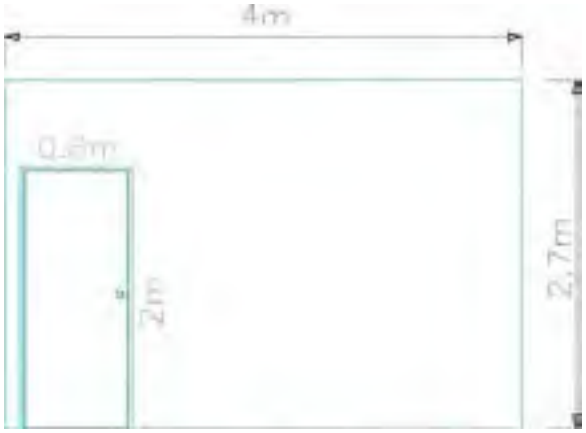
کل دیوار جنوبی H = H پنجره + H دیوار خالص

$H = ۲۴۹/۰۸ + ۵۶۷/۲۷$

دیوار جنوبی $H = ۸۱۶/۳۵ W$

تلفات گرمایی از دیوار غربی:

اتلاف گرمای دیوار غربی از دیوار و در غربی صورت می‌گیرد.



$H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$ در غربی

$U = ۲/۳\ \frac{W}{m^{۲}\cdot^{\circ}C}$ در چوبی داخلی

$A = ۲m \times ۰/۸m = ۱/۶m^{۲}$

$t_i = ۱۸^{\circ}C$ اتاق خواب $t_o = ۱۶^{\circ}C$ هال

$H = ۲/۳ \times ۱/۶(۱۸-۱۶) = ۲/۳ \times ۱/۶ \times ۲ = ۷/۳۶W$ در

$H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$ دیوار غربی

$U = ۲\ \frac{W}{m^{۲}\cdot^{\circ}C}$ دیوار داخلی

A دیوار خالص غربی = مساحت کل دیوار غربی - مساحت در غربی

$A = (۴ \times ۲/۷) - ۱/۶ = ۱۰/۸ - ۱/۶$ دیوار خالص غربی

$A = ۹/۲m^{۲}$

$H = ۲ \times ۹/۲(۱۸-۱۶) = ۲ \times ۹/۲ \times ۲$ دیوار خالص غربی

$H = ۳۶/۸W$ دیوار خالص غربی

H کل دیوار غربی = H دیوار خالص غربی + H در غربی

$H = ۳۶/۸ + ۷/۳۶ = ۴۴/۱۶W$ کل دیوار غربی

میزان تلفات گرمایی از دیوار غربی به دلیل اختلاف دمای کم(Δt)خیلی کم و در حدود ۴۴ وات است.

دقت نمائید که توان گرمایی یک پره رادیاتور فولادی در حدود ۱۲۵ وات است پس برای جبران تلفات گرمایی دیوار غربی به $\frac{۱}{۳}$ پره رادیاتور نیاز است.

تلفات گرمایی از دیوار جنوبی ۸۱۶/۳۵ وات است که مقدار آن نسبت به دیوار غربی خیلی بیشتر است.

علت اصلی این اختلاف، خارجی بودن دیوار جنوبی و اختلاف زیاد دمای داخل و خارج ساختمان است.

اتلاف گرمایی از سقف

تلفات گرمایی از هوای گرم داخل ساختمان از طریق سقف‌ها نیز از رابطه‌ی $H = U \cdot A\,(t_i - t_o)$ قابل محاسبه است.

ضریب کلی انتقال گرمای سقف با توجه به نوع مصالح به کار رفته در سقف و ضخامت سقف از جدول ۵-۲ کتاب اصلی قابل استخراج است.

تلفات گرمایی از سقف بین طبقاتی که دارای دمای یکسان می‌باشند به دلیل اینکه $\Delta t = ۰$ است معادل صفر می‌باشد زیرا:

$H = U \cdot A\,(t_i - t_o) = U \cdot A \times ۰ = ۰$

نوع سقف	مقدار U بر حسب $\frac{w}{m^{۲}\cdot^{\circ}C}$
سقف آجری ۲۰ سانتی‌متری با آسفالت	
سقف بتونی ۳۰ سانتی‌متری با آسفالت و اندود داخلی	
سقف بتونی ۱۰ سانتی‌متری با آسفالت و اندود داخلی	
سقف بتونی ۱۰ سانتی‌متری با آسفالت و ۵ سانتی‌متر عایق و اندود	
سقف بتونی ۲۰ سانتی‌متری با آسفالت و ۱۲ سانتی‌متر عایق	

تمرین: تلفات گرمایی از سقف رستورانی در تبریز را که طول آن ۱۲m و عرض آن ۸۰ دسی‌متر و U آن $۲\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$ می‌باشد بر حسب وات محاسبه کنید.

$H = U\cdot A\,(t_i - t_o)$ $\qquad U = ۲\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$

$A = l\times b$ $\qquad l = ۱۲\,m$

$b = ۸۰\,dm$ $\qquad ۱m = ۱۰\,dm$

$۸۰\div ۱۰ = ۸\,m$ $\qquad A = ۱۲\,m\times ۸\,m = ۹۶\,m^۲$

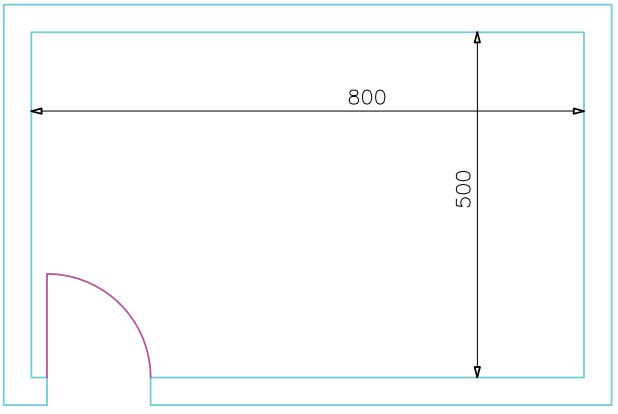
دمای رستوران $\xrightarrow{\text{از جدول ۱-۲}}$ $t_i = ۱۸^\circ C$

دمای هوای تبریز $\xrightarrow{\text{از جدول ۲-۲}}$ $t_o = -۱۰^\circ C$

$H = ۲\times ۹۶\,(۱۸-(-۱۰)) = ۲\times ۹۶\times ۲۸ = ۵۳۷۶\,w$

تمرین: تلفات گرمایی از سقف کلاس درسی مطابق پلان زیر را که در شهر رشت واقع شده است برحسب وات محاسبه کنید.

سقف این کلاس از نوع بتونی به ضخامت ۲۰cm با آسفالت و ۵ سانتی‌متر عایق و اندود است.



$H = U\cdot A\,(t_i - t_o)$

سقف U $\xrightarrow{\text{از جدول ۵-۲}}$ $u = ۰/۶\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$

$A = l\times b$ $\qquad l = ۸۰۰\,cm$

$l = ۸۰۰\div ۱۰۰ = ۸\,m$

$b = ۵۰۰\div ۱۰۰ = ۵\,m$ $\qquad A = ۸\times ۵ = ۴۰\,m^۲$

دمای کلاس درس $\xrightarrow{\text{از جدول ۱-۲}}$ $t_i = ۱۸^\circ C$

دمای شهر رشت $\xrightarrow{\text{از جدول ۲-۲}}$ $t_o = -۷^\circ C$

$H = ۰/۶\times ۴۰(۱۸-(-۷))$

$H = ۰/۶\times ۴۰\times ۲۵ = \frac{۶}{۱۰}\times ۱۰۰۰ = ۶۰۰\,w$

تمرین: تلفات گرمایی از سقف یک سالن اجتماعات در ارومیه ۱۰۵۰۰ وات است. مساحت سقف $۱۵۰\,m^۲$ و ضریب کلی انتقال گرمای سقف $۲/۵\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$ می‌باشد. اگر بخواهیم با کاهش U تلفات گرمایی از سقف را ۴۲۰۰ وات کاهش دهیم میزان U جدید را بدست آورید.

$H = U\cdot A\,(t_i - t_o)$ $\qquad H = ۱۰۵۰۰\,w$

$U = ۲/۵\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$ $\qquad A = ۱۵۰\,m^۲$

$۱۰۵۰۰ = ۲/۵\times ۱۵۰\times \Delta t$

$۱۰۵۰۰ = ۳۷۵\times \Delta t$ $\qquad \Delta t = \frac{۱۰۵۰۰}{۳۷۵} = ۲۸^\circ C$

برای کاهش ۴۲۰۰ واتی تلفات گرمایی از طریق کاهش U می‌بایستی در رابطه $H = U\cdot A\cdot \Delta t$ مقدار جدید H را قرار داده و U را بدست آوریم. $\qquad ۱۰۵۰۰ - ۴۲۰۰ = ۶۳۰۰\,w$

$H = ۶۳۰۰\,w$ $\qquad A = ۱۵۰\,m^۲$ $\qquad \Delta t = ۲۸^\circ C$

$U = ?\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$

$۶۳۰۰w = U\times ۱۵۰\,m^۲\times ۲۸^\circ C$

$۶۳۰۰w = U\times ۴۲۰۰\,m^۲\cdot^\circ C$

$U = \frac{۶۳۰۰\,w}{۴۲۰۰\,m^۲\cdot^\circ C}$ $\qquad U = ۱/۵\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$

با کاهش U از ۲/۵ به ۱/۵ میزان تلفات از سقف از ۱۰۵۰۰w به ۶۳۰۰w کاهش می‌یابد.

چگونه می‌توانیم مقدار ضریب کلی انتقال گرما (U) سقف‌ها را کم کنیم؟

اتلاف گرمایی از دیوارها و کف متصل به زمین

انتقال گرما از کف طبقات میانی ساختمان که سقف طبقه دیگر است، همانند انتقال گرما از سقف می‌باشد و با رابطه‌ی $H = U \cdot A\ (t_i - t_o)$ قابل محاسبه است.

اما انتقال حرارت از کف متصل به زمین براساس درجه حرارت زمین محاسبه می‌شود. در جدول ۶-۲ کتاب اصلی مقدار انتقال حرارت از کف متصل به زمین و دیوار متصل به زمین به ازای هر متر مربع سطح کف یا دیوار متصل به زمین داده شده است.

ابتدا منطقه‌ای را که محاسبات برای آن انجام می‌شود از نظر سردسیر، معتدل یا گرمسیر بودن باید مشخص کنیم. بطور مثال اگر محاسبات برای ساختمانی در تبریز انجام می‌شود منطقه سردسیر است. با مراجعه به جدول مشاهده می‌کنیم. اتلاف گرمایی از کف متصل به زمین ۹/۵ وات بر متر مربع است و اتلاف گرمایی از دیوار متصل به زمین ۱۹ وات بر متر مربع می‌باشد. حال مساحت کف یا دیوار متصل به زمین را در این اعداد ضرب کرده، حاصل تلفات گرمایی است.

تمرین: اتلاف گرمایی از کف اتاقی را که زیر آن زمین می‌باشد حساب کنید در صورتی‌که مساحت کف $۴۰m^۲$ و اتاق در شهر همدان واقع شده باشد.

دمای شهر همدان $\xrightarrow{\text{از جدول ۲-۲}}$ $t_o = -۱۵^\circ C$

با توجه به دمای شهر همدان که $-۱۵^\circ c$ می‌باشد متوجه می‌شویم منطقه سردسیر است. با مراجعه به جدول ۶-۲ کتاب اصلی اتلاف گرمایی از کف را برای هر متر مربع بدست می‌آوریم.

اتلاف گرمایی از کف متصل به زمین $\xrightarrow[\text{از جدول ۶-۲}]{\text{منطقه سردسیر}}$ $q = ۹/۵\ \frac{w}{m^۲}$

$H = q \times A \qquad A = ۴۰m^۲$

$H = ۹/۵ \frac{w}{m^۲} \times ۴۰\cancel{m^۲} \qquad H = ۳۸۰w$

تلفات گرمایی از ۴۰ متر مربع کف این اتاق ۳۸۰ وات است.

تمرین: کف متصل به زمین فروشگاهی در رامسر $۸۰m^۲$ مساحت دارد. تلفات گرمایی از کف این فروشگاه چند وات است؟

دمای شهر رامسر $\xrightarrow{\text{از جدول ۲-۲}}$ $t_o = -۱^\circ C$

اتلاف گرمایی از کف متصل به زمین $\xrightarrow[\text{از جدول ۶-۲}]{\text{منطقه معتدل}}$ $q = ۶/۳\ \frac{w}{m^۲}$

$H = q \times A \qquad A = ۸۰m^۲$

$H = ۶/۳ \frac{w}{\cancel{m^۲}} \times ۸۰\cancel{m^۲} \qquad H = ۵۰۴w$

در جدول ۱- ۲دمای هوای شهرهای مختلف و نوع منطقه از نظر سردسیر، معتدل و گرمسیر بودن آمده است.

جدول ۱- ۲- نوع آب و هوای شهرها براساس معدل حداقل متوسط دمای زمستانی

نام شهر	دمای طرح هوای خارج °C	منطقه	نام شهر	دمای طرح هوای خارج °C	منطقه
آبادان	۵	گرمسیر	رشت	-۷	معتدل
آبعلی	-۱۱	سردسیر	زابل	-۵	معتدل
اراک	-۹	سردسیر	زنجان	-۹	سردسیر
اردبیل	-۱۰	سردسیر	سبزوار	-۱۰	سردسیر
ارومیه	-۱۰	سردسیر	سمنان	-۵	معتدل
اصفهان	-۷	سردسیر	سنندج	-۱۰	سردسیر
بابل	-۵	معتدل	شمیران	-۱۲	سردسیر
بجنورد	-۷	سردسیر	شهرضا	-۱۰	سردسیر
بندرعباس	۱۰	گرمسیر	شهرکرد	-۱۲	سردسیر
تبریز	-۱۰	سردسیر	شیراز	-۲	معتدل
تربت حیدریه	-۱۱	سردسیر	کرج	-۸	سردسیر
مرکز تهران	-۵	معتدل	کرمان	-۸	سردسیر
درود	-۱۰	سردسیر	مرند و مراغه	-۸	سردسیر
رامسر	-۱	معتدل	میانه و مشهد	-۱۱	سردسیر
			همدان	-۱۵	سردسیر

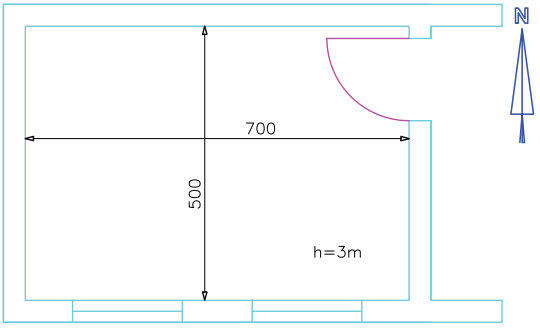
تمرین: دیوار غربی زیرزمینی در بابل دارای طول و ارتفاع ۲/۵m متصل به زمین است. تلفات گرمایی این دیوار را بدست آورید.

شهر بابل از مناطق معتدل محسوب می‌شود.

$$q = ۱۲/۶ \frac{w}{m^۲} \xleftarrow[\text{از جدول ۶-۲}]{\text{منطقه معتدل}} \text{اتلاف گرمایی از کف متصل به زمین}$$

$$\text{مساحت دیوار} = \text{طول} \times \text{ارتفاع} = ۲/۵\,m \times ۲/۵\,m = ۶/۲۵\,m^۲$$

$$H = A \times q = ۶/۲۵ \times ۱۲/۶ \qquad H = ۷۸/۷۵\,w$$



دمای شهر درود ۱۰°c- و در منطقه سردسیر است. به جدول ۶-۲ کتاب اصلی مراجعه می‌کنیم و تلفات گرمایی از یک متر مربع کف و یک متر دیوار متصل به زمین را بدست می‌آوریم.

تمرین: شکل زیر پلان زیرزمین ساختمانی در شهر درود را نشان می‌دهد. کف زیرزمین و دیوار شمالی زیرزمین متصل به زمین است. تلفات گرمایی از کف و دیوار شمالی را محاسبه کنید.

تلفات گرمایی از یک متر مربع کف $\xrightarrow[\text{از جدول ۶-۲}]{\text{منطقه سردسیر}} q = ۹/۵ \frac{w}{m^۲}$

تلفات گرمایی از یک متر مربع دیوار متصل به زمین $\xrightarrow[\text{از جدول ۶-۲}]{\text{منطقه سردسیر}} q = ۱۹ \frac{w}{m^۲}$

کف $A = ۷m \times ۵m = ۳۵m^۲$ کف $H = q \times A$

$H = ۹/۵ \frac{w}{m^۲} \times ۳۵m^۲ = ۳۳۲/۵w$

دیوار شمال $H = q \times A$

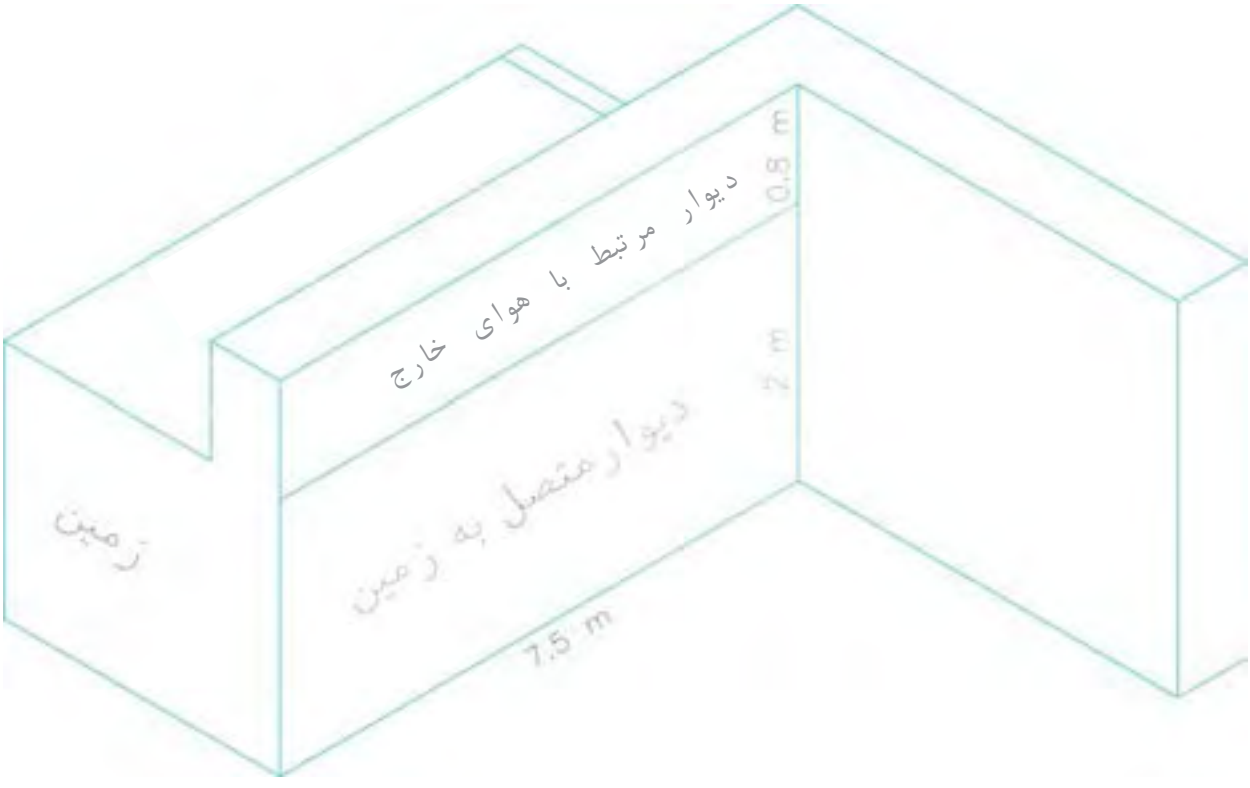
دیوار شمالی $A =$ طول دیوار $\times$ ارتفاع دیوار $= ۷m \times ۳m$

دیوار شمالی $A = ۲۱m^۲$

دیوار شمالی $H = ۱۹ \frac{w}{m^۲} \times ۲۱m^۲ = ۳۹۹w$

اگر این دیوار به زمین متصل نبود یعنی پشت آن زمین و خاک قرار نداشت تلفات گرمایی آن مانند سایر دیوارها با استفاده از رابطه‌ی $H = U \cdot A (t_i - t_o)$ محاسبه می‌شد.

تمرین: دیوار زیرزمینی در شیراز دارای طول ۷/۵m و ارتفاع ۲/۸m است. این دیوار تا ارتفاع ۲ متری به زمین متصل است و قسمت بالای آن با هوای سرد بیرون در تماس است. تلفات گرمایی از این دیوار را در صورتی‌که $U = ۱/۵ \frac{w}{m^۲ \cdot ^\circ C}$ و $t_i = ۱۸^\circ C$ باشد را محاسبه کنید.



اتلاف گرمایی از دیوار متصل به زمین $\xrightarrow{\text{از جدول ۶-۲}}$ $q = ۱۲/۶ \frac{w}{m^۲}$

دیوار متصل به زمین $A = ۷/۵m \times ۲m = ۱۵m^۲$

دیوار متصل به زمین $H = ۱۲/۶ \frac{w}{m^۲} \times ۱۵m^۲ = ۱۸۹w$

اتلاف گرمایی از دیوار مرتبط با هوای سرد بیرون = $H = U \cdot A (t_i - t_o)$

$A = ۷/۵m \times ۰/۸m = ۶m^۲$ $\quad U = ۱/۵ \frac{w}{m^۲ \cdot ^\circ C}$

$t_i = ۱۸^\circ C$ $\quad t_o = -۲^\circ C$

$H = ۱/۵ \times ۶ (۱۸ - (-۲)) = ۱/۵ \times ۶ \times ۲۰$

تلفات از قسمت مرتبط با هوا: $H = ۱۸۰w$

تلفات گرمایی کل دیوار = تلفات از قسمت متصل به زمین + تلفات از قسمت مرتبط با هوا

$H_{کل} = H_t$

$H_t = ۱۸۹w + ۱۸۰w = ۳۶۹w$

اتلاف گرمایی در اثر نفوذ هوا از درزها

تلفات گرمایی ساختمان فقط در اثر انتقال گرما از جدارها (دیوار، در، پنجره، سقف و کف) نمی‌باشد و ورود هوای سرد و خروج هوای گرم نیز باعث اتلاف گرما می‌شود.

میزان انتقال گرما در اثر نفوذ هوای سرد به داخل ساختمان از رابطه‌ی $H = \frac{۱}{۳} n \cdot V (t_i - t_o)$ قابل محاسبه است.

در این رابطه n تعداد دفعات تعویض هوای اتاق در ساعت می‌باشد. تعویض هوای اتاق در اثر ورود هوای سرد از بیرون و خارج شدن هوای گرم از داخل می‌باشد.

مقدار n از جدول ۷-۲ کتاب اصلی به دست می‌آید و با توجه به اینکه در چند سمت در خارجی یا پنجره خارجی داشته باشیم مقدار n از ۰/۵ بار در ساعت تا ۲ بار در ساعت تغییر می‌کند.

V: حجم هوای اتاق بر حسب متر مکعب است که برای محاسبه آن ابعاد اتاق (طول، عرض و ارتفاع) در یکدیگر ضرب می‌شود. دقت کنید ابعاد اتاق باید برحسب متر باشد. $V = l \cdot b \cdot h$

t_i: دمای داخل بر حسب درجه سانتی‌گراد.

t_o: دمای هوای خارج بر حسب درجه سانتی‌گراد.

H: تلفات گرمایی ناشی از نفوذ هوای سرد به داخل برحسب w.

تمرین: تعداد تعویض هوا برای اتاقی که بر روی دیوار جنوبی پنجره‌ای به بیرون دارد را تعیین کنید.

حل: با مراجعه به جدول ۷-۲ کتاب اصلی و اتاق با در و پنجره‌ی خارجی از یک طرف مقدار n برابر ۱ مرتبه در ساعت است.

تمرین: حجم اتاقی را که دارای طول ۶m، عرض ۴/۵ m و ارتفاع ۲۸۵ سانتی‌متر است برحسب متر مکعب ($m^۳$) بدست آورید.

حجم اتاق = طول × عرض × ارتفاع $= l \cdot b \cdot h$

$l = ۶m$ $\quad b = ۴/۵m$

$h = ۲۸۵cm$ $\quad ۱m = ۱۰۰cm$

$۲۸۵ \div ۱۰۰ = ۲/۸۵m$ $\quad h = ۲/۸۵m$

$V = ۶m \times ۴/۵m \times ۲/۸۵m$ $\quad V = ۷۶/۹۵m^۳$

تمرین: اتلاف گرمایی ناشی از نفوذ هوای سرد به داخل رستورانی به طول ۸۰۰۰mm، عرض ۶۵۰cm و ارتفاع ۲/۷۵m را محاسبه کنید.

این رستوران دارای ۲ پنجره در ضلع جنوبی و غربی به سمت خارج ساختمان با دمای ۲۲°c- است.

$$H=\frac{۱}{۳}n\cdot V(t_i-t_o)$$

تعداد تعویض هوا $\xrightarrow[\text{از ۲طرف پنجره خارجی}]{\text{از جدول ۷-۲}}$ $n=۱/۵$

$l=۸۰۰۰mm$ $\qquad$ $۱m=۱۰۰۰mm$

$V=l\cdot b\cdot h$

$۸۰۰۰\div ۱۰۰۰=۸m$ $\qquad$ $b=۶۵۰cm$

$۱m=۱۰۰cm$ $\qquad$ $۶۵۰\div ۱۰۰=۶/۵m$

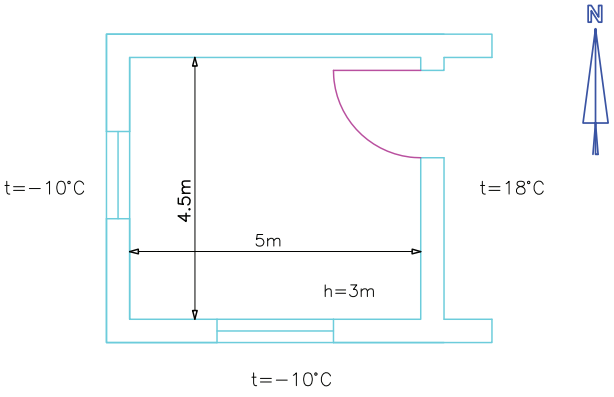
$h=۲/۷۵m$ $\qquad$ $V=۸m\times ۶/۵m\times ۲/۷۵m=۱۴۳m^۳$

دمای رستوران $\xrightarrow{\text{از جدول ۱-۲}}$ $t_i=۱۸^\circ C$

$$H=\frac{۱}{۳}\times ۱/۵\times ۱۴۳(۱۸-(-۲۲))$$

$H=۰/۵\times ۱۴۳\times ۴۰=۱۴۳\times ۲۰$ $\qquad$ $H=۲۸۶۰w$

تمرین: تلفات گرمایی ناشی از نفوذ هوای سرد به اتاق خواب خانه‌ای مطابق پلان زیر در سبزوار را حساب کنید.



$$H=\frac{۱}{۳}nv(t_i-t_o)$$

این اتاق از ضلع جنوبی و ضلع غربی پنجره خارجی دارد یعنی از دو طرف، به جدول ۷-۲ کتاب اصلی مراجعه می‌کنیم:

تعداد تعویض هوا $\xrightarrow[\text{پنجره خارجی از ۲طرف}]{\text{از جدول ۷-۲}}$ $n=۱/۵$

به دلیل اینکه ساختمان مسکونی است مقدار n را باید در عدد $\frac{۳}{۴}$ (۰/۷۵) ضرب کنیم.

$$n=۱/۵\times\frac{۳}{۴}=۱/۱۲۵$$

$V=۵m\times ۴/۵m\times ۳m=۶۷/۵m^۳$

دمای اتاق خواب $=t_i=۱۸^\circ C$

دمای سبزوار $=t_o=-۱۰^\circ C$

$$H=\frac{۱}{۳}\times ۱/۱۲۵\times ۶۷/۵(۱۸-(-۱۰))$$

$H=۲۲/۵\times ۱/۱۲۵\times ۲۸=۷۰۸/۷۵w$

نکته: اگر پنجره‌ها و درها درزبندی مناسبی داشته باشند میزان ورود هوای سرد و خروج هوای گرم کمتر می‌شود به همین علت مقدار تعویض هوا (n) را در صورت درزبندی خوب باید نصف کنیم.

تمرین: در و پنجره‌های کتابخانه‌ای دارای درزبندی مناسب می‌باشند و سه طرف این کتابخانه پنجره خارجی نصب شده است تعداد تعویض هوای این کتابخانه را بدست آورید.

به جدول ۷-۲ کتاب اصلی مراجعه می‌کنیم چون در سه طرف کتابخانه پنجره خارجی داریم مقدار n برابر ۲ بار در ساعت به دست می‌آید. چون پنجره‌ها درزبندی خوب دارند مقدار n را باید نصف کنیم در نتیجه خواهیم داشت:

$n=۲\times ۰/۵=۱$ $\qquad$ یا $\qquad$ $n=\frac{۲}{۲}=۱$

تعداد تعویض هوای این کتابخانه یک مرتبه در ساعت است.

نکته: در فضاهایی مانند آشپزخانه، سالن‌ها، کارگاه‌ها و ... که از هواکش استفاده می‌شود، میزان هوای سرد نفوذی برابر با قدرت هوادهی هواکش بر حسب متر مکعب بر ساعت است که مقدار آن‌را در فرمول $H=\frac{1}{3}\times n\times V(t_i-t_o)$ به جای $n\times V$ قرار می‌دهیم.

تمرین: تلفات ناشی از نفوذ هوای سرد به آشپزخانه‌ای در شمیران با دمای داخل $18^{\circ}c$ را بدست آورید. هواکشی با ظرفیت $1/2\ \frac{m^3}{min}$ در این آشپزخانه نصب شده است.

$$H=\frac{1}{3}\times n\times V(t_i-t_o)$$

چون در آشپزخانه از هواکش استفاده شده است به جای $n\times V$ ظرفیت هواکش را بر حسب $\frac{m^3}{hr}$ قرار می‌دهیم.

$$\text{ظرفیت هواکش}=1/2\frac{m^3}{min}\qquad 1/2\frac{m^3}{min}=?\ \frac{m^3}{hr}$$

$$1/2\frac{m^3}{\frac{1}{60}hr}=\frac{1/2m^3}{\frac{1}{60}hr}=60\times 1/2\frac{m^3}{hr}=72\frac{m^3}{hr}$$

$$n\times V=72\ \frac{m^3}{hr}\qquad t_i=18^{\circ}C$$

شمیران $t_o=-12^{\circ}C$

$$H=\frac{1}{3}\times 72(18-(-12))=\frac{1}{3}\times 72\times 30=72\times 10$$

$$H=720w$$

نکته: در رابطه‌ی $H=\frac{1}{3}n\cdot v(t_i-t_o)$ مقدار n.v معادل حجم هوای سرد نفوذی به داخل اتاق بر حسب $\frac{m^3}{hr}$ است.

تمرین: مقدار هوای سرد ورودی به کلاس درسی که در دو طرف پنجره خارجی را محاسبه کنید.

(ابعاد $8m\times 5m\times 3m$ است)

حجم هوای سرد ورودی برابر است با تعداد تعویض هوا ضربدر حجم هوای کلاس

$$\text{مقدار هوای نفوذی}=n\times V$$

$$\text{تعداد تعویض هوا}\xrightarrow[\text{پنجره خارجی در ۲طرف}]{\text{از جدول ۷-۲}}n=1/5\frac{1}{hr}$$

$$V=8m\times 5m\times 3m=120m^3$$

$$\text{مقدار هوای نفوذی (تازه)}=1/5\frac{1}{hr}\times 120m^3=180\frac{m^3}{hr}$$

در هر ساعت ۱۸۰ متر مکعب هوای سرد به این کلاس وارد می‌شود.

تمرین: اتلاف گرمایی در اثر نفوذ هوا از درزهای در و پنجره دفتر خصوصی در شهر مراغه را محاسبه کنید. این دفتر در و پنجره خارجی نداشته و ابعاد آن $4m\times 3m\times 2/7m$ است.

$$H=\frac{1}{3}nv(t_i-t_o)$$

$$\text{دمای شهر مراغه}\xrightarrow{\text{از جدول ۲-۲}}t_o=-8^{\circ}C$$

$$\text{تعداد تعویض هوا}\xrightarrow[\text{بدون پنجره خارجی}]{\text{از جدول ۷-۲}}n=0/5$$

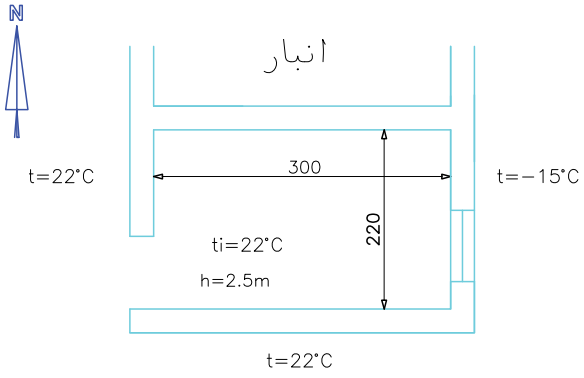
$$\text{دمای دفتر کار خصوصی}\xrightarrow{\text{از جدول ۲-۱}}t_i=20^{\circ}C$$

$$V=4m\times 3m\times 2/7m=32/4m^3$$

$$H=\frac{1}{3}\times 0/5\times 32/4(20-(-8))=\frac{1}{3}\times 0/5\times 32/4\times 28$$

$$H=151/2w$$

تمرین: تلفات گرمایی از جدارها و نفوذ هوای حمام خانه‌ای مطابق پلان زیر را محاسبه کنید. کف حمام متصل به خاک بوده و سقف آن کف حمام طبقه بالا است.



$t_o = -15^\circ C$

دیوار داخلی $U = 1/5 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$

دیوار خارجی $U = 2 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$

پنجره $U = 3/5 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$

ابعاد پنجره: $1m \times 0/75m$

ابتدا مشخص می‌کنیم اتلاف گرمایی این حمام از راه کدام جدارها صورت می‌گیرد. شرط انتقال گرما وجود اختلاف دما می‌باشد. دمای دو طرف دیوار جنوبی و دیوار و در غربی و داخل حمام برابر می باشند. پس از این دو سمت انتقال گرما انجام نمی‌شود.

سمت شمال، انبار قرار دارد و چون گرم نمی‌شود در نتیجه بین انبار و حمام اختلاف دما وجود دارد. پس از دیوار شمالی اتلاف گرما داریم.

سمت شرق این حمام به هوای بیرون ارتباط دارد که دمای خارج ۱۵°c- است در نتیجه از این دیوار و پنجره انتقال حرارت به هوای خارج صورت می‌گیرد.

بر روی این حمام در طبقه بالا، حمام دیگری قرار دارد و چون دماها با هم برابر است، اتلاف گرمایی از سقف صفر است.کف حمام متصل به زمین است پس اتلاف گرمایی از کف وجود دارد.

تلفات گرمایی از جدارها:

دیوار شمالی $H = U \cdot A (t_i - t_o)$

دیوار شمالی چون با هوای بیرون تماس ندارد دیوار داخلی است. در نتیجه: $U = 1/5 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$

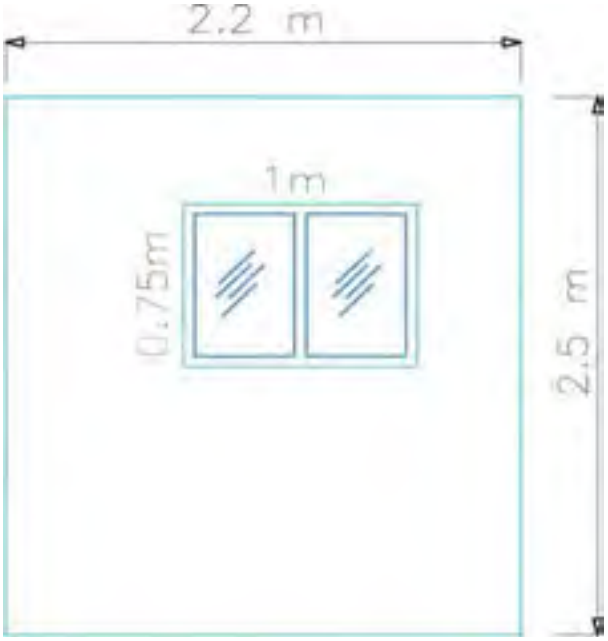
دیوار شمالی $A = 3m \times 2/5m = 7/5m^2$

نکته: در صورتی‌که فضای مجاور محل مورد محاسبه، فضای گرم نباشد اختلاف دمای آن محل و فضای گرم نشده برابر $(t_i - t_o) \times 0/5$ خواهد بود. چون انبار گرم نمی‌شود در نتیجه Δt برابر است با: $(t_i - t_o) \times 0/5$

$\Delta t = (22 - (-15)) \times 0/5 = 37 \times 0/5 = 18/5 \, ^\circ C$

دیوار شمالی $H = 1/5 \times 7/5 \times 18/5 = 208w$

دیوار شرقی دارای پنجره است در نتیجه تلفات گرمایی آن از دو قسمت تشکیل شده است.



$H = U \cdot A (t_i - t_o)$

مساحت کل دیوار $= ۲/۲ \times ۲/۵ = ۵/۵ m^۲$

مساحت پنجره $= ۱m \times ۰/۷۵m = ۰/۷۵ m^۲$

مساحت دیوار خالص $= ۵/۵ m^۲ - ۰/۷۵ m^۲ = ۴/۷۵ m^۲$

U دیوار شرقی $= U$ دیوار خارجی $U = ۲ \frac{w}{m^۲ \cdot ^\circ C}$

H دیوار خالص شرقی $H = ۲ \times ۴/۷۵ \ (۲۲ - (-۱۵))$

H دیوار خالص شرقی $H = ۲ \times ۴/۷۵ \times ۳۷ = ۳۵۱/۵ w$

H پنجره شرقی $H = ۳/۵ \times ۰/۷۵ \times ۳۷ = ۹۷ w$

H دیوار شرقی $= H$ دیوار خالص $+ H$ پنجره

$H = ۳۵۱/۵ + ۹۷ = ۴۴۸/۵ w$

مساحت کف $\times$ اتلاف گرمایی از $m^۲ ۱ = H$ کف متصل به زمین

اتلاف گرمایی از $۱m^۲$ کف $=$ از جدول ۶-۲ / منطقه سرد سیر $\rightarrow Q_۱ = ۹/۵ \frac{w}{m^۲}$

کف $A = ۳ \times ۲/۲ = ۶/۶ m^۲$

کف $H = ۹/۵ \frac{w}{m^۲} \times ۶/۶ m^۲ = ۶۲/۷ w$

H کف $+$ دیوار شرقی $+H$ دیوار شمالی $= H$ از تمام جدارها

جدارها $H = ۲۰۸ w + ۴۴۸/۵ w + ۶۲/۷ w$

جدارها $H = ۷۱۹/۲ w$

تلفات گرمایی این حمام علاوه بر اتلاف گرمایی از جدارها شامل اتلاف گرمایی از نفوذ هوای سرد از درز پنجره حمام است.

نفوذ هوای سرد $H = \frac{۱}{۳} n \times v \ (t_i - t_o)$

تعداد تعویض هوا $\xrightarrow[\text{پنجره خارجی از یک طرف}]{\text{از جدول ۷-۲}} n = ۱$

چون ساختمان مسکونی است n را باید در $(۰/۷۵) \frac{۳}{۴}$ ضرب کنیم :

$n = ۱ \times ۰/۷۵ = ۰/۷۵$

$V = ۳m \times ۲/۲ m \times ۲/۵ m = ۱۶/۵ m^۳$

$H = \frac{۱}{۳} \times ۰/۷۵ \times ۱۶/۵ \times (۲۲ - (-۱۵))$

$H = ۰/۲۵ \times ۱۶/۵ \times ۳۷$

$H = ۱۵۲/۶$

اتلاف گرمایی از جدارها و اتلاف گرمایی ناشی از نفوذ هوای سرد را با هم جمع کنیم.

کل حمام $H = H_t =$ جدارها $H +$ نفوذ H

$H_t = ۷۱۹/۲ w + ۱۵۲/۶ w \qquad H_t = ۸۷۱/۸ w$

ضرایب تصحیح در محاسبات بار گرمایی

محاسبات بار گرمایی و تلفات گرمایی ساختمان‌هایی را که تا کنون انجام دادیم بایستی با توجه به شرایط ویژه آن ساختمان تصحیح کرده و درصدی به اتلاف گرمایی اضافه نمائیم تا محاسبات دارای دقت بیش‌تری باشد. این درصد اضافی را ضریب تصحیح می‌نامیم.

ضریب تصحیح به ۴ دسته تقسیم می‌گردد: ۱- ضریب جهت ۲- ضریب موقعیت ۳- ضریب تناوب ۴- ضریب ارتفاع

ضریب جهت

این ضریب برای جدارهایی (دیوار، در و پنجره) که خارجی می‌باشند یعنی در معرض هوای بیرون قرار دارند اعمال می‌گردد.

ضریب جهت شمال و شرق ۱۰ درصد و ضریب جهت غرب ۵ درصد است. برای جهت جنوب ضریب اعمال نمی‌شود.

چگونه ضریب جهت را در محاسبات اعمال می‌کنیم؟

۱- اتلاف گرمایی از دیوار، در یا پنجره را محاسبه می‌کنیم.

۲- ضریب جهت را بر اساس جهت دیوار، در و پنجره انتخاب می‌کنیم.

۳- اتلاف گرمایی جدار را در ضریب جهت ضرب می‌کنیم. حاصل را با مقدار تلفات گرمایی از دیوار، در یا پنجره جمع می‌کنیم.

تمرین: اتلاف گرمایی از دیوار شمالی ساختمانی که در معرض هوای خارج قرار دارد برابر ۶۰۰w است. اتلاف گرمایی این دیوار پس از در نظر گرفتن ضریب جهت چند w می‌شود؟

ضریب جهت برای دیوار شمالی خارجی ۱۰ درصد است.

$$\text{مقدارافزایش تلفات در اثر ضریب جهت} = \text{ضریب جهت} \times \text{اتلاف گرمایی}$$

$$۶۰۰w \times \frac{۱۰}{۱۰۰} = ۶۰w$$

$H = ۶۰۰ + ۶۰ = ۶۶۰w$ دیوار بعد از اعمال ضریب جهت

تمرین: تلفات گرمایی از دیوار داخلی ساختمانی ۲۵۰w است. این دیوار در ضلع غربی اتاق قرار گرفته است. تلفات گرمایی از این دیوار با اعمال ضریب جهت چند w می‌شود؟

ضریب جهت برای دیوارهای خارجی است در نتیجه اتلاف گرمایی دیوار اتاق افزایشی ندارد. $H = ۲۵۰w$

تمرین: اتلاف گرمایی از دیوار شرقی اتاق خوابی در شهر مرند را حساب کنید. مساحت این دیوار $۳۰m^۲$ است.

$$(U = ۱/۵ \frac{w}{m^۲ \cdot ^\circ C})$$

$$H = U \cdot A (t_i - t_o) \qquad U = ۱/۵ \frac{w}{m^۲ \cdot ^\circ C}$$

$A = ۳۰m$

اتاق خواب $t_i = ۱۸^\circ C$ مرند $t_o = -۸^\circ C$

$$H = ۱/۵ \times ۳۰ (۱۸ - (-۸)) = ۴۵ \times ۲۶ = ۱۱۷۰w$$

چون دیوار شرقی است ضریب جهت آن ۱۰ درصد است.

$$۱۱۷۰ \times ٪۱۰ = ۱۱۷ \times \frac{۱۰}{۱۰۰} = ۱۱۷w$$

$H = ۱۱۷۰ + ۱۱۷ = ۱۲۸۷w$

یادآوری: اگر عددی را در ۱ ضرب کنیم حاصل خود عدد می‌شود. اگر عدد را در ۱/۱ ضرب کنیم حاصل ده درصد بیشتر می‌شود.

$۱۰۰ \times ۱/۱ = ۱۱۰$ $۱۰۰ \times ۱ = ۱۰۰$

اگر ۲۰ درصد به عدد ۱۰۰ اضافه کنیم حاصل چند می‌شود؟ روش ۱:

$$۱۰۰+(٪۲۰\times۱۰۰)=۱۰۰+(\frac{۲۰}{\cancel{۱۰۰}}\times\cancel{۱۰۰})=۱۰۰+۲۰=۱۲۰$$

روش ۲: $۱۰۰\times۱/۲=۱۲۰$

تمرین: اتلاف گرمایی از دیوار جنوبی ساختمانی در رامسر $۵۰۰w$ است بعد از در نظر گرفتن ضریب جهت تلفات چند w می‌شود؟

برای جهت جنوب ضریب جهت در نظر گرفته نمی‌شود به عبارت دیگر ضریب جهت جنوب صفر است.

$H=۵۰۰w$ $\quad H=۵۰۰+(٪۰\times۵۰۰)=۵۰۰+۰$

در نتیجه در مواقعی که ضریب در نظر گرفته نمی‌شود، اتلاف گرمایی تغییر نمی‌کند.

ضریب موقعیت

این ضریب را برای جدارهای خارجی که در معرض وزش باد بوده و بادگیر می‌باشند در نظر می‌گیریم. مقدار ضریب موقعیت ۵ تا ۱۰ درصد است.

بادگیر بودن جدارها بستگی به جهت وزش باد دارد که در شهرهای مختلف با هم تفاوت دارد. بطور مثال جهت وزش باد در شهر تهران معمولاً از جنوب غرب به شمال شرق شهر است. جهت وزش باد با تغییر وضعیت آب و هوایی می‌تواند تغییر کند.

تمرین: اتلاف گرمایی از دیوار خارجی ساختمانی که در معرض وزش شدید باد است برابر $۷۰۰w$ می‌باشد. اتلاف گرمایی این دیوار پس از در نظر گرفتن ضریب موقعیت چند وات است؟ ٪۱۰ تا ٪۵ = ضریب موقعیت

چون وزش باد را شدید اعلام کرده‌اند ضریب موقعیت را ٪۱۰ در نظر می‌گیریم.

روش ۱: $H=۷۰۰+(٪۱۰\times۷۰۰)$ $\quad H=۷۰۰w$

$H=۷۰۰+۷۰=۷۷۰w$

روش ۲: $H=۷۰۰\times۱/۱=۷۷۰w$ $\quad H=۷۰۰w$

تمرین: اتلاف گرمایی از دیوار بادگیر ساختمانی در زابل را محاسبه کنید. این دیوار در ضلع شرقی ساختمان به ابعاد $۸/۵m\times۳m$ می‌باشد. دمای داخل $۱۹^{\circ}c$ و ضریب کلی انتقال گرمایی دیوار $۱/۲\frac{w}{m^{۲}\cdot^{\circ}C}$ است.

$$H=U\cdot A(t_i-t_o) \qquad U=۱/۲\frac{w}{m^{۲}\cdot^{\circ}C}$$

$$A=۸/۵m\times۳m=۲۵/۵m^{۲} \qquad t_i=۱۹^{\circ}C$$

زابل $t_o=-۵^{\circ}C$

$$H=۱/۲\times۲۵/۵(۱۹-(-۵))=۳۰/۶\times۲۴=۷۳۴/۴w$$

چون دیوار در ضلع شرقی قرار دارد باید ضریب جهت را برای آن در نظر بگیریم. ضریب جهت دیوار شرقی ۱۰ درصد است. $H=۷۳۴/۴w$

میزان افزایش تلفات در اثر ضریب جهت $=٪۱۰\times۷۳۴/۴=۷۳/۴۴w$

این دیوار در معرض وزش باد نیز می‌باشد، پس ضریب موقعیت را نیز باید در اتلاف گرمایی آن اعمال کنیم. ضریب موقعیت ۵ تا ۱۰ درصد است. چون وضعیت بادگیر بودن این دیوار مشخص نیست مقدار بیش‌تر را در نظر می‌گیریم. $H=۷۳۴/۴w$

میزان افزایش تلفات در اثر ضریب موقعیت $=٪۱۰\times۷۳۴/۴=۷۳/۴۴w$

اتلاف گرمایی این دیوار پس از اعمال ضرایب جهت و موقعیت برابر است با:

$$H=۷۳۴/۴+۷۳/۴۴+۷۳/۴۴=۸۸۱/۲۸w$$

برای سهولت محاسبات می‌توانیم مقدار ضرایب مختلف را که می‌خواهیم در نظر بگیریم با هم جمع کرده و سپس میزان افزایش تلفات را در یک مرحله محاسبه کنیم.

ضریب موقعیت = ٪۱۰ $\quad$ ضریب جهت = ٪۱۰

جمع ضرایب = ٪۱۰+٪۱۰=٪۲۰

$H = ۷۳۴/۴\,w$

پس از اعمال ضرایب $H = ۷۳۴/۴ + (٪۲۰ \times ۷۳۴/۴)$

$H = ۷۳۴/۴ + (\frac{۲۰}{۱۰۰} \times \frac{۷۳۴/۴}{۱}) = ۷۳۴/۴ + ۱۴۶/۸۸$

$H = ۸۸۱/۲۸\,w$

ضریب تناوب

تمام ساختمان‌ها ۲۴ ساعته مورد استفاده قرار نمی‌گیرند مانند مدارس که فقط روزها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اتلاف گرمایی این گونه ساختمان‌ها را باید با در نظر گرفتن ضریب تناوب محاسبه کنیم.

ضریب تناوب برای ساختمان‌هایی که فقط روزها گرم می‌شوند ۱۰ تا ۱۵ درصد است. برخی از این ساختمان‌ها عبارتند از:

مدارس، اداره‌ها و دفاتر عمومی‌و خصوصی

ضریب تناوب برای ساختمان‌هایی که به طور مرتب و هر روز از آن‌ها استفاده نمی‌شود مثلاً در طول هفته یک یا دو روز از آن استفاده می‌شود برابر ۲۵ تا ۳۰ درصد است. نمونه‌ای از این ساختمان‌ها عبارت است از: کلیساها، سالن اجتماعات.

ضریب تناوب برای ساختمان‌هایی که برای مدت طولانی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و گرم هم نمی‌شوند را تا ۵۰ درصد در نظر می‌گیرند. برخی از این ساختمان‌ها عبارتند از: حسینیه‌ها.

نکته: اگر به ساختمانی ضریب تناوب تعلق بگیرد مقدار آن را می‌توان به تلفات گرمایی تک تک جدارها اضافه نمود یا ضریب را در تلفات کل آن ساختمان اعمال کرد.

تمرین: تلفات گرمایی کلاس درسی $۳۰۰۰\,w$ است، اتلاف گرمایی این کلاس پس از اعمال ضریب تناوب چند وات می‌شود؟

مدارس فقط روزها گرم می‌شوند پس ضریب تناوب به آن تعلق گرفته و مقدار آن ۱۰ تا ۱۵ درصد است. برای این تمرین ٪۱۵ را در نظر می‌گیریم.

$H = ۳۰۰۰\,w$

$H = ۳۰۰۰ + (٪۱۵ \times ۳۰۰۰) = ۳۰۰۰ + ۴۵۰ = ۳۴۵۰\,w$

یا: $H = ۳۰۰۰ \times ۱/۱۵ = ۳۴۵۰\,w$

تمرین: اتلاف گرمایی از ساختمان نمایشگاهی $۸۵۰۰۰\,w$ است و از این نمایشگاه به صورت ماهیانه استفاده می‌شود. تلفات گرمایی این نمایشگاه پس از اعمال ضریب تناوب چند کیلوکالری بر ساعت است؟

این نمایشگاه از ساختمان‌هایی است که برای مدت طولانی گرم نمی‌شود پس باید برای آن ضریب تناوب در نظر بگیریم که مقدار آن می‌تواند تا ٪۵۰ باشد. ضریب تناوب را برای این نمایشگاه ٪۵۰ در نظر می‌گیریم.

$H = ۸۵۰۰۰\,w$

بعد از اعمال ضریب $H = ۸۵۰۰۰ + (٪۵۰ \times ۸۵۰۰۰) = ۸۵۰۰۰ + ۴۲۵۰۰$

$H = ۱۲۷۵۰۰\,w$ یا $H = ۸۵۰۰۰ \times ۱/۵ = ۱۲۷۵۰۰\,w$

مقدار تلفات بر حسب $\frac{Kcal}{hr}$ خواسته شده است پس باید وات (w) را به $\frac{Kcal}{hr}$ تبدیل کنیم.

$۱w = ۰/۸۶\ \frac{Kcal}{hr}$

$۱۲۷۵۰۰w = ?\ \frac{Kcal}{hr}$

$H = ۱۲۷۵۰۰ \times ۰/۸۶ = ۱۰۹۶۵۰\ \frac{Kcal}{hr}$

ضریب ارتفاع

این ضریب برای اتاق‌ها یا محل‌هایی با ارتفاع بیش از ۴ متر در نظر گرفته می‌شود. مقادیر ضریب ارتفاع در جدول ۸-۲ کتاب اصلی آمده است.

تمرین: تلفات گرمایی از سالن تنیس روی میز مدرسه‌ای با ارتفاع ۴/۵ متر برابر ۸۰۰۰w است، تلفات گرمایی این سالن پس از اعمال ضریب ارتفاع چند وات می‌شود؟

به دلیل اینکه ارتفاع این سالن بیش‌تر از ۴ متر است باید در تلفات گرمایی آن ضریب ارتفاع را در نظر بگیریم. با مراجعه به جدول ۸-۲ کتاب اصلی ضریب ارتفاع برای ۴/۵ متر برابر ۲/۵ درصد است.

$$H = ۸۰۰۰\,w$$

با احتساب ضریب ارتفاع $= ۸۰۰۰ + (۸۰۰۰ \times ۲/۵) = ۸۰۰۰ + ۲۰۰$

$$H = ۸۲۰۰\,w$$

یا:

$$٪۲/۵ = \frac{۲/۵}{۱۰۰} = ۰/۰۲۵$$

$$H = ۸۰۰۰ \times ۱/۰۲۵ = ۸۲۰۰\,w$$

تمرین: اتلاف گرمایی یک گالری هنری که در هر هفته یک روز مورد استفاده قرار می‌گیرد، ۱۲۰۰۰w است. ارتفاع گالری ۵m متر است. تلفات گرمایی را با در نظر گرفتن ضرایب بدست آورید.

چون از گالری به صورت روزانه و مستمر استفاده نمی‌شود باید ضریب تناوب در نظر گرفته شود که مقدار آن ۲۵ تا ۳۰ درصد است که ۲۵ درصد را در نظر می‌گیریم و به دلیل اینکه ارتفاع نیز از ۴ متر بیش‌تر است ضریب ارتفاع باید در نظر گرفته شود. با مراجعه به جدول ۸-۲ کتاب اصلی مشاهده می‌کنیم ارتفاع ۵m وجود ندارد. در این موارد عدد بزرگ‌تر را در نظر می‌گیریم، پس ارتفاع ۵/۵m را انتخاب می‌کنیم و ضریب ارتفاع برای آن ۵ درصد است.

ضریب تناوب $= ٪۲۵$

جمع ضرایب $= ٪۲۵ + ٪۵ = ٪۳۰$ ضریب ارتفاع $= ٪۵$

$$H = ۱۲۰۰۰$$

پس از اعمال ضرایب $H = ۱۲۰۰۰ + (٪۳۰ \times ۱۲۰۰۰)$

$$H = ۱۲۰۰۰ + (۰/۳ \times ۱۲۰۰۰)$$

$$H = ۱۲۰۰۰ + ۳۶۰۰ = ۱۵۶۰۰\,w$$

تمرین: دیوار سالنی به ارتفاع ۶m در ضلع شمالی واقع شده است. دمای سالن ۱۶°c، دمای بیرون ۴°c-، U دیوار $۳\,\frac{w}{m^۲ \cdot ^\circ K}$ و طول دیوار ۱۵m می‌باشد. اتلاف گرمایی از دیوار را با اعمال ضرایب محاسبه کنید.

$$H = U \cdot A\,(t_i - t_o) \qquad U = ۳\,\frac{w}{m^۲ \cdot ^\circ K}$$

$$A = ۱۵\,m \times ۶\,m = ۹۰\,m^۲$$

$$t_i = ۱۶^\circ C \qquad t_o = -۴^\circ C$$

$$H = ۳ \times ۹۰ (۱۶ - (-۴)) = ۳ \times ۹۰ \times ۲۰$$

$$H = ۵۴۰۰\,w$$

ضریب جهت برای دیوار شمالی ۱۰ درصد است. ضریب ارتفاع برای ارتفاع ۶/۴ متر برابر ٪۷/۵ است.

جمع ضرایب $= ٪۱۰ + ٪۷/۵ = ٪۱۷/۵$

با ضرایب $H = ۵۴۰۰ + (٪۱۷/۵ \times ۵۴۰۰) = ۵۴۰۰ + ۹۴۵$

$$H = ۶۳۴۵\,w$$

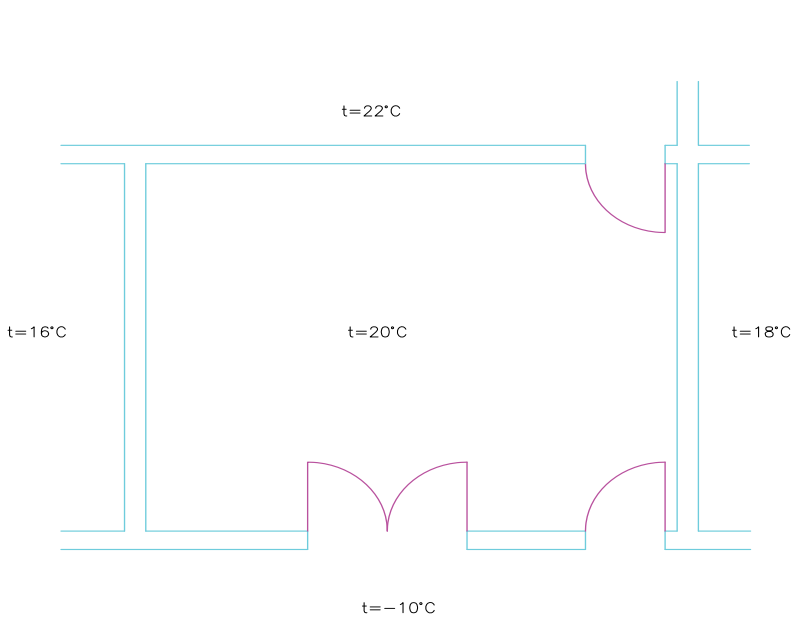
یا:

$$٪۱۷/۵ = \frac{۱۷/۵}{۱۰۰} = ۰/۱۷۵$$

$$H = ۵۴۰۰ \times ۱/۱۷۵ = ۶۳۴۵\,w$$

نکته: ضریب ارتفاع را می‌توانیم برای تک تک جدارها در نظر نگیریم و آن را به تلفات گرمایی کل محل اضافه کنیم.

تمرین: تلفات گرمایی از نمازخانه اداره‌ای در شهر سنندج $۶۰۰۰\frac{Kcal}{hr}$ است. این نمازخانه دارای ارتفاع ۵/۵m مطابق پلان زیر می‌باشد. اتلاف گرمایی نمازخانه پس از در نظر گرفتن ضرایب چند کیلووات است؟ (دمای داخل را $۲۰^{\circ}c$ در نظر بگیرید.)



به دلیل اینکه نمازخانه اداره فقط روزها گرم می‌شود باید ضریب تناوب در نظر گرفته شود که برابر ۱۵ درصد است. چون ارتفاع نیز از ۴m بیشتر است ضریب ارتفاع نیز باید احتساب شود. ضریب ارتفاع برای ارتفاع ۵/۵ متری برابر ٪۵ است.

$$H = ۶۰۰۰\frac{Kcal}{hr} \qquad F = ٪۱۵ + ٪۵ = ٪۲۰$$

$H = H + (F \times H) = ۶۰۰۰ + (٪۲۰ \times ۶۰۰۰)$ با ضرایب

$$H = ۶۰۰۰ + ۱۲۰۰ = ۷۲۰۰\frac{Kcal}{hr}$$

نکته: ضریب را با حرف F (Factor) نشان می‌دهیم.

برگ محاسباتی نمونه(۱)

محاسبات بار گرمایی یک ساختمان شامل تلفات گرمایی از تمامی‌اتاق‌های آن ساختمان در تمامی‌طبقات می‌باشد. بدین ترتیب حجم محاسبات زیاد بوده و نیاز به دقت خاصی در تنظیم محاسبات است.

استفاده از برگه‌ی (شیت) محاسبات بار گرمایی باعث ایجاد نظم، سرعت و دقت بیش‌تر محاسبات می‌گردد. نمونه‌ای از این برگه ها را در شکل ۲-۲ مشاهده می‌کنید. برای هر یک از فضاهای ساختمان که بار گرمایی دارند باید یک برگه‌ی محاسبات بار گرمایی تکمیل شود.

برگه‌ی محاسبات بار گرمایی

اتاق			m	طول	°c	دمای طرح داخل
ساختمان	تاریخ			m	عرض	°c	دمای طرح خارج
کاربری	محاسب	m^3	حجم	m	ارتفاع	°c	اختلاف دما

اتلاف گرمایی از جدارها

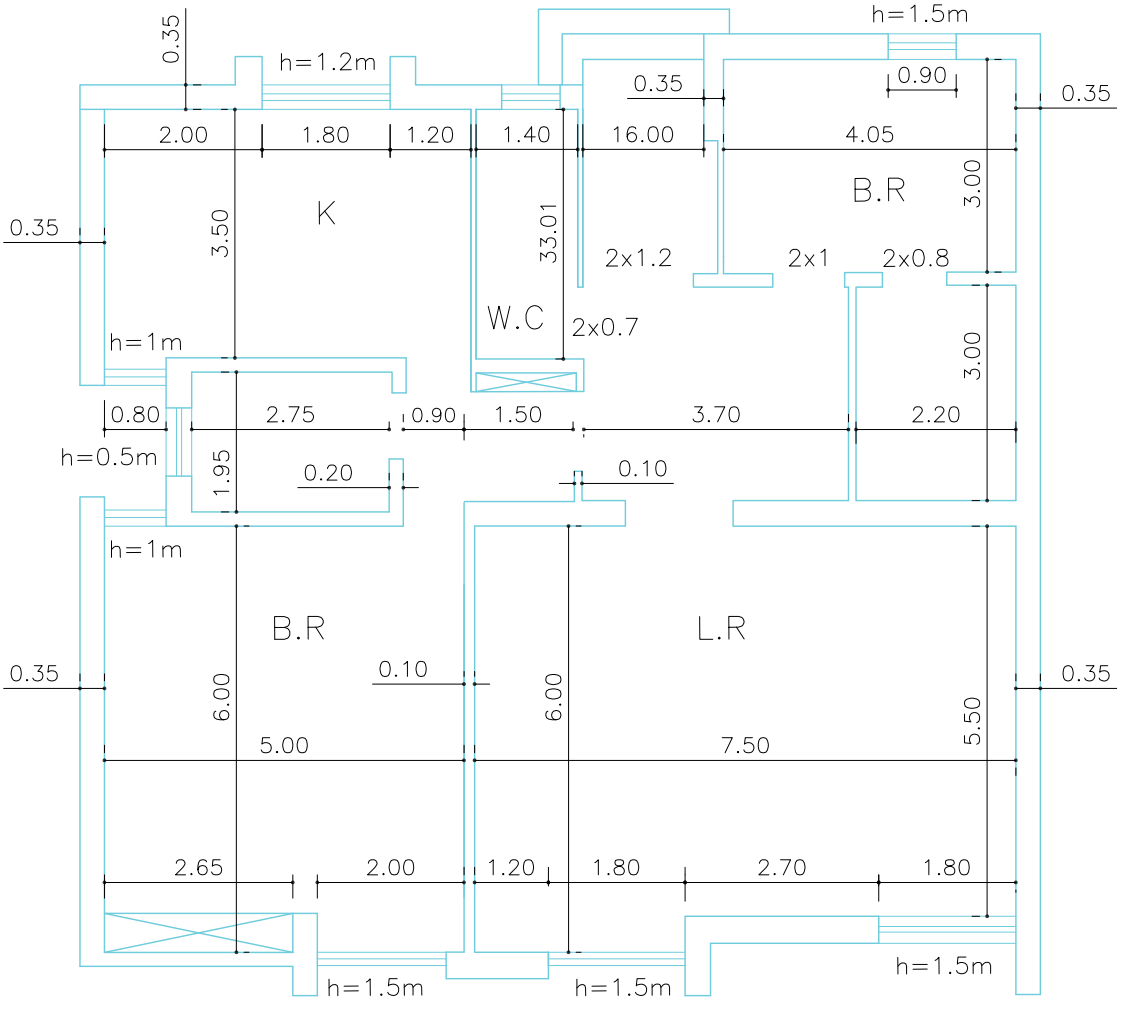
اتلاف گرمایی کلی W	جمع ضرایب درصد	ضریب تناوب درصد	ضریب موقعیت درصد	ضریب ارتفاع درصد	ضریب جهت درصد	اتلاف گرمایی w	اختلاف دما °c	U $\frac{w}{m^2 {}^\circ c}$	سطح خالص m^2	سطح کم‌شده m^2	ارتفاع m	طول یا عرض m	تعداد	جدار و جهت

اتلاف گرمایی هوای تازه

	°c	m×	m×	m×	$\frac{۱}{hr}\times$	۰/۳۳×
	جمع					

شکل ۲-۲- برگه (شیت) محاسبات تلفات گرمایی ساختمان

تمرین: در شکل ۳-۲ پلان یک ساختمان یک طبقه مسکونی نشان داده شده است. ارتفاع اتاق‌های این ساختمان ۳ متر است و ساختمان در شهرضا واقع شده است. کف این ساختمان متصل به زمین بوده و سقف آن به هوای خارج مرتبط است و منطقه بادخیز نیست.



شکل ۳- ۲- پلان معماری ساختمان یک طبقه مسکونی

الف) کاربری هر یک از فضاهای این ساختمان را بنویسید.
هر یک از فضاهای این ساختمان با حروف اختصاری نشان داده شده که در جدول زیر مفهوم هر یک را می‌بینید.

حروف اختصاری	کاربری	واژه‌نامه	حروف اختصاری	کاربری	واژه‌نامه
B.R	اتاق خواب		K	آشپزخانه	
B	حمام		W.C	توالت	
L.R	اتاق نشیمن		L.V یا LAV	دستشویی	
			H	هال	

معادل انگلیسی هر یک را در انتهای کتاب پیدا کرده و در این قسمت بنویسید.

ب) کدام یک از فضاهای این ساختمان نیاز به محاسبه بار گرمایی دارند؟

تمامی‌محل‌هایی که نیاز به گرم کردن دارند و بین آن محل و فضاهای مجاور اختلاف دما وجود دارد می‌بایستی محاسبه شود. در این ساختمان تمامی فضاها به غیر از توالت (W.C) و دستشویی (L.V) باید محاسبه شوند که شامل دو اتاق خواب، یک اتاق نشیمن، دو حمام، یک هال و یک آشپزخانه است.

به منظور انجام محاسبات بار گرمایی این ساختمان می‌بایستی ۷ برگه محاسباتی یعنی برای هر فضا یک برگه تکمیل شود.

در بخش بالای برگه مشخصات اتاق باید نوشته شود، به صورت نمونه قسمت بالای برگه را برای اتاق خواب ضلع شمال شرقی ساختمان تکمیل می‌کنیم.

۱- در جلوی اتاق می‌بایستی نام اتاق نوشته شود که در اینجا اتاق خواب شمال شرقی است. این نام می‌تواند شماره‌ی اتاق نیز باشد به طور مثال اتاق ۲۱۴

۲- در مقابل ساختمان، نام ساختمان را می‌نویسیم که می‌تواند نام مالک آن یا شماره‌ی ساختمان و یا ... باشد. به طور مثال ساختمان آقای رستگار یا ساختمان شماره‌ی ۷ که در اینجا یک شماره را خودتان انتخاب و بنویسید.

۳- کاربری ساختمان نوع استفاده از آن‌را مشخص می‌کند بطور مثال مسکونی، اداری، تجاری، آموزشی، ورزشی و ... که در اینجا مسکونی است.

۴- در مقابل تاریخ می‌بایستی تاریخ انجام محاسبه و پر کردن برگه را بنویسید. بطور مثال ۱۳۹۰/۸/۲۴ که شما تاریخ تکمیل برگه را بنویسید.

۵- محاسب شخصی است که این برگه را تکمیل می‌کند که در این قسمت شما نام و نام خانوادگی خودتان را بنویسید.

تذکر: ردیف‌های ۲ تا ۵ بر روی تمامی برگه‌های محاسباتی یک ساختمان تکرار می‌شود.

۶- حجم بر حسب متر مکعب (m^3)، حجم این فضا می‌باشد که معمولاً از حاصل ضرب طول در عرض در ارتفاع اتاق بدست می‌آید. حجم این اتاق خواب عبارت است از:

ارتفاع =۳m عرض =۳m طول =۴/۰۵m

$V = ۳۶/۴۵ m^3$ $V = ۴/۰۵ \times ۳ \times ۳$

۷- در مقابل طول، عرض و ارتفاع مقادیرشان را از نقشه استخراج و در جلوی هر یک بر حسب متر می‌نویسیم.

۸- دمای طرح داخل را از جدول ۱-۲ کتاب اصلی و دمای طرح خارج را از جدول ۲-۲ کتاب اصلی برحسب درجه سانتی‌گراد به دست می‌آوریم. دمای طرح داخل اتاق خواب ساختمان مسکونی $۱۸^{\circ}c$ و دمای طرح خارج

۱۰°c- است. اختلاف دما (Δt) برابر است با: $\Delta t = t_i - t_o$

$$\Delta t = ۱۸ - (-۱۰) = ۱۸ + ۱۰ \qquad \Delta t = ۲۸^\circ C$$

تذکر: بخش‌های ۶ و ۷ و ۸ برای هر اتاق با اتاق‌های دیگر متفاوت است.

در شکل ۴-۲ قسمت بالای جدول که بر اساس اطلاعات بندهای ۱ تا ۸ تکمیل شده است را مشاهده می‌کنید.

برگه‌ی محاسبات بارگرمایی

اتاق			m	طول	°c دمای طرح داخل
ساختمان	تاریخ		m	عرض	°c دمای طرح خارج
کاربری	محاسب	m^3 حجم	m	ارتفاع	°c اختلاف دما

اتلاف گرمایی از جدارها

اتلاف گرمایی کلی W	جمع ضرایب درصد	ضریب تناوب درصد	ضریب موقعیت درصد	ضریب ارتفاع درصد	ضریب جهت درصد	اتلاف گرمایی W	اختلاف دما °c	U $\frac{w}{m^2 {}^\circ c}$	سطح خالص m^2	سطح کم‌شده m^2	ارتفاع m	طول یا عرض m	تعداد	جدار و جهت
	اتلاف گرمایی هوای تازه													
	°c			m×			m×		m×		$\times\frac{۱}{hr}$		$\frac{۱}{۳}$	
	جمع													

شکل ۴-۲- برگه‌ی محاسبات

قسمت بعدی برگه محاسباتی مربوط به اتلاف گرمایی از جدارهای هر اتاق است. در این قسمت فقط جدارهایی که از طریق آن انتقال حرارت صورت می‌گیرد نوشته می‌شود. بهتر است یکی از جدارها انتخاب شود و جدارهای بعدی را به ترتیب حرکت در جهت عقربه‌های ساعت بنویسیم. بطور مثال اگر اولین جدار را دیوار شمالی انتخاب کنیم جدارهای بعدی شرقی، جنوبی، غربی باشند و سپس سقف و کف نوشته شود. جدار شمالی این اتاق از دو قسمت دیوار شمالی و پنجره شمالی تشکیل شده است که به صورت جداگانه در برگه محاسباتی نوشته می‌شود.

۱- پس اولین ردیف دیوار شمالی است.

۲- تعداد ۱ می‌باشد.

۳- طول دیوار ۴/۰۵ متر

۴- ارتفاع ۳ متر است.

۵- سطح کم شده عبارت از مساحت پنجره است که مقدار آن $۰/۹\times۱/۵=۱/۳۵\,m^۲$ می‌باشد.

۶- سطح خالص عبارت است از سطح کل دیوار منهای سطح کم شده که برابر است با:

$(۴/۰۵\times۳)-۱/۳۵=۱۰/۸$

۷- Uدیوار با توجه به نوع مصالح دیوار و ضخامت آن تعیین می‌شود. در این مثال U دیوار خارجی را $۲\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$، دیوار داخلی را $۱/۵\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$، پنجره را $۳/۵\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$، درها را $۲/۵\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$ و سقف را $۳/۸\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$ در نظر بگیرید.

دیوار شمالی خارجی است پس مقدارU آن $۲\ \frac{w}{m^۲\cdot^\circ C}$ است.

۸- اختلاف دما را از قسمت بالای جدول برداشت کرده و در این قسمت می‌نویسم که برابر $۲۸^\circ c$ است.

۹- اتلاف گرمایی از رابطه $H=A\cdot U\cdot\Delta t$ بدست می‌آید یعنی باید اعداد نوشته شده در ستون سطح خالص، U و Δt را در هم ضرب کنیم و حاصل را در محل ستون اتلاف گرمایی بنویسیم که برابر است با:

$$\text{اتلاف گرمایی}=۱۰/۸\,\cancel{m^۲}\times۲\,\frac{w}{\cancel{m^۲}\cdot\cancel{^\circ C}}\times۲۸\,\cancel{^\circ C}$$

$$\text{اتلاف گرمایی}=۶۰۴/۸\,w$$

۱۰- ضریب جهت این دیوار خارجی که در ضلع شمالی واقع شده است برابر ۱۰ درصد است.

۱۱- چون ارتفاع اتاق ۳ متر است و از ۴ متر بیش‌تر نیست ضریب ارتفاع برای آن در نظر گرفته نمی‌شود.

ستون ضریب ارتفاع را می‌توانیم خالی بگذاریم یا در آن عدد صفر را بنویسیم.

۱۲- به دلیل اینکه منطقه بادخیز نیست ضریب موقعیت برای آن در نظر گرفته نمی‌شود.

۱۳- چون ساختمان مسکونی است ضریب تناوب برای آن در نظر گرفته نمی‌شود.

۱۴- جمع ضرایب حاصل جمع ۴ ضریب جهت، ارتفاع، موقعیت و تناوب است که برابر ۱۰ درصد می‌باشد.

۱۵- اتلاف گرمایی کلی برابر است با اتلاف گرمایی بند ۹ به علاوه مقداری که در اثر اعمال ضرایب به آن اضافه می‌شود که برابر است با:

$۶۰۴/۸+(٪۱۰\times۶۰۴/۸)=۶۰۴/۸+۶۰/۴۸=۶۶۵/۲۸\,w$

فعلاً برگه‌ی محاسباتی به صورت شکل ۵-۲ تکمیل شده است.

برگه‌ی محاسبات بارگرمایی

اتاق خواب

ساختمان یاس — تاریخ ۱۳۹۰/۰۸/۲۴

کاربری مسکونی — محاسب امینی — حجم ۳۶/۴۵ m^3 — ارتفاع ۳ m — عرض ۳ m — طول ۴/۰۵ m — دمای طرح خارج -۱۰ °c — دمای طرح داخل ۱۸ °c — اختلاف دما ۲۸ °c

اتلاف گرمایی از جدارها

اتلاف گرمایی کلی W	جمع ضرایب	ضریب تناوب	ضریب موقعیت	ضریب ارتفاع	ضریب جهت	اتلاف گرمایی	اختلاف دما	U	سطح خالص	سطح کم‌شده	ارتفاع	طول یا عرض	تعداد	جدار و جهت
	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	w	°c	$\frac{w}{m^2 \cdot °c}$	m^2	m^2	m	m		
۶۶۵/۲۸	۱۰				۱۰	۶۰۴/۸	۲۸	۲	۱۰/۸	۱/۳۵	۳	۴/۰۵	۱	دیوار شمالی

اتلاف گرمایی هوای تازه

جمع — °c — $m\times$ — $m\times$ — $m\times$ — $\frac{۱}{hr}\times$ — $\frac{۱}{۳}$

شکل ۵-۲- برگه‌ی محاسبات در حال تکمیل شدن

جدار بعدی پنجره شمالی است که در ردیف بعدی جدول زیر ردیف دیوار شمالی نوشته می‌شود و ستون‌های بعدی را بدین ترتیب تکمیل می‌کنیم.

۱- تعداد ۱ پنجره

۲- طول پنجره ۰/۹ متر

۳- ارتفاع پنجره ۱/۵ متر

۴- سطح کم شده ندارد و برابر صفر است

۵- سطح خالص مساحت پنجره و برابر ۱/۳۵ متر مربع است

۶- U پنجره $\frac{w}{m^{2}\cdot^{\circ}C}$ ۳/۵ است

۷- اختلاف دما $28^{\circ}c$ است

۸-اتلاف گرمایی حاصل $28\times3/5\times1/35$ وبرابر $132/3w$ است.

۹- ضرایب تصحیح پنجره شمالی مانند دیوار شمالی بوده و فقط ضریب جهت به مقدار ۱۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

۱۰- جمع ضرایب ۱۰ درصد است

۱۱- اتلاف گرمایی کلی حاصل $(\%10\times132/3)+132/3$ و برابر $145/5w$ است.

پس از جدار شمالی محاسبات جدار شرقی که دیوار خارجی است را انجام می‌دهیم و در ردیف بعدی برگه محاسباتی نوشته می‌شود. برای سایر جدارها نیز این مراحل انجام می‌گردد.

تمرین: اتلاف گرمایی از جدار شرقی، جنوبی، غربی، کف و سقف این اتاق را انجام داده و در برگه‌ی محاسباتی شکل ۶-۲ وارد کنید.

پس از اتلاف گرمایی از جدارها می‌بایستی محاسبه اتلاف گرمایی ناشی از ورود هوای تازه را در برگه‌ی محاسباتی انجام دهیم که به ترتیب زیر می‌باشد.

۱- اتلاف گرمایی ناشی از ورود هوای سرد (تازه) از فرمول $H=\frac{1}{3}n\cdot v\cdot\Delta t$ محاسبه می‌شود و در ردیف ماقبل آخر برگه‌ی محاسباتی وارد می‌شود.

۲- تعداد تعویض هوا برای این اتاق را از جدول ۷-۲ کتاب اصلی بدست می‌آوریم.این اتاق از یک طرف (شمال) پنجره خارجی دارد پس مقدار n برابر ۱ می‌باشد و چون ساختمان مسکونی است $\frac{3}{4}$ یا ۰/۷۵ آن‌را در نظر می‌گیریم در نتیجه $n=0/75$ می‌باشد که قبل از $\frac{1}{hr}$ بر روی برگه نوشته می‌شود.

۳- در این قسمت ابعاد اطاق از قسمت بالای برگه برداشت شده و به ترتیب طول (۴/۰۵m)، عرض (۳m) و ارتفاع (۳m) نوشته می‌شود.

۴- اختلاف دما (Δt) از قسمت بالای برگه برداشت و در این قسمت نوشته می‌شود که برابر $28^{\circ}c$ است.

۵-در ستون آخر حاصل ضرب این اعداد نوشته می‌شود که برابر است با: $\frac{1}{3}\times0/75\times4/05\times3\times3\times28=255/15\,w$

در آخرین ردیف و ستون در مقابل جمع باید مجموع بار گرمایی جدارها و بار گرمایی هوای تازه نوشته شود که این عدد اتلاف گرمایی کل اتاق بر حسب w است یعنی گرمایی که از این اتاق به خارج اتاق منتقل شده است و می‌بایستی آن‌را توسط دستگاه‌های گرمایی مانند رادیاتور جبران کرد تا دمای اتاق همواره $18^{\circ}c$ باشد.

برگه‌ی محاسبات بارگرمایی

اتاق خواب — طول ۴/۰۵ m — دمای طرح داخل ۱۸ °c

ساختمان یاس — تاریخ ۱۳۹۰/۰۸/۲۴ — عرض ۳ m — دمای طرح خارج ۱۰- °c

کاربری مسکونی — محاسب امینی — حجم ۳۶/۴۵ m³ — ارتفاع ۳ m — اختلاف دما ۲۸ °c

اتلاف گرمایی از جدارها

جدار و جهت	تعداد	طول یا عرض m	ارتفاع m	سطح کم‌شده m²	سطح خالص m²	U $\frac{w}{m^2 °c}$	اختلاف دما °c	اتلاف گرمایی W	ضریب جهت درصد	ضریب ارتفاع درصد	ضریب موقعیت درصد	ضریب تناوب درصد	جمع ضرایب درصد	اتلاف گرمایی کلی W
دیوار شمالی	۱	۴/۰۵	۳	۱/۳۵	۱۰/۸	۲	۲۸	۶۰۴/۸	۱۰				۱۰	۶۶۵/۲۸
پنجره شمالی	۱	۰/۹	۱/۵	—	۱/۳۵	۳/۵	۲۸	۱۳۲/۳	۱۰				۱۰	۱۴۵/۵۳
دیوار شرقی														
دیوار جنوبی														
در جنوبی														
دیوار غربی														
سقف														
کف														

اتلاف گرمایی هوای تازه

۲۵۵/۱۵	°c	m×	m×	m×	$\frac{۱}{hr}$×	۰/۳۳×

جمع ۳۲۳۶۸۴/۸۴

شکل ۶-۲- برگه‌ی محاسبات

تمرین: اتلاف گرمایی کلی این اتاق را محاسبه کنید و در برگه‌ی شکل ۷ – ۲ وارد کنید.

برگه‌ی محاسبات بارگرمایی

اتاق خواب — طول ۴/۰۵ m — دمای طرح داخل ۱۸ °c

ساختمان یاس — تاریخ ۱۳۹۰/۰۸/۲۴ — عرض ۳ m — دمای طرح خارج ۱۰- °c

کاربری مسکونی — محاسب امینی — حجم ۳۶/۴۵ m³ — ارتفاع ۳ m — اختلاف دما ۲۸ °c

اتلاف گرمایی از جدارها

اتلاف گرمایی کلی W	جمع ضرایب درصد	ضریب تناوب درصد	ضریب موقعیت درصد	ضریب ارتفاع درصد	ضریب جهت درصد	اتلاف گرمایی W	اختلاف دما °c	U $\frac{w}{m^2 °c}$	سطح خالص m²	سطح کم‌شده m²	ارتفاع m	طول یا عرض m	تعداد	جدار و جهت
۶۶۵/۲۸	۱۰				۱۰	۶۰۴/۸	۲۸	۲	۱۰/۸	۱/۳۵	۳	۴/۰۵	۱	دیوار شمالی
۱۴۵/۵۳	۱۰				۱۰	۱۳۲/۳	۲۸	۳/۵	۱/۳۵	—	۱/۵	۰/۹	۱	پنجره شمالی
۵۵۴/۴	۱۰				۱۰	۵۰۴	۲۸	۲	۹	—	۳	۳	۱	دیوار شرقی
۹/۳						۹/۳	۲	۱/۵	۳/۱	۲	۳	۱/۷	۱	دیوار جنوبی
۱۰						۱۰	۲	۲/۵	۲	—	۲	۱	۱	در جنوبی
۱۸۹						۱۸۹	۱۴	۱/۵	۹	—	۳	۳	۱	دیوار غربی
۱۲۹۲/۷۶						۱۲۹۲/۷۶	۲۸	۳/۸	۱۲/۱۵	—	۴/۰۵	۳	۱	سقف
۱۱۵/۴۲						۱۱۵/۴۲	—	۹/۵	۱۲/۱۵	—	۴/۰۵	۳	۱	کف
۲۹۸۱/۶۹	جمع													

اتلاف گرمایی هوای تازه

۲۵۵/۱۵		°c		۲۸	m×	۳	m×	۳	m×	۴/۰۵		$\frac{۱}{hr}$×		۰/۷۵ ×۰/۳۳
۳۲۳۶/۸۴	جمع													

شکل ۷-۲- برگه‌ی محاسبات تکمیل شده

فصل سوم
در یک نگاه

سیستم‌های حرارت مرکزی

* انواع سیستم حرارت مرکزی
  * با آب گرم
  * با بخار آب
  * با هوای گرم
* سیستم حرارت مرکزی با آب گرم
* دستگاه‌های پخش‌کننده گرما
* سیستم انتقال آب گرم
* دستگاه‌های مولد آب گرم
* نشان‌دهنده‌ها و کنترل‌کننده‌ها
* مخازن

سیستم های حرارت مرکزی

در سیستم حرارت مرکزی، گرما در مرکزی به نام موتورخانه تولید می‌شود و توسط .سیال واسطه‌ای این گرما به قسمت‌های مختلف ساختمان که باید گرم شود منتقل می‌شود.

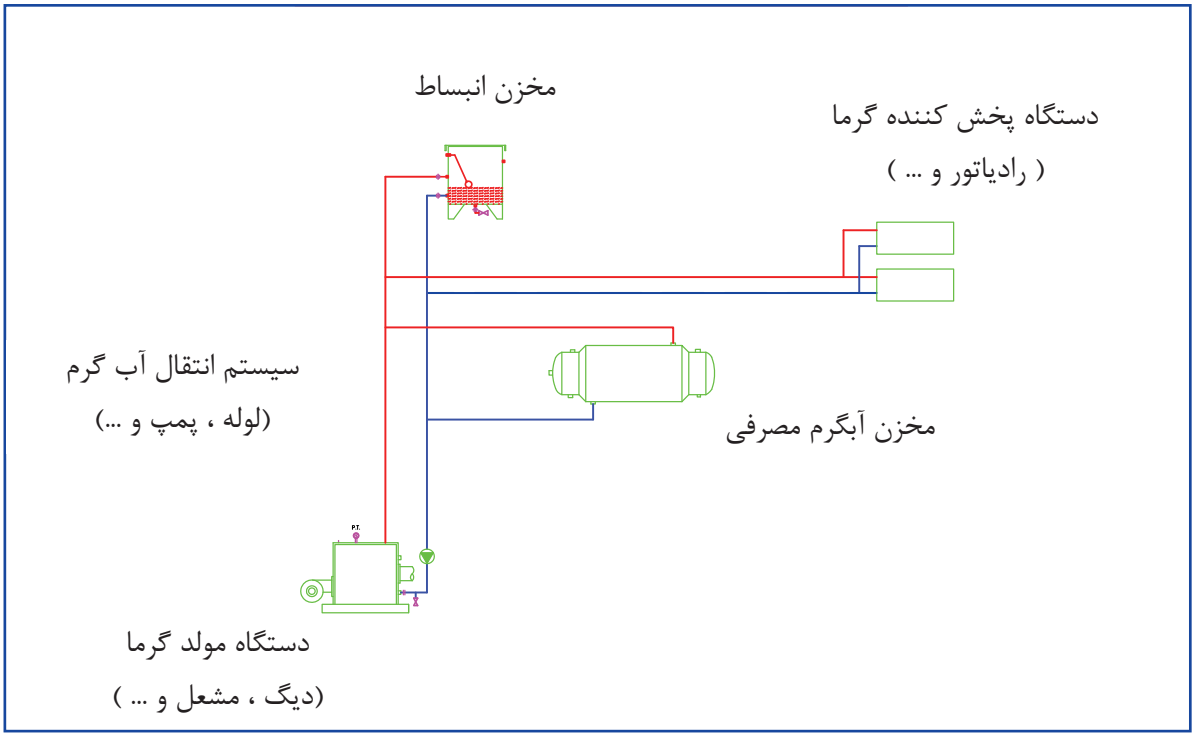
انواع سیال واسطه: ۱- آب ۲- بخار آب ۳- هوا

انواع سیستم حرارت مرکزی

۱. سیستم حرارت مرکزی با آب گرم
۲. سیستم حرارت مرکزی با بخار آب
۳. سیستم حرارت مرکزی با هوای گرم

سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

در این سیستم آب در یک مرکز به نام موتورخانه گرم می‌شود.



انواع سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

۱. دمای پایین ($120^{\circ}C$)
۲. دمای متوسط ($120-175^{\circ}C$)
۳. دمای بالا ($176-230^{\circ}C$)

قسمت‌های مختلف سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

۱. دستگاه‌های مولد گرما (دیگ آب گرم، مشعل)
۲.سیستم‌انتقال آب گرم(سیستم‌لوله کشی،پمپ‌جریانی)
۳. دستگاه‌های پخش‌کننده‌ی گرما (رادیاتور، فن کویل، یونیت هیتر و ...)
۴. نشان‌دهنده‌ها و کنترل‌کننده‌ها(دماسنج،فشارسنج، سوخت نما، آب نما، انواع ترموستات و ...)
۵. مخزن ها (انبساط، گازوئیل، دو جداره، کویلی)

شرح سیستم

در سیستم حرارت مرکزی با آب گرم، آب داخل دیگ توسط گرمای تولید شده توسط مشعل گرم می‌شود. آب گرم توسط سیستم لوله‌کشی به دستگاه‌های پخش‌کننده‌ی گرما منتقل می‌شود. آب گرم درون

دستگاه‌های پخش‌کننده‌ی گرما با هوای ساختمان تبادل گرما می‌کند.

هوای داخل ساختمان گرم و آب داخل دستگاه پخش‌کننده گرما سرد می‌شود.

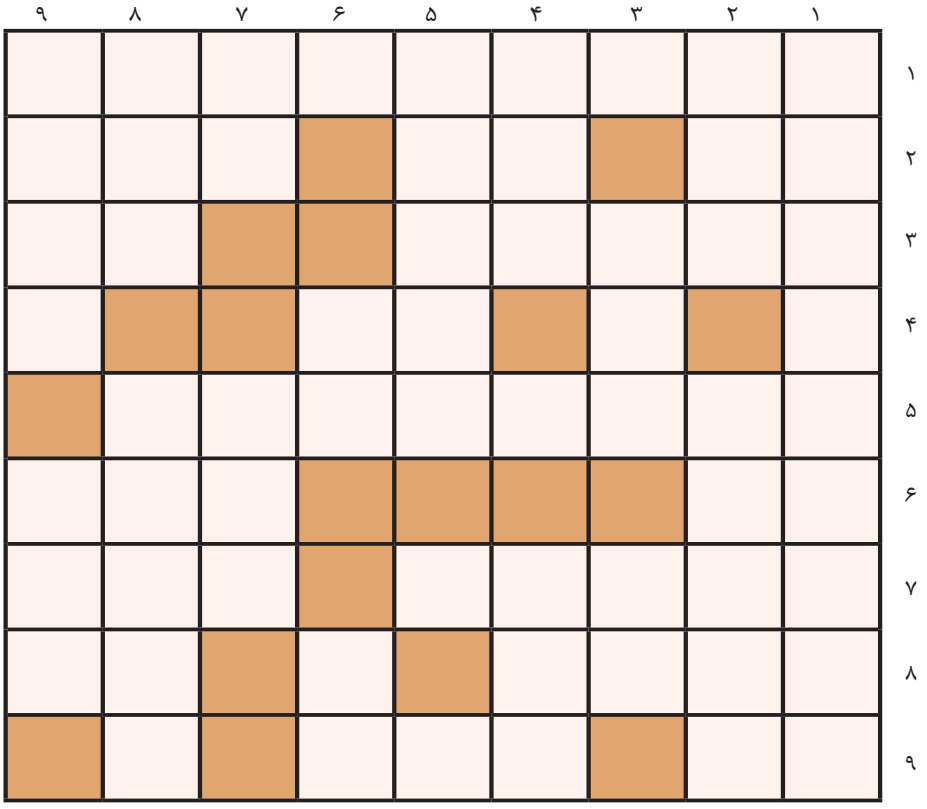
آب سرد شده توسط سیستم لوله‌کشی به دیگ آب گرم بر می‌گردد.

در سیستم لوله‌کشی از پمپ سیرکولاتور (جریانی) استفاده می‌شود تا آب را در لوله‌ها با سرعت مناسب به حرکت در آورد.

برای کنترل دمای آب گرم دیگ، هوای ساختمان و کنترل کار صحیح مشعل و کنترل فشار مخزن آب گرم مصرفی از کنترل‌کننده‌ها استفاده می‌کنیم.

دمای آب داخل دیگ، دمای آب مخزن آب گرم مصرفی، فشار آب دیگ، فشار ورودی و فشار خروجی پمپ را نشان‌دهنده‌ها به نمایش در می‌آورند.

جدول کلمات متقاطع (شماره‌ی ۱)



افقی:

۱- واحد اندازه‌گیری شدت حرارت ۲- سوره‌ای مکی با ۱۳۵ آیه، واحد وزن ایرانی، پُر فرنگی ۳- یکی از فصل‌های کتاب انتقال آن است، تکرارِ حرف چهارم ۴- ریشه ۵- دستگاه پخش گرما ۶- ضمیر اشاره‌ی دور، توشه و ذخیره‌ی سفر ۷- طول لوله‌های رفت و برگشت در این سیستم برابر است، لوله‌ی هواکش افقی باید داشته باشد ۸- قدرت، فعل امر زیستن ۹- واحد پول کشور آسیایی، پایین‌ترین حد آن صفر مطلق است.

عمودی:

۱- عامل مؤثر در هدایت حرارت ۲- شهری در آذربایجان، کاتیون نیست ۳- قطب مثبت باطری، بسته نیست ۴- خرما، عدد گِرد شده ۵- غوطه خوردن در آب ولی وارونه ۶- خالص انگلیسی، نشانه‌ی مفعول بی‌واسطه ۷- علامت جرم مخصوص، روش انتقال گرما ۸- خارج خارجی، لوله‌ی افقی نیست ۹- اختلاف یونانی، گذر آب

فصل چهارم
در یک نگاه

دستگاه‌های پخش کننده گرما

* رادیاتورها و انواع آن
  * رادیاتورهای فولادی و ساختمان آن‌ها
  * رادیاتورهای آلومینیومی و ساختمان آن‌ها
  * رادیاتورهای چدنی و ساختمان آن‌ها
* یونیت هیتر و ساختمان آن
  * انواع یونیت هیتر
  * کاربرد یونیت هیتر
* فن کویل و ساختمان آن
  * اجزای فن کویل
  * انواع فن کویل
* صرفه‌جویی در انرژی

دستگاه‌های پخش‌کننده گرما

برای جبران اتلاف گرمایی ساختمان از دستگاه‌های پخش‌کننده گرما استفاده می‌شود.

سیال گرم درون دستگاه‌های پخش‌کننده گرما شامل آب گرم، آب داغ و بخار آب است.

انواع دستگاه‌های پخش‌کننده گرما

۱-رادیاتور ۲- کنوکتور ۳- یونیت هیتر ۴- فن کویل

انواع رادیاتورها از نظر جنس

۱-چدنی ۲-فولادی ۳-آلومینیومی

رادیاتور چدنی

به صورت پره‌ای ساخته می‌شوند. رادیاتور چدنی در مقابل زنگ زدگی از رادیاتور فولادی مقاوم‌تر است. رادیاتور چدنی دارای وزن زیاد است و احتمال شکستگی در آن‌ها زیاد است. کاربرد رادیاتور چدنی بسیار کم و غیر متداول است.

رادیاتور فولادی

به صورت بلوک های چند پره‌ای از ورق آهن به ضخامت ۱/۲۵ mm ساخته می‌شوند. اتصال پره‌ها در کارخانه انجام می‌شود. رادیاتور فولادی به طور معمول دارای پهنای ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۳۰۰، ۵۰۰ و۶۰۰ میلی‌متر می‌باشند. مدل ۵۰۰×۲۰۰ متداول‌تر است.

در مدل ۵۰۰×۲۰۰ عدد ۲۰۰ پهنای پره‌ها برحسب میلی‌متر و عدد ۵۰۰ ارتفاع محور تا محور لوله‌های رفت و برگشت آب گرم رادیاتور برحسب میلی‌متر است.

پرسش: پهنای پره‌های رادیاتور فولادی مدل ۵۰۰×۱۵۰ و ۳۰۰×۲۰۰ را برحسب سانتی‌متر بنویسید.

رادیاتور آلومینیومی

به صورت پره‌ای تولید می‌شود. پره‌های رادیاتور آلومینیومی به‌وسیله مغزی‌های راست گرد، چپ گرد به هم متصل می‌شوند. رادیاتور آلومینیومی در بلوک‌های ۵، ۷ و ۱۰ پره در بازار موجود است.

شیر رادیاتور

برای قطع و وصل جریان آب گرم ورودی به رادیاتور و یا تنظیم مقدار جریان (دبی) آب گرم از شیر رادیاتور استفاده می‌شود. شیر رادیاتور از نوع کف فلزی (بشقابی) زاویه‌ای است.

شیر رادیاتور ترموستاتیکی

در اثر افزایش دمای اتاق مقدار جریان آب گرم ورودی به رادیاتور را کم می‌کند و با کاهش دمای هوای داخل دبی آب گرم ورودی را بیش‌تر می‌کند.

قسمت حساس در برابر دمای این شیرها به صورت فانوسه‌ای (آکاردئونی) است که با گازی پر شده است. این گاز در برابر تغییرات دما حساس است. شیر ترموستاتیکی را شیر خودکار گرمایی نیز می‌نامند.

شیر هواگیری رادیاتور

برای تخلیه هوای جمع شده در قسمت بالای پره‌های رادیاتور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شیر در دو نوع دستی و خودکار (اتوماتیک) تولید می‌شود.

گرانی، آب بندی نکردن و چکه کردن از معایب شیر هواگیری خودکار است.

پرسش: به چه علت باید هوای داخل پره‌های رادیاتور را تخلیه کنیم؟

زانو قفلی رادیاتور

شیری است که علاوه بر قطع و وصل جریان آب گرم خروجی از رادیاتور، میزان آب خروجی را نیز تنظیم می‌کند. وجود این شیر باعث می شود که بتوان در زمان جدا نمودن رادیاتور از سیستم لوله کشی آن را قطع نمود.

تحقیق: در مورد انواع رادیاتور، شیررادیاتور دستی و خودکار به صورت اینترنتی تحقیق کرده و مشخصات فنی این تجهیزات را در کارخانه های مختلف مورد بررسی قرار دهید.

محاسبه سطح گرمایی و تعداد پره‌های مورد نیاز رادیاتور

رادیاتوری را که در یک اتاق نصب می‌کنیم باید تلفات گرمایی آن اتاق را جبران کند یعنی تلفات گرمایی اتاق و توان گرمایی رادیاتور آن اتاق با هم باید برابر باشد.

تمرین: تلفات گرمایی اتاقی $۱۵۰۰\frac{kcal}{hr}$ است. توان‌گرمایی رادیاتور این اتاق چند $\frac{kcal}{hr}$ و چند وات باید باشد؟

حل:

$۱۵۰۰\frac{kcal}{hr}$ = توان‌گرمایی رادیاتور = تلفات‌گرمایی اتاق

در تمرین توان‌گرمایی رادیاتور برحسب وات نیز خواسته شده است پس باید $۱۵۰۰\frac{kcal}{hr}$ را به وات تبدیل کنیم.هر کیلوکالری بر ساعت برابر با ۱/۱۶ وات است.

$$۱\frac{kcal}{hr}=۱/۱۶\,w \qquad ۱۵۰۰\frac{kcal}{hr}=?\,w$$

$$۱۵۰۰\times ۱/۱۶=۱۷۴۰\,w$$

برای انتخاب رادیاتور اتاق باید سطح گرمایی رادیاتور یا تعداد پره‌های رادیاتور را بدست آوریم.

اگر توان‌گرمایی یک متر مربع از رادیاتور مورد نظرمان را داشته باشیم، می‌توانیم با رابطه‌ی $A=\frac{H}{H_R}$ سطح گرمایی رادیاتور را محاسبه کنیم.

در این رابطه H تلفات گرمایی اتاق و H_R توان‌گرمایی یک متر مربع رادیاتور است (H و H_R باید با یک واحد مثلاً هر دو وات یا هر دو بر حسب کیلوکالری بر ساعت در رابطه قرار داده شوند)

A سطح گرمایی رادیاتور مورد نیاز آن اتاق برحسب متر مربع است.

تمرین: تلفات گرمایی از اتاقی ۲۵۲۰w است. اگر توان گرمایی یک متر مربع از رادیاتور فولادی ۵۰۴w باشد، سطح گرمایی رادیاتور این اتاق را محاسبه کنید.

حل:

$$A=\frac{H}{H_R} \qquad H=۲۵۲۰\,w \qquad H_R=۵۰۴\frac{w}{m^۲}$$

$$A=\frac{۲۵۲۰\frac{w}{۱}}{۵۰۴\frac{w}{m^۲}}=۵\frac{\cancel{w}\cdot m^۲}{\cancel{w}}=۵\,m^۲$$

این اتاق به ۵ متر مربع رادیاتور فولادی نیاز دارد.

محاسبه توان گرمایی یک متر مربع رادیاتور

توان گرمایی رادیاتور را می‌توانیم از رابطه $H=U\cdot A\cdot \Delta t$ محاسبه کنیم. اگر به جای A (سطح رادیاتور) $۱m^۲$ را قرار دهیم، توان گرمایی بدست آمده برای یک متر مربع رادیاتور است.

Δt اختلاف دمای هوای داخل با دمای رادیاتور می‌باشد. همان‌طور که می‌دانیم دمای آب ورودی به رادیاتور بیشتر از دمای آب خروجی از رادیاتور است بنابراین باید دمای متوسط آب داخل رادیاتور را به دست آورده و در فرمول قرار دهیم.

دمای متوسط (t_m) آب داخل رادیاتور برابر است با:

$$t_m=\frac{\text{دمای آب گرم ورودی} + \text{دمای آب گرم خروجی}}{۲}=\frac{t_R+t_S}{۲}$$

تمرین: دمای متوسط آب رادیاتوری را که دمای آب ورودی به آن $۷۰^\circ C$ و دمای آب خروجی $۶۰^\circ C$ باشد، محاسبه کنید.

حل:

$$t_m=\frac{t_S+t_R}{۲}=\frac{۷۰+۶۰}{۲}=\frac{۱۳۰}{۲}=۶۵^\circ C$$

تمرین: دمای هوای داخل اتاقی $۲۰^{\circ}C$ و دمای آب ورودی به رادیاتور $۸۰^{\circ}C$ و دمای خروجی از آن $۶۰^{\circ}C$ می‌باشد اختلاف دمای بین هوای اتاق و آب رادیاتور چند درجه سلسیوس است؟

حل:

دمای اتاق - دمای متوسط آب رادیاتور = اختلاف دمای آب رادیاتور با هوای اتاق

$$\Delta t_m = t_m - t_i = \frac{t_S + t_R}{۲} - t_i \qquad t_i = ۲۰^{\circ}C$$

$$t_S = ۸۰^{\circ}C \qquad t_R = ۶۰^{\circ}C$$

$$\Delta t_m = \frac{۸۰+۶۰}{۲} - ۲۰ = \frac{۱۴۰}{۲} - ۲۰ = ۷۰ - ۲۰ = ۵۰^{\circ}C$$

تذکر: ضریب کلی انتقال گرما برای رادیاتور فولادی $۸/۴ \frac{w}{m^۲ \cdot ^{\circ}K}$ می‌باشد.

تحقیق: مقدار U رادیاتور آلومینیومی چقدر است؟

تمرین: توان گرمایی یک متر مربع از رادیاتور فولادی که دمای آب گرم ورودی آن $۹۰^{\circ}C$ و دمای آب گرم خروجی $۷۰^{\circ}C$ و دمای هوای داخل $۲۰^{\circ}C$ باشد را محاسبه کنید.

حل:

$$H = U \cdot A \cdot \Delta t_m \qquad U = ۸/۴ \frac{w}{m^۲ \cdot ^{\circ}K} \qquad A = ۱m^۲$$

$$\Delta t_m = \frac{t_S + t_R}{۲} - t_i \qquad t_S = ۹۰^{\circ}C \qquad t_R = ۷۰^{\circ}C$$

$$t_i = ۲۰^{\circ}C$$

$$\Delta t_m = \frac{۹۰+۷۰}{۲} - ۲۰ = \frac{۱۶۰}{۲} - ۲۰ = ۸۰ - ۲۰ = ۶۰^{\circ}C$$

$$H = ۸/۴ \frac{w}{m^۲ \cdot ^{\circ}K} \times ۱m^۲ \times ۶۰^{\circ}C = ۵۰۴w$$

نکته: کارخانجات تولید کننده رادیاتور معمولاً Δt_m را $۶۰^{\circ}C$ در نظر می‌گیرند و براساس آن جدول‌های مشخصات فنی رادیاتور را تهیه و تنظیم می‌کنند.

تمرین: اتلاف گرمایی از کلاس درسی ۱۱۹۷۰w می‌باشد. اگر برای این کلاس از رادیاتور فولادی که دمای آب گرم ورودی به آن $۸۰^{\circ}C$ و دمای آب گرم خروجی آن $۷۰^{\circ}C$ باشد، استفاده کنیم، سطح گرمایی این رادیاتور چند متر مربع است؟

حل:

$$A = \frac{H}{H_R} \qquad H = ۱۱۹۷۰w$$

$$H_R = U \cdot A \left(\frac{t_S + t_R}{۲} - t_i\right)$$

$$U = ۸/۴ \frac{w}{m^۲ \cdot ^{\circ}C} \qquad A = ۱m^۲$$

$$t_S = ۸۰^{\circ}C \qquad t_R = ۷۰^{\circ}C$$

کلاس $t_i = ۱۸^{\circ}C$

$$H_R = ۸/۴ \times ۱ \left(\frac{۸۰+۷۰}{۲} - ۱۸\right) = ۸/۴ \left(\frac{۱۵۰}{۲} - ۱۸\right)$$

$$= ۸/۴(۷۵ - ۱۸) = ۸/۴ \times ۵۷ \; H_R$$

$$H_R = ۴۷۸/۸w \qquad A = \frac{۱۱۹۷۰}{۴۷۸/۸} = ۲۵m^۲$$

تاکنون سطح گرمایی رادیاتور مورد نیاز را محاسبه کرده‌ایم. اگر توان گرمایی یک پره از رادیاتور را داشته باشیم می‌توانیم تعداد پره‌های مورد نیاز رادیاتور را بدست آوریم.

$$\text{تعداد پره‌های رادیاتور} = \frac{\text{تلفات گرمایی اتاق}}{\text{توان گرمایی یک پره}}$$

تمرین: تلفات گرمایی از فروشگاهی ۲۲۵۰w است. اگر بار گرمایی یک پره رادیاتور فولادی مدل ۵۰۰×۲۰۰ برابر ۱۲۵w باشد، رادیاتور این فروشگاه چند پره نیاز دارد؟

حل:

H یک پره $= ۱۲۵w$ $\quad$ H فروشگاه $= ۲۲۵۰w$

$$\text{تعداد پره} = \frac{H \text{ فروشگاه}}{H \text{ یک پره}} = \frac{۲۲۵۰}{۱۲۵} = \frac{۴۵۰}{۲۵} = \frac{۹۰}{۵} = \frac{۱۸}{۱} = ۱۸$$

تمرین: اگر در تمرین قبل از رادیاتور آلومینیومی‌که هر پره‌ی آن ۱۵۰ وات بار گرمایی دارد، استفاده کنیم، تعداد پره‌های آن را بدست آورید.

حل:

$$\text{تعداد پره} = \frac{H \text{ فروشگاه}}{H \text{ یک پره}} = \frac{۲۲۵۰}{۱۵۰} = \frac{۲۲۵}{۱۵} = ۱۵$$

انتخاب رادیاتور

کارخانه‌های تولیدکننده رادیاتور مشخصات فنی رادیاتورهای تولیدی خود را معمولاً در جدول‌هایی ارائه می‌کنند.

این مشخصات شامل توان گرمایی هر پره، سطح حرارتی هر پره، ابعاد پره‌های رادیاتور، جرم هر پره، حجم آب‌گیری هر پره و ... می‌باشد. در جدول ۱-۴ کتاب اصلی مشخصات فنی رادیاتور فولادی یکی از شرکت‌ها را مشاهده می‌کنید.

یک پره از این رادیاتور دارای طول ۴۵mm می‌باشد و توان گرمایی آن برای مدل ۶۰۰×۱۵۰ معادل ۱۰۰ $\frac{kcal}{hr}$ یا ۳۹۵ $\frac{Btu}{hr}$ و سطح گرمایی آن ۰/۲۳ $m^۲$ می‌باشد.

توان گرمایی یک پره رادیاتور مدل ۵۰۰×۱۵۰ برابر ۹۰ $\frac{kcal}{hr}$ یا ۳۴۵ $\frac{Btu}{hr}$ و سطح گرمایی آن ۰/۲ $m^۲$ است.

توان گرمایی یک پره رادیاتور مدل ۳۰۰×۱۵۰ برابر ۶۰ $\frac{kcal}{hr}$ یا ۲۴۰ $\frac{Btu}{hr}$ و سطح گرمایی آن ۰/۱۳ $m^۲$ است.

در ادامه‌ی جدول و ردیف‌های بعدی همین مشخصات برای تعداد پره‌های بیش‌تر ارائه شده است.

در آخرین ردیف جدول مشخصات رادیاتور ۴۰ پره آمده است که طول آن ۱۸۰۰mm معادل ۱/۸m می‌باشد و توان گرمایی مدل‌های مختلف آن در ستون‌های بعدی ارائه شده است.

در جدول ۲-۴ کتاب تاسیسات حرارتی مشخصات رادیاتور فولادی در سه مدل دیگر ۶۰۰×۲۰۰، ۵۰۰×۲۰۰ و ۳۰۰×۲۰۰ را مشاهده می‌کنید.

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، توان گرمایی این رادیاتورها براساس $\Delta t_m = ۶۰^\circ C$ تعیین شده است.

تمرین: اتلاف گرمایی از اتاقی ۲۴۳۵ $\frac{kcal}{hr}$ است. تعداد پره‌های رادیاتور فولادی مدل ۵۰۰ ×۲۰۰ را برای این اتاق بدست آورید.

با مراجعه به جدول ۲-۴ کتاب تاسیسات حرارتی و در ستون مدل ۵۰۰×۲۰۰ مشاهده می‌شود که توان گرمایی هر پره از این رادیاتور ۱۱۰ $\frac{kcal}{hr}$ است در نتیجه خواهیم داشت:

اتاق $H = ۲۴۳۵ \frac{kcal}{hr}$

یک پره $H = ۱۱۰ \frac{kcal}{hr}$ $\quad$ $۲۴۳۵ \div ۱۱۰ = ۲۲/۱۳$

تعداد پره‌های مورد نیاز برای جبران اتلاف گرمایی این اتاق ۲۲ پره است.

روش دیگر تعیین تعداد پره‌های رادیاتور بدین صورت می‌باشد که در جدول و در زیر ستون مدل ۵۰۰×۲۰۰ و در زیر ستون $\frac{kcal}{hr}$ به سمت پایین رفته و عدد تلفات گرمایی اتاق یعنی ۲۴۳۵ را جستجو می‌کنیم. بعد از پیدا کردن این عدد به سمت چپ جدول حرکت می‌کنیم تا تعداد پره‌ها بدست آید که در این تمرین ۲۲ پره است.

تمرین: در اتاقی یک بلوک رادیاتور ۲۰ پره فولادی مدل ۶۰۰×۲۰۰ نصب شده است، تلفات گرمایی این اتاق چند وات است؟

تلفات گرمایی اتاق و توان گرمایی رادیاتور با هم برابر هستند با مراجعه به جدول ۲-۴ کتاب اصلی در ستون تعداد پره، عدد ۲۰ را انتخاب می‌کنیم و سپس به سمت راست حرکت می‌کنیم تا زیر مدل ۶۰۰×۲۰۰ توان گرمایی را بر حسب $\frac{kcal}{hr}$ بدست آوریم که برابر $۲۵۲۰ \frac{kcal}{hr}$ می‌باشد و سپس باید آن‌را به وات تبدیل کنیم.

$$H = ۲۵۲۰ \frac{kcal}{hr} \qquad ۱ \frac{kcal}{hr} = ۱/۱۶ w$$

$$۲۵۲۰ \times ۱/۱۶ = ۲۹۲۳/۲ w$$

تمرین: سطح گرمایی مورد نیاز رادیاتور اتاقی $۶/۵ m^۲$ است. برای تأمین گرمای این اتاق به چند پره رادیاتور فولادی ۵۰۰×۲۰۰ نیاز است؟

حل:

با مراجعه به جدول ۲-۴ کتاب تاسیسات حرارتی زیر ستون مدل ۵۰۰×۲۰۰ سطح گرمایی یک پره از این رادیاتور $۰/۲۶ m^۲$ است پس برای $۶/۵ m^۲$ خواهیم داشت:

$$\text{تعداد پره} = ۶/۵ m^۲ \div ۰/۲۶ m^۲ = ۲۵$$

روش دیگر اینکه در زیر ستون سطح گرمایی رادیاتور مدل ۵۰۰×۲۰۰ به سمت پایین رفته و عدد $۶/۵ m^۲$ را جستجو می‌کنیم. با پیدا کردن عدد ۶/۵ به سمت چپ حرکت کرده و در ستون تعداد پره به عدد ۲۵ می‌رسیم یعنی ۶/۵ متر مربع رادیاتور ۵۰۰×۲۰۰ برابر ۲۵ پره است.

تمرین: ظرفیت گرمایی ۲۰ پره رادیاتور فولادی مدل ۵۰۰×۱۵۰ برابر چند $\frac{Btu}{hr}$ است؟

حل: به جدول ۱-۴ کتاب تاسیسات حرارتی مراجعه می‌کنیم. در ستون تعداد پره عدد ۲۰ را پیدا کرده و به سمت راست جدول در همین ردیف حرکت می‌کنیم و در زیر ستون ۵۰۰×۱۵۰ توان گرمایی رادیاتور را بر حسب $\frac{Btu}{hr}$ می‌خوانیم که برابر $۶۹۴۰ \frac{Btu}{hr}$ است.

نکته: $\frac{Btu}{hr}$ (بی تی یو بر ساعت) یکی از واحدهای ظرفیت (توان) گرمایی در سیستم اندازه‌گیری انگلیسی است. هر کیلوکالری برابر ۴Btu است و در نتیجه هر $\frac{kcal}{hr}$ هم برابر $۴ \frac{Btu}{hr}$ است یعنی کیلوکالری ۴ برابر Btu می‌باشد.

$$۱ kcal = ۴ Btu$$

$$۱ \frac{kcal}{hr} = ۴ \frac{Btu}{hr}$$

در جدول شکل ۶-۴ کتاب اصلی مشخصات رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر و در جدول شکل ۷-۴ کتاب اصلی مشخصات رادیاتور آلومینیومی مدل تمپو ارائه شده است.

مدل ترموکالر و تمپو مربوط به یکی از کارخانجات تولیدکننده‌ی رادیاتور است.

مشخصات	مقدار
توان گرمایی یک پره رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر	..... $\frac{kcal}{hr}$

تمرین: با مراجعه به جدول شکلهای ۶-۴ و ۷-۴ کتاب اصلی جدول زیر را کامل کنید.

فاصله مرکز تا مرکز لوله رفت و برگشت رادیاتور مدل ترموکالر	..... mm
جرم یک پره رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر	..... kg
حجم آبگیری یک پره از رادیاتور آلومینیومی مدل تمپو ۵۰۰	..... Liter
توان گرمایی یک پره رادیاتور آلومینیومی مدل تمپو ۶۰۰	..... Watt
پهنای رادیاتور آلومینیومی مدل تمپو	..... mm
فاصله رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر و تمپو از دیوار محل نصب	..... mm

تمرین: در سالن اجتماعات هنرستانی ۱۲۰ پره رادیاتور فولادی مدل ۵۰۰×۲۰۰ نصب شده است. برای جایگزینی این رادیاتورها با رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر به چند پره رادیاتور نیاز داریم.

حل: ابتدا توان گرمایی رادیاتورهای فولادی موجود را باید محاسبه کنیم.

به جدول ۲-۴ کتاب تاسیسات حرارتی مراجعه می‌کنیم و توان گرمایی یک پره رادیاتور فولادی مدل ۵۰۰×۲۰۰ را بدست می‌آوریم که برابر $۱۱۰\frac{kcal}{hr}$ است.

تمرین: تلفات گرمایی اتاقی ۱۷۴۰w است. این اتاق به چند پره رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر نیاز دارد؟

حل: به جدول شکل ۶-۴ کتاب اصلی مراجعه می‌کنیم.

توان گرمایی یک پره رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر ۱۴۵w است پس برای ۱۷۴۰w گرما تعداد پره‌ها عبارت است از:

تعداد پره = ۱۷۴۰÷۱۴۵=۱۲ پره

تمرین: اتلاف گرمایی از اتاقی ۲۴۳۰w است. تعداد پره‌های رادیاتور آلومینیومی مدل تمپو ۵۰۰ مناسب برای این اتاق را بدست آورید.

حل: به جدول شکل ۶-۴ کتاب تاسیسات حرارتی مراجعه می‌کنیم در ردیف دوم جدول، مشخصات مدل ۵۰۰ تمپو را مشاهده می‌کنیم. هر پره از این رادیاتور ۱۶۲ وات توان گرمایی دارد.

تلفات گرمایی اتاق را بر توان گرمایی یک پره تقسیم می‌کنیم، تعداد پره‌های رادیاتور بدست می‌آید.

تعداد پره = ۲۴۳۰÷۱۶۲=۱۵

تمرین: در دفتر اداره‌ای دو دستگاه رادیاتور ۲۲ مدل ۶۰۰ تمپو نصب شده است، اتلاف گرمایی این دفتر چند وات است؟ اگر $\Delta t_m = ۶۰^\circ C$ فرض شود.

حل: به جدول شکل ۶-۴ کتاب اصلی مراجعه می‌کنیم. هر پره رادیاتور ۶۰۰ تمپو ۱۹۴ وات توان گرمایی دارد. در این دفتر ۲ رادیاتور ۲۲ پره‌ای نصب است پس تعداد پره‌ها ۴۴ پره است و در نتیجه خواهیم داشت:

تعداد پره‌ها = ۲×۲۲ = ۴۴ یک پره H = ۱۹۴w

توان گرمایی دو رادیاتور = ۴۴×۱۹۴ = ۸۵۳۶w

تلفات گرمایی با توان گرمایی رادیاتورها برابر است.

اگر تعداد پره‌ها را در قدرت هر پره ضرب کنیم توان گرمایی تمام رادیاتورها بدست می‌آید که برابر است با:

$H = ۱۱۰ \frac{kcal}{hr}$ هر پره ۱۲۰= تعداد پره

$H = ۱۲۰ \times ۱۱۰ = ۱۳۲۰۰ \frac{kcal}{hr}$ کل رادیاتور

برای محاسبه تعداد پره‌های رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر به جدول شکل ۶-۴ کتاب تاسیسات حرارتی مراجعه می‌کنیم و قدرت هر پره را برحسب $\frac{kcal}{hr}$ بدست می‌آوریم که برابر $۱۲۵ \frac{kcal}{hr}$ است.

کل تلفات گرمایی محاسبه شده برابر $۱۳۲۰۰ \frac{kcal}{hr}$ می‌باشد

پس تعداد پره‌ها عبارت است از:

$H = ۱۳۲۰۰ \frac{kcal}{hr}$

$H = ۱۲۵ \frac{kcal}{hr}$ یک پره رادیاتور آلومینیومی

تعداد پره = ۱۳۲۰۰ ÷ ۱۲۵ = ۱۰۵/۶ ≃ ۱۰۶

برای جایگزینی ۱۲۰ پره رادیاتور فولادی این سالن به ۱۰۶ پره رادیاتور آلومینیومی مدل ترموکالر نیاز داریم.

یونیت هیتر و ساختمان آن

از یونیت هیتر (واحد گرم کننده) برای گرم کردن فضاهای بزرگ مانند سالن‌های سرپوشیده ورزشی، سالن‌های کارخانجات و ... استفاده می‌شود. حامل انرژی گرمایی در یونیت هیترها نیز آب گرم، آب داغ و بخار است.

اجزا یونیت هیتر

۱- کویل ۲- پروانه یا فن ۳- پره‌های جهت‌دهنده‌ی هوا ۴- کابینت یا محفظه

انواع کویل یونیت هیتر

صاف، مکعبی و گرد یا دایره‌ای.

فن‌های یونیت هیتر بر دو نوع ملخی (پنکه‌ای) و سانتری‌فوژ (گریز از مرکز) می‌باشد.

انواع یونیت هیتر از نظر واسطه و انرژی گرمایی:

۱- آبی ۲- بخار آبی ۳- برقی

انواع یونیت هیتر از نظر محل نصب

۱- سقفی (آویزی) ۲- دیواری

دلایل استفاده از یونیت هیتر

۱- توان گرمایی زیاد

۲- توزیع بهتر هوای گرم

۳- سرعت زیاد در گرم کردن فضا

۴- جاگیری کم (در بالای دیوار یا زیر سقف نصب می‌شود)

یونیت هیتر در ساختمان‌های مسکونی و در محل‌هایی که شکل ظاهری و نداشتن سر و صدا اهمیت دارد نصب نمی‌شود.

فن کویل و ساختمان آن

اجزای فن کویل

۱- فن یا پروانه از نوع سانتری فوژ ۲- الکتروموتور با یک یا دو محور ۳- کویل مسی با پره‌ها (فین) ۴- فیلتر از نوع خشک قابل شست و شو ۵- کلید سلکتوری۴ حالته ۶- تشتک یا سینی جمع‌آوری آب ۷- کابینت

درون کویل فن کویل در زمستان آب گرم جریان دارد و سطح کویل و پره‌های روی کویل گرم می‌شوند.

در زیر کویل پروانه یا فن قرار دارد که با حرکت الکتروموتور به گردش در می‌آید و هوای اتاق و هوای تازه را از روی کویل عبور می‌دهد. هوای عبوری از روی کویل گرم شده و از طریق دریچه‌های روی بدنه به داخل اتاق پرتاب می‌گردد.

در تابستان آب سرد درون کویل جریان داشته و باعث می‌شود هوای عبوری از روی کویل سرد شده و در داخل اتاق جریان یابد. با عبور هوای اتاق و هوای تازه از روی کویل سرد بخار آب موجود در هوا بر روی کویل تقطیر می‌شود. (مانند عرق کردن پارچ آب یخ در تابستان) آب حاصل از تقطیر به درون تشتک فن کویل می‌ریزد و از طریق لوله‌ی تخلیه درین به خارج از ساختمان هدایت می‌شود. به فن کویل‌ها سه لوله متصل می‌شود:

۱- لوله ورود آب گرم یا آب سرد

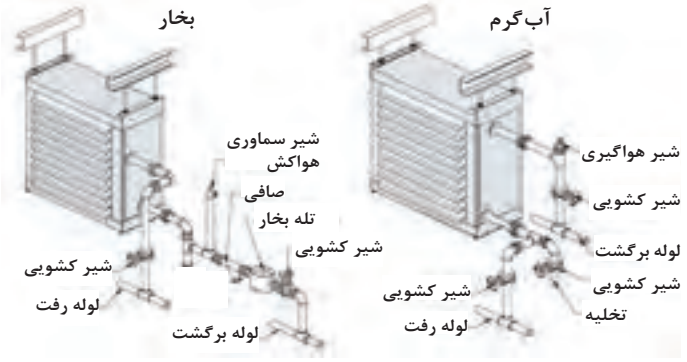
۲- لوله خروج آب گرم یا آب سرد

۳- لوله‌ی تخلیه یا درین

انواع فن کویل از نظر مقدار هوادهی

قدرت هوادهی فن کویل‌ها را معمولاً با واحد CFM (فوت مکعب در دقیقه، $\frac{ft^3}{min}$) نشان می‌دهند و در بازار قدرت هوادهی فن کویل‌ها را مدل فن کویل می‌دانند مثلاً فن کویل مدل ۳۰۰ یعنی مقدار هوادهی آن ۳۰۰ فوت مکعب در دقیقه است به عبارت دیگر در هر دقیقه ۳۰۰ فوت مکعب هوا از روی کویل آن عبور کرده و وارد اتاق می‌شود. مدل‌های فن کویل عبارت است از: ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰

فن کویل‌ها با قدرت هوادهی بیش‌تر دارای تعداد فن بیش‌تری نیز هستند بطور مثال فن کویل مدل ۱۲۰۰ دارای ۲ الکتروموتور و ۴ فن است ولی مدل ۳۰۰ دارای یک الکتروموتور و یک فن است.



الف)

ب)

پ)

ت)

انواع یونیت هیتر

نکته: هر متر مکعب برابر $35/28 ft^3$ است در نتیجه برای تبدیل $\frac{m^3}{hr}$ به $\frac{ft^3}{min}$ به این صورت عمل می‌کنیم.

$1m = 3/28ft$

$1^3 m^3 = 3/28 \times 3/28 \times 3/28 ft^3$ $\quad (1m)^3 = (3/28 ft)^3$

$1m^3 = 35/28 ft^3$ $\quad 1 \frac{m^3}{hr} = ? \frac{ft^3}{min}$

$1 \frac{m^3}{hr} = \frac{35/28 ft^3}{60 min} = \frac{35/28}{60} \frac{ft^3}{min}$

$1 \frac{m^3}{hr} = 0/588 \frac{ft^3}{min} = 0/588 cfm$

تمرین: قدرت هوادهی فن کویل مدل ۶۰۰ چند متر مکعب در ساعت است؟

مقدار هوادهی فن‌کویل $= 600 \frac{ft^3}{min}$

$1 \frac{m^3}{hr} = 0/588 \frac{ft^3}{min}$ $\quad 600 \frac{ft^3}{min} = ? \frac{m^3}{hr}$

$600 \div 0/588 = 1020/4 \frac{m^3}{min}$

فن کویل مدل ۶۰۰ دارای قدرت هوادهی $600 \frac{ft^3}{min}$ یا $1020/4 \frac{m^3}{hr}$ است.

صرفه‌جویی در مصرف انرژی دستگاه‌های پخش‌کننده گرما

در زمان‌هایی که نیاز به گرم بودن اتاق‌ها نمی‌باشد مانند مواقعی که به مدت زیاد در محل حضور نداریم یا در ایامی که به مسافرت می‌رویم باید شیر رادیاتور را ببندیم، با بستن شیر رادیاتورها آب گرم به رادیاتورها وارد نمی‌شود در نتیجه آب گرمی که در دیگ تولید می‌شود تبادل حرارت با هوای اتاق انجام نمی‌دهد در نتیجه مشعل دیگر زودتر خاموش شده و مدت زمان زیادی خاموش می‌ماند. خاموش بودن مشعل یعنی مصرف نشدن سوخت (گاز یا گازوئیل) پس صرفه‌جویی در مصرف سوخت انجام گرفته است. در ضمن خاموش بودن مشعل یعنی مصرف نشدن برق پس در مصرف برق نیز صرفه‌جویی می‌شود و همچنین خاموش بودن مشعل باعث استهلاک کمتر مشعل و دیگ می‌شود و عمر مفید آن‌ها افزایش می‌یابد.

نکته: صرفه‌جویی در مصرف سوخت و برق باعث کاهش آلودگی محیط زیست نیز می‌گردد.

تحقیق: با مراجعه به اینترنت (سایت سازمان حفاظت از محیط زیست، شرکت بهینه‌سازی مصرف انرژی و ...) در مورد اینکه چرا با صرفه‌جویی در مصرف برق و سوخت از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌شود تحقیق کنید و خلاصه‌ی آن‌را در برگه‌ی مقابل یادداشت کنید و با هماهنگی هنرآموز محترم درس تأسیسات حرارتی منتخب این تحقیق را در کلاس مطرح نمائید.

یکی دیگر از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی توسط دستگاه‌های پخش‌کننده گرما، خاموش کردن الکتروموتور فن کویل در زمان‌هایی که به گرما و سرما نیاز نداریم، می‌باشد.

پرسش: روش‌های دیگر صرفه‌جویی در مصرف انرژی توسط دستگاه‌های پخش‌کننده گرما را مورد بررسی قرار دهید و نتایج بررسی خود را به پیام نگار (ایمیل) info@tvoccd.sch.ir ارسال نمائید.