$$B.F. = \frac{t_s - t_c}{t_m - t_c} \rightarrow 0.1 = \frac{t_s - 8}{24.9 - 8}$$

$$t_s = 9.7^\circ C$$

$$q_{ts} = \dot{m} \cdot c_{pm} (t_m - t_s), \quad \dot{m} = \frac{\dot{V}_m}{v_m} = \frac{2.2}{0.857} = 2.567 \text{ kg/s}$$

$$= 2.567 * 1.017 (24.9 - 9.7)$$

$$q_{ts} = 39.68 \text{ kw}$$ Ans. ②

or

$$q_{ts} = \dot{m} (h_1 - h_s) = \text{جاهز} = ?$$

$$q_L = \dot{m} \cdot h_{vd} (W_m - W_s), \; h_{vd} = 2525.4 \text{ kJ/kg} \text{ at } t_d = 13^\circ C \text{ from (2-4)}$$

$$= 2.567 * 2525.4 (0.0095 - 0.007)$$

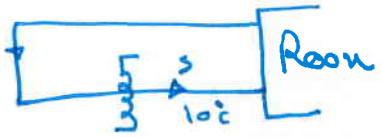
$$q_L = 16.2 \text{ kw}$$ Ans. ③

or

$$q_L = \dot{m} (h_m - h_1) = \text{جاهز} = ?$$

منظومة الهواء الراجع 9

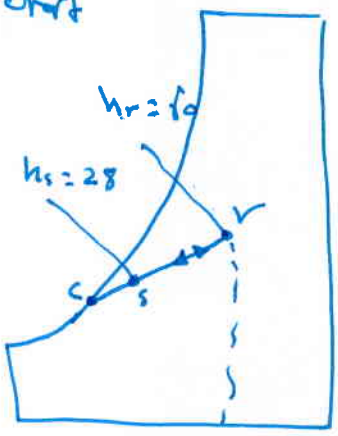
$t_r = 28^\circ C$, $\phi_r = 50\%$, $\dot{V} = 1 m^3/s$



$t_c = t_{dp} = 6.5^\circ C$ from chart

Ans. ①

$$B.F. = \frac{t_s - t_c}{t_r - t_c} = \frac{10 - 6.5}{28 - 6.5}$$



B.F. = 0.163 Ans. ②

$h_r = 60 \text{ kJ/kg}$, $h_s = 28 \text{ kJ/kg}$

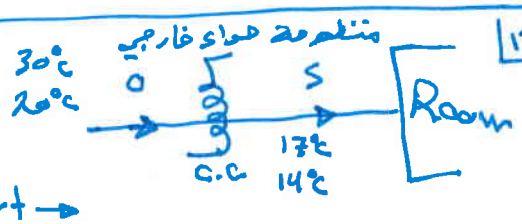
$v_1 = 0.87 m^3/kg$

$$q_{c.c.} = \dot{m} (h_r - h_s) = \frac{\dot{V}_1}{v_1} (h_r - h_s)$$

$$= \frac{1}{0.87} (60 - 28)$$

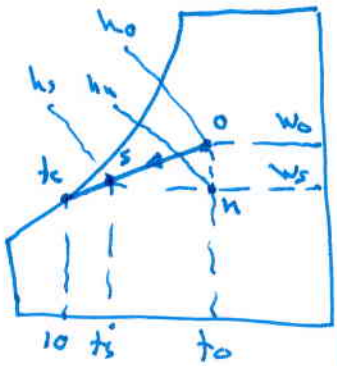
$q_{c.c.} = 36.8 \text{ kw}$ Ans. ④

منظومة هواء خارجي 12



from chart →

$t_c = t_{dp} = 10$ Ans. ①



$$B.F. = \frac{t_s - t_c}{t_o - t_c}$$

$$= \frac{18 - 10}{30 - 10}$$

B.F. = 0.35 Ans. ②

$$m = W_o - W_s = 0.0106 - 0.0088$$

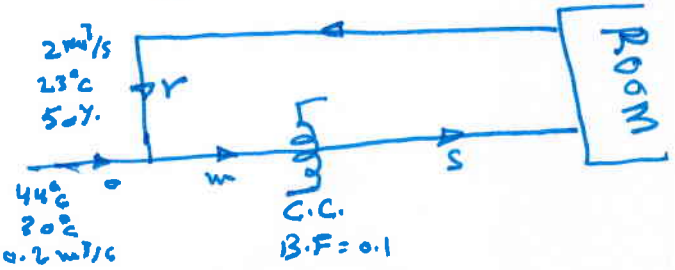
$m = 0.0018 \text{ kg/kg d.a}$ Ans. ⑦

$$q_t = m(h_o - h_s) = 57.5 - 39.5$$

$q_t = 18 \text{ kJ/kg d.a}$ Ans. ⑧

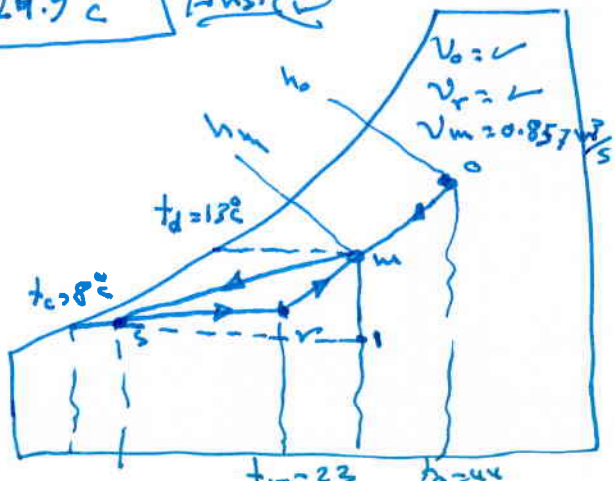
17

منظومة هواء راجع + هواء خارجي 11



$$t_m = \frac{m_r \cdot t_r + m_o \cdot t_o}{m_r + m_o} = \frac{2 * 23 + 0.2 * 44}{2 + 0.2}$$

$t_m = 24.9^\circ C$ Ans. ①



12

$q_s = m(h_m - h_s)$ or $q_s = \dot{m} c_{pm}(t_o - t_s)$

$= 1.017 (30 - 17)$

$q_s = 13.221$ KJ/kg d.a

Ans. (4)

$q_L = m(h_o - h_m)$ or $q_L = \dot{m}_a \cdot h_{vd} (W_o - W_s)$

(2.1) $t_{dm} = 84°$ in 2527.2

$W_o = 0.0106$

$W_s = 0.0088$

$q_L = 2527.2 (0.0106 - 0.008)$

$q_L = 4.55$ KJ/kg d.a

Ans. (5)

$S.H.R. = \frac{q_s}{q_t} = \frac{13.221}{13.221 + 4.455}$

S.H.R. = 0.744

Ans. (6)

13

$S.H.R. = \frac{q_s}{q_t} = \frac{11.11}{11.11 + 6.43}$

S.H.R. = 0.633 // $\overline{rs}$ → $t_s = 17.6°C$ from chart

$t_c = 13°C$

$B.F. = \frac{t_s - t_c}{t_m - t_c} = \frac{17.6 - 13}{26.76 - 13}$ →

B.F. = 0.335

Ans. (1)

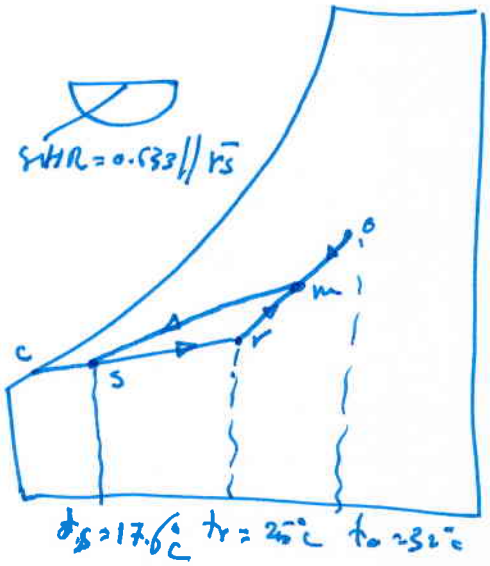
$h_m = 62.7$ KJ/kg

$h_s = 46$ KJ/kg

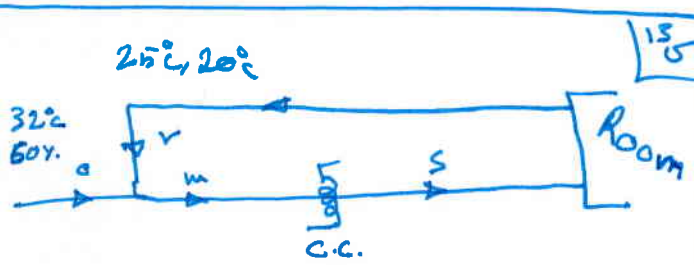
$q_{t\,air} = \dot{m}_s (h_m - h_s) = 1.49 (62.7 - 46)$

$q_{t\,air} \cong 25$ KW

Ans. (2)



15



$\dot{m}_s = 40000$ Kg/hr / 3600 → $q_{ts} = 11.11$ KW

$q_L = 23156$ Kg/hr / 3600 → $q_L = 6.43$ KW

$\dot{m}_s = \dot{m}_m = 5363$ Kg/hr / 3600 → $\dot{m}_s = 1.49$ Kg/s

$\dot{m}_o = \frac{\dot{V}_o}{v_o} = \frac{1200 \text{ m}^3/\text{hr}}{0.888 \times 3600}$ → $\dot{m}_o = 0.375$ Kg/s

$\dot{m}_s = \dot{m}_m = \dot{m}_r + \dot{m}_o$

$1.49 = \dot{m}_r + 0.375$ → $\dot{m}_r = 1.115$ Kg/s

$t_m = \frac{\dot{m}_r \cdot t_r + \dot{m}_o \cdot t_o}{\dot{m}_r + \dot{m}_o} =$

$= \frac{1.115 \times 25 + 0.375 \times 32}{1.49}$ → $t_m = 26.76°C$

$q_s = \dot{m}_s \cdot c_{pm} (t_m - t_s) = 1.49 \times 1.017 (26.76 - t_s)$ → $17.6°C = t_s$

18

يعد جسم الانسان من أدق الأجهزة التي تتحكم في درجة الراحة، إذ توجد عدد من العوامل المؤثرة على راحة الإنسان :-

1- درجة الحرارة الجافة
1. Dry Bulb Temp.

2- متوسط درجة حرارة الإشعاعية
2. Mean Radiant Temp.

3- نسبة الرطوبة
3. Relative Humidity

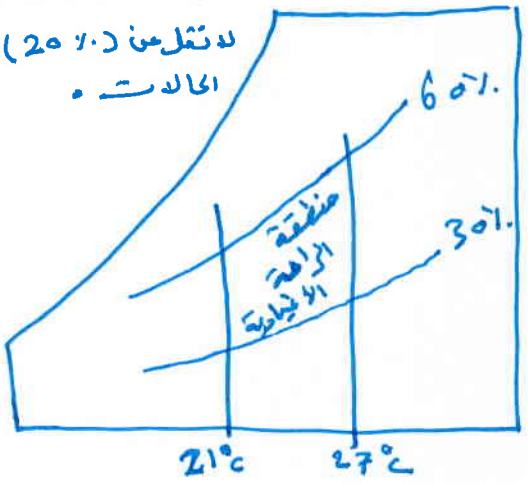
4- سرعة الهواء
4. Air Velocity

5- العوامل الشخصية ← الفعل نتيجة الملابس
← مستوى حركة الشخص

* يمكن القول بأن ظروف الراحة الشتوية تكون :-

$t_d = (21-27)^\circ C$ & $\phi = (40-60)\%$

* صيفاً لا تتعدى الرطوبة النسبية عن (70%) وشتاءً لا تقل عن (20%) في أسوء الحالات .



حيث يمكن حساب الحرارة المحسوسة والكامنة للإنسان وكما يلي :-

$q_{s\,\text{للرجال}} = q_s\,(4-3) * CLF\,(4-4) * No.$

$q_{L\,\text{للرجال}} = q_L\,(4-3) * No.$

$q_{t\,\text{للرجال}} = q_t\,(4-3) * No.$

$q_{t\,\text{للنساء المعدلة}} = q_{t\,\text{للرجال}} * 0.85$

$q_{t\,\text{للأطفال المعدلة}} = q_{t\,\text{للرجال}} * 0.75$

* هذه الحسابات تكون عند درجة حرارة $(25.5^\circ C)$

ولكن عند درجة حرارة $(26.6^\circ C)$ فإن :-

$q_{s\,\text{للرجال}} = 8\%\downarrow \approx q_{L\,\text{للرجال}} = 8\%\uparrow$

$q_{s\,\text{للأطفال}} = (SHR - 0.08)\, q_{t\,\text{للرجال}} * No.$

$q_{L\,\text{للأطفال}} = (LHR + 0.08)\, q_{t\,\text{للرجال}} * No.$

* كمية الماء المتبخرة أو الواجب إزالتها من الهواء لكل شخص هي الحرارة الكامنة للتبخير الماء = الحمل الكامن / الحرارة الكامنة للتبخير

$m_{water} = q_L / h_{fg}$, h_{fg} : table (2-1)

* معامل حمل التبريد للحرارة المحسوسة من مشاغل الحيز المكيف

Sensible Heat Cooling Load Factor for people (CLF)

المأخوذ بنظر الاعتبار لـ (q_s) فقط لأن (70%) من حرارة المحسوسة (q_s) هي حمل إشعاعي داخل الحيز التي يفقدها الأشخاص إلى الأثاث ويدرك الحيز ثم تتحرر بالحمل إلى هواء الحيز في وقت لاحق .

* يوضح الجدول (4-4) قيم الـ (CLF) حيث تتراوح قيمته بين (0.97 - 0.01)

* للكثافة البشرية العالية (السينما، دور العرض، قاعات الاجتماعات، قاعات الدراسية ... الخ) وكذلك خلال ساعات الليل عند توقف منظومات التكييف فإن :-

CLF = 1

* درجة التصميم الداخلية هي :- (للأردن العربية)

صيفاً :- 25°c

شتاءً :- 22°c

مثال (1) أصب عمل البريد في مبنى عند الساعات 12:00، 14:00، 16:00 الثانية من وجود أربعة أشخاص في مكتب من الساعة الثامنة صباحاً وحتى الساعة الخامسة عصراً. درجة حرارة المكتب 25.5 °C.

الحل

$q_s = 75\ W$, $q_L = 75\ W$ } from table (4-3)

CLF = 0.67 at 12:00
= 0. at 14:00
= 0.82 at 16:00

from table (4-4)

$\therefore q_L = q_L * No. = 75 * 4$

$q_L = 300\ W$ at 12:00, 14:00, 16:00

$q_s = q_s * CLF * No.$

$= 75 * 0.67 * 4$

$q_s = 201\ W$ at 12:00

$q_s = 75 * 0.76 * 4$

$q_s = 228\ W$ at 14:00

$q_s = 75 * 0.82 * 4$

$q_s = 246\ W$ at 16:00

$q_t = q_s + q_L$

$= 201 + 300 \rightarrow q_t = 501\ W$ at 12:00 Ans.①

$q_t = 228 + 300 \rightarrow q_t = 528\ W$ at 14:00 Ans.②

$q_t = 246 + 300 \rightarrow q_t = 546\ W$ at 16:00 Ans.③

مجموع الساعات في الجدول (8 ساعات)

مثال (2) قاعة دراسية جامعية تتسع لمئة طالب وطالبة عند 1580 ft. (50%) و (25.5°C). أوجد الحرارة الكلية الواجب إزالتها في أجهزة التكييف اللازمة من الطلاب وكذلك جزيئها المحسوس والكامن.

الحل كتابة بشرية طالبة ← CLF = 1
ولم يذكر وقت معين

$q_s = 65\ W$, $q_L = 55\ W$ } from (4-3)

$q_s = q_s * CLF * No. = 65 * 1 * 100 \rightarrow$

$q_s = 6500\ W$ Ans.

$q_L = q_L * No. = 55 * 100 \rightarrow$

$q_L = 5500\ W$ Ans.

$q_t = q_s + q_L = 6500 + 5500$

$q_t = 12000\ W$ Ans.

or

$q_{الطالبة} = 120\ W$, from (4-3)

$q_t = q_t * No. = 120 * 100$

$q_t = 12000\ W$ Ans

في هذا عدم ذكر الوقت

مثال (3) ص 169: اوجد الحمل على اجهزة التكييف لورشة خفيفة لكل عامل علما ان كانت درجة حرارة (26.6°C) والرطوبة (50%). ثم اوجد كمية الماء المراد أزالتها من ملف التبريد لكل عامل.

الحل

$q_s = 100\ W$
$q_L = 130\ W$
] from (4-3) , No. = 1

$q_t = 100 + 130 = 230\ W$

q_t الدليل $= 255\ W$, from (4-3)

$q_s = (SHR - 0.08)_{\text{الدليل}}\ q_t$, at 26.6°C

$= (\frac{100}{230} - 0.08)\ 255$

$q_s = 92\ W$ Ans.

$q_L = (LHR + 0.08)_{\text{الدليل}}\ q_t$

$= (\frac{130}{230} + 0.08)\ 255$

$q_L = 163\ W$ Ans.

$m_w = q_L / h_{fg}$

$h_{fg} = h_g - h_f$

$= 2549.6 - 108.95 = 2440\ kJ/s$

$m_w = (163 / 2440 * 10^3) * 10^3$

$m_w = 0.067\ g/s$ لكل عامل Ans.

ص 9 / 187: يقوم ثلاثة رجال بعمل خفيف في تشغيل مكائن أحد المصانع عند (26.6°C) أحسب الحرارة المحسوسة والكامنة والكلية التي يطلقها العمال الثلاثة، أحسب كمية الماء المتبخرة.

الحل

$q_s = 100\ W$
$q_L = 205\ W$
] from (4-3)

$q_t = 100 + 205 \rightarrow q_t = 305\ W$

q_t الدليل $= 305\ W$, from (4-3)

$q_s = (SHR - 0.08)_{\text{الدليل}}\ q_t * No.$

$= (\frac{100}{305} - 0.08) 305 * 3$

$q_s = 226.8\ W$ Ans.

$q_L = (LHR + 0.08)_{\text{الدليل}}\ q_t * No.$

$= (\frac{205}{305} + 0.08) 305 * 3$

$q_L = 688.2\ W$ Ans.

$q_t = q_s + q_L = 226.8 + 688.2$

$q_t = 915\ W$ Ans.

or

$q_t = q_t * No. = 305 * 3$

$q_t = 915\ W$ Ans.

at 26.6°C $\rightarrow h_{fg} = 2440\ kJ/kg$

$\dot{m}_w = q_L / h_{fg} = (688.2 / 2440 * 10^3) * 10^3$

$\dot{m}_w = 0.282\ g/s$ Ans.

* يوضح الجدول (4.5) معدلات التهوية (L/s) لكل شخص حسب نوع التطبيق الواجب تهويته الى الحيز المراد تكييفه.

مثال: أوجد معدل انتقال الحرارة خلال جدار ($3*3\ m^2$) الموجود ضمن بناية تقع في مدينة بغداد اذا علمت أن الظروف الداخلية هو ($26°C$ شتاءً) و ($22°C$ صيفاً) و ($U=3\ W/m^2°C$)

الحل شتاءً

$t_o = 0°C$ at (99%) from (4-7)

الجدار - الجدار

$q = UA(t_i - t_o)$

$= 3*9(26-0) \rightarrow \boxed{q = 702\ W}$ Ans.

صيفاً

$t_o = 44°C$ at (2.5%) from (4-7)

$q = UA(t_o - t_i)$

$= 3*9(44-22) \rightarrow \boxed{q = 594\ W}$ Ans.

واجب: أوجد الكلفة المفقودة صيفاً وشتاءً لمدينة عمان (الأردن) لجدار ($3*4$) و ($U = 2.5\ W/m^2°C$).

---

12 س

عدد الأفراد = 200 و $q_s = 65\ W$ و $q_L = 55\ W$ (1-1.2) معامل أمان الإنارة = 1.2 و 40 W و 20 = عدد المصابيح

عدد المصليين = 200 شخص

table (4-7)

$q_s = q_s * CLF * No.$

$= 65 * 1 * 200$

$q_s = 13000\ W$

q_s الأفراد $= 200 * 8 = 1600\ W$

q_s الإنارة $= 40 * 20 = 800\ W$

q_s الكلي $= 13000 + 1600 + 800$

$\boxed{q_s \text{ الكلي} = 15400\ W}$ Ans.

$q_L = q_L * No.$

$= 55 * 200$

$\boxed{q_L = 11000\ W}$ Ans.

$q_t = 15400 + 11000$

$\boxed{q_t = 26400\ W}$ Ans.

معدل التهوية المطلوب = عدد التهوية (4-5) * عدد الأشخاص

$2000\ L/s = 200 * 10 =$

Ans.

---

* يوضح الجدول (4.6) ظروف التصميم الخارجية صيفاً وشتاءً لمجموعة من المدن.

ص (178 - 186) الكتاب المنهجي د. خالد الجودي.

1. يمكن القول بأن: t_d شتاءً at (99%) from (4-7)

2. t_d, t_w صيفاً at (2.5%) from (4-7)

تعد خصائص الحرارية لهيكل المبنى الإنشائي والمعماري من أهم الأسس التي يعتمد عليها أي منظومة للتدفئة والتبريد. اذ تتم عملية انتقال الحرارة من طرف عالي الحرارة الى الأقل والأفراد الحرارة من خلال الآتي:

1- الجدران، السقوف، الأرضيات، الأبواب والشبابيك.
2- تخلل الرياح من داخل المبنى.
3- حسابات أخرى متفرقة.
4- عامل الأمان.

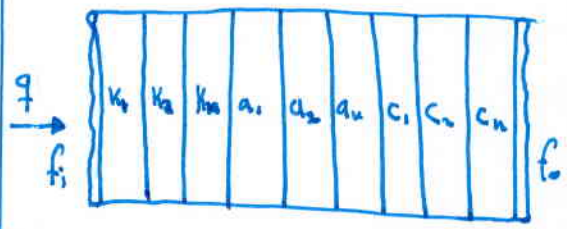
1- الجدران، السقوف، الأرضيات، الأبواب، والشبابيك:-

يمكن حساب معدل انتقال الحرارة عبر الأجزاء الصلبة للمبنى من خلال قانون فوريير للتوصيل المستقر:-

$$q = -KA\frac{\Delta T}{\Delta X} = A\frac{\Delta T}{\frac{\Delta X}{K}} = A\frac{\Delta T}{R_{tn}} = UA\Delta T$$

* يمكن أعتبار عمليات انتقال الحرارة تمر تطبيقات الكهرباء هي شبكة مستقرة أو مستقرة.

* المهم في حساب الفقد الحراري خلال الأجزاء الصلبة هو كيفية إستخراج المقاومة الحرارية (R_{tn}) للأجزاء المبنى، لكن لدينا الجدار المركب:-



يمكن كتابة المعادلة العامة للمقاومة الحرارية لأي جدار مركب يحتوي على المقاومات الحرارية لطبقات الهواء (a) والمواد المتجانسة (K) والمواد غير متجانسة (C):-

$$R_t = \frac{1}{f_i} + \frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + \frac{X_n}{K_n} + \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_n} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n} + \frac{1}{f_o} \quad , \ m^2\cdot{}^\circ C/W$$

f_i: معامل انتقال الحرارة عبر الطبقة الخارجية الرقيقة للهواء من الداخل (h) بالوحدات ($W/m^2\cdot{}^\circ C$)، والمسمى Film Coefficient والذي يساوي ← الجدول (5.3) للهواء الساكن

f_o: معامل انتقال الحرارة عبر الطبقة الخارجية الرقيقة للهواء المتحرك من الخارج (h) بالوحدات ($W/m^2\cdot{}^\circ C$)، والذي يساوي ← الجدول (5.3) للهواء المتحرك شتاءً (حسابات عمل التدفئة) صيفاً (حسابات عمل التبريد ف 6).

K_n: معامل التوصيل الحراري للمادة الصلبة بالوحدات ($W/m.^\circ C$) للمواد المتجانسة ← الجدول (5.3).

C_n: معامل الموصلية الحرارية للمادة الصلبة غير المتجانسة بالوحدات ($W/m^2\cdot{}^\circ C$) ← الجدول (5.3).

a_n: سمك طبقة الهواء الداخلية، معامل انتقال الحرارة عبر التجاويف الهوائية الداخلية بالوحدات ($W/m^2\cdot{}^\circ C$) الجدول (5.2).

ملاحظة: C_n: تتغير صفة الموصلية مع تغير سمك المادة الصلبة.

a_n: تتغير صفة الموصلية مع تغير سمك طبقة الهواء ودرجة الحرارة فيها.

$$\because R_t = \frac{1}{U} \rightarrow q = U\cdot A\cdot\Delta T = UA.(T_i - T_o)$$

مثال (1) تتألف جدار مركب من (10 cm) طابوق واجهة على فرشة (13mm) مع بياض من الداخل بالسمنت بسمك (15cm) 199 cm

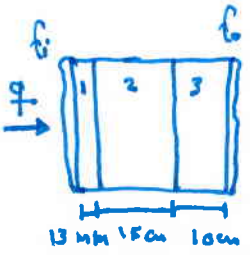
درجة حرارة الهواء الداخلية ($25^\circ C$) وفي الخارج ($-7^\circ C$) أثبت أن كمية الهواء في الخارج (24 Kw/h). أوجد

1- المقاومة الحرارية للجدار المركب.
2- معامل انتقال الحراري الإجمالي.
3- معدل انتقال الحرارة عبر الجدار.
4- عند إهمال الطبقة الرقيقة.

الحل

from table (5.3) → $f_i = 8.29$

بياض بالسمنت	$K_1 = 0.721$
فرشة	$K_2 = 1.73$
طابوق واجهة	$K_3 = 1.3$
	$f_o = 34.1$



$$R_t = \frac{1}{f_i} + \frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + \frac{X_3}{K_3} + \frac{1}{f_o}$$

$$= \frac{1}{8.29} + \frac{0.013}{0.721} + \frac{0.15}{1.73} + \frac{0.1}{1.3} + \frac{1}{34.1}$$

$$R_t = 0.332\ m^2\cdot{}^\circ C/W$$ Ans.

$R_{t\,glass} = C_{glass} = 6.25$

$q_{glass} = A \cdot U \cdot \Delta T = 1.6 * 6.25 (22-5)$

$\boxed{q_{glass} = 170\ W}$

$q_{total} = q_w + q_g = 16.7 + 170 \rightarrow$

$\boxed{q_t = 186.9\ W}$ Ans.

مثال ③ وجد أن معدل انتقال الحرارة خلال الجدران غرفة مكيفة من الشكل الزجاجية المجوفة ذات ثلاث تباريف بسمك (20 cm) هي (18 W/m²) عندما تكون درجة الحرارة السطح البارد (30°C) أوجد درجة حرارة السطح الخارجي للجدار. ص 206

الحل

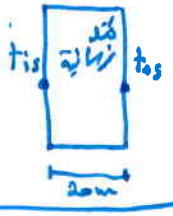
الشكل الزجاجية ثلاثة تباريف (20 cm)

from table (5.3) → C = 5.11

$q = U \cdot A (t_{hs} - t_{cs})$

$18 = 5.11 * 1 (t_{hs} - 30) \rightarrow$

$\boxed{t_{hs} = 33.52°C}$ Ans.



مثال ④ اذا علمت ان معدل سرعة الرياح عندها (12 Km/h) كما في المثال السابق (مثال 3) أوجد درجات حرارة الهواء الداخلي والخارجي. ص 206

الحل

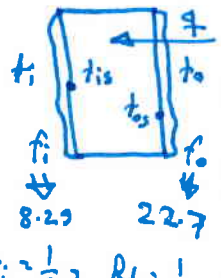
من خلال سرعة الرياح ← الحرارة لينشا

$q = U \cdot A (t_o - t_{os})$

$18 = f_o \cdot A \cdot (t_o - t_{os})$

$18 = 22.7 * 1 (t_o - 33.52)$

$\boxed{t_o = 34.32°C}$ Ans.



$R_{fi} = \frac{1}{f_i}$, $R_{fo} = \frac{1}{f_o}$

$U_{fi} = f_i$, $U_{fo} = f_o$

$q = UA (t_{is} - t_i)$

$18 = 8.29 * 1 (30 - t_i) \rightarrow$

$\boxed{t_i = 27.8°C}$ Ans.

---

18 سؤال متى يحصل تكثف بخار الماء على السطح الداخلي للجدار ؟

$t_{dps} > t_{is}$ → يحصل التكثف على السطح

$t_{dps} \leq t_{is}$ → لن يحصل التكثف على السطح

$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{0.332} \rightarrow$ $\boxed{U = 3.012\ W/m^2 \cdot °C}$ Ans. ②

$q = UA\Delta T = 3.012 * 1 * (25 + 7)$

$\boxed{q = 96.384\ W/m^2}$ Ans. ②

4- عند أهمال طبقات الهواء الغشائية

$R_t = 0.332 - \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f_o} = 0.332 - \frac{1}{8.29} - \frac{1}{34.1}$

$\boxed{R_t = 0.182\ m^2 \cdot °C/W}$

$q = A \cdot U \cdot \Delta T = 1 * \frac{1}{0.182} (25 + 7)$

$\boxed{q = 175.82\ W/m}$ Ans. ③

مثال ① غرفة في دار سكني تحتوي على باب مطل على الزقاق يتكون الباب المصنوع من الخشب الصلب على زجاجية وطبقة سميكة تشكل (80%) من مساحة الباب. سمك الباب (40mm) ودرجة حرارة الغرفة (22°C) فما تكون درجة حرارة الزقاق (5°C). أوجد معدل الفقد الحراري من الغرفة الى الزقاق خلال الباب. أبعاد الباب (2 * 1) m². ص 205

الحل

$A_{door} = 2\ m^2$

$A_{wood} = 2 * 20\% = 0.4\ m^2$

$A_{glass} = 2 * 80\% = 1.6\ m^2$

from table (5.3) → $f_i = 8.29$

خشب الباب $K_w = 0.159$

زجاج فاصل $C = 6.25$

$f_o = 34.1$

$R_{t\,wood} = \frac{1}{f_i} + \frac{X}{K} + \frac{1}{f_o}$

$= 0.121 + \frac{0.04}{0.159} + 0.029 \rightarrow R_{t\,wood} = 0.402$

$q_{wood} = A \cdot U \cdot \Delta T = 0.4 * \frac{1}{0.402} (22 - 5)$

$\boxed{q_{wood} = 16.9\ W}$

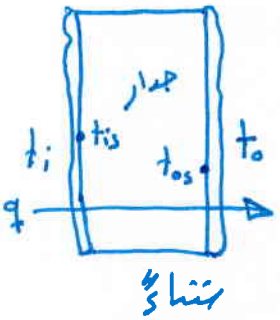
ملاحظة: يمكن حساب درجة حرارة السطح للجدار من خلال :-

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

$= f_i \cdot A \cdot (t_i - t_{is})$

$= f_o \cdot A \cdot (t_{os} - t_o)$

$= U_w A (t_{is} - t_{io})$



شتاءً

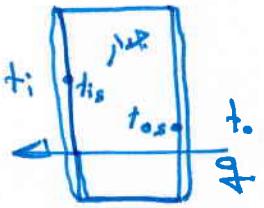
$\frac{R_{fi}}{R_t} = \frac{t_i - t_{is}}{t_i - t_o}$ ← درجة حرارة السطح الداخلي

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

$= f_i A (t_{is} - t_i)$

$= f_o \cdot A (t_o - t_{os})$

$= U_w \cdot A (t_{os} - t_{is})$



صيفاً

$\frac{R_{fi}}{R_t} = \frac{t_{is} - t_i}{t_o - t_i}$ ← درجة حرارة السطح الداخلي

مثال ② / ج 209: وجد عدد طبقات المادة العازلة (k=0.03 W/m°C) ذات السماكة (50mm) اللازمة لتوصيل الجدار الذي يتكون من طابوق (k=0.346 W/m°C) والذي يحتاج إلى إضافة العازل في الشتاء السابق لمنع تكثف بخار الماء على السطح الداخلي للجدار عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي (-20°C) مع بقاء الظروف التصميمية الداخلية هي نفسها.

الحل

$R_{t\,new} = R_{t\,old} + \frac{X_1}{K_1}$ ← للطبقات العازلة

$\frac{R_{fi}}{R_t} = \frac{t_i - t_{is}}{t_i - t_o} \rightarrow \frac{0.121}{R_t} = \frac{20 - 9.5}{20 + 20}$

$R_{t\,new} = 0.452$ W/m².°C

لمنع عملية تكثف بخار الماء على السطح الداخلي يجب أن يكون :-

$t_{DP} \leq t_{is}$

$0.452 = 0.346 + \frac{X}{0.03}$

$X = 3.2$ mm

No. Insulation $= \frac{X_t}{X} = \frac{3.2}{10} = 0.32$

∴ نختار طبقة واحدة فقط لمنع عملية التكثف

مثال ③ / ج 208: درجة حرارة الهواء داخل المخزن المبرد في المثال ② تبلغ (20°C) وبرطوبة (14°C) جافة، وعندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي (-15°C) مع رياح مقدارها (24 km/h) شتاءً.

أحسب درجة حرارة سطح الجدار الداخلي واذكر إذا كان بخار الماء سيتكثف عليه أم لا؟

الحل

الجدار ، from table (5.3) → C = 5.11 W/m².°C

$f_i = 8.29$ W/m².°C

$f_o = 34.1$ W/m².°C

$R_t = \frac{1}{f_i} + \frac{1}{C} + \frac{1}{f_o} = 0.121 + 0.196 + 0.029$

$R_t = 0.346$ W/m².°C

$\frac{R_{fi}}{R_t} = \frac{t_i - t_{is}}{t_i - t_o} \rightarrow \frac{0.121}{0.346} = \frac{20 - t_{is}}{20 + 15} \rightarrow$

$t_{is} = 7.8°C$ Ans.

from psychrometric chart at $t_d = 20°C$ & $t_{wb} = 14°C$

$t_{DP} = 9.5°C > t_{is}$ → سوف يحدث تكثف للماء

4- عامل الأمان :-

عموماً يضاف عامل أمان بمقدار (10% - 20%) من الحمل المتوقعة بسبب الصعوبة لتخطية ما هو غير منظور أو محسوب من النقد الحراري نتيجة لسيارات هوائية أو تعرض المنطقة الى تغيرات جوية سيئة غير متوقعة.

مثال: احسب حمل التدفئة من خلال الجدران فقط لمثال ① اذا علمت أن المنطقة تتعرض الى سيارات هوائية باردة غير متوقعة.

الحل

$q = 96.384$ ← القيمة المحسوبة في المثال ①

$q = 96.384 * 15\% + 96.384$ ← عامل الأمان

$q = 14.4576 + 96.384$

$q = 110.8416$ W Ans.

واجب: احسب النقد الحراري في المثال ② اذا علمت ان المنطقة تتعرض الى ظروف جوية غير جيدة.

2- تحلل الهواء داخل المبنى

من الأمور التي تساعد على تحلل الهواء داخل المبنى هي مدى إحكام الشقوق وفتحات التركيب حول الأبواب والشبابيك الخارجية بصورة رئيسية وتزداد معدل التحلل مع ارتفاع المبنى وفرق درجات الحرارة الداخلية والخارجية، الذي يؤدي إلى زيادة حمل التدفئة بسبب حمل هواء التحلل الإضافي على منظومات التدفئة المركزية أو الاعتيادية.

يمكن حساب حمل التدفئة لهواء التحلل من خلال:-

1- كمية الحرارة المحسوسة لتدفئة الهواء المتحلل (KW)

$$q_s = \rho . cp . \dot{V} (t_i - t_o)$$

ρ : 1.2 kg/m^3 كثافة الهواء داخل

cp : 1.017 $kJ/kg.^\circ C$

$\dot{V}$: ? m^3/kg معدل هواء التحلل

2- كمية الحرارة الكامنة لتدفئة الهواء المتحلل (KW)

$$q_L = \rho . \dot{V} (W_i - W_o) . h_{fg} = \frac{\dot{V}}{v} (W_i - W_o) 2450$$

ρ : 1.2 kg/m^3

h_{fg} : 2450 kJ/kg معدل الحرارة الكامنة للتبخير لبخار الماء أو مياه الجدول (1-2)

$\dot{V}$: ? m^3/kg

3- كمية الحرارة الكلية لتدفئة الهواء المتحلل (KW)

$$q_t = q_s + q_L = \rho . \dot{V} (h_i - h_o) = 1.2 \dot{V} (h_i - h_o)$$

طرق حساب معدل تحلل الهواء الى داخل المبنى ($\dot{V}$)

1- طريقة الشقوق

2- طريقة تبديل الهواء

3- طريقة معاملات ضرب الجدول (5.4)

1- طريقة الشقوق :- Cracks Method

$\dot{V}(m^3/s) = L(m)$ طول الشق * معدل تحلل الهواء لكل متر طول من الشق $(m^3/s.m)$

2- طريقة تبديل الهواء Air change Method

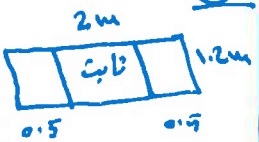
$$\dot{V}(m^3/s) = \text{Volume Space} * n\ (4.6)/3600$$

3- طريقة معاملات الضرب

q_t = Volume Space * معامل الضرب من الجدول (5.4) (W)

مثال 7 / 213 أوجد الفقد الحراري المحسوس والكامن والكلي الناتج من تحلل هواء خارجي (-6°C) الى داخل مبنى مدفأ، درجة حرارة الهواء الداخلي (22°C) وذلك من خلال شباك المنيوم ابعاده (2m * 1.2m) يحتوي على بردايزين فاصلين للفتح عرض كل منها (0.5m) وزجاجة واحدة ثابتة. اذا علمت ان معدل تحلل الهواء هو (0.77 L/s.m)

الحل



$\dot{V}(m^3/s) = L(m)$ * معدل تحلل الهواء لكل متر طول من الشق $(m^3/s.m)$

$$= [(0.5 + 1.2) 2 * 2] * 0.77/1000$$

$$\dot{V} = 6.8 * \frac{0.77}{1000} \Rightarrow \dot{V} = 0.00524\ m^3/s$$

$$q_s = 1.22 \dot{V} (t_i - t_o) = 1.22 * 0.00524 (22+6)$$

$$\boxed{q_s = 0.179\ KW} = q_t$$ Ans

لا توجد أي معلومة تحتوي على الفرق بالرطوبة داخل وخارج

مثال 8 / 214 غرفة أبعادها (4*6*2.8) فيها جدارات خارجيان يحوي أحدهما على شباك واحد، والأخر بدون شبابيك. درجة حرارة الهواء الخارجي (-8°C) والداخلي (22°C) أحسب الفقد الحراري المطلوب.

الحل

$\dot{V}$ = Volume space * n (4.6)/3600

= 4*6*2.8 * 1/3600

$\dot{V}$ = 0.0187 m³/s

$q_s = 1.22\,\dot{V}(t_i - t_o)$

$= 1.22 * 0.0187(22+8)$

$q_s = 0.684$ kw Ans.

مثال 9 / 215 أوجد الفقد الحراري للغرفة في المثال 8 باستعمال معاملات الجدول (5.4)

الحل على فرض أن الغرفة هي من ضمن مباني النوع (D) من الجدول (5.4) وأن الفرق في درجة حرارة الداخل والخارج هي (30°c) ← معامل الفرق = 10

q = Volume space * Factor ف (5.4)

= 4*6*2.8 * 10

q = 672 w Ans.

4- حسابات أخرى متفرقة:-

A- درجة حرارة المناطق الداخلية غير المكيفة (t_b) (°C)

1- بالحل الحر: درجة حرارة قرب السقف

$t_{roof} = t_{B.L.}\left(1 + 0.036\,\frac{y}{0.3}\right)$

2- بالحل الحر: درجة حرارة قرب الأرضية

$t_{land} = t_{B.L.}\left(1 - 0.036\,\frac{1.5}{0.3}\right)$

$t_b = (t_{roof} + t_{land})/2$

3- بالحل التقسيري:

$t_b = t_{B.L.}$

t_b: درجة حرارة المناطق الداخلية غير مكيفة المحتمة: في حالة عمل التدفئة.

$t_{B.L.}$: درجة حرارة الهواء الداخلية عند مستوى خط التنفس.

y: الارتفاع من مستوى خط التنفس الى السقف

4- تجاور مع غرفة مجاورة غير مبردة

$t_b = t_i + \frac{2}{3}(t_o - t_i)$

5- تدفئة مع غرفة غير مدفئة

$t_b = t_i - \frac{1}{2}(t_i - t_o)$

6- غرف مجاورة تحتوي على مصادر حرارية (طباخات، مدفئات ...الخ)

$t_b = t_o + (5 \to 10)°c$

7- الأرضيات

$t_b = t_i - t_{soil}$ ، $t_{soil} = (10 \to 14)°c$

8- الحمل الحراري للمناطق غير المكيفة

$q = UA(t_b - t_i)$

9- التدفئة بالهواء النافخ

$q = 1.22\,\dot{V}(t_s - t_r)$

$(t_s - t_r) = (6 \to 10)°c$ ← في حال عدم ذكر درجات الحرارة

$(t_s - t_r) = 6°c$ ← مناسبة للأبواب الدوارة عموماً

مثال (10) ص 216

درجة حرارة عند قاع التنضيد في غرفة ارتفاعها (6) متر تبلغ (21 °C)، أوجد درجة حرارة الهواء قرب الأرضية، وعند السقف. ثم أوجد الحمل الحراري المفقود للاعتقاد بأن الغرفة أدناه علمت أن معامل انتقال الحرارة الإجمالي ($3\ W/m^2.°C$) وأن $t_o = -5°C$

الحل

$$t_{roof} = t_{B.L.}\left(1 + 0.036\frac{y}{0.3}\right)$$

$$= 21\left(1 + 0.036\frac{4.5}{0.3}\right)$$

$$\boxed{t_{roof} = 32.3°C} \quad \text{Ans.}$$

$$t_{land} = t_{B.L.}\left(1 - 0.036\frac{1.5}{0.3}\right)$$

$$\boxed{t_{land} = 17.2°C} \quad \text{Ans.}$$

$$t_b = (t_{land} + t_{roof})/2$$

$$= (32.3 + 17.2)/2$$

$$t_b = 24.8°C$$

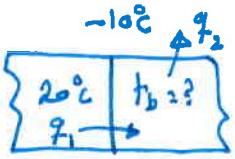
$$q = UA\,\Delta T = 3 * 1 * (24.8 + 5)$$

$$\boxed{q = 89.4\ W} \quad \text{Ans.}$$

مثال (11) ص 219

درجة حرارة الهواء الخارجي شتاءً (-10°C) وفي الداخل غرفة مدفئة (20°C) وضالك غرفة غير مدفئة مجاورة للغرفة المدفئة. أوجد فرق درجات الحرارة التصميمي وكذلك معدل الفقد الحراري بين الغرفتين وكذلك الفقد الحراري الى الخارج من الغرفة غير المدفئة إذا علمت أن ($U = 2.5\ W/m^2.°C$) للنافذة الجدران.

الحل



$$t_b = t_i - \frac{1}{2}(t_i - t_o)$$

$$= 20 - \frac{1}{2}(20 + 10)$$

$$t_b = 5°C$$

$\Delta t_{التصميمي}$ الفرق بين الغرفتين $= t_i - t_b = 20 - 5 = 15°C$

$$q = UA\,\Delta T = UA(t_i - t_b) = 2.5 * 15$$

$$\boxed{q_1 = 37.5\ W} \quad \text{Ans.} \rightarrow \text{بين الغرفتين}$$

$\Delta t_{التصميمي}$ الفرق بين الداخل والخارج $= t_b - t_o = 5 + 10 = 15°C$

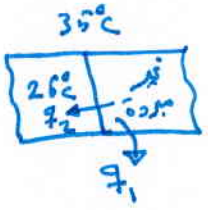
$$q = UA\,\Delta T = UA(t_b - t_o) = 2.5 * 15$$

$$\boxed{q_2 = 37.5} \quad \text{Ans.} \rightarrow \text{بين الداخل والخارج}$$

مثال (12) ص 218

درجة حرارة الهواء الخارجي (35°C) ودرجة حرارة غير مبردة (26°C) وضالك غرفة مجاورة غير مبردة. أوجد معدل انتقال الحرارة بين الخارج والغرفة غير المكيفة. $U = 3\ W/m^2.°C$

الحل



$$t_b = t_i + \frac{2}{3}(t_o - t_i)$$

$$= 26 + \frac{2}{3}(35 - 26)$$

$$t_b = 32°C$$

$$q_1 = U.A(t_o - t_b)$$

$$= 3 * 1 * (35 - 32)$$

$$\boxed{q_1 = 9\ W} \quad \text{Ans.}$$

مثال (13) ص 222

غرفة صيفاً عند (22°C) (40%) يدخلها هواء خارجي (1°C) (50%) بمعدل ($0.006\ m^3/s$)

1- أحسب معدل الماء الواجب تبخيره لمواءمة الهواء الداخل

2- أحسب كمية الحرارة الواجب تجهيزها بالغرفة لتلك الكمية

الحل 1-

$$m_w = \dot{m}(W_i - W_o)$$

$W_i = 0.0066\ Kg/Kg\ d.air$, at $t_i = 22°C \rightleftharpoons \phi_i = 40\%$

$W_o = 0.002\ Kg/Kg\ d.air$, at $t_o = 1°C \rightleftharpoons \phi_o = 50\%$

$v_o = 0.78\ m^3/Kg$

من الخطوط المصورك

$$\therefore \dot{m}_w = \frac{\dot{v}_o}{v_o}(W_i - W_o) = \frac{0.006}{0.78}(0.0066 - 0.002)$$

$$\dot{m}_w = 3.54 * 10^{-5}\ Kg/s * 3600 \rightarrow$$

$$\boxed{\dot{m}_w = 0.128\ Kg/hr} \quad \text{Ans.}$$

مثال (12) ص 218

كما عرض وجود طباخات كثيرة في الغرفة غير المكيفة في المثال (11) أوجد درجة حرارة فيها ومعدل الحرارة المفقودة بين الغرفتين

الحل

$$t_b = t_o + (5 \rightarrow 10)°C = 35 + 8 \rightarrow t_b = 43°C$$

$$q_2 = UA(t_b - t_i) = 3 * 1 * (43 - 26) \rightarrow \boxed{q_2 = 51\ W} \quad \text{Ans.}$$

$$q_L = \dot{m}(w_i - w_o) h_{fg}$$

$$= 1.2 * 2450 * 0.006 (0.0066 - 0.0020)$$

$$\boxed{q_L = 0.082 \text{ kW}}$$ Ans. ②

مثال (10) دار سكن يتوجب على غرفة استقبال وغرفة عائلية وغرفتي منام في الطابق الأرضي إضافة إلى مطبخ وحمام غير مدفأين. يبلغ حمل التدفئة للغرف المذكورة (5.5 kW, 3.5 kW, 4.2 kW) لكل غرفة على التوالي، المراد المحافظة درجة حرارة (21 °C) داخل الدار.

أوجد معدلات تجهيز الهواء الساخن اللازمة لتدفئة غرف الطابق الأرضي لهذا الدار.

الحل

$$q = 1.22 \dot{V} (t_s - t_r) \quad , \quad t_s - t_r = (6 \to 10)^\circ C$$

$$\Delta t = 7^\circ C$$

$$q_1 = 1.22 \dot{V}_1 \Delta t$$

$$5.5 = 1.22 * 7 * \dot{V}_1 \rightarrow \dot{V}_1 = 0.644 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_2 = 1.22 \dot{V}_2 \Delta t$$

$$3.5 = 1.22 * 7 * \dot{V}_2 \rightarrow \dot{V}_2 = 0.410 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_3 = 1.22 \dot{V}_3 \Delta t$$

$$4.2 = 1.22 * 7 * \dot{V}_3 \rightarrow \dot{V}_3 = 0.492 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{V}_t = 0.644 + 0.410 + 0.492$$

$$\boxed{\dot{V}_t = 2.038 \text{ m}^3/\text{s}}$$ Ans. معدل تجهيز الهواء الكلي للدار.

طريقة أخرى هي :-

$$q_t = 1.22 \dot{V}_t \Delta t$$

$$(5.5 + 4.2 + 3.5) = 1.22 * 7 * \dot{V}_t \rightarrow$$

$$\boxed{\dot{V}_t = 2.038 \text{ m}^3/\text{s}}$$ Ans.