

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

الفصل الدراسي الثاني: 2018-2019

السنة الخامسة- شعبة الطاقات المتجددة

المادة: أنظمة التسخين الشمسي-2-

الدرجة القصوى: ثمانون

السؤال الأول : أجب عما يلي بصح أو خطأ مع التعليل: (20 درجة، درجتان لكل منها)

1- يتم إمالة المركز الشمسي الذي يدور حول محور شرق غرب مع ضبط مرة واحدة في اليوم

بزاوية: $\beta = \theta + \delta$ حيث: θ زاوية خط العرض و δ زاوية الانحراف

$$(\cos \theta) = \cos(\theta - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\theta - \beta) \sin \delta$$

2- المردود البصري للمركز الشمسي الخطي ذي القطع المكافئ يساوي $(\tau \rho \gamma)$.

3- يمكن الحصول على أعظم طاقة مفيدة من المراكز الشمسية في حال وجود ملاحقة لأشعة الشمس.

4- المراكز الشمسية ذات القطع المكافئ المزودج CPC والخطية ذات القطع المكافئ تقبل الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر (علل مستعينا بالرسم المناسب).

5- يمكن حساب معامل التركيز لمركز شمسي خطي ذي القطع المكافئ من العلاقة:

$$C = \frac{Wa}{\pi D}$$

حيث: Wa - عرض فتحة اللاقط و D - القطر الخارجي لأنبوب المستقبل.

6- تبلغ نسبة التركيز الأعظمية الممكن الحصول عليها نظرياً من مركز شمسي خطي ذي القطع المكافئ والمستقبل الأنبوبي: 67.5

حيث: $C = \frac{\sin \theta_r}{\pi \sin \theta_m}$ ، θ_m - نصف زاوية القبول و θ_r زاوية الحافة.

7- في المركز الشمسي ذي القطع المكافئ المزودج CPC نحصل على نسبة تركيز مرتفعة بتصغير زاوية القبول.

8- ازدياد الضياع الحراري من الأعلى في وحدة التقطير الشمسي يؤدي الى ازدياد الناتج.

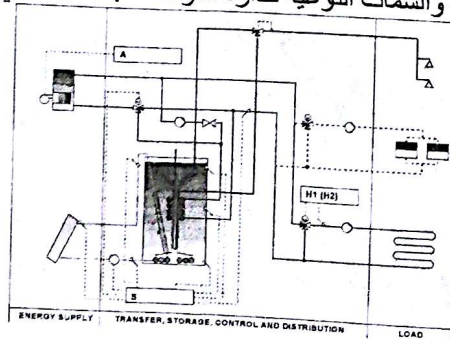
9- المداخل الشمسية لا يمكن بناؤها في البلدان التي تعاني من نقص في مياه الشرب.

10- المداخل الشمسية تنتج الكهرباء فقط عند وجود الإشعاع الشمسي.

السؤال الثاني : أجب عن الأسئلة : (31 درجة)

1- كيف يجب توجيه ريش التوربينات مع مجرى الهواء حتى يولد التوربين الكهرباء في المدخنة الشمسية؟ (4 درجات)

2- ماهي المزايا الرئيسية والسمات النوعية للدارة الموضحة بالشكل التالي: (7 درجات)



جامعة دمشق

جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

الفصل الدراسي الثاني: 2018-2019
السنة الخامسة- شعبة الطاقات المتجددة
المادة: أنظمة التدفئة الشمسي-2-
الدرجة القصوى: ثمانون

الحل الصحيح:

السؤال الأول :

حل الصحيح:
السؤال الأول: إجب عمّا يلي بصح أو خطأ مع التعليل: (20 درجة، درجتان لكل منها)
 1- يتم إمالة المركز الشمسي الذي يدور حول محور شرق غرب مع ضبط مرة واحدة في اليوم بزاوية: $\beta = \theta + \delta$ حيث: θ زاوية خط العرض و δ زاوية الانحراف
 الجواب: (خطأ)، يتم إمالة المركز الشمسي الذي يدور حول محور شرق غرب مع ضبط مرة واحدة في اليوم بحيث يكون الاشعاع الشمسي عمودياً على مستوي الفتحة عند الظهر الشمسي. أي عندما $w = 0$ تكون زاوية الورود مساوية للصفر وبالتعويض في علاقة $\cos \theta$ تصبح المعادلة بالشكل التالي:

$$1 = \cos(\theta - \beta) \cos \delta + \sin(\theta - \beta) \sin \delta$$

$$1 = \cos(\phi - \beta) \cos \delta + \sin(\phi - \beta) \sin \delta$$

وهذا ممكن عندما: $\delta = \beta - \theta$ ومنه: $\beta = \theta + \delta$

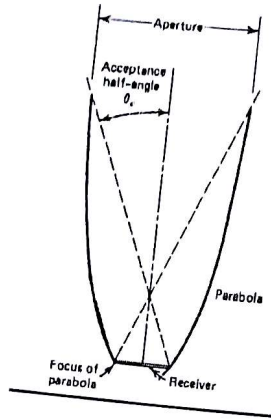
وهذا ممكن عندما: $\delta = \beta - 0$ ومنه: $\beta = 0 - \delta$

2- المردود البصري للمركز الشمسي الخطي ذي القطع المكافئ يساوي (τ_{app}) .
الجواب: (صح)، لأن المردود البصري للمركز الشمسي هو عبارة عن حاصل جداء معامل الانعكاس ومعامل الامتصاصية لأنبوب المستقبل ومعامل الانعكاس للسطح العاكس ومعامل النفاذية ومعامل الاستقبال (الذي يعبر عن أن ليس كل الاشعاع المنعكس سيصل للمستقبل بسبب الملاحظة غير الدقيقة للشمس أو الأخطاء الهندسية).

3- يمكن الحصول على أعظم طاقة مفيدة من المراكز الشمسية في حال وجود ملاحظة لأشعة الشمس.

3- يمكن الحصول على أعظم طاقة مفيدة من الشمس
 الشمس.
 الجواب: (صح)، لأنه عند وجود ملاحظة لأشعة الشمس نضمن تركيز أكبر قدر من الأشعة
 الشمسية عند المحرق أي السطح الماص.
 CPC والخيطية ذات القطع المكافئ تقبيل
 المناسب).

الشمس.
الجواب: (صح)، لأنه عند وجود ملاحظة لأشعة الشمس
 الشمسية عند المحرق أي السطح الماص.
 4- المركبات الشمسية ذات القطع المكافئ المزوج CPC والخطية ذات القطع المكافئ تقبل
 الأشعاع الشمسي المباشر والمنتشر (علل مستعيناً بالرسم المناسب).
الجواب: (خطأ)، المركبات الشمسية ذات القطع المكافئ المزوج CPC تقبل الأشعة الشمسية
 المباشرة والمنتشرة على عكس المركز الشمسي الخطي ذي القطع المكافئ الذي يقبل فقط الأشعة
 الشمسية المباشرة. وهذا يتضح من تصنيع المركز الشمسي CPC كما هو موضح في الشكل
 التالي:



5- يمكن حساب معامل التركيز لمركز شمسي خطي ذي القطع المكافئ من العلاقة:

$$C = \frac{Wa}{\pi D}$$

حيث: Wa - عرض فتحة اللاقط و D - القطر الخارجي لأنبوب المستقبل.
الجواب: (صح)، لأن نسبة التركيز تعطى بالعلاقة التالية:

$$C = \frac{Aa}{Ar} = \frac{Wa L}{\pi D L} = \frac{Wa}{\pi D}$$

6- تبلغ نسبة التركيز الأعظمية الممكن الحصول عليها نظرياً من مركز شمسي خطي ذي القطع المكافئ والمستقبل الأنبوبي: 67.5

$$C = \frac{\sin \theta_r}{\pi \sin \theta_m}$$

حيث: θ_m - نصف زاوية القبول و θ_r زاوية الحافة.
الجواب: (صح)، لأن نسبة التركيز الأعظمية تحدث عندما $\theta_r = 90^\circ$ و $\theta_m = 0.27^\circ$

وبالتعويض في العلاقة السابقة تنتج القيمة (67.5).
7- في المركز الشمسي ذي القطع المكافئ المزدوج CPC نحصل على نسبة تركيز مرتفعة بتصغير زاوية القبول.

الجواب: (صح)، لأن نسبة التركيز من أجل المركز الشمسي CPC تعطى بالعلاقة التالية:
 $C = \frac{1}{\sin \theta_a}$ حيث θ_a نصف زاوية القبول.

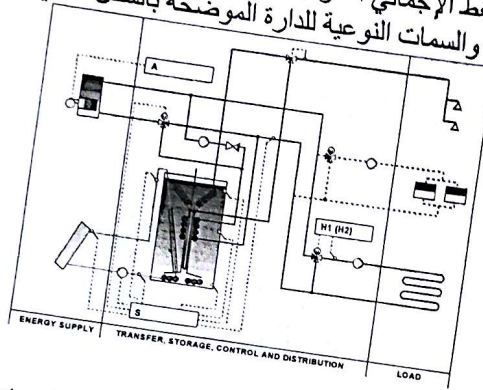
8- ازدياد الضياع الحراري من الأعلى في وحدة التقطير الشمسي يؤدي الى ازدياد الناتج.
الجواب: (صح)، لأن ازدياد الضياع من الأعلى يؤدي الى انخفاض درجة حرارة الغطاء الزجاجي وبالتالي يؤدي الى ازدياد الفرق بين $(T_w - T_g)$ وهو البارامتر الرئيسي الذي يؤدي لزيادة الناتج في المقطر الشمسي.

9- المداخل الشمسية لا يمكن بناؤها في البلدان التي تعاني من نقص في مياه الشرب.
الجواب: (خطأ)، المداخل الشمسية (على خلاف محطات الطاقة التقليدية وأنواع محطات الطاقة الحرارية الشمسية الأخرى) لا تحتاج لمياه تبريد، وهذه ميزة أساسية بالنسبة للعديد من البلدان المشمسمة التي تملك مشاكل جوهريّة مع مياه الشرب.
10- المداخل الشمسية تنتج الكهرباء فقط عند وجود الإشعاع الشمسي.

جواب: (خطأ)، تنتج المداخل الشمسية الكهرباء ليلاً بشكل جيد أيضاً لأن أنابيب المياه المتوضعة تحت السقف الزجاجي تمتص جزء من الطاقة التي يتم إشعاعها خلال النهار وتحررها خلال الليل.

السؤال الثاني: أجب عن الأسئلة : (31 درجة)

- 1- كيف يجب توجيه ريش التوربينات مع مجرى الهواء حتى يولد التوربين الكهرباء في المدخنة الشمسية؟ (4 درجات)
- الجواب: تحدد درجة ميل ريش التوربين أثناء عملية تنظيم إنتاج الطاقة وفقاً لتدفق وسرعة الرياح . فإذا كانت الأطراف المسطحة لريش التوربين عمودية على مجرى الهواء فلن يدور التوربين، وإذا كانت متوازية مع تيار الهواء وساحت للهواء أن يتدفق خلالها بدون أي مقاومة فلن يطبق أي ضغط على التوربين وبالتالي لن يولد الكهرباء. بين هاتين الحالتين المتطرفتين هناك وضع أمثل لتوضع ريش التوربين، حيث يرتفع الإنتاج إذا كان الضغط المطبق على التوربين حوالي ثلثي الضغط الإجمالي المتوفر .
- 2- ماهي المزايا الرئيسية والسمات النوعية للدارة الموضحة بالشكل التالي: (7 درجات)



- الجواب: المزايا الرئيسية : إن قلب هذا الخزان عبارة عن ثلاثة مبادلات حرارية على شكل ثيرموسيفون مع أجهزة تطبيق حراري والتي تنجز عمليات الشحن والتفريغ بدون مضخات. حيث يسخن الماء المنزلي مباشرة عندما يمر من الجزء العلوي من المبادل الحراري. يبنى الخزان بشكل يكون معرضاً للضغط الجوي ويحتوي مادة البوليبروبلين والتي تمنع مشاكل التآكل. فيما يتعلق بالتدفئة المركزية، يعمل هذا النظام كنظام تسخين مسبق .
- السمات النوعية: يتوضع المبادل الحراري الشمسي عند أسفل الخزان وينجز عملية الشحن عن طريق أجهزة التطبيق بمخرجين: المخرج السفلي يسمح بالتسخين المسبق للحجم السفلي للخزان، أما المخرج العلوي فيؤمن الاستعمال الأنّي من حجم الخزان المسخن شمسياً.
- 3- هل يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المسابح المكشوفة؟ وهل يتطلب وجود خزان خارجي؟ علل إجابتك مع ذكر الضياعات الحرارية من المسابح وكيف يمكن تخفيف هذه الضياعات. (6 درجات)
- الجواب: إن أفضل الطرق لاستعمال الطاقة الشمسية هي عملية تدفئة المسابح بالطاقة الشمسية؛ حيث أن توقيت الحاجة للحرارة وتوفر الإشعاع الشمسي مترابطان تقريباً. بالإضافة لذلك، فإنه لا يتطلب خزان حراري خارجي لأن بركة السباحة المكشوفة المملوءة بالماء تلعب دور الخزان حيث أن الماء يسخن فقط في برك السباحة إلى درجة حرارة منخفضة (الحد الأعظمي حوالي 28°C)، إن استعمال سطوح امتصاصية رخيصة أو بسيطة تُنبت على سقف المسبح المكشوف أو في الفراغ المجاور تنتج طاقة عالية المردود.

الضياعات تتضمن الضياعات الحرارية الحملية Q_{conv} وضياعات الإشعاع Q_{rad} وضياعات التبخر ضمن مساحة الماء Q_{evap} بالإضافة إلى ضياعات النقل الحراري ضمن الأرض Q_{trans} . يفقد أيضاً مقداراً صغيراً من الحرارة أثناء تدفق ماء أبرد من الماء المتدفق إلى الحوض بسبب دوران الماء. يمكن التخفيف من هذه الضياعات بتغطية المسبح لمدة عشر ساعات بمواد امتصاصية بالإشعاع والحمل تتناقص بمقدار هام. إن تغطية المسبح لمدة عشر ساعات بمواد امتصاصية نموذجية ينقص ضياعات التبخر بمقدار 30% وضياعات الإشعاع والحمل بمقدار 16%.

4- لماذا ينصح بالتنظيف المستمر لقاعدة المقطر الشمسي؟ (5 درجات)
الجواب: بزيادة تركيز الملح السعة الحرارية للكتلة المائية لعمق مياه معين. هذا يسبب انخفاض درجة حرارة الماء وبالتالي يقلل من $(T_w - T_g)$. وأخيراً يتم تقليل الناتج. هناك مشكلة أخرى مع ارتفاع تركيز الملح، والذي يسبب تدرج عالي في بطانة حوض مما يزيد من تكاليف الصيانة. هذا يقلل من معامل امتصاص الإشعاع الشمسي في الحوض. كما يؤدي تراكم الملح في قاعدة المقطر إلى تكوين طبقات عاكسة لأشعة الشمس مما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المقطر بشكل محسوس. لذا ينصح بالتنظيف المستمر لقاعدة المقطر للمحافظة على الإنتاجية العالية.

5- عدد مزايا المقطرات الانتشارية ذات التأثيرات المتعددة. (4 درجات)
الجواب:
 أ- العمل عند درجات منخفضة نسبياً الأمر الذي يقلل تكوين الرواسب إلى الحد الأدنى، ويقلل من احتمال التآكل بالصدأ و يقلل أيضاً من معدل فقدان الحرارة إلى المحيط.
 ب- تحتاج إلى مساحة أرضية أقل من المساحة المطلوبة للمقطرات الصندوقية التي تعطي نفس الإنتاجية.
 ج- تعطي إنتاجية أكبر من إنتاجية المقطرات الصندوقية التي تستخدم نفس كمية الحرارة.

6- ماهي فوائد استخدام المجففات ذات الدوران القسري؟ (5 درجات)
الجواب: حركة الهواء قسرية أي يتم تدوير الهواء الساخن ضمن المجففة بواسطة منظومة مراوح يتم اختيارها بحسب كمية الهواء اللازمة لإتمام عملية التجفيف وسرعته المطلوبة والذي يعمل إما كهربائياً أو ميكانيكياً، ومثل هذه المجففات تكون أكثر فعالية وأسرع ويمكن استخدامها من أجل تجفيف كميات كبيرة من المنتجات الزراعية، وهذا النوع يسمح بإمكانية عالية بالتحكم بعملية التجفيف وبالتالي مواصفات المنتجات المجففة النهائية. ويمكن استخدامها عند درجات حرارة منخفضة ومرتفعة أيضاً ولتجفيف كميات كبيرة من المنتجات الزراعية.

السؤال الثالث: حل المسائل التالية: (29 درجة)

المسألة الأولى: (10 درجات)
 احسب الطاقة المفيدة من أجل مركز شمسي خطي ذي القطع المكافئ يتميز بالمواصفات التالية:
 طولها (8 m) وعرض فتحتها (2 m). القطر الخارجي لأنبوب المستقبل (45 mm) وله غطاء زجاجي قطره (75 mm). كمية الإشعاع الشمسي الممتص (350 W/m^2). درجة حرارة دخول وسيط نقل الحرارة للماص (210°C) بمعدل تدفق (0.05 kg/s). درجة حرارة الوسط المحيط 20°C . السعة الحرارية للوسيط العامل 3.26 [kJ/kg K] . المقاومة الحرارية بين الوسيط

معامل داخل أنبوب المستقبل والوسط المحيط $0.09 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ ، والمقاومة الحرارية بين الأنبوب المستقبل والوسط المحيط $0.08 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.
الحل:

$$Q_u = F_R [A_a S - A_r U_L (T_i - T_a)] \text{ (درجة واحدة)}$$

$$A_r = \pi D_o L = \pi (0.045) (8) = 1.13 \text{ m}^2 \text{ (درجة واحدة)}$$

$$A_a = (W_a - D_g) L = (2 - 0.075) 8 = 15.4 \text{ m}^2 \text{ (درجة واحدة)}$$

يلزمنا حساب F_R : (5 درجات)

$$F_R = B [1 - e^{-F'/B}]$$

$$B = \dot{m} C_p / U_L A_r = (0.05) (3.26 \times 10^3) / (1/0.08) (1.13) = 11.53$$

يلزمنا حساب F' :

$$F' = \frac{1/U_i}{1/U_o} = \frac{0.08}{0.09} = 0.888$$

$$F_R = (11.53) [1 - e^{-0.888/11.53}] = 0.854$$

$$Q_u = (0.854) [(350) (15.4) - (1/0.08) (1.13) (210 - 20)] = 2311.137 \text{ [W]} \text{ (درجتان)}$$

المسألة الثانية: (8 درجات)

من أجل مقطر انتشاري معلوم مايلي:
تنتقل طاقة بالحمل من الغطاء الشفاف للوسط المحيط بمعدل (320 W/m^2) ، وتنتقل طاقة بالإشعاع من الغطاء الشفاف للوسط المحيط بمعدل (230 W/m^2) . تنتقل طاقة بالإشعاع من سطح الماء إلى الغطاء بمعدل (85 W/m^2) . معدل الحرارة المنتقلة بالتوصيل من سطح الماء إلى المتر المربع من سطح الغطاء (5 W/m^2) . يمتص الغطاء الشفاف طاقة من الإشعاع الشمسي بمعدل (52 W/m^2) . درجة حرارة الماء في المقطر (60°C) .
الحرارة الكامنة للتبخير (2382 kJ/kg) . معامل امتصاصية الغطاء الشفاف $C_p = 4.18 \text{ [Kj/Kg } ^\circ \text{C]}$
والمطلوب حساب مايلي:
- معدل إنتاج المقطر من الماء العذب والمردود اللحظي للمقطر.
- كمية الحرارة المنتقلة من الماء في المقطر إلى ماء التغذية الجديد الذي درجة حرارته (20°C) .

الحل:
حساب معدل إنتاج المقطر من الماء العذب: (4 درجات)

$$D = \frac{q_e}{L_w}$$

يلزمنا حساب q_e من معادلة الأداء الحراري للغطاء الشفاف:

$$q_{ga} = a_g H_s + q_{cond} + q_r + q_e$$

$$q_e = (320 + 230) - 85 - 52 - 5 = 408 \text{ W/m}^2$$

$$D = \frac{408}{2382 \times 1000} = 1.713 \times 10^{-4} \text{ [kg/s.m}^2\text{]}$$

حساب المردود اللحظي للمقطر: (درجتان)

$$\eta = \frac{q_e}{H_s}$$

$$\alpha_g \cdot H_s = 52$$

بإلزامنا حساب H_s :

وبالتعويض نحصل على:

$$H_s = \frac{52}{0.08 \cdot 408} = 650 \text{ [W/m}^2 \text{]}$$

وبالتعويض في علاقة المردود اللحظي: $\eta = \frac{52}{650} = 0.627$

$$q_f = D \cdot C_p (T_w - T_f) = (1.173 \times 10^{-4}) (4180) (60 - 20) = 28.64 \text{ [W/m}^2 \text{]}$$

المسألة الثالثة (11 درجة):

حدد معامل الفقد العلوي الإجمالي من سطح ماء درجة حرارته 40°C إلى الهواء المحيط درجة حرارته 10°C من خلال الغطاء الزجاجي بحيث تكون درجة حرارة الغطاء الزجاجي 18°C .

$$h_2 = 20.5 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}, \epsilon_g = \epsilon_w = 0.9, \epsilon_{eff} = \left[\frac{1}{\epsilon_w} + \frac{1}{\epsilon_g} - 1 \right]^{-1}$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}, P_w = 2367.69 \text{ N/m}^2, P_g = 1447.18 \text{ N/m}^2$$

$$h_{rw} = \epsilon_{eff} \sigma \left[(T_w + 273)^2 + (T_g + 273)^2 \right] [T_w + T_g + 546]$$

$$h_{cw} = 0.884 \left[T_w - T_g + \frac{(P_w - P_g)(T_w + 273)}{268.9 \times 10^3 - P_w} \right]^{1/3}$$

$$h_{ew} = 16.273 \times 10^{-3} h_{cw} \times \left[\frac{P_w - P_g}{T_w - T_g} \right]$$

الحل:

يتم إعطاء معاملات نقل الحرارة الإشعاعية والحمل الحراري والتبخيري من الماء إلى الزجاج بواسطة المعادلات الواردة في معطيات المسألة.

$$\epsilon_{eff} = \left[\frac{1}{0.9} + \frac{1}{0.9} - 1 \right]^{-1} = 0.82 \quad (\text{درجة واحدة})$$

$$h_{rw} = 0.82 \times 5.67 \times 10^{-8} \left[(40 + 273)^2 + (18 + 273)^2 \right] (40 + 18 + 546) = 5.13 \text{ [W/m}^2\text{ }^\circ\text{C]}$$

$$h_{cw} = 0.884 \left[(40 - 18) + \frac{(2367.69 - 1447.18)(313)}{268.9 \times 10^3 - 2367.69} \right]^{1/3} = 2.517 \text{ [W/m}^2\text{ }^\circ\text{C]}$$

يعطى معامل انتقال الحرارة بالتبخر بالعلاقة: (درجتان)

$$h_{ew} = 16.273 \times 10^{-3} \times \left[\frac{920.5}{22} \right] = 0.68 [W / m^2 \text{ } ^\circ C]$$

الآن نحسب معامل انتقال الحرارة الداخلي الكلي: (درجتان) :

$$h_1 = h_{nw} + h_{cw} + h_{ew}$$

$$h_1 = 5.13 + 2.517 + 0.68 = 8.327 [W / m^2 \text{ } ^\circ C]$$

ومعطى معامل نقل الحرارة العلوي بالعلاقة: $h_2 = 17.1 W / m^2 \text{ } ^\circ C$
يمكن أن يحدد معامل انتقال الحرارة العلوي الكلي من سطح الماء إلى الهواء المحيط من خلال
الغلاف الزجاجي بالعلاقة: (درجتان)

$$U_i = \left[\frac{1}{17.1} + \frac{1}{8.327} \right]^{-1} = 5.6 [W / m^2 \text{ } ^\circ C]$$

د.م. أمينة فارس

د. ثناء حسن