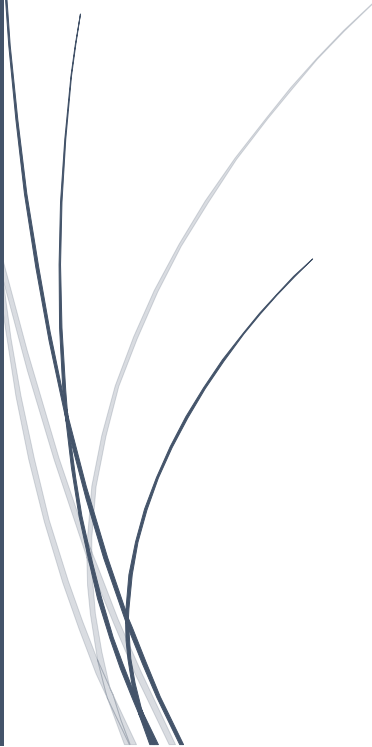


## المجمعات الشمسية المركزة





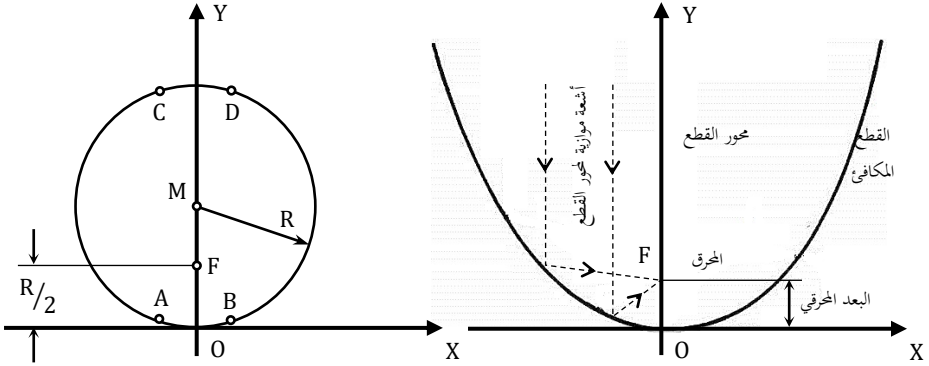
## المجمعات الشمسية المركزة

### 1-5 الشكل الهندسي للقطع المكافئ:

في القطع المكافئ ينعكس كل شعاع موازي لمحور القطع المكافئ إلى نقطة محددة تسمى المحرق. يستفاد من هذه الخاصية في المجمعات الشمسية المركزة. تنعكس كافة الأشعة الشمسية التي تسقط على سطح المرآة المشكلة على شكل قطع مكافئ والموازية لمحور القطع المكافئ ليتم تركيزها في نقطة واحدة هي المحرق مما ينتج عنه درجة حرارة مرتفعة جدا في تلك النقطة.

الشكل (1-5) يبين قطع مكافئ يمكن صياغته رياضيا بالعلاقة التالية:

$$(5 - 1) \quad y = \frac{x^2}{4f}$$



الشكل (2-5) تمثل القطعة الدائرية AB

الشكل (1-5) الأبعاد الهندسية للقطع

عنصر قطع مكافئ

في بعض الحالات يمكن تقريب أجزاء القطع المكافئ إلى عناصر دائرية كما في الشكل (5-2) معادلة هذا العنصر هي:

$$(5 - 2) \quad x^2 + (Y - R)^2 = R^2$$

$$Y = \pm R \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}} + R \quad \text{أو:}$$

ومن أجل عناصر قطع صغيرة حيث  $\frac{x^2}{R^2} \ll 1$  نحصل على التقريب التالي:

$$\langle 5 - 3 \rangle \quad \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}} = 1 - \frac{x^2}{2R^2}$$

وبهذا يمكن تبسيط معادلة العنصر الدائري:

$$\langle 5 - 4 \rangle \quad Y = \pm \left( R - \frac{x^2}{2R} \right) + R \quad [m]$$

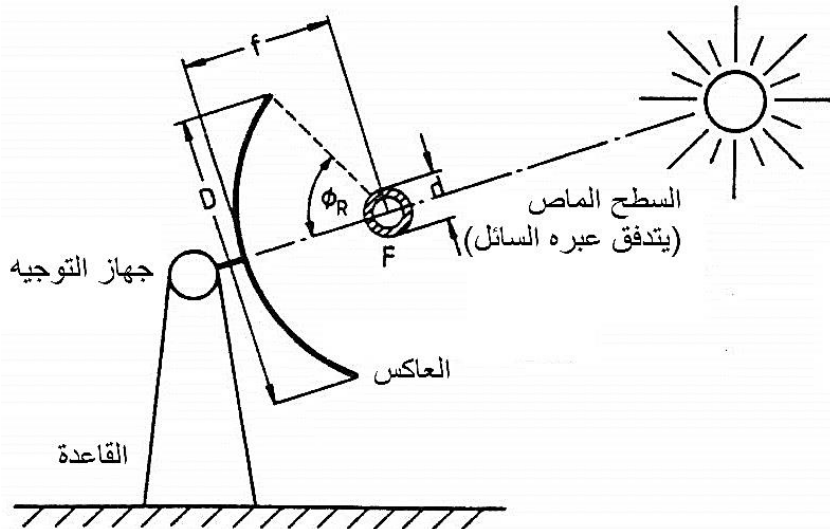
هذه المعادلة تصف كلا العنصرين AB و CD وعند دراسة القطعة AB فقط يكون:

$$\langle 5 - 5 \rangle \quad Y = \frac{x^2}{2R}$$

وحيث أن  $R = 2f$  ومنه:

$$\langle 5 - 6 \rangle \quad Y = \frac{x^2}{4f} \quad \text{وهي نفس المعادلة (1 - 5)}$$

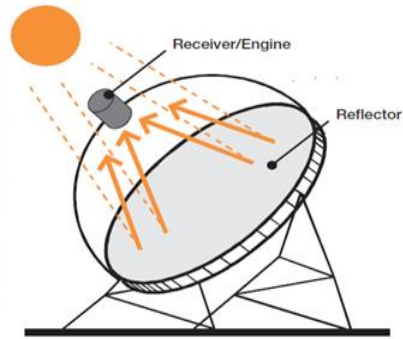
2-5 بناء المجمعات الشمسية المركزة:



الشكل (3-5) بنية المجموع الشمسي المركز

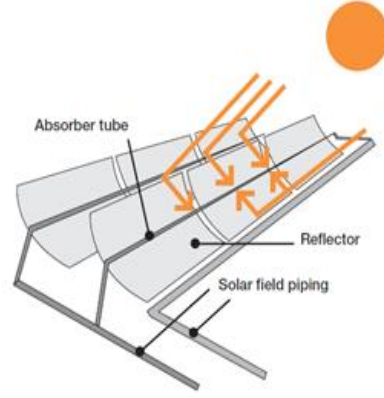
يبين الشكل (3-5) مخططاً رمزياً لبنية مجمع قطعي مركز وطريقة أدائه. يجب أن يبقى محور المرآة موجهاً دائماً نحو الشمس كي تسقط الأشعة موازية للمحور ومن ثم تنعكس كلها إلى المحرق. وهذا يعني في حالة المجمعات المركزة بخلاف المجمعات المسطحة يجب أن توجه بشكل مستمر نحو الشمس وهذا يتطلب تحريكها وفق محورين: شرق -غرب، وشمال-جنوب ويتم ذلك بواسطة محرك وآلة نقل حركة مناسبة. ويسمى هذا التوجيه ثنائي المحاور. وهناك فرق آخر بين المجمعات المركزة والمجمعات المسطحة وهو أنه في المجمعات المركزة يستفاد من الضوء المباشر فقط ولا يمكن الاستفادة من الضوء المنتشر الذي لا يمكن تركيزه.

للسطح الماص الواقع في محرق المجمع المركز وظيفة التقاط الإشعاع الشمسي بأعلى كفاءة ممكنة وتحويله إلى طاقة حرارية محسومة ومن ثم نقله إلى الوسيط الناقل للحرارة المار عبر السطح الماص. يسمى السطح الماص بالمستقبل وله ثلاثة أنواع وهي مستقبل مفتوح أو مستقبل مغلق (بغلاف شفاف) أو المستقبل ذو الحجرة (حجرة مغلقة فيها فتحة صغيرة نسبياً لدخول الأشعة المنعكسة).



الشكل (4-5) مجمع شمسي ذو مجرى قطعي

يبين الشكل (4-5) مجمعاً شمسياً على شكل مجرى قطعي (مقطعه العرضي عبارة عن شكل قطع مكافئ) ويحتاج هذا المجمع للتوجيه وفق محور واحد فقط (شمال-جنوب). السطح الماص عبارة عن أنبوب مغطى بطبقة من ماصة انتقائية ومحاط بأنبوب زجاجي لتخفيض فاقد الحمل والإشعاع. يمكن الوصول لدرجات حرارة عالية حوالي  $400^{\circ}\text{C}$  ويستخدم هكذا مجمع في توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية الحرارية.

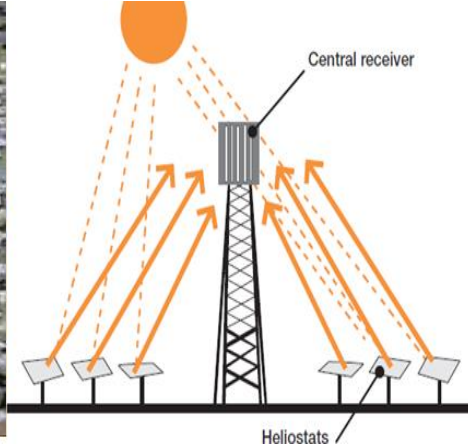


الشكل (5-5) مجمع شمسي ذو مجرى قطعي مركز بمرآة دورانية

أما الشكل (5-5) فيبين مجمع شمسي قطعي مركز بمرآة دورانية وقطر  $5[m]$  تتألف من عدد كبير من المرايا المسطحة الصغيرة المتوضعة على سطح داخلي لقطع مكافئ والسطح المماس له شكل كرة.

يمكن الحصول باستخدام هذه المجمعات على درجات حرارة أعلى من  $4000^{\circ}C$  وتستخدم في المحطات الكهروضوئية لتوليد الطاقة الكهربائية.

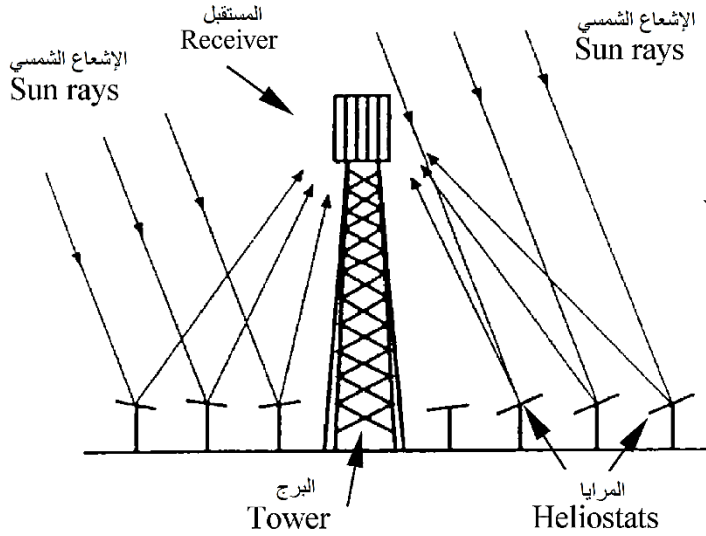
تستخدم أيضاً مرايا مسطحة كبيرة كمجمعات شمسية تسمى هيلوستات.



الشكل (6-5) هيلوستات (مرايا عاكسة موجهة)

يبين الشكل (6-5) هيلوستات بمساحة  $23[m^2]$  وارتفاع حوالي  $5[m]$  ، يتم توجيه العديد من هذه (الهيلوستات) المرايا على مستقبل متوضع على برج وتسمى مثل هذه الأنظمة بالأبراج

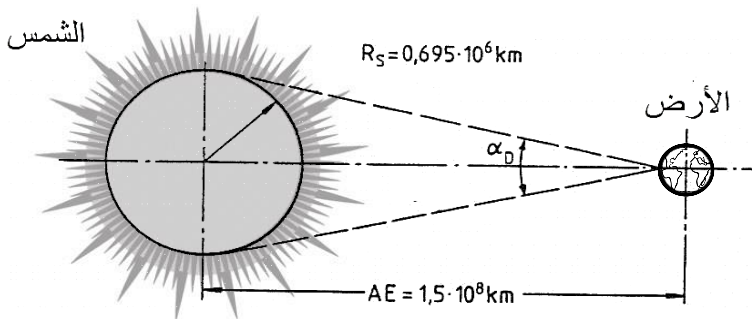
الكهرشمسية. يلعب الحقل ككل دور مرآة قطعية عظيمة محرقها عند المستقبل في أعلى البرج ولتحقيق ذلك توجه المرايا(الهيلوستات) بشكل مستمر ووفق محورين بحيث تبقى الأشعة المنعكسة تصيب اللاقط، الشكل(5-7).



الشكل (5-7) مخطط لنظام برج كهرشمسي

### 3-5 نسبة التركيز العظمى لمجمع قطعي مركز:

إن الأشعة الشمسية التي تصيب الأرض ليست متوازية بشكل تام والسبب في ذلك هو أن المسافة بين الأرض والشمس ليست لا نهائية كما أن القطر الكبير نسبيا للشمس لا يجعلها منبعا نقطيا تماما.



الشكل (5-8) زاوية تفرق الأشعة الشمسية من نقطة على سطح الأرض

يشكل تفرق الأشعة الشمسية زاوية قدرها  $\alpha_D$ .

من الشكل (5-8) يمكن حساب زاوية تفرق الأشعة الشمسية كما يلي:

$$(5-7) \quad \tan(\alpha_D) = \frac{2R_s}{AE}$$

وبما أن  $\alpha_D$  صغيرة جداً يكون:

$$(5-8) \quad \alpha_D = \frac{2R_s}{AE} \quad [\text{rad}]$$

بالتعويض ينتج:

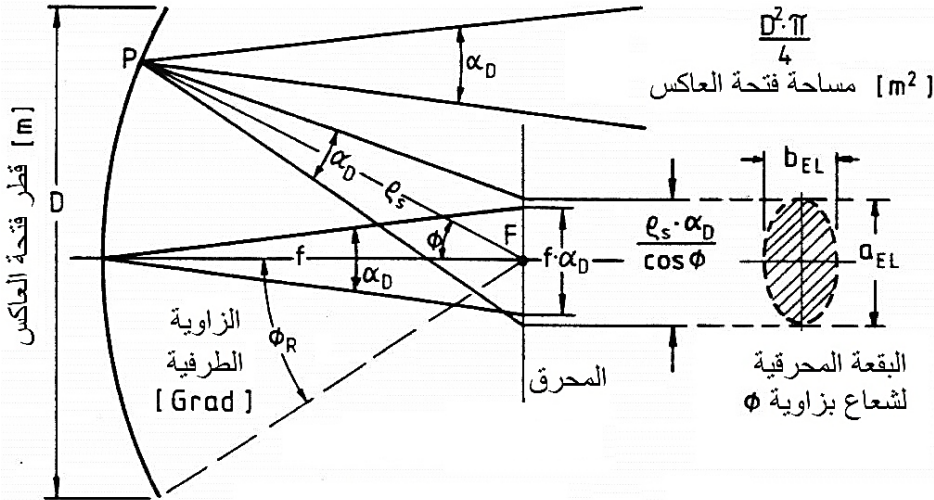
$$(5-9) \quad \alpha_D = 0.00927 \text{ rad} = 0.53^\circ = 32'$$

يختلف شكل ومساحة خيال الشمس في المحرق باختلاف الزاوية  $\phi$  وعند  $\phi = 0$  نحصل على

الشكل الدائري تماماً حيث:

$$(5-11) \quad d_B = f \alpha_D \quad [\text{m}]$$

أما عندما تكون  $\phi > 0$  فإن شكل المحرق يصبح على شكل قطع ناقص.



شكل (5-9) خيال الشمس في المستوي المحرق لمجمع شمسي قطعي

مركز المحور الكبير للقطع الناقص:

$$(5-11) \quad a_{EL} = \frac{\rho_s \cdot \alpha_D}{\cos \phi} \quad [\text{m}]$$



والمحور الصغير:

$$\langle 5 - 12 \rangle \quad b_{EL} = \rho_s \cdot \alpha_D \quad [m]$$

وتكون مساحة خيال الشمس في المستوي المحرق

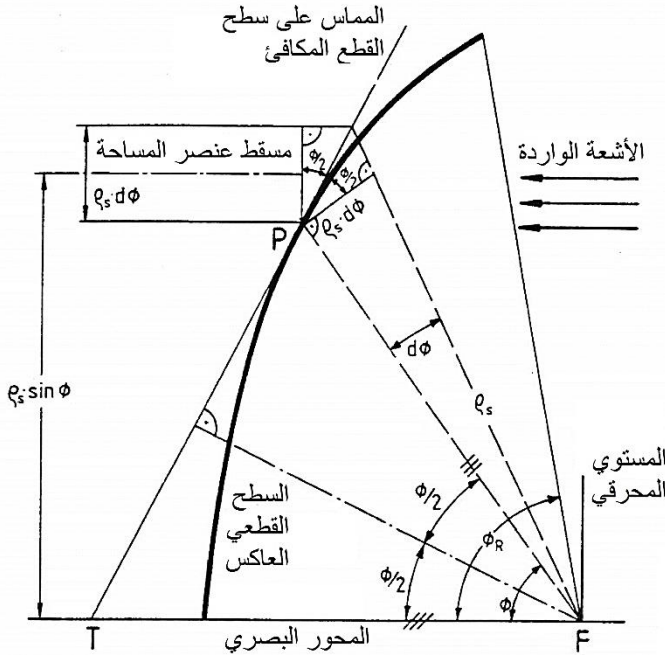
$$\langle 5 - 13 \rangle \quad A_{EL} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\rho_s^2 \alpha_D^2}{\cos \phi} \quad [m^2]$$

يمكن صياغة نسبة التركيز الهندسية C على شكل نسبة مساحات كما يلي:

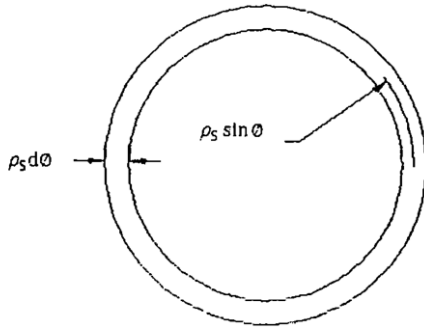
$$\langle 5 - 14 \rangle \quad C = \frac{\text{مساحة فتحة العكس}}{\text{مساحة خيال الشمس في المحرق}}$$

بهذا التعريف تحمل الضياعات الناتجة عن عدم دقة انعكاس الأشعة الشمسية وبالتالي يمكن استعمال هذه النسبة كنسبة لتركيز الطاقة والتي تمثل نسبة شدة الطاقة الواردة إلى العاكس إلى شدة الطاقة المنعكسة والواصلة إلى المحرق.

بسبب تفرق الأشعة الشمسية يكون لهذه النسبة حتما قيمة عظمى يمكن حسابها من إجراء التكامل على مساحة العاكس.



الشكل (5-10)  
إسقاط مساحة القطع  
لحساب نسبة التركيز  
العظمى



الشكل (5-11) مسقط عنصر المساحة  $dA$  على مستو عمودي على الأشعة الشمسية

من الخصائص الرياضية للقطع المكافئ  $FT = FP$  أي أن المثلث  $FTP$  متساوي الساقين  
مسقط عنصر المساحة  $dA$  على مستوي عمودي على الأشعة عبارة عن حلقة عرضها  $\rho_s d\phi$   
بقطر وسطي  $2\rho_s \sin\phi$  فتكون مساحة المسقط  $dA$ :

$$(5-15) \quad dA = 2\pi\rho_s^2 \sin\phi d\phi \quad [m^2]$$

أما نسبة التركيز الهندسية من العلاقة (5-14) بالنسبة لعنصر المساحة هذا فيكون:

$$(5-16) \quad dC = \frac{dA}{A_{EL}}$$

وبالتعويض من العلاقة  $\langle 5 - 15 \rangle$  و  $\langle 5 - 13 \rangle$  ينتج:

$$\langle 5 - 17 \rangle \quad dC = 8\sin\phi\cos\phi \frac{d\phi}{\alpha_D^2}$$

بالتكامل من  $\phi = 0$  حتى  $\phi = \phi_R$  ينتج:

$$\langle 5 - 18 \rangle \quad C = \frac{4\sin^2\phi_R}{\alpha_D^2}$$

وبتعويض  $\alpha_D$  بقيمتها بالراديان ينتج:

$$\langle 5 - 19 \rangle \quad C = 46211 \cdot \sin^2\phi_R$$

تتعلق نسبة التركيز فقط بقيمة الزاوية الطرفية وتكون نسبة التركيز عظمى فقط عندما  $\phi_R = \frac{\pi}{2}$  وعندما تكون:

$$\langle 5 - 20 \rangle \quad C_{\max} = \frac{4}{\alpha_D^2} = 46211$$

مع التطور التقني أمكن تصنيع عواكس قطعية ذات نسب تركيز تصل إلى (8000÷5000) مرة لكن نسبة التركيز العملية في مجمعات الطاقة الشمسية لا تزال أصغر من ذلك بكثير. يمكن كتابة نسبة التركيز أيضاً على الشكل التالي عندما تكون مساحة السطح الماص على المستوي المحرق مساوية لمساحة البقعة المحرقة أو خيال الشمس في المحرق:

$$C = \frac{\text{مساحة فتحة العاكس}}{\text{مسقط مساحة السطح الماص على المستوي المحرق}}$$

أي:

$$\langle 5 - 21 \rangle \quad C = \frac{A_R}{A_A}$$

4-5 درجة الحرارة العظمى للسطح الماص:

يمكن الوصول إلى درجة الحرارة العظمى للسطح الماص من خلال الموازنة الحرارية لهذا السطح عند عدم تبريد السطح الماص (الحمل=0).

نطلق من الفرضية أن الشمس والسطح الماص هي أجسام سوداء. يتلقى السطح الماص إشعاع مساو للإشعاع الوارد على العاكس أو:

$$(5 - 22) \quad \dot{Q}_s = J_{EV} A_R \quad [w]$$

ويشع طاقة قدرها:

$$(5 - 23) \quad \dot{Q}_R = A_A \sigma T_A^4 \quad [w]$$

حيث  $A_R$  و  $A_A$  هي مساقط السطح الماص والسطح العاكس على مستو عمودي على الإشعاع الشمسي على التوالي  $[m^2]$ .

$$(5 - 24) \quad \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \left[ \frac{w}{m^2 \cdot k^4} \right] \text{ ثابت ستيفان بولتسمان}$$

وبالتالي:

$$(5 - 25) \quad A_A \sigma T_A^4 = J_{EV} A_R$$

نحصل على شدة الإشعاع الشمسي على السطح العمودي على أشعة الشمس عند سطح الأرض من تقسيم كامل الإشعاع على سطح الكرة الإشعاعية والتي يبلغ نصف قطرها  $A_E = 150 \cdot 10^6 [km]$  (عند إهمال الضياعات عبر الغلاف الجوي).

تبلغ مساحة سطح الشمس:

$$(5 - 26) \quad A_S = 4\pi R_S^2 \quad [m^2]$$

مساحة سطح الكرة الإشعاعية:

$$(5 - 27) \quad A_{AE} = 4\pi(AE)^2 \quad [m^2]$$

تبلغ شدة الإشعاع الشمسي:

$$(5 - 28) \quad J_S = \sigma T_S^2$$

ومقدار الإشعاع الشمسي الكلي:

$$(5 - 29) \quad J_S A_S = \sigma T_S^4 \cdot 4\pi R_S^2 \quad [w]$$

وانطلاقاً من أن:

$$(5 - 30) \quad J_S A_S = J_{EV} \cdot (A_{AE})$$

وذلك عند إهمال الفواقد في الغلاف الجوي فيكون:

$$(5-31) \quad J_{EV} = \frac{J_S A_S}{A_{AE}} = \frac{\sigma T_S^4 \cdot 4\pi R_S^2}{4\pi(AE)^2}$$

وبالعودة إلى العلاقاتين <5-22> و <5-23> وحيث أنه عند التوازن الحراري للسطح الماص بدون حمل يكون:

$$(5-32) \quad J_{EV} \cdot A_R = A_A \sigma T_A^4 \quad \text{أو} \quad \dot{Q}_S = \dot{Q}_R$$

نعوض من العلاقة <5-31>:

$$(5-33) \quad \frac{\sigma T_S^4 \cdot 4\pi R_S^2}{4\pi(AE)^2} \cdot A_R = A_A \sigma T_A^4$$

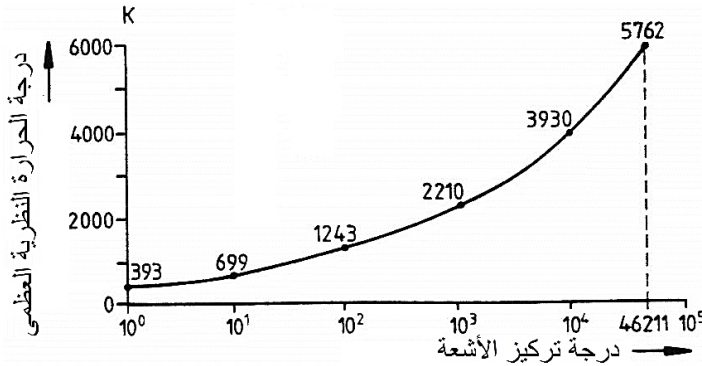
أو:

$$(5-34) \quad \frac{T_A^4}{T_S^4} = \frac{A_R}{A_A} \cdot \frac{R_S^2}{(AE)^2} = \frac{A_R}{A_A} \left(\frac{\alpha_D}{2}\right)^2$$

$$\frac{\alpha_D^2}{4} = \frac{1}{C_{\max}} \quad \text{و} \quad C = \frac{A_R}{A_A} \quad \text{ولكن}$$

$$\frac{T_A^4}{T_S^4} = \frac{C}{C_{\max}} \quad \text{فيكون :}$$

$$(5-35) \quad T_A = T_S \sqrt[4]{\frac{C}{C_{\max}}}$$



الشكل (5-12) العلاقة بين درجة الحرارة العظمى للسطح الماص ودرجة التركيز

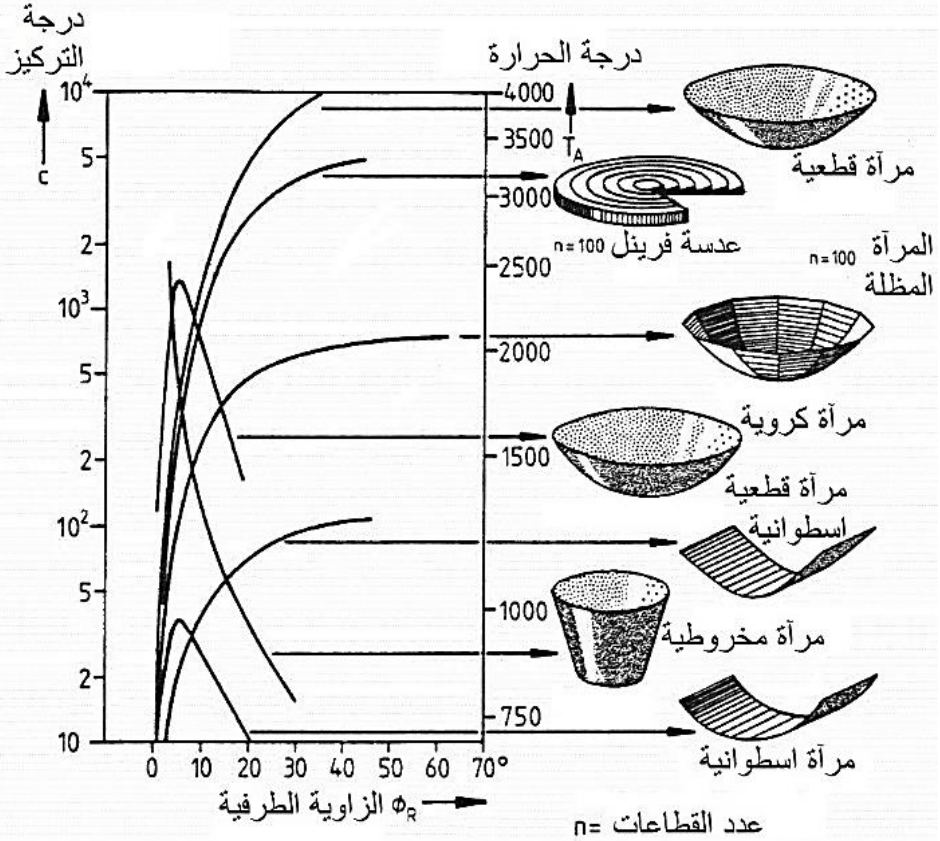
العلاقة السابقة مبينة على أساس أن السطح الماص جسماً أسوداً مثالياً يقوم بإعادة إشعاع كامل الطاقة الشمسية التي يتلقاها السطح الماص.

وفق الشروط المذكورة يمكن وباستخدام مجمع مسطح ذو نسبة تركيز  $C = 1$  الوصول إلى درجة حرارة تبلغ  $120^\circ\text{C}$  وذلك عند حمل مساوٍ للصفر وتبدو هذه الدرجة منخفضة إذا علمنا أننا نستطيع الحصول على درجات حرارة تتجاوز  $150^\circ\text{C}$  عندما تكون شدة الإشعاع الشمسي  $J_{EV} > 900$  ويعود ذلك إلى الغلاف الزجاجي الإصطفائي والطبقة الماصة الانتقائية مما يقلل من إشعاع الأمواج الطويلة من السطح الماص عبر الزجاج.

عندما تكون نسبة التركيز  $C_{\max} = C$  تتساوى درجة حرارة السطح الماص مع حرارة سطح الشمس أي تبلغ  $5752^\circ\text{K}$  ولا يمكن الحصول على درجات حرارة أعلى من ذلك نظرياً لأن ذلك يتناقض مع القانون الثاني للترموديناميك.

يبين الشكل (5-12) العلاقة بين درجة التركيز والحرارة النظرية العظمى التي يمكن الحصول إليها.

5-5 نسب التركيز ودرجات الحرارة لأنماط مختلفة من المركبات الشمسية:



الشكل (5-13) درجة حرارة السطح الماص النظرية ونسب التركيز لأنماط مختلفة من المركبات

كتوابع للزاوية الطرفية  $\phi_R$

نسب التركيز الأعلى يمكن الحصول عليها بالمرآيا القطعية.

5-6 الفواقد الحرارية للمجمعات الشمسية المركزة:

تنتج الفواقد الحرارية للمجمعات الشمسية المركزة بشكل أساسي مما يلي:

a. الانعكاس غير التام عن سطح المرآة.

b. عدم الدقة في تصنيع السطوح.

c. عدم التوجيه الدقيق نحو الشمس.

d. فواقد الانعكاس على السطح الماص.

e. الإشعاع من السطح الماص.

f. الفقد الحراري بالحمل من السطح الماص.

توجد سطوح ماصة مغلقة أي محاطة بغلاف شفاف أو مفتوحة أي بدون غلاف شفاف بالإضافة للواقط ذات الحجرة.

a. الانعكاس غير التام عن سطح المرآة:

يتراوح معامل الانعكاس  $\rho$  للمرايا المستخدمة في التجهيزات الشمسية بين 0.76 و 0.95 حسب المواد المستخدمة وهذا يعني أن مقداراً من الإشعاع الشمسي الذي يتلقاه العاكس ويتراوح بين 5% و 24% لن يصل إلى السطح الماص.

يبين الجدول (1-5) قيمة  $\rho$  من أجل طبقات من مواد مختلفة للمرايا:

الجدول (1-5)

معامل الانعكاس	نوع العاكس
0.76	زجاج مع طبقة النيوم
0.79	تفلون مع طبقة النيوم
0.8	أكريل مع طبقة النيوم
0.86	تفلون مع طبقة فضة
0.87	زجاج مع طبقة فضة
0.95	زجاج خاص مع طبقة فضة

يمكن حساب فواقد الانعكاس من العلاقة التالية:

$$\langle 5 - 36 \rangle \quad \dot{Q}_R = (1 - \rho) \cdot J_{EV} \cdot A_R \quad [W]$$

$J_{EV}$ : الإشعاع الشمسي المباشر على السطح الموجه عمودياً على الأشعة الشمسية  $\left[ \frac{W}{m^2} \right]$

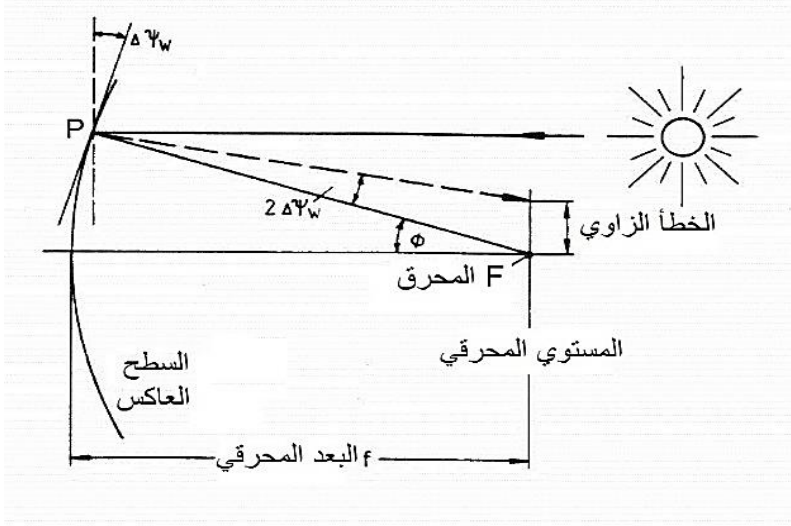


نتيجة تـمـوج سـطـح المـرآة و عـدم مـطابـقة السـطـح لـلتـابـع الـهـنـدسـي تـحـدث انـحـرافـات لـلأشـعـة المـنـعـكـسـة.

$A_R$  : مسـاحـة فـتـحـة العـاكـس  $[m^2]$

**b.** الفـواقـد السـطـحـية:

نتيجة تـمـوج سـطـح المـرآة و عـدم مـطابـقة السـطـح لـلتـابـع الـهـنـدسـي تـحـدث انـحـرافـات لـلأشـعـة المـنـعـكـسـة.



الشكل (5-14) الخطأ الزاوي الناتج عن دقة سطح العاكس

ويـسبب انـحـراف المـماس الفـعـلـي لـنـقـطـة مـن السـطـح العـاكـس بـزاوـية مـقدارها  $\Delta\Psi$  عـن المـماس الـهـنـدسـي التـصـمـيـمـي إـلى انـحـراف الشـعـاع المـنـعـكـس زاوـية قـدرها  $2\Delta\Psi$  مـما يـتـسبب فـي انـحـراف زاوـي و سـقـوط الشـعـاع المـنـعـكـس بـعـيـدا عـن المـحـرق بـمـسـافـة قـدرها:

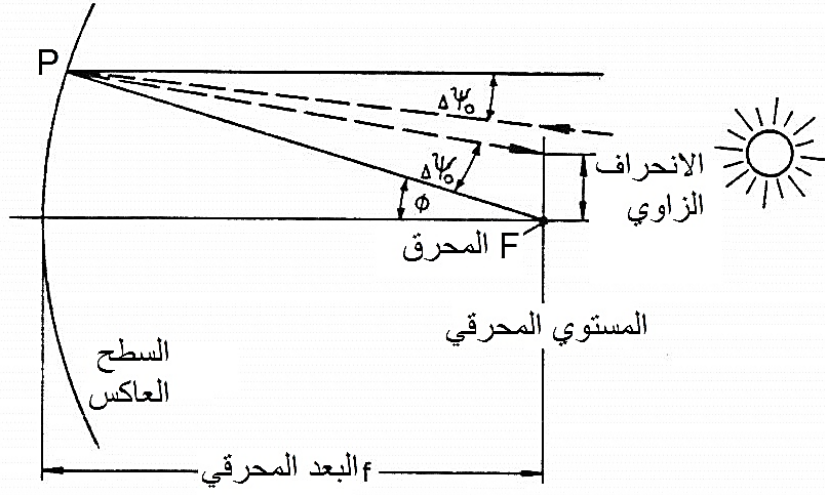
$$\langle 5 - 37 \rangle \quad L = \overline{FP} \cdot 2\Delta\Psi$$

يـبـين الشـكل (5-14) الخطأ الزاوي الناتج عن تـمـوج السـطـح العـاكـس.

**c.** فـواقـد التـوجـيـه:

يـنـتـج الخطأ الزاوي فـي تـوجـيـه المـجـمـع نـحو الشـمـس عـن السـمـاح التـصـمـيـمـي لـجـهـاز التـوجـيـه الخـطـوي غـيـر

المـسـتـمـر و يـسبب انـحـراف زاوـي قـدره  $\Delta\Psi_0$ .



الشكل (5-15) انحراف إشعاع نتيجة خطأ التوجيه

لجهاز التوجيه انحراف زاوي للأشعة المنعكسة مساو له  $\Delta\Psi_0$  أيضاً وانحراف عن المحرق:

$$(5 - 38) \quad L = \overline{FP} \cdot \Delta\Psi_0$$

يتعلق مقدار السماح التصميمي في توجيه العاكس بدرجة التركيز، ففي حالة التركيز الضئيل  $C = (3 \div 10)$  يسمح بانحراف في التوجيه يصل إلى  $\Delta\Psi_0 = 3^\circ$  بينما يكون الانحراف المسموح به عند تركيز  $C = (10 \div 500)$  أقل من  $0.1^\circ$ .

**d, e.** الفواقد بالانعكاس والإشعاع من سطح ماص مفتوح (بدون غلاف شفاف):

كما في المجمعات الشمسية المسطحة يتم تغطية السطح الماص بطبقة سوداء من مواد انتقائية. يتعلق استقرار الطبقة وعمرها بدرجة حرارة السطح الماص، وتؤثر الأشعة فوق البنفسجية UV المركزة بشكل سريع على الطبقة الماصة الحساسة مما يقلل من عمرها. يعطى معامل الانعكاس للسطوح الانتقائية بالعلاقة:

$$(5 - 39) \quad \rho_A = 1 - \alpha_s$$

تتراوح قيمة  $\alpha_s$  للسطوح الماصة الانتقائية بين  $0.86 \div 0.98$  وعندها تتراوح قيمة  $\rho_A$  بين  $0.02 \div 0.14$  حسب طبقات السطح الماص وهذا يعني أن ما بين  $2 \div 14\%$  من الأشعة الواصلة إلى السطح الماص تضيع بالانعكاس.

تحسب الفواقد بالإشعاع من العلاقة التالية:

$$\langle 5 - 40 \rangle \quad \dot{Q}_{A,R} = \rho_A \rho J_{EV} \cdot A_R \quad [w]$$

$\rho$  : معامل الانعكاس للمرآة.

$A_R$  : مساحة السطح العاكس  $[m^2]$

أما الفواقد بالإشعاع للأمواج الطويلة فتحسب من العلاقة التالية:

$$\langle 5 - 41 \rangle \quad \dot{Q}_S = \varepsilon_1 A_A \sigma (T_A^4 - T_a^4) \quad [w]$$

$\varepsilon_1$  : معامل الإشعاع للسطح الماص (تختار سطوح بمعاملات إشعاع صغيرة).

$\sigma$  : ثابت ستيفان بولتسمان  $5.67 \times 10^{-8} [w/m^2 \cdot K^4]$

$T_A, T_a$  : درجات حرارة السطح الماص والهواء المحيط على التوالي.

**f.** الفواقد بالحمل من السطح الماص المفتوح (بدون غلاف شفاف):

في حالة السطوح الماصة المفتوحة يتسبب الريح بشكل رئيسي بمخذه الفواقد لذلك يتم عادة حماية السطوح الماصة بغلاف زجاجي شفاف، لكن يتسبب في فواقد امتصاص وانعكاس على الغلاف الشفاف.

يتم حساب الفواقد الحرارية بالحمل من السطح الماص المفتوح بالطريقة التقليدية من العلاقة التالية:

$$\langle 5 - 42 \rangle \quad \dot{Q}_C = U_A A_A (t_A - t_a) \quad [w]$$

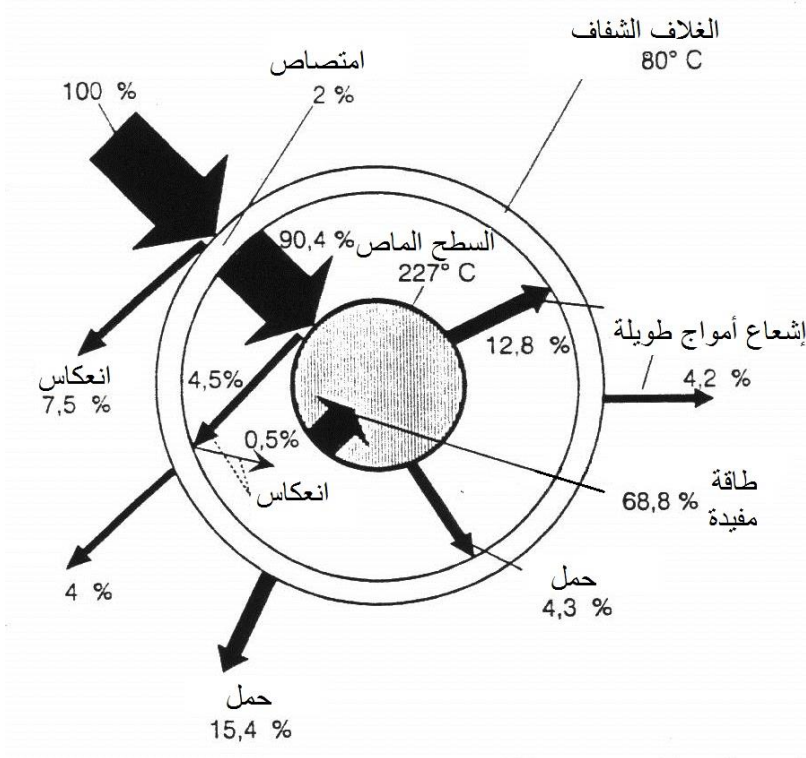
يتعلق معامل الانتقال الحراري للسطح الماص  $U_A$  بالشكل الهندسي للسطح الماص بالإضافة لقوة الرياح.

للتخفيف من هذه الفواقد والتأثير على  $U_A$  تصنع سطوح ماصة على شكل حجرة بنافاذة تدخل منها الأشعة المنعكسة ويتم عزل هذه الحجرات من الخارج مما يقلل أثر الريح ويخفض قيمة  $U_A$ .

## 5-7 السطح الماص المغلف بطبقة شفافة:

من خلال إحاطة السطح الماص بغلاف شفاف يتم خفض الفواقد الناتجة عن الإشعاع والحمل أما فواقد الإنعكاس فتزداد. بشكل عام يتم تحسين مردود المجموع.

الشكل (5-16) يبين تيارات التوازن الحراري لسطح ماص على شكل أنبوب يستخدم في المجمعات القطعية الاسطوانية (مجري قطعي) المركزة.



الشكل (5-16) تيارات التبادل الحراري على سطح ماص مغلق (مغلف بغلاف شفاف)

## 5-8 الاستطاعة المفيدة والمردود:

بإجراء الموازنة الحرارية لمجمع شمسي مركز بسطح ماص مفتوح وبإهمال الفواقد السطحية وفواقد التوجيه للمرآة نحصل على العلاقة التالية:

$$(5 - 43) \quad J_{EV} \cdot A_R = \dot{Q}_R + \dot{Q}_S + \dot{Q}_{A,R} + \dot{Q}_c + \dot{Q}_N$$

$J_{EV}$  : الإشعاع الشمسي المباشر على السطح الموجه عموديا على الأشعة الشمسية  $\left[ \frac{W}{m^2} \right]$

$\dot{Q}_R$  : فواقد الانعكاس عن العاكس [W]

$\dot{Q}_{A,R}$  : فواقد الانعكاس من السطح الماص [W]

$\dot{Q}_c$  : فواقد الحمل من السطح الماص [W]

$\dot{Q}_N$  : الاستطاعة المستفادة [W]

$A_R$  : مساحة فتحة العاكس [W]

$$(5 - 44) \quad J_{EV} A_R = (1 - \rho) J_{EV} A_R + \rho_A \rho J_{EV} A_R \\ + U_A A_A (t_A - t_a) + \varepsilon_1 A_A \sigma (T_A^4 - T_a^4) + \dot{Q}_N \quad [W]$$

$\rho$  : معامل الانعكاس عن العاكس.

$\rho_A$  : معامل الانعكاس عن السطح الماص.

$U_A$  : معامل التبادل الحراري الكلي بين السطح الماص والوسط المحيط  $\left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

بعد تعويض الاستطاعة النوعية المستفادة  $\dot{q}_N = \frac{\dot{Q}_N}{A_R}$  ونسبة التركيز  $C = \frac{A_R}{A_A}$  في العلاقة

السابقة نحصل على:

$$(5 - 45) \quad \dot{q}_N = J_{EV} \cdot \rho (1 - \rho_A) - \frac{U_A}{C} (t_A - t_a) \\ - \frac{\varepsilon_1 \sigma}{C} (T_A^4 - T_a^4) \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

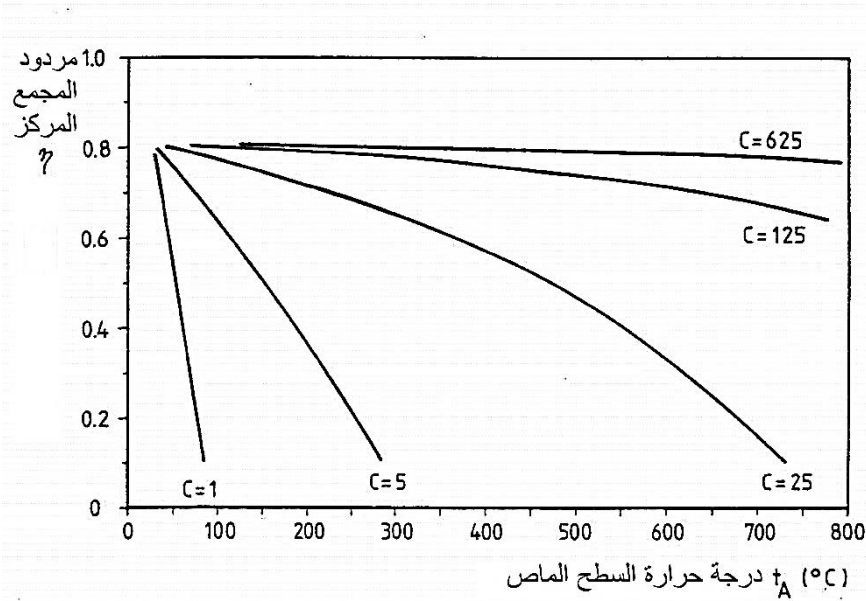
وبتعويض  $\rho_A = 1 - \alpha_S$  في العلاقة (5-45) والإصلاح نحصل على:

$$(5-46) \quad \dot{q}_N = J_{EV} \cdot \rho \cdot \alpha_S - \frac{U_A}{C} (t_A - t_a) - \frac{\varepsilon_1 \sigma}{C} (T_A^4 - T_a^4) \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

لكن مردود المجمع المركز يساوي الاستطاعة المستفاد من واحدة السطح من العاكس مقسومة على الإشعاع الوارد على واحدة السطح من العاكس أي:

$$(5-47) \quad \eta = \frac{q_N}{J_{EV}}$$

$$(5-48) \quad \eta = \rho \cdot \alpha_S - \frac{U_A}{J_{EV} \cdot C} (t_A - t_a) - \frac{\varepsilon_1 \sigma}{J_{EV} \cdot C} (T_A^4 - T_a^4)$$



الشكل (5-17) أثر نسبة التركيز ودرجة الحرارة للسطح الماص على مردود المجمع الشمسي المركز

علاقة المردود بنسبة التركيز ودرجة الحرارة للسطح الماص عند ثبات بقية البارامترات والعلاقة

$$(5-48) \text{ مبينة بيانياً بالشكل (5-17)}$$

نلاحظ أنه مع ارتفاع درجة الحرارة للسطح الماص يتناقص المردود بسرعة لأن الفواقد الناتجة عن الإشعاع تتناسب مع الأس الرابع لدرجة حرارة السطح الماص بينما التناسب خطي بين فواقد الحمل ودرجة الحرارة للسطح الماص.

من أجل قيمة ثابتة لدرجة حرارة السطح الماص بتزايد المردود بشكل كبير مع ارتفاع نسبة التركيز لأن قيمة الفواقد بالإشعاع والحمل تتناقص بسرعة مع تزايد  $C$  لوجودها في مقام الكسر. يتعلق المردود أيضا بشدة الإشعاع الشمسي المباشر لأن الفواقد المذكورة تنخفض عند قيم أعلى للإشعاع وذلك لنفس السبب السابق أي لوجود  $J_{EV}$  في مقام الكسر.