SOLAR

DR.OSAMA AYYADI

2ND SUMMER 2017

Mech Family

Notebooks

NO :

* تعتبر الشمس مصدر طاقة non-renewable

* كيف نحسب مقدار الطاقة اللي بتشعها الشمس؟

يعتمد على Surface temperature و stephen poltzman equation.

كيف احسب Surface temp للشمس؟

طول موجي هو: مسافة تفصل بين الوحدات الموجية المتماثلة

← نحسب الأطوال الموجية اللي بتطلعها الشمس

ونحسب من خلالها Surface temp. ← reversed engineer

* Solar energy

تتحول إلى:

↓ electricity. ↓ Heat

* فصل الصيف و فصل الشتاء؟

* أعلى ارتفاع للشمس يوم ٦/٢١ الانقلاب الصيفي / أطول نهار.

* ١٢/٢١ انقلاب شتوي / أقصر نهار خلال السنة.

* الاعتدالين [~~[illegible]~~ الربيعي والخريفي] تشرق تماماً من الشرق وتغرب تماماً من الغرب ٣/٢١ , ٩/٢١

* قطر الأرض والقمر. والشمس.

* زاوية الشمس بالصيف مرتفعة وبالشتا بتقل.

* عدد ساعات سطوع الشمس بالشتا (٨٣٠) قليلة بالصيف كثيرة.

* Sun path diagram [التواريخ]

* ليه مشروع Shoman ما نجح ← حرب عالمية

← البترول صار تجاري.

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

Utilization

Heat = أولا ⇐ Application *

electricity = direct convergent

Technology , demand , Source *

heating | cooling

↓

demostic hot water.

* عوامل بتخلي ال Solar radition بالصيف اعلى؟

زاوية سقوط اشعة الشمس / عدد ساعات النهار / السما صافية

* رسمة yearly load profile.

* تحلل بينا Hada demand. & resource

عشان اعرف شو انسب technology ممكن استعملها.

* هدف ال storage يخزن اعلى السخنة من النهار لكل

باقي اليوم.. [لأي دقيقة].

[natural circulation] solar collecter +

بيشترط فيه يكون ال storage اعلى من السخان.

المي بتسخن بتقل كثافتها بتطلع للأعلى..

* evacuated tube collecter مفرغة :- ميزتها انو ال thermal losses إلها اقل..

* شو مشكلة ال Solar space heating ؟

maximum heating load at winter while Sun radition = low. فإذا بدي استعملها بدي ازيد المساحة

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

re Source —matching→ demand
Technology

re Source ↓ Solar radiation

demand → Heating | cooling ⇒ Σ (لونه اسود عالرسمة.)

↓ demostic hot water.

* استخدامات الـ Solar thermal systems ؟

1. Heating of demostic hot water (residential app.) (DHW)
2. Space heating (SH)
3. Pool heating
4. District heating/cooling
5. Industrial process heat.
6. Solar cooling

Solar collecter → Thermal collecter

panel. → PV

(1) DHW. ; solar collecter

لونها داكن ← غامق اسود اكثر.

Absorptivity : amount of radiation energy absorbed, reflected, and transmitted. when α

[0,1]

↓ black body = absorb 100% = perfect absorber perfect emitter

Tech Family

PLAN : DATE :

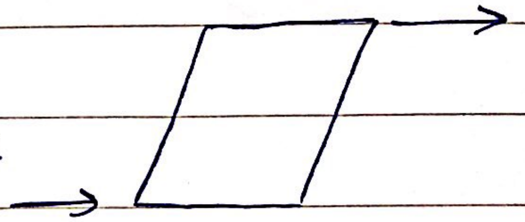
NO :

* absorber: وظيفة الامتصاص / لونها داكنة / تمتص أشعة الشمس.

Series ⇒ Temp ↑

parallel ⇒ Flow ↑

outlet



→ Storge tank

inlet

Supply , return

solar collecter heat exchanger.

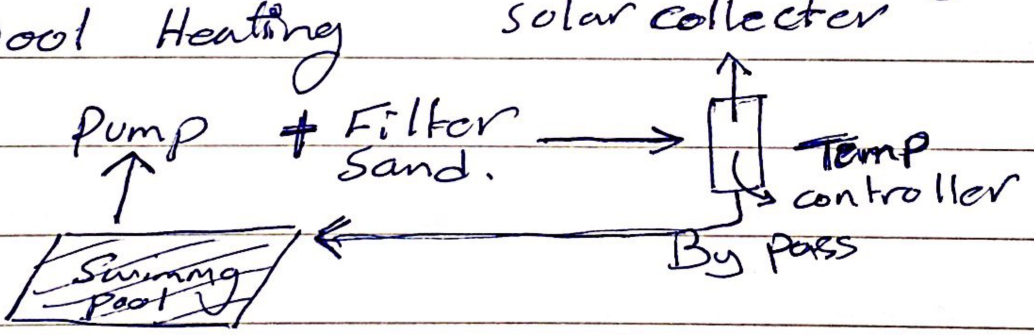
(2) Space heating:

مشكلته لما تكون الشمس أقل ما يمكن بدي heating أعلى ما يمكن.

1) Diffusion (Scattering) / زاوية سقوط الشمس / النهار قصير.

→ absorbtion cycle = cooling

(3) pool Heating



(4) District heating

[tank, Diesel, chemni, غرفة boiler] مشكلة بأخذ مساحة كبيرة عند كل بيت

فهيك بوفر مساحة.

Temp difference & flow rate.

$h = \dot{m} \, c_p \, \Delta T$ مثال جامعة مؤتة.

Mech Family

NO :

District cooling بالخليج مثال شركة الزامل.

chiller, cold storage tank.

(5) Industrial process heating → enviroment → economy.

- اقل من 100° C غذاء ← solar collector.
- بين 400-100° Special types of solar collecter
- فوق 400 تعدين [consentrated solar collecter]

cost, temp = choose the best technology

مصنع الالبان ← الاستخدام

Preheating of proceess water

solar collecter: تسخين اولي بال → boiler بعدين بتروح ع ال

cooking / dislation / تحلية

Solar بالأردن → 80% electricity. → 20% heat

*Electricity: panel + radiation تولد → DC → charge controller → Battery [AC] → inverter → AC

بالجمعية العلمية الملكية 222 KW.

* Shams Ma'an 52 MW [Net Metering القياس الصافي] in Jordan.

PLAN :

NO :

* solar water pumping   عند الآبار.

* street lighting

* ليش الناس بركبوا/ طاقة شمسية؟

1) طاقة بديلة → عن الوقود الاحفوري.

2) متجددة

3) no emission

4) متوفرة بكل مكان

* سلبيات استخدام الطاقة الشمسية؟

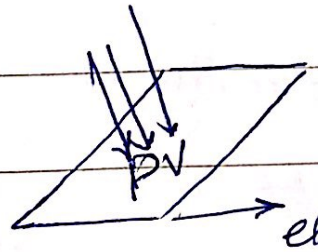
1) Variability.

2) تخزين الطاقة

3) تحتاج مساحات كبيرة → (لأنها) diluted energy source.
مصدر طاقة مخفف

بأشهر الصيف $1000\ W/m^2$ ← amount of solar radiation
الظهر.

$1000\ W/\text{point}$ ← Laser!



$$\eta = \frac{\text{useful output}}{\text{required input}}$$

commerical PV $\eta = 17\%$ max.

بالمختبرات → max. 46%

* mass production: ضخم / انتاج كمي
مثل دقيقة سيارة.

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

* ليش معظم المشاريع تبنى بمعان ؟

1) مساحات واسعة و تضاريسها مستوية. (تركيز → concentrated PV)

2) إشعاع شمسي عالي جداً . [الـ direct عالي]

3) الناقل الكهربائي الرئيسي للأردن عم يمر هناك .

* وين معلومات عن الإشعاع الشمسي ؟

الأقمار الصناعية NASA

orientation / slope / shadow

شمالي/جنوب شرق .. (orientation) ، ⊘ (slope)

معدل الإشعاع الشمسي على الغلاف الجوي → 1367 W/m^2

خلال السنة .

solar constant : معدل الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي

extraterrestrial.

* جزء من الأشعة الشمسية تصطدم بالغيوم ويعكسها

reflection [367] ، داخل الغلاف الجوي في water vapor

Scattering or absorbtion بسبب الغبرة و coz وغيره diffuse radiation

مباشرة من قرص الشمس beam / direct

بالنهاية التي يوصل للأرض 1100 W/m^2 ← max. الباقي ما له attenuation

* solar energy ≡ diluted energy source

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

global / total Solar radiation = direct / beam + diffuse.

PV / collecter → diffuse + Beam

concentrated → only Beam

Clean sky → 1000 W/m^2

covered sky → 100 W/m^2

partly clouded → 600 W/m^2

energy → power * time. → integration for the area under the curve.

solar time → * حسب التوقيت الشمسي آذان الظهر على الساعة 12.

Solar window : 9am – 3pm

X – Y = Beam.

* كم مقدار الطاقة خلال يوم ؟ $\int P dt$.

avg 620 W/m^2 * 14 hr [ساعات النهار]

global → = 8680 Wh/m^2 / day مقدار الإشعاع الشمسي خلال يوم بالصيف.

avg 328 W/m^2 * 9hr = 2952 Wh/m^2 / day ← مقدار الإشعاع الشمسي خلال يوم بالشتا.

Tech Family

PLAN : DATE :

NO :

* بأشهر الشتا معظمها diffuse / الصيف معظمها Beam

الارقام حفظ

↓ * Solar atlas $\xrightarrow{\text{بحصل على}}$ Solar radiation

* الاشعاع الشمسي يوم معين ← 5.6 Yearly avg KWh/m²/day.

بالسنة ← ~~xxxxx~~ 2044 KWh/m²

بالشهر ← 168 KWh/m²

* ex: Solar thermal collecter 15°C to 60°C

كم مقدار الطاقة الي بحتاجها حتى اسخن 100 L باليوم ؟

energy = $\dot{m}\, c_p\, \Delta T = \frac{100\ L}{1000} * 4.18 * (60-15) = 18.81$ KJ

(4.18 → KJ/Kg.K)

KJ $\xrightarrow{/3600}$ KWh → 5.225 KWh

KJ ↓ W * Sec. * 1 hr/3600 Sec

* اذا شركة الكهربا اخذت 10 قروش مقابل كل 1 KWh ⇐ رح ادفع 50 قرش

* كم مساحة السخان الشمسي الي بتغطي هذا الاحتياج اذا كانت كفاءة السخان 50%

بوصل 5.6 KWh/m² ← بحتاج 5.225 KWh

$5.6 * \frac{50}{100} = 2.8$ KWh/m² ∴ 2 m²

PLAN : DATE :

NO :

الفرق بين الـ energy & power

مساحة الي بتلزمني و الاشعاع الشمسي و demand

* Solar radiation in Jordan

↙ اقمار صناعية

↘ grand Based

Satallite images. → uncertainty عالية → بتغطي مناطق كبيرة.

weather Station → دقة اعلى → بتغطي مناطق صغيرة..

* من وين بجيب الـ data؟

PV GIS , Solar atlas , NASA

Meteonorm

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

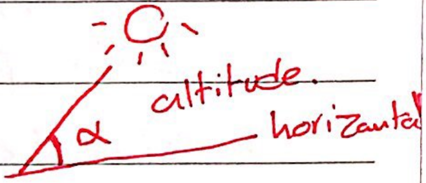
Direction of Solar radiation:

* بحاول اعرف اتجاه اشعة الشمس حتى اضمن اكبر كمية من الاشعة العامودية تسقط على ال PV. وبالتالي اكبر كمية من الطاقة.

* حتى اوصف اتجاه اشعة الشمس بدي زاويتين :-

while the optimal orientation باتجاه الجنوب.

1. Solar elevation/altitude: the angle between the horizon & the centre of the sun's disc.



⇒ elevation @ sunset & sunrise = zero.

⇒ elevation @ noon/midday = اعلى ارتفاع.

* على شو بتعتمد ال elevation angle ؟

1. البعد عن خط الاستواء/ دوائر العرض.

دوائر العرض للأردن ٢٩ عند العقبة - ٣٢ اربد.

29 North of equator خط الاستواء

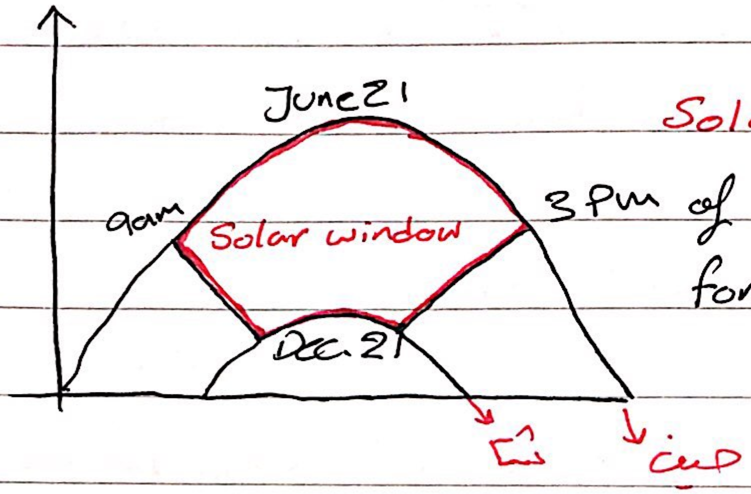
Time → local time. → كل منطقة جغرافية/خط طول نفس التوقيت.

→ Solar time. → بنعتمد من خلال موقع الشمس في السماء.

* أول في الحسابات هي استعمال ال local time لحساب ال Solar time.

Mech Family

Slide no. 32. Sun path diagram



Solar window: the area of sky open to sunlight for a site;

- The upper limit of the Solar window is the Sun's path on the Summer Solstice (8am - 4pm)
- The Lower limit of the solar window is the Sun's path on the winter solstice. (9am - 3pm)

* 6/21 اطول نهار خلال السنة /انقلاب صيفي
قبله النهار كان لسا بطول .. وبعده رح يقل
حتى نوصل لـ 12/21 اقصر نهار، وهكذا..

* اذا اعطاني شهر اعرف المقابل اله وبالتالي اعرف ال Solar window

* 12/21 ← 6/21
5/21 ← 7/21
4/21 ← 8/21
3/21 ← 9/21
2/21 ← 10/21
1/21 ← 11/21

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

* Solar time → apparent motion of Sun.

الحركة الظاهرية للشمس.

* Slide no. 33 ,

في ١٢/٢١ وفي شهر واحد، ما بين الساعة 9am - 10am

فيه عائق لأشعة الشمس، اللي هو الأشجار

وبالتالي ظل .. كمية أقل من الطاقة

بينما في ٧/٢١ بنفس الوقت بتكون الشمس عالية

وبالتالي مافي عائق .. كمية أكبر من الطاقة.

← هيك بكون عرفت متى ووين فيه ظل :-

١. حط الـ panels باتجاه بعيدة عن Shadow

٢. اعرف اذا رح احتاج pv structure عشان اتخلص

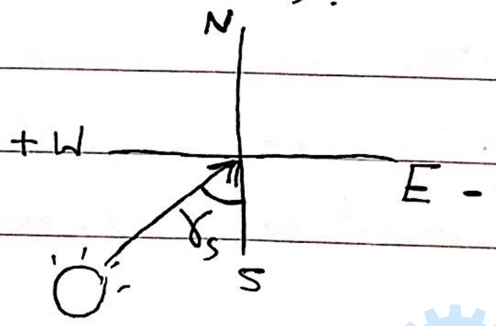
من الـ Shading أو لا؟

٣. اعرف كم رح يوصلني وبالتالي احسب [التأثير]

2. Solar azimuth angle:

قديش الـ projection تبع الشمس مبتعده خط باتجاه

الجنوب، حتى اوصل الشمس باتجاه الشرق او شمال شرقي.
(الجنوب)



Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

* Website : university of uoregon/
Slide no. 35 برسم → Sun path diagram for any site.

* يوم 12/21 ← ارتفاع الشمس 35° بالشتا.
بالصيف 83° تقريباً.

* خط طول الأردن ← 30 east of Greenwich
← كل ساعة 15° وبالتالي الفرق بالوقت
ساعتين من greenwich وقيل لأنه east
← عمان 36°. λ : (longitude)

* دوائر العرض للأردن ← هي بتقع 29 لـ 32
باربد N : (Latitude)

* لتحديد موقع مكان على سطح الارض:
بلزمني [Longitude & Latitude].

* دائرة الاستواء ← equator
المستوى اللي بمر فيها ← equatorial plane.

كل 60 دقيقة ساعة → 31° 57 دقيقة

← طريقة ثانية : نأخذ greenwich refrence
ونلف 360° بالتالي عمان حتكون 324
Longitude of Amman

Mech Family

PLAN :

NO :   DATE :

* زوايا متعلقة بال Surface :

* tilt angle / Slope   * Surface azimuth

ميلان ~   اتجاه

* في حال كان عندي two tracking system

بحتاج ع Sensor & motor

وبالتالي تكلفة زيادة ..

فـ بعمل = Techno-economic assessment

* controlar → time, location, date
  ↳ شدة الاشعاع [Feed back]

* Incidence angle: زاوية سقوط اشعة الشمس

الزاوية بين العامودي على ال Surface والشعاع الساقط من

الشمس. (θ) ← ما بقدر نحسبها الا اذا عرفت ال 4 زوايا

السابقات.) كل ماكانت اكبر هذا شيء سيء [فعالية بعيدة].

* when we've two tracking system, θ = 0

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

Sun position

*Zenith

سمت الرأس.

[الطريقة من عند الـ observer

للسما] ؟

الخط الواصل من عند العامودي

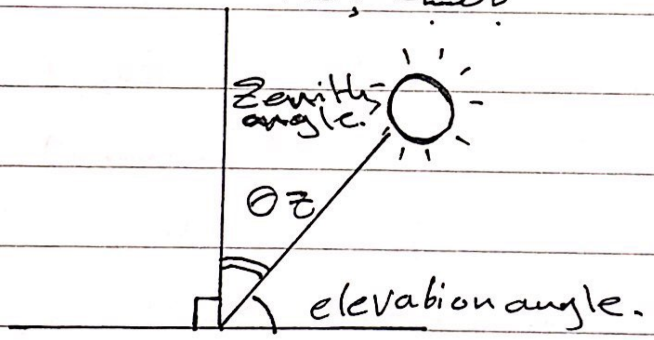
القادم من الـ observer

والمتجه نحو السماء.

* شو وظيفة الـ Zenith line ؟

احدد زاوية اي نجم في السماء

بالنسبة إله.



* لحظة الشروق والغروب

elevation يكون صفر و $\theta_z = 90^\circ$

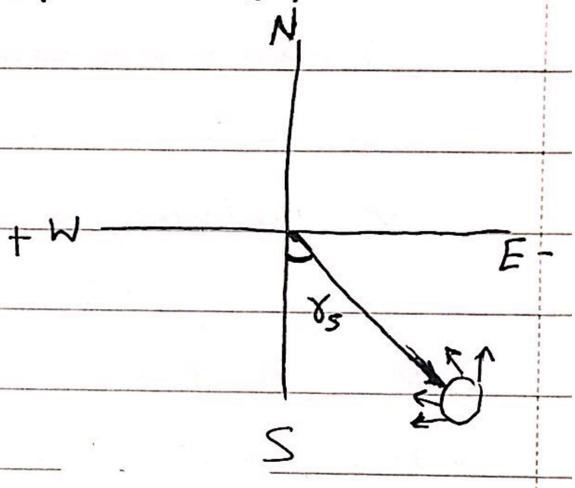
* Solar azimuth

الزاوية اللي يعملها شعاع

الشمس مع الجنوب (S).

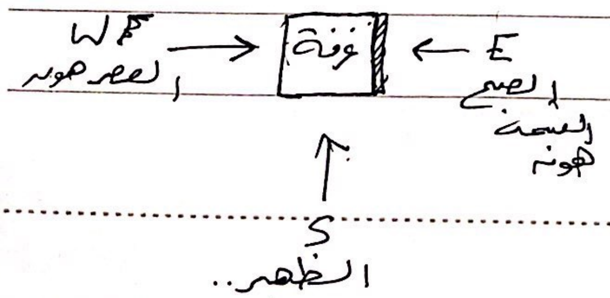
لو كانت باتجاه الـ E باخذها (-)

اذا كانت باتجاه الـ W باخذها +ve



* ليه بنحكي surface ؟

- لأنها أكثر من نوع. - بعطي التأثير.



PLAN :   DATE :

NO :

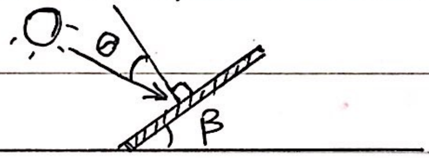
Surface

Slope — tilt angle (β)

Surface azimuth (γ) → مع العامودي على الارض.

Design constrains : cost ، حسب المساحة الي عندي

less cost if I use factory hanger as a Structure for the PV panels.



θ : incidence angle.

⇒ Incidence angle :

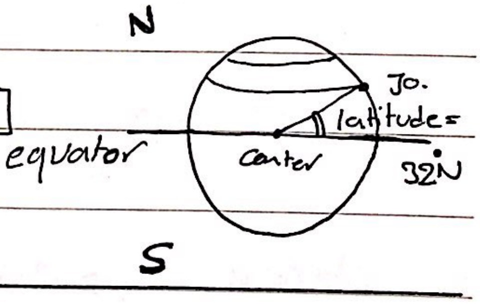
الهدف من إيجاد الاربع زوايا السابقة هو ايجاد ال incidence θ.

وهي الزاوية بين شعاع الشمس و العامودي على ال Surface.

---

* ماهي العوامل التي تؤدي الى تغير (اشعة الشمس)؟ ← وزوايا

1. Day of the year (n) [Date]
2. Time of the day [Longitude] (solar)
3. location [Latitude]



---

* Date n : ترتيب اليوم خلال السنة

1 → 31 , 2 → 28 , 3 → 31 , 4 → 30 , 5 → 31 , 6 = 30

7 → 31 , 8 → 31 , 9 → 30 , 10 → 31 , 11 → 30

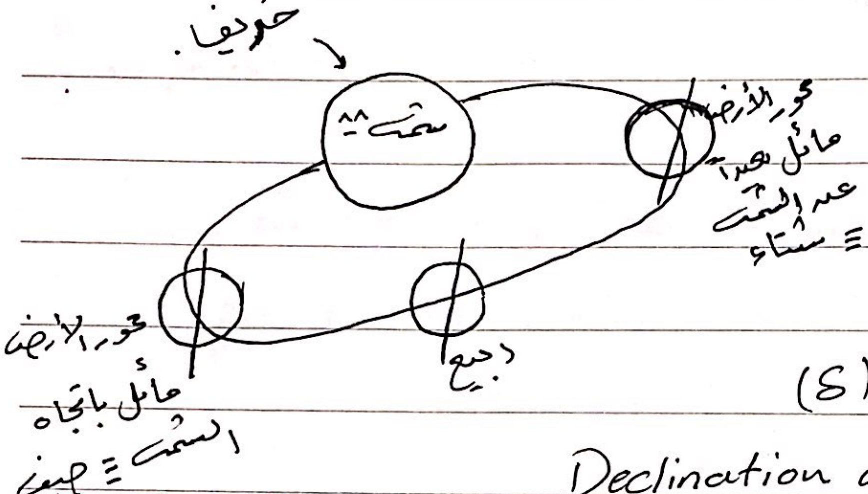
12 → 31

PLAN :   DATE :

NO :

3/7 → n = 212

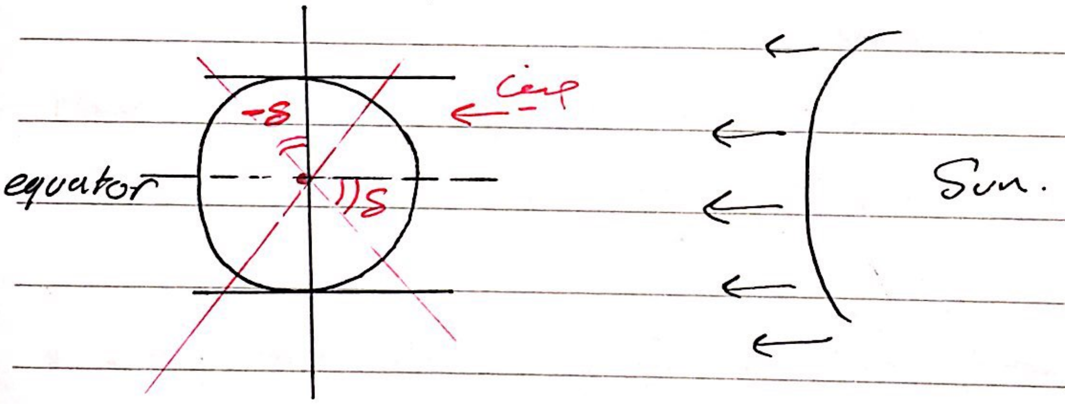
* معرفة n بتفهمني حتى اعرف ميلان محور الارض.
وبالتالي اعرف الفصول.



* ميلان محور الأرض (δ)

≡ Declination angle.

≡ الزاوية ما بين ال equatorial plane و الخط الواصل بين مركز الارض ومركز الشمس.



$\delta = 0 \rightarrow 21/3$ & $21/9$.

$\delta_{max} \rightarrow 21/6 = 23.45°$ Summer Solstice

$21/12 = -23.45°$ Winter Solstice.

Date n → declination angle δ → Zenith angle.

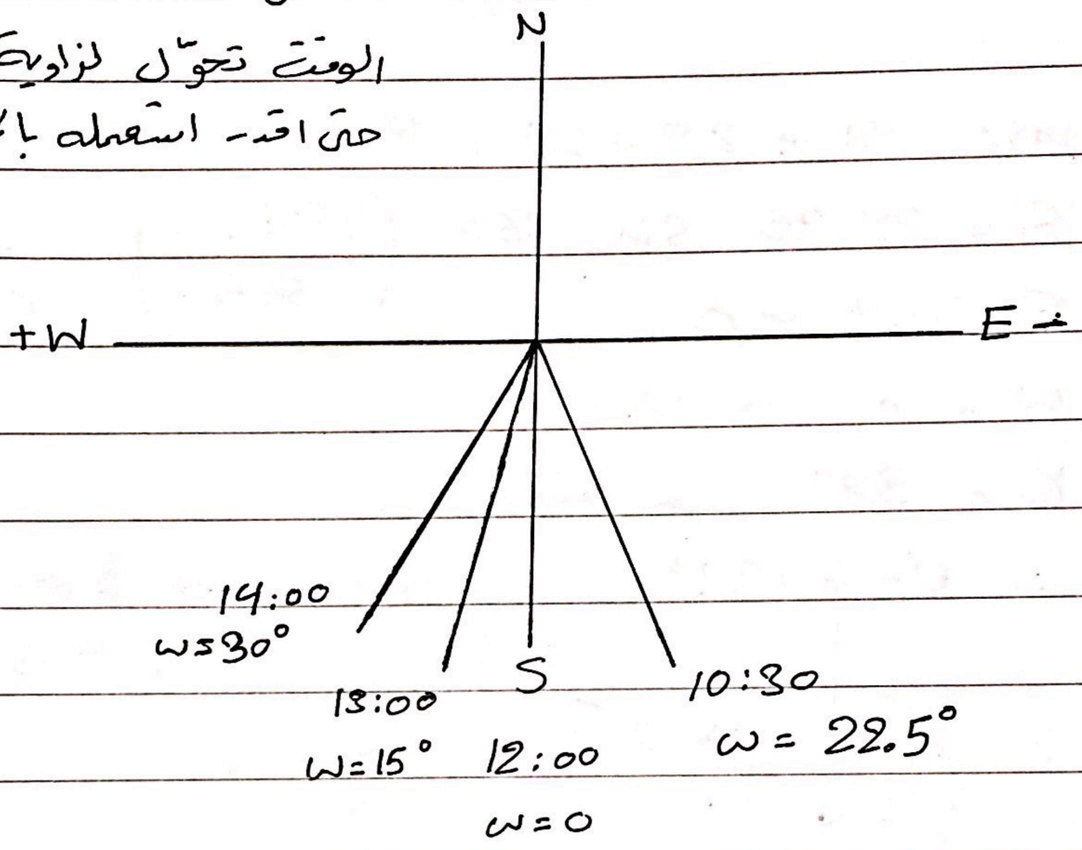
PLAN : DATE :

NO :

Hour angle (ω) → Solar time.

الوقت تحوّل لزاوية

حتى اقدر استعمله بالمعادلات.



Declination angle $\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right)$

ex: $n = 212$.

$\therefore \delta = 18.17°$ [+ve Summer]

ex: 21/3

$n = 80$

$\delta = -0.4$ [approximate eq. لأنها بس صفر يطلع الاصل]

Mech Family

PLAN : ....or find...................... DATE : ....

NO :

Example: (1) calculate (or find) the zenith angle @ 21 march, 12:00 solar time in Amman.

$n = 31 + 28 + 21 = 80$

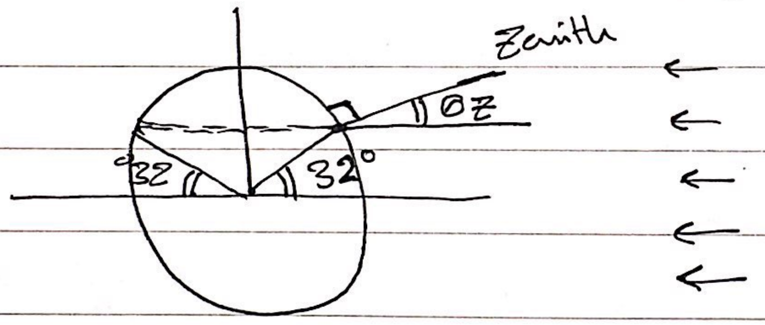
$\delta = 23.45 \sin 360 \left(\frac{384 + n}{365}\right)$ → الـ Sin باخذ بس إشارتها.

$\delta = -0.4 \simeq 0$

$\omega = 0$ @ 12:00

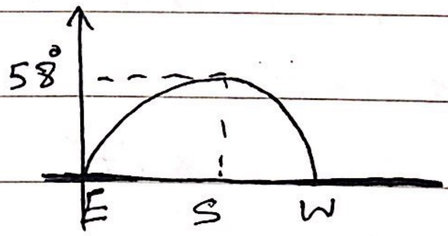
$\phi = 32°$ → Amman.

$\therefore \theta_z = 32°$ → $\cos\theta_z = \cos\phi \cos\delta \cos\omega + \sin\phi \sin\delta$ (→ 0)



* بسبب وجود عامل جهنا العام انو الشمس عامودية علينا على ساعة 12.

* elevation $= 90 - 32$
$= 58°$



Example (2):

21/6. @ 12:00

$n = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 21 = 172.$

$\delta = 23.45°$ → Standard بهذا التاريخ

$\omega = 0$, $\phi = 32°$

$\cos\theta_z = \cos\phi \cos\delta \cos\omega + \sin\phi \sin\delta$

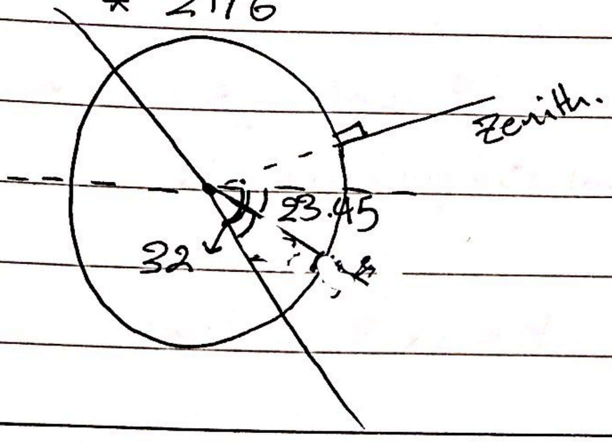
$= 8.55°$

PLAN :

DATE :

NO :

* 21/6



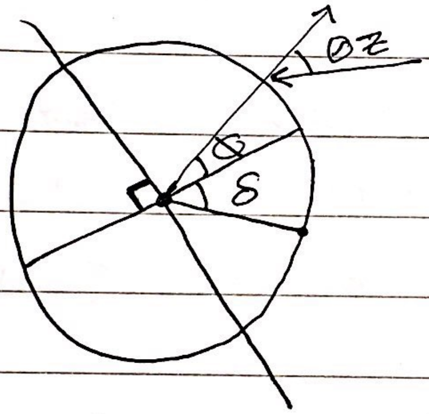
$\theta_z = 32 - 23.45$

$= 8.55°$

$\alpha = 90 - 8.55$

$= 81.45$

* 12/21



$\theta_z = \delta + \phi$

$= 23.45 + 32$

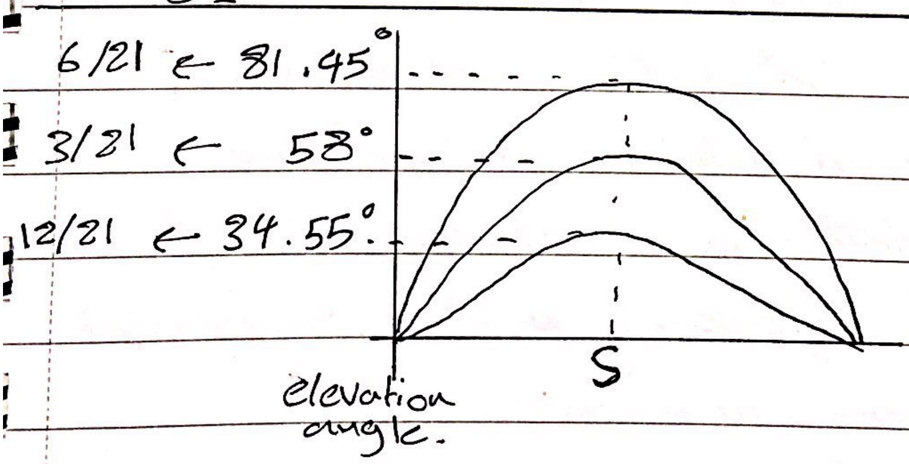
$= 55.45°$

$\alpha = 90 - 55.45$

$= 34.55°$

$n = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 31 + 30 + 31 + 30 + 21 = 355$

$\delta =$

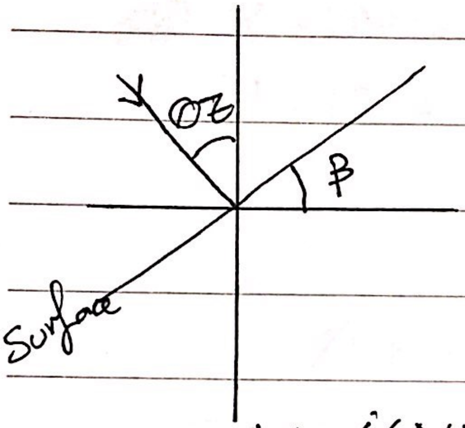


PLAN :

DATE :

NO :

* إذا بدي احطها tilt angle متعامدة مع اشعة الشمس
شو المعادلة اللي لازم احطها بال controlar ؟



$\beta = \theta z$ بحط

* محطة شمس معان ، اللي هي أكبر محطة بالأردن
عبارة عن 52 MW ، محمول فيها single axes tracking system.
ليش ؟ cost ← techno economic assesment.

* global = 805 KW/m^2

$E = \int P\,dt$ خلال سنة → Wh

* Solar energy international convention:

Irradiance = W/m^2 = G ✓ power.

: the rate (P) at which radiant energy is incident on a surface per unit area of surface. / with subscript

G_b → beam irradiance.

G_d → Diffuse irradiance

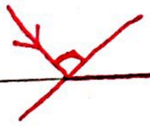
G_n → normal irradiance ↓

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

G → total irradiance.

G_t → tilted irradiance  tilted

G_{bn} = beam irradiance normal to the direction of Sun.

concentrated Solar power (CSP) لـ هذا مهم جداً ←

لأنهم بستفيدوا فقط من الـ beam وعندهم tracking sys.

G_{bt} = beam irradiance on tilted surface.

* Irradiation J/m^2

integration by hour or day, month, year

[energy per unit area on a surface]

* insolation:

الإشعاع الشمسي فقط.

H → used for day

I → used for hour.

H @ Amman = 5.6 $KWh/m^2/day$.

مهم → H_b : beam insolation per day

H_{bn} : beam insolation in surface normal to the direction of the sun.

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

* انواع الاشعاع الشمسي : global ، diffuse.

Weather station by pyranometer بتحسب (لحساب الاشعاع الشمسي الساقط).

→ global :
جهاز ال pyranometer :- هو قوس داخله قطعة لونها اسود (Resistor) بتتغير وتتمدد كمية الاشعاع بناءً على تمددها.

→ Diffuse : = total - global
- beam

* First method → beam measured by pyrheliometer

بيقيس ال direct و بتمنع اي اشعاع diffuse من الوصول.

بيتحرك مع حركة الشمس

* Second method → Shadow ring

انواعها :- attracking , Manual, Automatic

← بتغطي قرص الشمس طول اليوم و بتمنع ال direct من الوصول ، بتقيس diffuse

PLAN : DATE :

NO :

* measure the irradiation on tilted Surface

irradiance (power) W/m^2

→ Irradiation I → hourly

(Insolation) H → H daily } J/m^2, Wh/m^2

KWh/m^2.

Energy $= \int P\,dt$. rate of power.

⇒ on horizontal Surface : (min = 3 , avg = 5.6

↳ Amman Insolation , max = 8) daily H.

* H_T : daily irradiation on tilted Surface.

* Software : optimization to find the best angle to put the Surface.

$H = H_d + H_b$.

$I = I_d + I_b$.

→ avg خارج الغلاف الجوي = $1367\ W/m^2$.

* Declination : الزاوية بين ال equatorial و شعاع الشمس

$-23.45 \leq \delta \leq 23.45$

δ → date اليوم بالسنة.

* Slope → Surface

* Azimuth angle θ_z → time ساعة

* Azimuth (solar) → Location.

* Hour angle ω → 1 hour → 15°

Mech Family

PLAN : DATE :

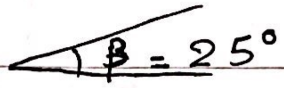
NO :

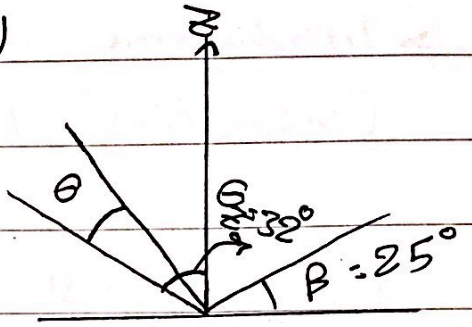
Example: find θ_z, θ.

Amman $\phi = 32°$, march 21

time Solar noon (12:00)

Solution:





$\theta = 7°$

θ_z is a special case of

θ at $\beta = 0$.

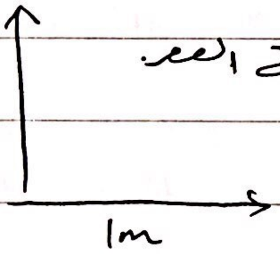
بإتجاه الجنوب.

if $\beta = 0$, $\theta_z = \theta = 32°$.

* كل ما زادت ال β تقل ال θ.

Question:

الطول = الظل.



if $\theta_z = 45$, find solar time, local time.

* Air mass (m) :- نستخدمها لفحص الخلايا الشمسية

$\theta_z = 0 \rightarrow m = 1$ الشمس عامودية

$\theta_z = 60 \rightarrow m = 2$

* STC : Standard test condition

$m_{air} = 1.5$, $\theta_z = 48.2$, $100 W/m^2$, $T_{amb} = 25°C$

$$m = \frac{1}{\cos\theta_z}$$

$m = 0$ خارج الغلاف الجوي

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

* الشمس بتطلع قبل ٤٥ دقيقة من الخط الي انا بعتمده.

in 2-8

$$B = (n-1)\frac{360}{365} = 210.0822.$$

$$E = f(B) = -6.46 = -6:27.$$

Solar time - local time = 24 - 6:27 = 17:33.

local time = Solar time - 17:33 + 60

التوقيت الصيفي.

= 7:28:07.

Example: Solar noon 12:00

Find local time of solar noon:

local time = 12:00 - 0:17:33 + 60

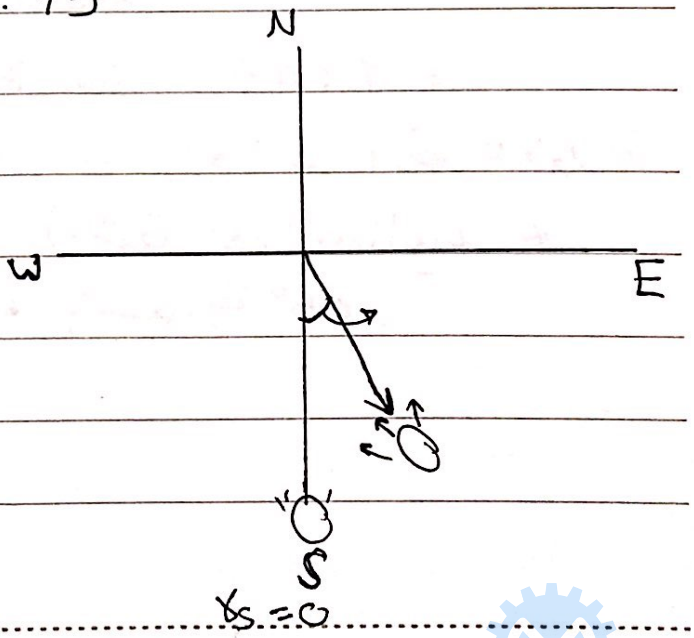
= 12:43:27.

* if time 10:00 am → Anti mearadian ما وصلت خط الطول

pm → post mearadian $\omega = -30$

$\theta = 30.73°$, $\theta_2 = 42.75$

$\gamma_s = -47.46.$



PLAN : DATE :

NO :

Example: 1.6.1

Vertical surface $\beta = 90$

$$\cos\theta = -\sin\delta\cos\phi\cos\gamma + \cos\gamma\sin\phi\cos\gamma\cos\omega + \cos\delta\sin\gamma\sin\omega.$$

$$\cos\theta_z = \cos\phi\cos\delta\cos\omega + \sin\phi\sin\delta.$$

$$\therefore m = \frac{1}{\cos\theta_z}$$

$\cos\omega_s$ (Sunsit) $= -\tan\phi\tan\delta.$

* Steps → n → δ → ϕ for Amman 32° → ω_s

$n = 214$, $\delta = 17.65$

$\omega_s = 101,468^\circ * \frac{1 \text{ hour}}{15^\circ} = 6,76$ يعني 6 ساعات

$= 0.76 * 60 = 45.6$ يعني 45 دقيقة

$\simeq$ 6 : 45 : Solar time.

بالتوقيت الصيفي + 60 دقيقة

$= 7:45$ Sunsit time.

* الوقت من الشروق للظهر = الوقت من الظهر للغروب.

* day time (الشروق للغروب) $= 6:45 * 2 = 13:30$

* خط الطول بأوروبا 5° ، السعودية 45° .

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

$$\text{Solar time} - \text{local time} = 4\,(L_{st} - L_{loc}) + E$$

L_{st} : 30 in Jordan

$4 : \frac{60 \text{ min}}{15°} = 4$

L_{loc} : 36 , 324

↓ اسهل للاستخدام

E : equation of time.

* For Amman : $L_{st} = 330°$ $= 30°$ east

$L_{loc} = 324°$ $= 36°$ east

∴ Solar time − local time $= 4(330 - 324)$

$= 24$ min (constant).

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

EX: local time 8:15. , consider day light Saving:

Amman $L_{loc} = 330°$

$L_{st} = 324°$

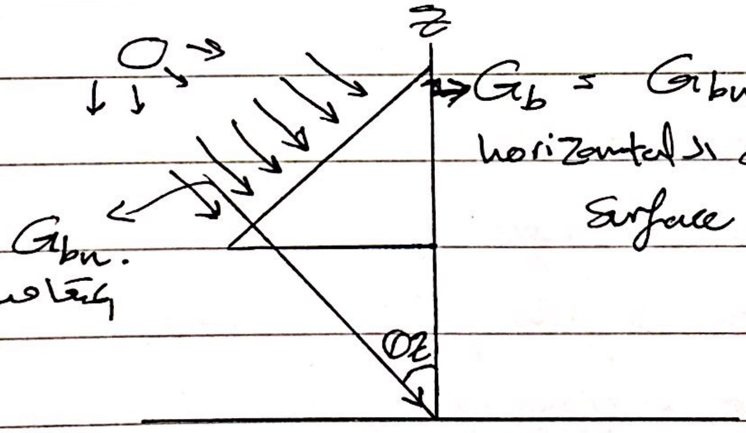
$B = (n-1)\frac{360}{365}$, $n = 215$

$= 211.068$.

E = equation of time =

$229.2\,(0.000075 + 0.001868\cos B - 0.032077\sin B - 0.014615\cos 2B - 0.04089\sin 2B)$.

Solar time $= 4(324-330) + E +$ Standard time



$G_b = G_{bn} \times \cos\theta_z$

بيقيس اللي على ال horizontal surface.

Mech Family

PLAN : DATE :

NO :

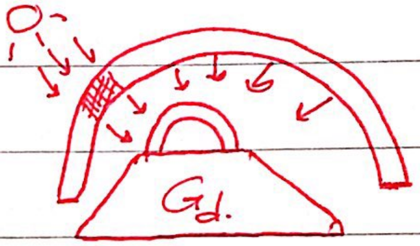
1. pyranometer

G_d. بيقيس

2. pyranometer with ring

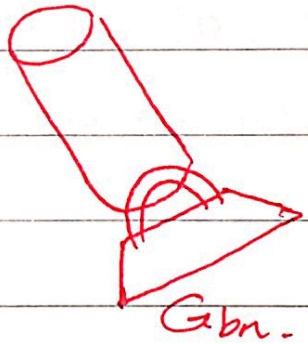
→ diffuse بيقيس Shadow

$G = G_d + G_b$ ... (1)



3. Pyrheliometer

G_{bn}. بيقيس

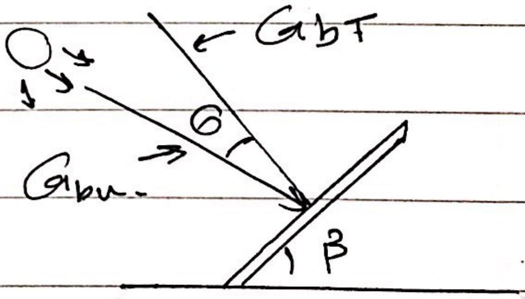


$G_{bT} = G_{bn} \cos\theta$.

θ = incidince angle

كم مقدار ال Beam radiation

اللي بيجي من هاد ال Surface؟



from $G_b = G_{bn} * \cos\theta_z$.

$$G_{bn} = \frac{G_b}{\cos\theta_z} \quad ... (2)$$

Mech Family

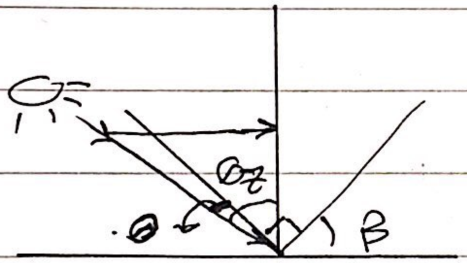
tilted. horizontal.

$$G_{bT} = G_{bn} \cos\theta = \frac{G_b}{\cos\theta_z} \cos\theta \quad \cdots (3)$$

* رح يزيد المقدار الي بحصله من ال Solar radiation. اذا $\theta < \theta_z$

* $\frac{\cos\theta}{\cos\theta_z}$ = Geometric factor = R_b.

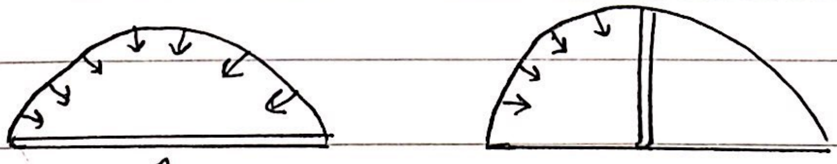
مقدار التحسين الي حصلته كاعلت tilted surface بزاوية معينة.



$\Rightarrow R_b > 1$

if $R_b = 1$ ∴ horizontal surface.

كلما قلت ال incidence بزيد ال factor.



شايف كل السما وجزء من الارض. | شايف نص الارض ونص السما

$\Sigma \frac{1 \mp \cos\beta}{2}$

View factor

دايماً مجموعهم = 1

ρ = Albedo factor = reflectivity of the ground.

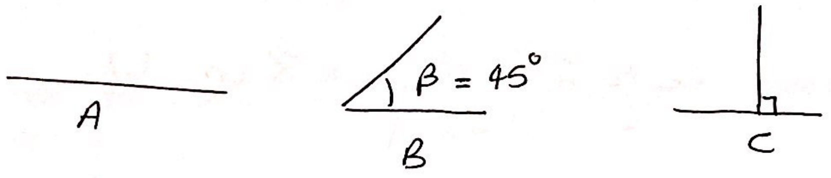
معامل الانعكاس من الارض. للأرض تقريباً بكون 20%.

مهمة جداً ⟶ G_T = Beam + diffuse + Reflected

$$= G_b R_b + G_d\left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + G\rho\left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right)$$

Tech Family

* Solar Radiation:



How much Solar radiation/Energy reaches the Surface?

← بالشتا بما انه الشمس بتكون منخفضة فـ الافضل تكون مائلة بزاوية.

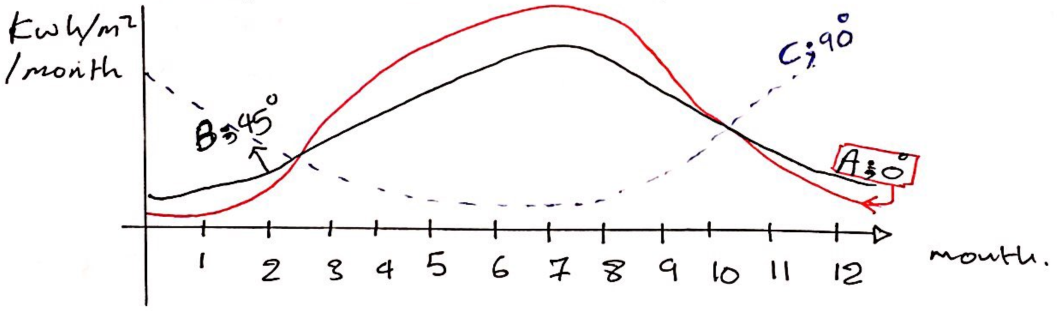
← بالصيف احسن اشي تكون Horizontal.

⇐ حتى اعرف شو الاحسن برسم التأثير لكل وحدة و بحسب المساحة تحت المنحنى

و بشوف مين اعلى energy .. using Software

β	H_T
0	–
10	–
20	–
⋮	

* Radiation on sloped surfaces:



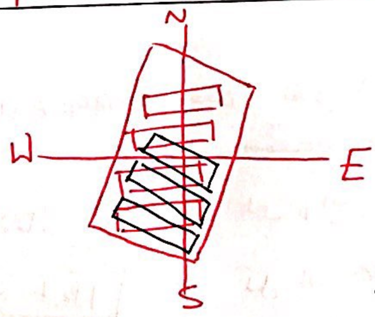
* optimal annually : زاوية تعطيني اكبر كمية من الـ E

* فيه thermal losses due to pipes ← لهيك افضل اختار زاوية باقل خسائر.

* اكثر زاوية بيستعملوها بمجاله هي 45°. لأني بدي تسخين اكثر بالشتا و بالتالي بدي ازيد الزاوية.

* الـ optimal تتفاوت حسب الحاجة [application]

* peak 25° ⇒ 2210 KWh/m²



* المبنى مائل بزاوية ← عندي خيارين

- اعملها مع زاوية المبنى ↓ مساحة اكبر بس Radiation اقل.
- مع الـ South ↓ تقل المساحة اللي بقدر استغلها.

* Reference optimal :- 32° ± 10 ← افضل اشي 27/26.

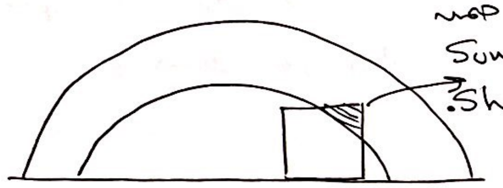
* β = 90° ، ما بنختارها الا في حال Facade integration ؛ عندي واجهة مبنى وبدي استغلها.

* table; Losses due to different slope & orientation.
[على مدار السنة]

* أحيانا بحط ال PV intentionally باتجاه الشرق/الغرب لأنه حاجتي تستدعي ذلك [خضامة [شرق] 6 gym [غرب]].

---

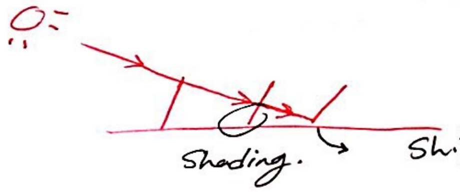
* Shadow : [Slide 15]



← حلول لل Shading ؟

1. ازيد المساحة حتى اعوض ال Shaded.
2. ارفع ال Structure الي عندي وباخذ زاوية جديدة.
3. اغير ال Orientation *

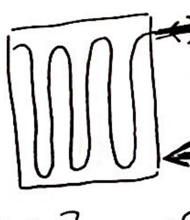
→ shadow effect between collecter rows:



Shifting panels or reduce the tilt angle for Surface

← بالشتا الشمس بتكون منخفضة لهيك احتمال كبير يجيني Shadow.

* مبدأ عمل ال Solar thermal collected:



* مبدأ عمل ال PV panels : مجموعة من ال cells موصولات in series وكل صف موصول in parallel.

* العادة الصفة منها هي اشباه موصلات Semi conductor ، اذا وحدة ما وصلها شمس تتحول لـ معاوقة Resistor.

وبالتالي الطاقة الي راح تاخذها باقي ال PV panels رح تقاوم فيها الي بنفسيها

+ [Hot spot] كل ال Series تعطلت.

Mech Family

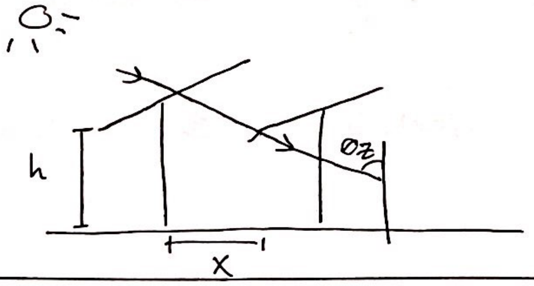
* انا ما بستعمل الهم كلهم Parallel ، لأنه رح يصير عندي عدد كبير من الدوائر.

← حتى احل هاي المشكلة رح احط [By pass diode]

* الـ Shading بيأثر على الـ PV panel أكثر من تأثيره على الـ Solar thermal collecter.

* احسب الظل ؟

*[ارجع للكتاب]



---

* Solar Radiation:

- Quantity
  - kwh/m² / day, hour, month, year.
- Direction.
  - Global / total.
  - Diffuse.
  - Beam / Direct.
- angle.
  - Surface: β, γ
  - Sun: θ_z, γ_s.
  - → θ.

* What is solar Radiation?

⇒ Electromagnatic waves.

* Primary Energy resources:

- Chemical → الروابط بين المركبات
- Mechanical → kinetic & potential
- thermal → like geothermal.
- Nuclear → داخل النوى
- electrical → البرق
- electromagnatic
  - Gama.
  - Visible light
  - ultra Violet
  - infrared.
  - Radiowave.
  - microwave

Mech Family

* بدي مادة تشتغل من خلالها الطاقة Media.

* اي جسم درجة حرارته اعلى من صفر فهو جسم مشع.

* wave length λ: the distance over which wave's Shape repeats [m]

* Frequency: عدد λ في الثانية [HZ] $= \frac{1}{\lambda}$.

* Shadow effect between collecter rows = Rule of thumb.

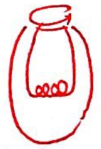
بتقاطع الـ β مع الـ latitude حتى نطلع قيمة لـ $\frac{W}{L}$.

* Sketch UP & Skelion.

* Compact fluorescent Lamp: [CFL]

100kJ →

(2000-3300) k.



Tungsten ↓

⇒ 10kJ visible.

90kJ heat infrared.

$\eta = \frac{\text{Lumen}}{\text{Watt}}$ = Efficacy. = مقدار الإنارة

* هل فيه علاقة بين الطول الموجي و درجة الحرارة؟

كلما زادت درجة الحرارة تزيد الطاقة وتزيد الـ frequency ويقل الـ λ.

* Electromagnatic Spectrum

→ Spectral power: كم الطاقة التي يشعها الجسم عند طول موجي محدد.

* $E_{\text{for black body}} = E_b = \sigma T^4$ = total emissive power [Watt].

* Emissivity: [ε] [0,1] مقدار الانبعاثية الناتجة من Surface مقارنة فيها لو زدت درجة حرارته.

ε for black body = 1

↙ perfect emitter

↘ perfect absorber → تمتص 100% من الساقط عليه

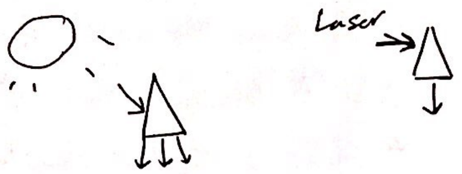
* على ماذا تعتمد الـ ε ؟

Surface [type, color, finishing, Temp.]

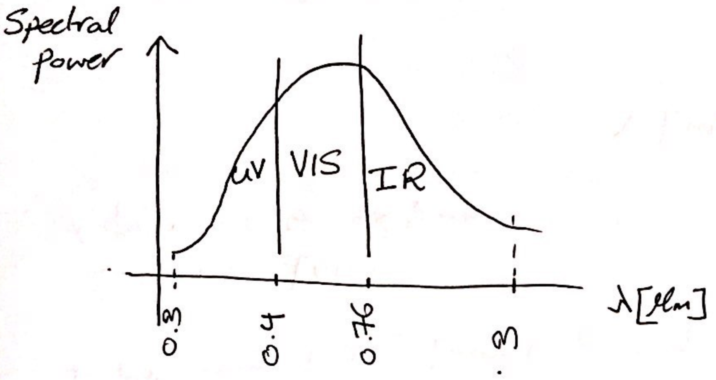
Mech Family

* Laser:

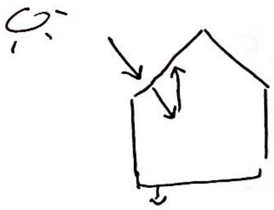
* يتميز بأنه: مُركز، إله λ وحدة، high energy.



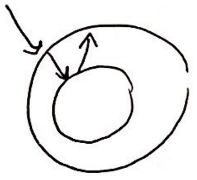
- UV → Ultra Violet → أكبر E لأنه أقل λ
- Visible Light
- IR → infrared → أكبر λ أقل E



* Green House:



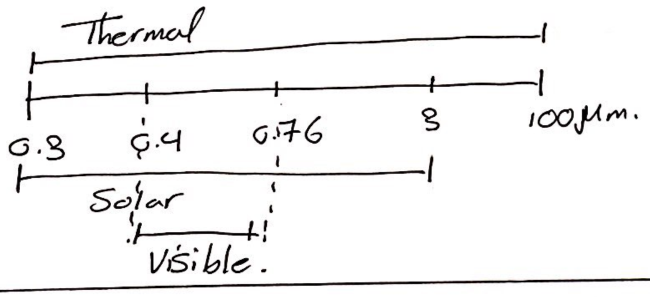
glass.



Green House Gases. [GHG]

ex: CH_4, CO_2, ...

الـ IR بالنسبة إله الزجاج سطح معتم لهيك مارح يمر من خلاله.



* Review Ch13, Heat.

E: total emissive power: كمية الطاقة الي بيشعها الجسم بجميع الأطوال الموجية.

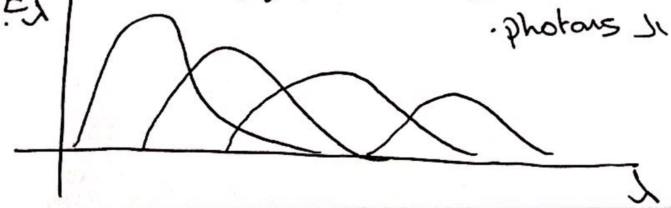
E_b: total emissive power for black body, $E_b > E$

Incandescent lamp.

→ least efficient lighting system

* كلما زادت درجة حرارة الـ surface بتقل الـ λ peak ← ظاهرة اسمها إزاحة للتيار. Wien's displacement law.

← تتحسن نوعية الـ photons.

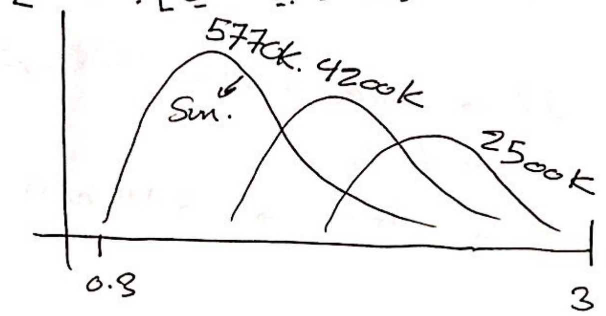


$T_s * \lambda_p$ = constant.

Mech Family

* Spectro Radio meter :

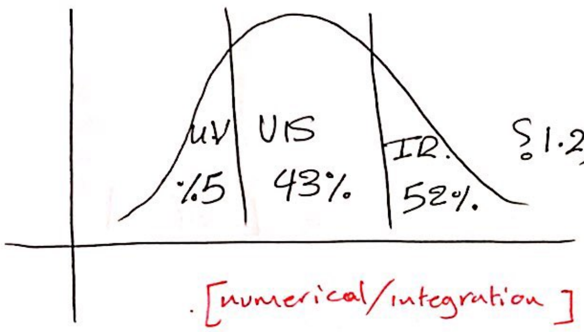
جهاز يقيس الضوء [كمية لكل طول موجي معين] .



* The Sun has an effective black body temp. of 5760K.

* GSc : Solar Constant.

* Spectral irradiance curve :



* طبقة الأوزون تمنع الأشعة الضارة [UV] .

* كم نسبة الطاقة الشمسية التي وصلت على سطح الأرض بطول موجي أقل من 1.2μm ؟

= 5 + 43 + جزء من الـ IR

[numerical/integration] area under curve

78.3% = extratrestrial solar irradiance ⇐ table.13.1.1a ⇐

* Multi junction Solar cell :

مكونة من طبقات كل طبقة من مادة ثانية استفادتها من الشمس مختلفة

$\eta = 49\%$ [بس بالمختبرات]

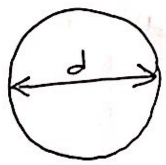
* 2000 kwh/m² توصل

for 1m²

$\eta = 15\%$ → 300 kwh/year → 1m² for 300 kwh/year

$\eta = 50\%$ → 1000 kwh/year → 0.3 m² for 300 kwh/year.

* Home Work :



Sphere → d = 20cm.

Steel → ε = 0.9

Temp. → 800 K.

Find :

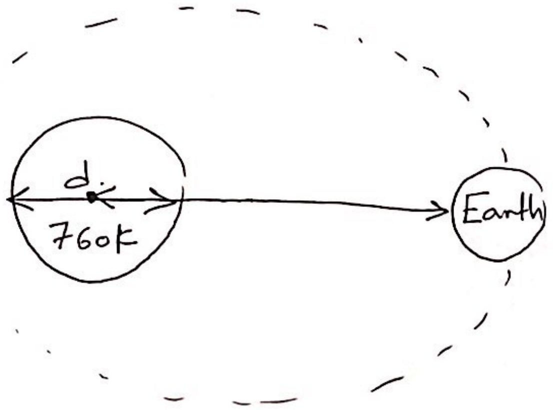
1. Total emissive power.
2. energy emitted during 5min.

Mech Family

* كم W/m^2 يوصل لسطح الأرض ؟

$$\frac{\text{total emissive energy for Sun}}{\text{Area of Sphere}} = W/m^2$$

يوصل للأرض.



W/m^2
α
1 hour

* كم احتياج العالم لسنة كاملة ؟
energy consumption [Use]

* الإشعاع الشمسي لمدة ٦ ساعات يكفي العالم لمدة سنة كاملة.

* Energy yield :

- option (1) : 21,511 % / 12 → 1792 Kwh/ KWp.

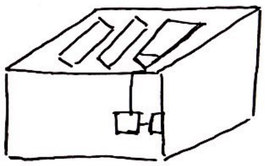
- Option (2) : 25, 362 Kwh/year /15 → 1690 KWh/ KWp.

∴ $\frac{\text{total system production}}{\text{حجم النظام}}$ = Kwh /KWp

⇒ 1 KWp ⇒ Peak : اعلى قيمة بيعطيني إياها النظام عند ال Peak for solar radiation

* حجم الانتاج للنظام بالأردن : 1Kw →(بيعطيني) 1500 - 1700 KWh /year

*



كمية الاستهلاك بالسنة = 2000 kwh

* للجامعة الأردنية :-
كمية الاستهلاك = 29000 GWh

⇒ حجم النظام = $\frac{29000}{1700}$ = 16 MW

* احسب من July & May بالنسبة للخلايا الشمسية ؟ درجة حرارة عالية وحرارة الجو اقل من June.

* Cash flow diagram: to get the pay back time

← كلما زادت الكلفة تقل ال pay back time
← اذا بدك ترجع شركة الكهرباء بتدفع رسوم عشان تعرف اثر ربط الكهرباء على الناقل الرئيسي. [سعة المحول هل تستوعب؟].
← نقل بالعبور :- تاخذ قطعة ارض وتشبك على شبكة النقل الرئيسي [مش التوزيع الصغيرة] ولهيك تُعامل معاملة شركات التوليد.

* NEPCO شركة الكهرباء الوطنية   * JEPCO شركة توزيع

* فاتورة الكهرباء :

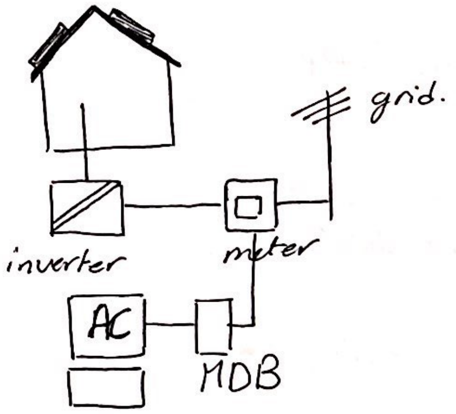
الاستهلاك/KWh	فلس/السعر
0-150	33
151- 300	75
300-500	100
:	:
1000	269.

على ظهر الفاتورة بلاقيها..
بتحاسب على حسب انا من اي فئة..

~~Net Metering~~

* Net Metering:

- ON GRID Sys.



-700 kw استهلاك

+300 kw من الشمس

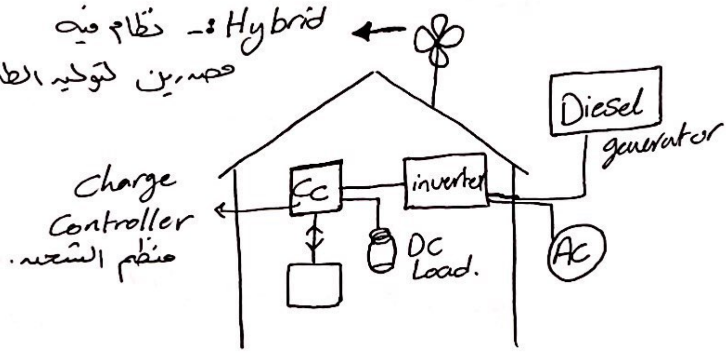
-400 kw ← رح ادفع

* بشتغل مع الشبكة الرئيسية على مبدأ الترحيل للحساب

← اذا كان الانتاج اعلى من الاستهلاك تترحل للشهر الي بعده..

- OFF GRID Sys.

Hybrid :- نظام فيه مصدرين لتوليد الطاقة.



cost for off Grid =
1.25 - 1.5 . cost ضرب on grid

سيئات :-

Storage needed / oversizing / كلفة اعلى /

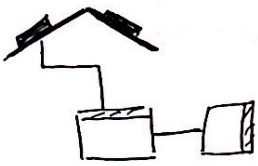
← من موقع JEPCO بحصل على استهلاكي لآخر 12 شهر

4000 kwh / 1560 kwh/year = 2.5 kwp.

استهلاكي ← 4000 kwh ; حفظ ← 1560 kwh/year ; حجم النظام.. ← 2.5 kwp

كم مسموح لي اركب.

* Feed in Tarrif :



500 kwh - 700 kw.

بسجلك كل الي انتجه واستهلكته بشتري منك انتاجك بتعرفة معينة وبيبعك استهلاكك بتعرفة ثانية [أقل] حتى تشجع الناس تقل..

← اذا تعمل بنفس سعر التعرفة بيصير اسمه net metering.

* Self consumption: انتاجك تستهلك فيه والباقي يروح للشبكة..

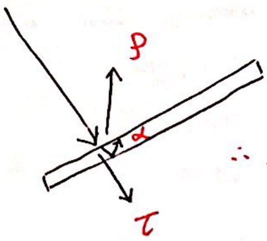
* Isolated system: فيها قاطع بستمر بالتوليد لو فصلت عن الشبكة..

← في حال حصل خلل مع ربط نظامي مع الشبكة، رح يفصل نظامي ⇒ وحدة مدعوم بـ الطاقة الشمسية..

* TESLA → power wall.

↳ Lithium ion battery.

Mech Family



$\therefore \rho + \alpha + \tau = 1$

ρ: reflectivity : مقدار الي تعكس بالنسبة للي ساقط (الانعكاسية).

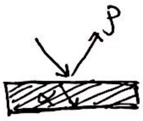
τ: Transmissivity

α: aborptivity , الامتصاصية.

⇒ **Semi transperant:** Surface. سطح شبه شفاف زي الزجاج

* transperant :- شفاف..

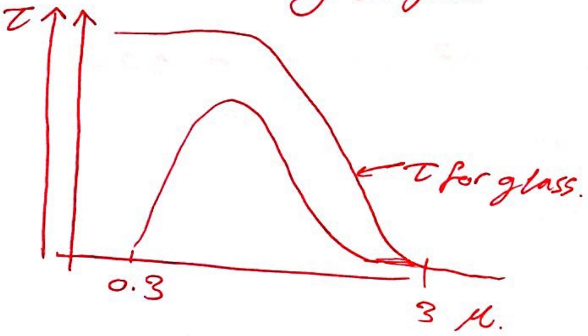
⇒ **Opaque Surface:** سطح مصمت



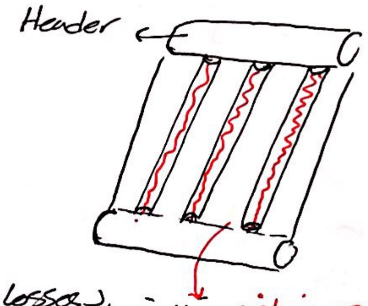
$\rho + \alpha = 1$

← هاي ال properties مش ثابتة على كل الاطوال الموجية ، تتغير خصائص ال optical properties of Surface بتغير الاطوال الموجية للاشعة الساقطة عليه.

* Transmissivity for glass



⇒ **Solar collecter:** used for open Swimming pools. * مجموعة من مطلرات..



absorper α↑↑

← absorptivity عالية جداً ، تبرماتيكه لأني دهنته بلونه اسود.

← مش الهدف اني اسخن ال Surface ولكن الهدف اسخن المي داخل ال pipe.

← الي بهمني τ ، تبرماتيكه theoritically تكون 1 يعني الاشعة الساقطة كاملة.

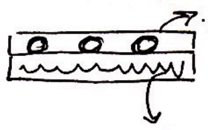
← absorptivity =1 يعني بيتم امتصاص كل الاشعة الساقطة.

بينهم فراغ ، قللت ال losses by conduction ، وحسنت انتقال الحرارة من Surface pipe ومن ال pipe للمي الداخلة.

* **emissivity:** ε الانبعاثية ، قدرة الجسم بيشع مقارنة مع black body الي هو perfect emitter

Mech Family

Losses by Conv. بقلل



* صوف صخري

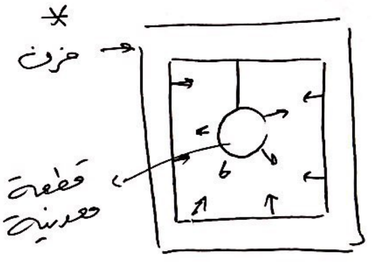
بدل ما يلامس الارضه أو
اي نوع insolation بتحمل
درجة حرارة عالية.
ونحط احطه داخل Frame/container
/ casing حتى اعزله عن
المطر و الرطوبة من الخلف و
الجوانب اقلل ال
losses by conduction.

← لتفحص وسيخن لكنه بفقد حرارة بحالتين:
مع الارضه من الخلف by conduction
ومن خلال ملامسة الهواء من الامام
by convection & conduction.
لهيك لازم اقلل ال Thermal losses.

$\alpha \tau \rho$ from incident Radiation.

ε ؟

تتغير بتغير الطول الموجي. ← $\tau_\lambda,\ \alpha_\lambda,\ \varepsilon_\lambda,\ \rho_\lambda.$

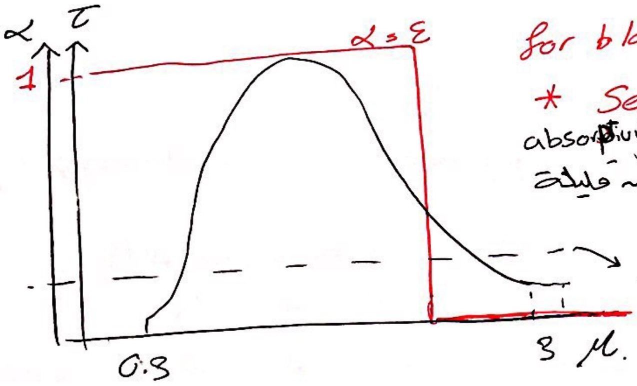


← و حلوا للequillibrum أي درجة حرارة القطعة المعدنية
تساوي درجة حرارة الinner surface للعزل.

ولاحظوا إنو ⇐ [emitted = absorbed]
عند أي طول موجي

$\varepsilon T^4 = \alpha T^4$

$\therefore \varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda.$



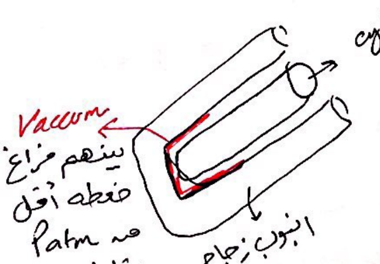
for black paint (ε عالية)

* Selective Surface / coating:
نوع تم تطويره من الدهانات بحيث تكون ال absorptivity
تبعته عالية جداً وال emissivity تبعته تكون قليلة
جداً مثل اكاسيد الكوبلت.

polished aluminum / white paint.

* ال absorptivity عالية بال solar spectrum وال emissivity قليلة بال IR.

* Vaccum tubes:

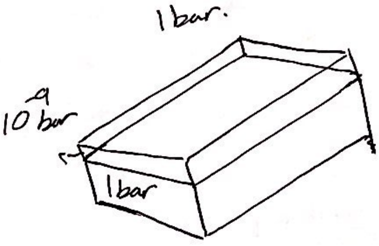


بينهم فراغ ضغطه أقل من Patm بقليل..

انبوب زجاجي

بحصل حرارة وكما بيجي يفقدها بكون صعب يفقدها..

$F = P A$



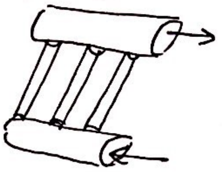
10^{-2} bar → conv.

10^{-6} bar → conv + cond.

* كل ما كانت ال area تبعت ال collector أكبر
بتصير ال Force أكبر.

Mech Family

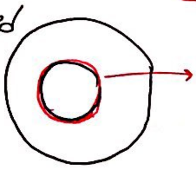
* unglazed collecter :-



→ Natural
→ Forced.

* دائماً بيبدأ الاختيار حسب ال low cost.

Evacuated tubes

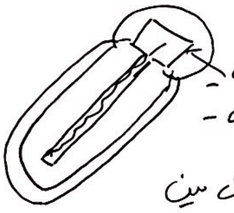


* كيف بتفادى ال Freezing ؟

1. anti freeze.
2. electric heater " بتركه يسخن شوي.

→ Heat pipe System :

بحط Heat pipe (ماسورة نحاسية) داخلها ماء مقطرة او deionized مادة درجة التبخر تبعتها عالية، رح تتعرضه لأشعة الشمس بيصيرله boiling ← Steam ← condensating ← بتقل كثافته وبطلع لل فوق tip ..



dry لأنه ما صار اتصال بين السائل الي بسخنه والماي.

---

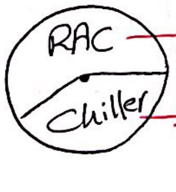
* بختار نوع ال thermal collecter حسب ال application.

* Swimming pools → open : during summer (28 - 32°c), unglazed
→ closed : Flate plate , evacuated tube

← شو مميزات ال unglazed solar collecters ؟ cost قليلة, خفيفة, تتعرض لعادم واملاح ..

* Domestic Hot water (DHW): Flate plate , evacuated tube.
* Space Heating (SH): Flate plate, evacuated tube.
* industrial process heating :
↳ potential: قابلية الاستغلال تقتصر على المصادر التي يمكن استغلالها

ح عالية, cost wise قليلة, potential عالية بالسوق , Direct convergent.
لأنو اغلب الصناعات بدها Heat

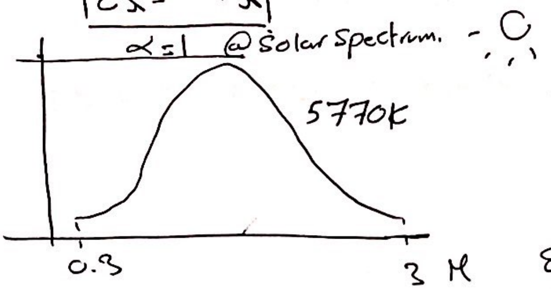


→ Room air conditioner.
→ central.

Mech Family

* 3M, website for Selective coatings: معطيني معلومتين → $\alpha = 0.95$
→ $\varepsilon = 0.08$

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$



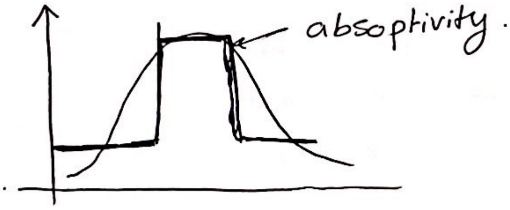
Solar Spectrum 5772 K.

$\varepsilon = 0$ re radiation Long IR

⇐ لما يحكيلي $\alpha = 0.95$ بال Solar Spectrum

$\varepsilon = 0.08$ بال درجات حرارة السطح وعند ال re radiation Long IR

* Youtube channel = Futurism

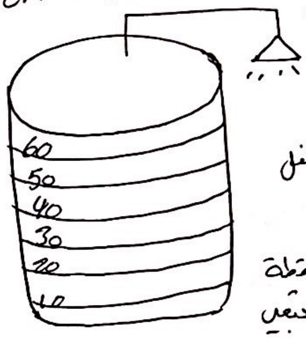


* خلايا شمسية بس بتخلي ال visible light تمر..

---

* Solar thermal collecter types:

* Vertical.



← بحط الماء من اعلى نقطة.. درجة حرارة الأعلى و density اقل.

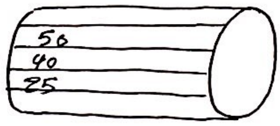
← يدخل الماء من اسفل نقطة.. حتى ما اعمل خلل بالتوازن..

← بستفيد من هاي النقطة اذا كان ال tank تبعي vertical.

← احسن و انا بال thermal collector.

* Stratification: (الطبقية)/ التطبق

* Horizontal.

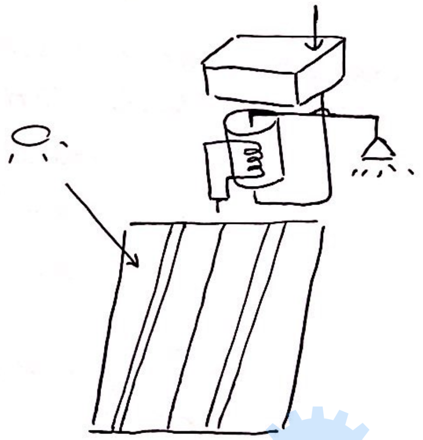


← ارخص لانه بعملوه كثير

← ? تبعته اقل لأني ما استفدت من ال Stratification.

Open

Closed. : فيه مشكلتين :- بحتاج مساحة كبيرة لأنه رح يكون عندي tank in tank ، ورح احصل على درجة حرارة قليلة..



* unglazed : (collecters without cover)

less cost , easy to maintain , وزنه خفيف , بعمل درجات حرارة قليلة , بحتاج على السخنة بنفس الوقت الي بكون الشمس قوية.

, resistant to UV radiation.

→ Slides.

→ PEX. بيصيرفيه → yellowing بتصير → Brittle بسبب → UV

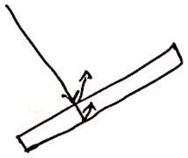
* reflectivity function

ρ تعتمد على θ & λ

θ ↓ زاوية السقوط و هيك كان يهمني تكون قليلة

λ ↓ wavelength.

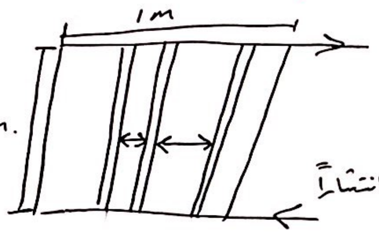
*



← قبل ما تدخل الزجاج بيصير انعكاس للاشعة من (10-20)% من الاشعة الساقطة حسب زاوية السقوط اذا كانت عامودية بتكون اقل ما يمكن.

← الـ reflection ممكن يصير على inner & outer surface للزجاج.

* Thermal energy flow :



← لما أزيد عدد الـ pipes / اقلل المسافة الي رح تقطعها بحسن الـ Heat transfer

← ما فيه عزل جانبي lateral insulation.

← فيه نوعين منهم :- → Serpentine Shape الاكثر انتشاراً

→ header & pipe. اسهل للصيانة.

* Losses : → optical losses : Reflection.

→ thermal losses : cond. / conv. / Rad.

→ absorper plate : Sheet Steel / cu. صفيحة من

* Vaccum tube collecter.

* evacuated tube collecter.

* condenser or heat pipe. [direct Flow]

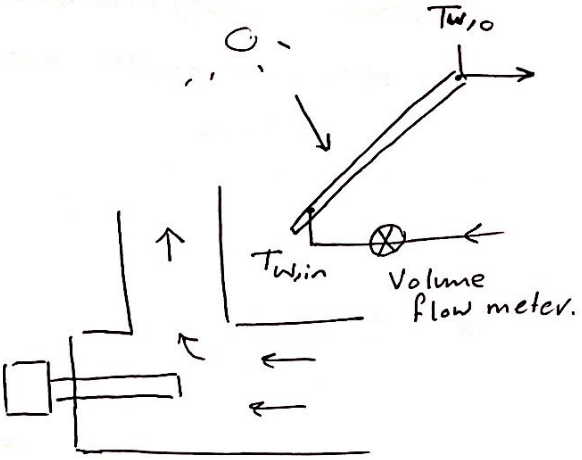
* pipe in pipe :

* بدي صفيحة tilted يصير فيه natural circulation كأقل من 20°

وفيه مميزاته لو صار عطل بوحدة منهم بغيرها..

* collecter η :

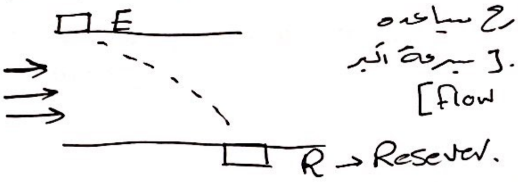
$$\eta = \frac{\text{Desired output}}{\text{Required input}}$$



$\therefore \eta = \frac{\dot{Q}_{useful}}{\dot{Q}_{solar}}$ = instantenous η.

* $\dot{Q}_{useful} = m_w * C_{p_w} * (T_{w,o} - T_{w,in})$

* Volume flow meter :
  - electromagnatic
  - ultra Sound : undistrvctive test.



* اذا كان فيه flow رح يساعده
يوصل اسرع ... [بسرعة اكبر
حسب سرعة ال flow]

* كيف بقيس درجة الحرارة ؟
- thermo couple
- RTD : Resistance temperature

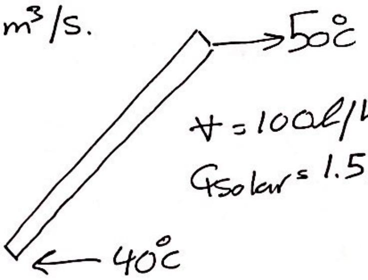
* Q solar : total radiation on tilted surface.
$= G_T * A$.

← كلما زادت ال A بستقبل اكثر
بينتج اكثر..

⇒ Quasi - Steady state : Semi Steady state. ← مرحلة اتفقوا ياخذوا عندها ال η.

* حساب ال η :-

$\dot{Q}_{useful} = m_w * C_{p_w} * (T_{w,o} - T_{w,in})$



$\forall = 100 l/h$

$\dot{Q}_{solar} = 1.5 kW$

$$\Rightarrow \frac{100 l}{h} * \frac{1 m^3}{1000 l} * \frac{1 h}{3600 s} = 0.0277 * 10^{-3} m^3/s.$$

$$\dot{m} = \forall * \rho = 0.0277 * 10^{-3} \frac{m^3}{s} * 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m} = 0.0277 \ kg/s.$$

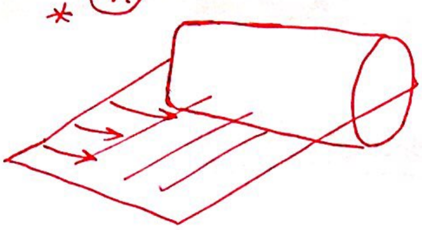
$$\dot{Q}_{useful} = 0.0277 \frac{kg}{s} * 4.18 \frac{kJ}{kg} * (10K)$$

$$= 1.16 \ kW.$$

$$\therefore \eta = \frac{1.16}{1.5} = 77.5\%$$

Mech Family

* (h)



→ optimal Range $\dot{V} \simeq (30-80)\, l/h/m^2$

$\simeq 50\, l/h.$

← شو بسبب ال Flow الزيادة؟

يقل ال effective heat transfer coeff. , زيادة ال turbelance ← بسبب زيادة السرعة , بتكون ΔT قليلة فـ pressure drop يزيد فـ بتضاعف power cosumption for pump.

→ Affinity Law:

$2 * \dot{V}_1 = \dot{V}_2$

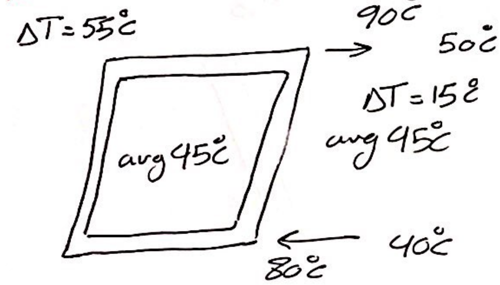
rotational Speed. $2 * W_1 = W_2$

$2^2 \; \Delta P_1 = \Delta P_2$

$2^3 \; \Delta power_1 = Power_2.$

← لما اضاعف ال flow مرتين بتضاعف ال power ٨ مرات..
واذا قللت ال flow للنص ع اقل ال power consumption, واوفر..

* Standard test conditions:

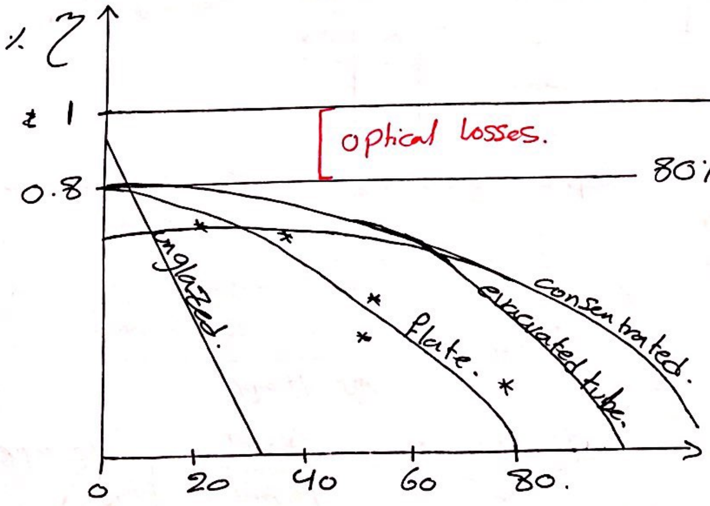


* لما بتكون درجة حرارة المياه الداخلة عالية .ع يكون فيه thermal losses عالية وبالتالي ال η تقل..

→ standard for testing conditions according to thermal characterstices of collecter: ASHRAE, ISO, EN.

* η curve.:

بيعطيني η حسب ال ΔT الي بشتغل عليها ال collecter.



. (TABS, AVG − TAMB)

↳ $\left(\frac{T_{w,i} - T_{w,o}}{2}\right)$

→ using best curve fit.

← unglazed فوق ال 80% لأنه مافيه زجاج وبالتالي مافيه optical losses.

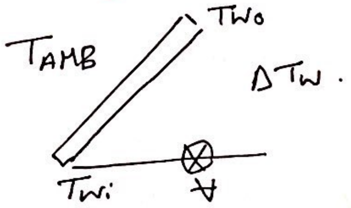
← كل ما كان الفرق بين ال abs و amb اكبر بتزيد ال thermal losses وتقل η.

→ indoor testing using sun simulator بيعطيني ال solar spectrum.

← الهدف اقارن نفس النوع مع different manufacturer واختار انسب technology حسب ال application واعمل techno-economic.

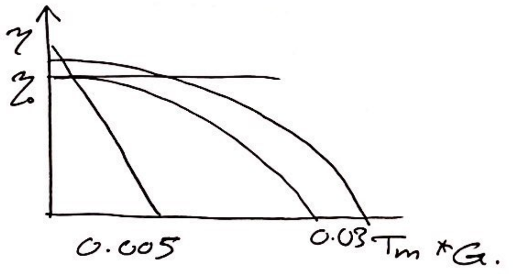
Mech Family

* Using the best curve fit :

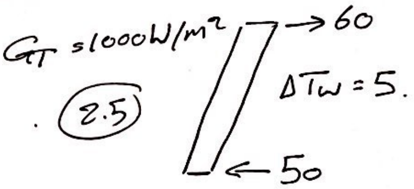


$$\eta = \eta_o - a_1 \frac{(T_{ABS,AVG} - T_{AMB})}{G_T} - a_2 \frac{(T_{ABS,AVG} - T_{AMB})^2}{G_T}$$

- η_o : optical η , intersect with y axis.
- a_1, a_2 : تعتمد على ال Thermal losses.
- G_T : normalization for equation.
- η : η for any collector.



$T_m^* = T_{ABS,AVG} - T_{AMB}.$



$$\eta = \eta_o - a_1 \frac{T_m^*}{G_T} - a_2 \frac{T_m^{*2}}{G}.$$

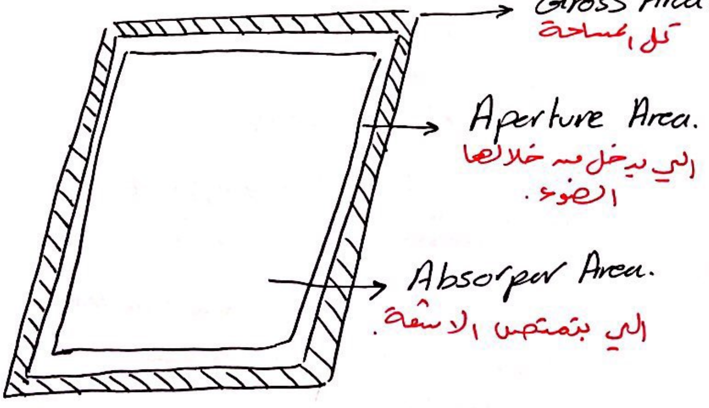
$$* \ \eta = \frac{m_w \, c_{pw} (T_{w,o} - T_{w,in})}{G_T * A}.$$

[based on Gross area η].

* بالقانون ممكن استعمل اي وحدة منها بس بكتب

Area	η	a_1	a_2
Gross			
abs			
aper			

* Area :

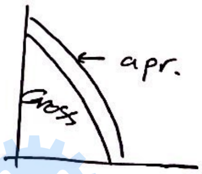


← هذا اعطاني η ← من A_G وطلب η من Aapr

$$\eta_{Gross} = \frac{m_w \, c_{pw} (T_{wo} - T_{win})}{G_T \, A_{Gross}}$$

$$\eta_{apr} = \frac{m_w \, c_{pw} (T_{wo} - T_{win})}{G_T \, A_{apr}}.$$

$$\therefore \frac{\eta_{Gross}}{\eta_{apr}} = \frac{A_{apr}}{A_{Gross}}.$$



* concentrated collecter. :

من ناحية $\eta_{optical}$ فهي قليلة جداً بس بتكون well insulated ...

a_1, a_2 قليلة جداً

* unglazed

$\eta_{optical}$ عالية جداً ، a_1, a_2 عالية جداً.

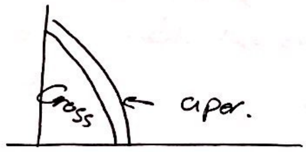
⇒ if I have A_{Gross} & η based on Gross, A_{aper}

وطلب ⇒ η based on aper.

$$\eta_{Gross} = \frac{\dot m_w \, C_{pw} (T_{w,o} - T_{w,in})}{G_T \; A_{Gross}}$$

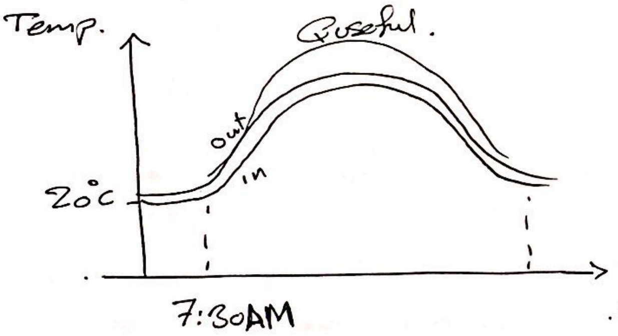
$$\eta_{aper} = \frac{\dot m_w \, C_{pw} (T_{w,o} - T_{w,in})}{G_T \; A_{aper}}$$

$$\therefore \frac{\eta_{Gross}}{\eta_{aper}} = \frac{A_{aper}}{A_{Gross}}$$



⇒ عندي : $G, G_o, T_{amb}, T_{wi}, T_{wo}, \dot m$

بحسب : $\theta, G_T, Q_{useful}, \eta$.



* بتزيد خلال الظهر الـ Power output / Quseful

لسببين :- ١- الإشعاع الشمسي اعلى.

٢- Tamb اعلى بالتالي نسبة الـ thermal losses اقل.

⇒ F_R = Heat removal factor. ← بناءاً على Tin. = TR كيف اقدر

فيه طريقتين لحساب Tabs. AVG.

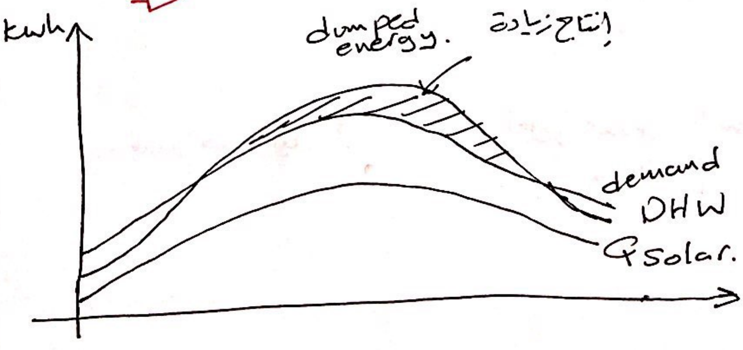
American:

$$T_{ABS,AVG} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2}$$

Europe:

عن طريق حساب Tin واهمال Tout

⇒ Thermal demand :



* نسبة المشاركة الشمسية :-

قديش انا بغطي من الـ demand

$$\equiv \text{Solar fraction} = \frac{Q_{solar,useful}}{Q_{demand}}$$

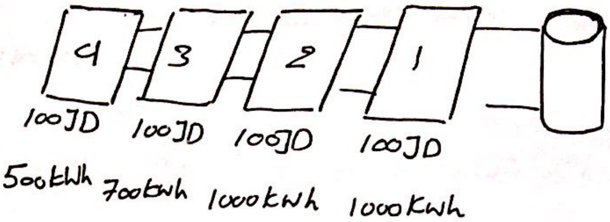
* Waste energy = dumped energy

طاقة سحبتها وما استعملتها..

← اثرها :- بوصل الـ collector لدرجة حرارة عالية بالتالي بصير فيه thermal stresses وبقلل من العمر الافتراضي للـ collector.

Tech Family

→ The additional amount of Solar collecters does not justify the additional cost.



→ $\eta_{sys.} = \frac{kWh}{m^2}$ / year.

1	2	3	4
$\frac{1000}{1} = 1000$	$\frac{2000}{2} = 1000$	$\frac{2700}{3} = 900$	$\frac{3200}{4} = 800$

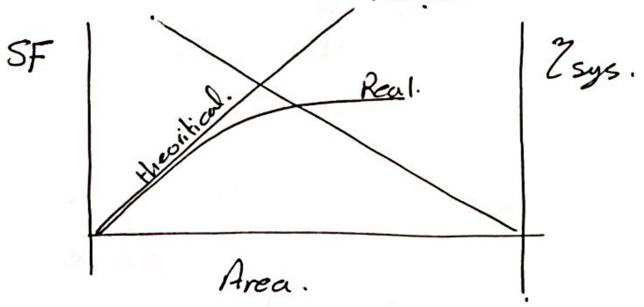
* η_{sys} تقل كلما زادت المساحة

انتاجية المتر المربع من collected تقل

لأنه فيه dumped energy.

* كلما ازيد ال SF رح تزيد $\eta_{sys.}$

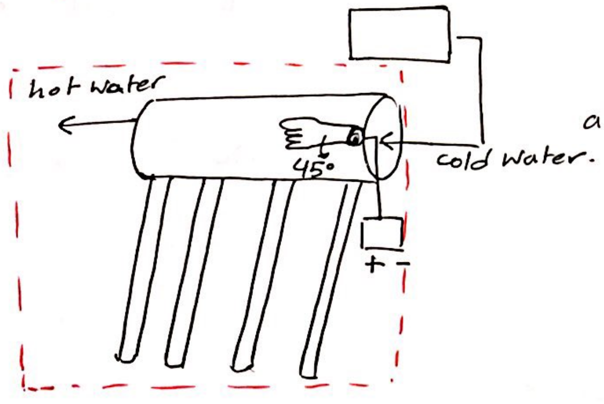
بعد حد معين .. يبطل للزيادة معنى تثبت.



← مهمة جداً

جداً !

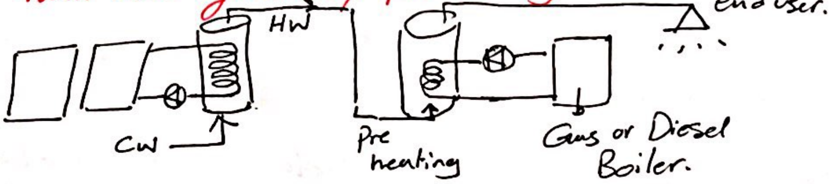
⇒ كيف افحص ال η_{sys} = collecter + Storage.



1. احط thermostate, controller بيشتغل على اقل من 45° تسمية auxiliary or backup

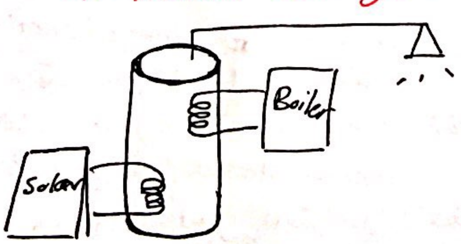
$\therefore SF = \frac{\dot{Q}_{solar,\,useful}}{\dot{Q}_{solar} + \dot{Q}_{AUX}}$

→ twin coil cylinders / pre heating series.



تكلفة / مساحة

→ Double coil cylinder

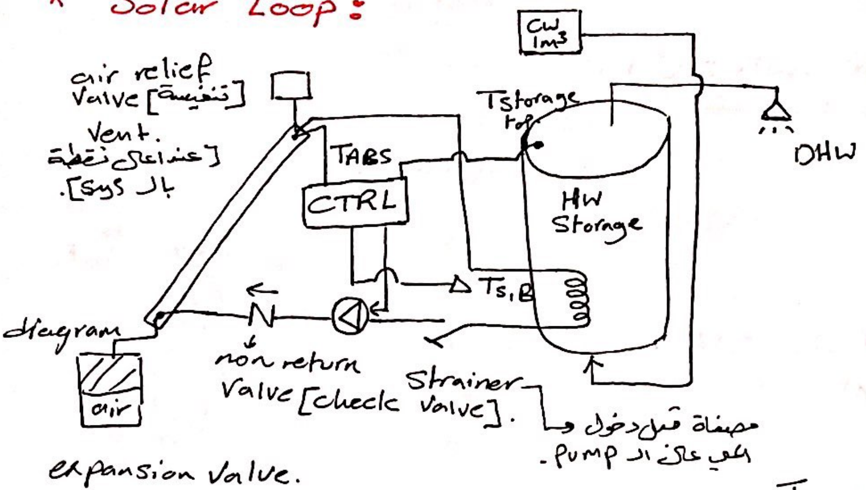


اقل [cost, losses, مساحة].

وممكن من الخيارات.

Mech Family

* Solar Loop:



Saftey Valve / pressure release 3-4 bar ← T_{max} بشتغل حسب ال Sys. اللي بدي اياها.

1. Solar collecter.
2. Thermal storage.: تخزن ال thermal energy من الفترة الي فيها energy للفترة الي بدي فيها demand.
3. W/o pump → Natural / → Forced.
4. piping network.
5. control unit
6. Valves & fitting

* open Sys :- داخل ال collector/piping نفسه لل demand.

closed syst :- داخل ال collecter منفصل عن اللي بستعمله بال demand.

* حتى اشغل اي نظام بدي اقل اشي 2 sensors ← Tabsorper & $T_{Low\ storage}$.

* ال controller باخذ input من :- تحرياه + signal from: [storage tank & absorper & top storage].

ال output بعطيها لل pump.

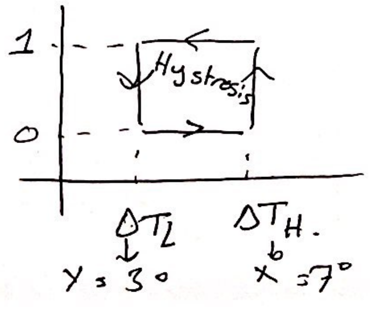
⇒ 1. if $T_{ABS} > (T_S + X)$ Pump ON , $X = 7°$

2. if $T_{ABS} < (T_{S,B} + Y)$ Pump OFF , $Y = 3°$

($T_{S,B}$ → T storage bottom.)

3. if T storage top > T_{max} 90 Pump OFF.

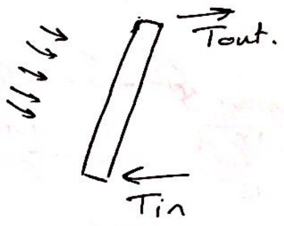
4. if T storage top < 50°c Boiler ON ⇒ for double coil.



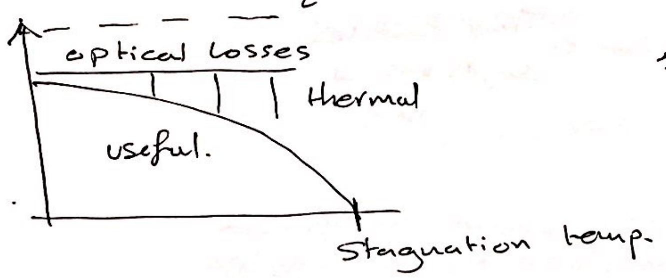
⇒ Stagnation temp. :

بيستقبل اشعة الشمس بدون استعمال.

Broken pump. | No demand.

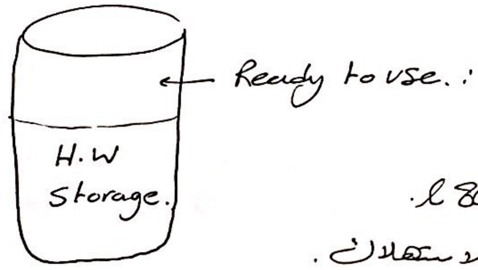


كل ما زادت درجة الحرارة الـ collected تزيد الـ Thermal losses
لحد ما توصل لمرحلة مقدار الي بحصله من الشمس بساوي
الـ Thermal losses ∴ $\eta = 0$



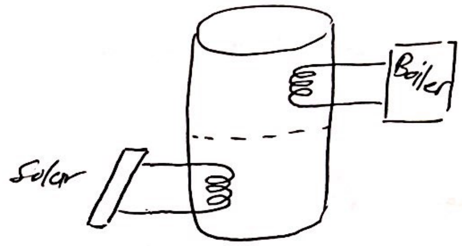
* كلما زادت الـ Thermal losses تزيد T stagnation.

⇒

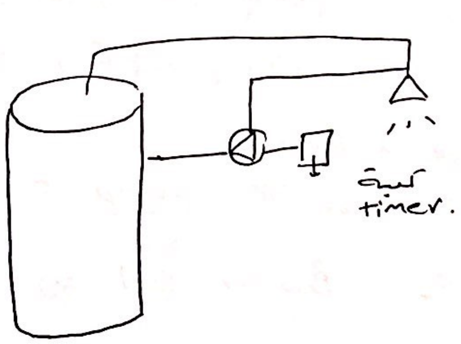


لازم يكون دائماً متوفر 40 - 50 l.

* سعة الـ electrical heater من 50-80 l.
اما سعة الـ Solar system حسب الاستهلاك.



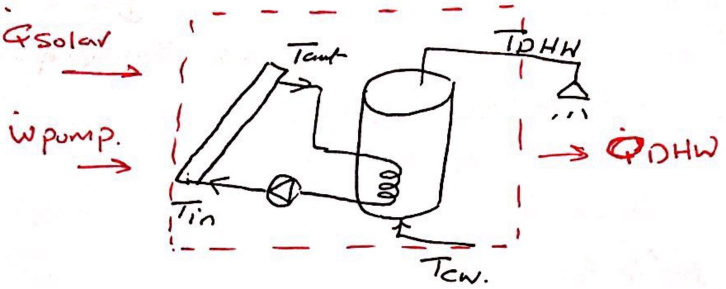
* اعطيت الأولوية للـ Solar sys.
[بوجود السخان يصير Natural convection].
* η_{solar} اعلى لما تكون ΔT كبيرة.



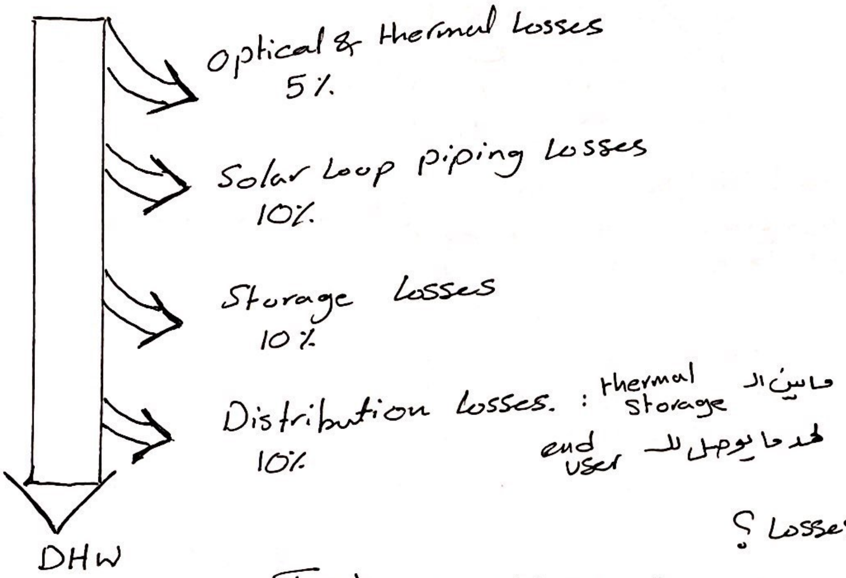
* مضخة تدوير :- ترجع الماء البارد الي موجودة بالـ pipes للـ storage
بشغلها لما يكون الـ system ما اشتغل لفترة و بدي ماء ساخنة
حتى اتجنب اضيع الماء الي بالـ pipes.
واضمن تجيني ماء سخنة.

Mech Family

$$\eta_{collecter} = \frac{\dot{Q}_{collecter}}{\dot{Q}_{solar}}$$



* Energy Flow ~~are~~ diagram:



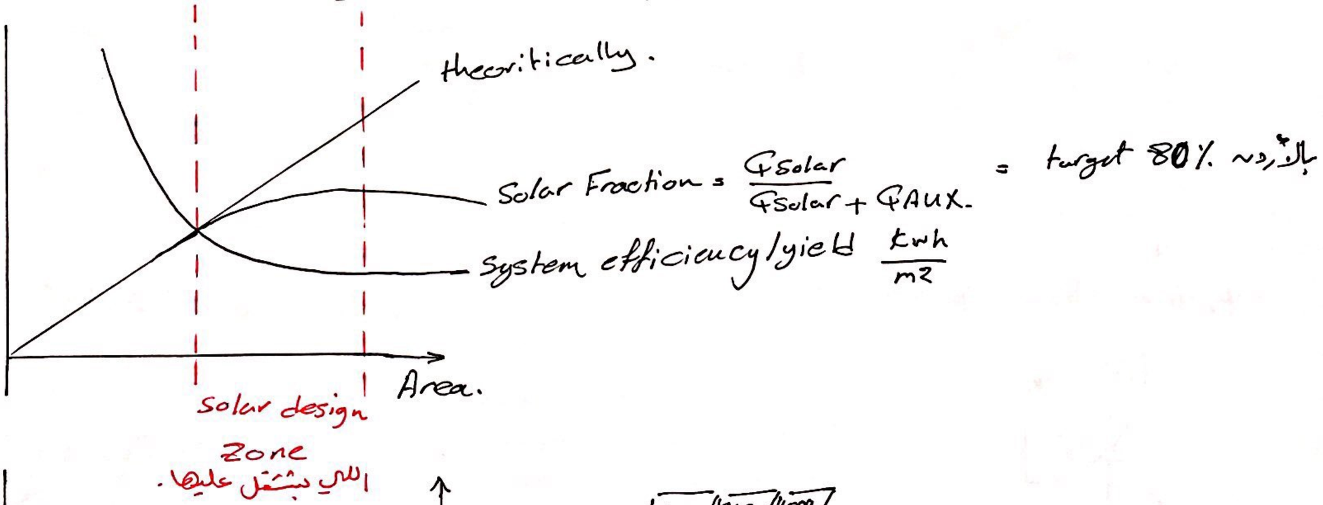
total losses 35%.

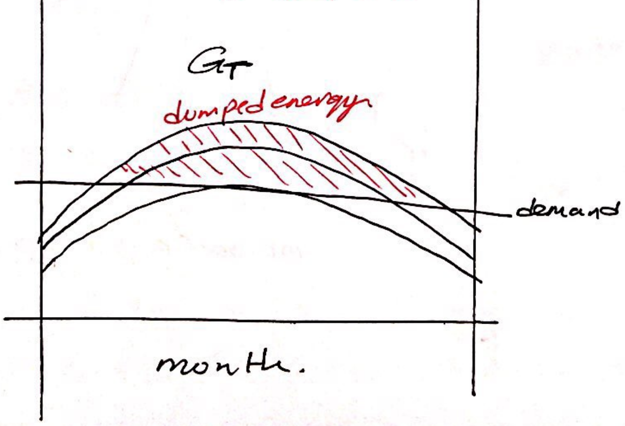
$\eta_{system} = 65\%$.

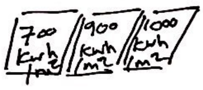
* على شو بتعتمد ال losses ؟

١. طول ال pipe ، ٢. درجة حرارة الماء ، ٣. Tamb

٤. مقدار ال insulation.







* M&V: Monotring & Verification.

مراقبة الأداء قبل وبعد

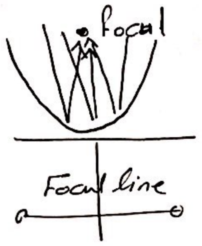
حتى اعرف شو وفرت علي

من استهلاكي.

Concentrated Solar power CSP

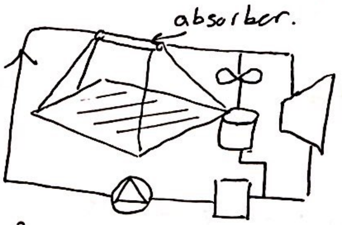
1 axis tracking /Single tracking

parabolic trough controller (PTC)



سيئاته:-
١. بحاجة لـ tracking
٢. ما بيستفيد من الـ diffused فقط بيستفيد من الـ Beam
[تناسب مناطق معينة مثل معان].

linear Fresnel Reflector.

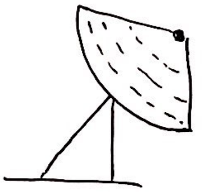


* الـ absorber بيستقبل اشعة شمس كبيرة مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة الى درجات حرارة عالية جداً.
ممكن توصل 550°C
بيستعملوا فيها املاح مذابة لأنو درجة غليانها اعلى بكثير.
[molten Salts].
* الي بيميزها عن الـ PV إمكانية إضافة thermal Storage tank.
ولهيك هي تنتج power 24 ساعة خلال النهار بشكل مباشر، امسا باستخدام الـ Storage tank
* incident angle بحاول تكون اقل ما يمكن.
* high cost

2 axis tracking.

→ 2 axis tracking :

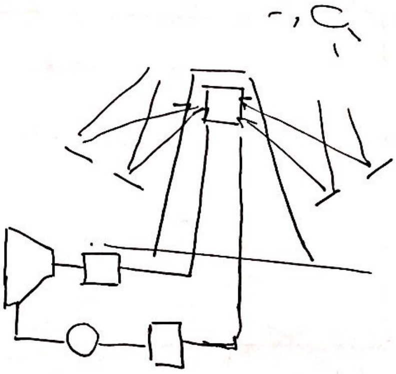
Stirling Dish paraboliod.



← 1000% يوصل..
يوصل ألف شمس..

١- مافيها Storage
٢- عالية cost
٣- Weight distribution

Solar tower (Central receiver)



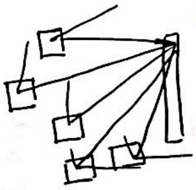
incident angle = 0 .

Mech Family

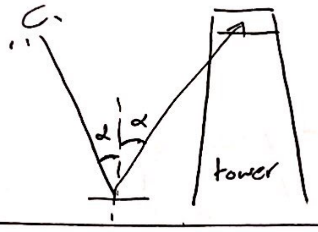
* Concentrated solar power (CSP)

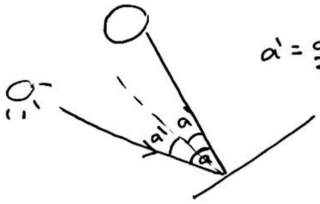
have concentration: → Reflection انعكاس
→ Refraction انكسار الضوء.

* mirrors are called HelioState
→ two axis tracking
كل وحدة إلها α_z , β خاصة فيها.



* Solar tower





$\alpha' = \frac{\alpha}{2}$.

* زاوية سقوط الأشعة = زاوية انعكاس الأشعة.

* in parabolic thermal losses قليلة جدًا.

---

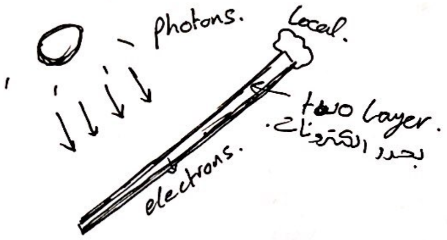
* PV panels

1. OFF Grid:
PV panels / charge controller / battery / inverter (optional)

2. ON Grid:
$\eta = 18$, $A = 15.6\ cm * 15.6\ cm$ (convert from solar to electricity بالسوق)

Mono: أعلى η
Thin film: أقل η

→ PV panels made by silicon
→ Semi conductor
λ of photon ↓ energy of photon ↑.

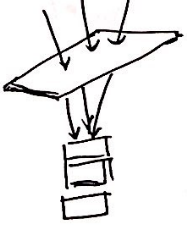


$\lambda = 1.1\ \mu m$.

* الطول الموجي إلي الـ photons اللي بيقدر عنده انها تصطدم بالـ ⓔ فتتحرر وتنتج كهرباء إذا أقل من بترتفع درجة حرارة الـ PV وما بيتحرر. ⇐ حد 1.1 μm

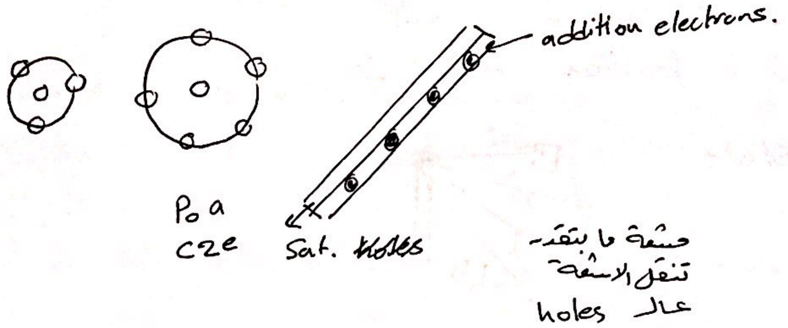
* Multi Junction:
$\eta = 49\%$
concentrated PV.

* حتى استفيد من كل الـ solar spectrum حتى الـ long IR بس الكلفة عالية.



degradiation: PV تقل η بعد العمر الافتراضي للـ

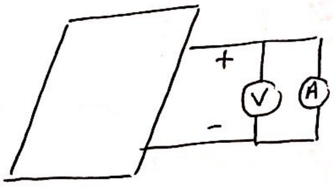
* P-n Junction



* STC : Standard test condition :

$T = 25^\circ c$, $m = 1.5$, $1000\ W/m^2$

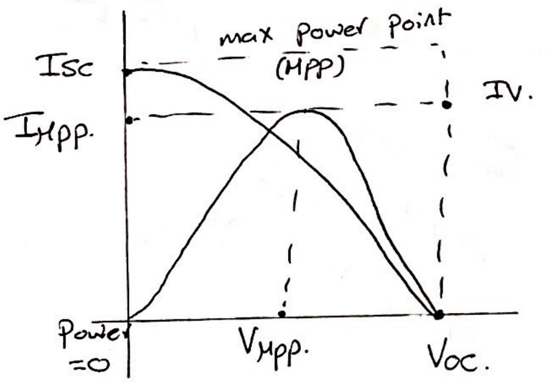
Voltmeter $(R = \infty)$ لا يسمح للتيار عبر من خلاله ليقيس فرق الجهد بين الموجب و السالب. V open circuit.

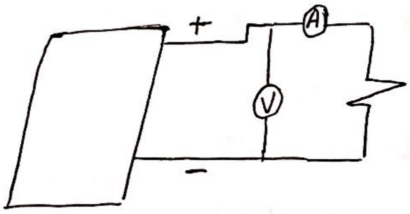


Ameter (R قليلة جداً) كل التيار يمر من خلاله ليقيس I Short circuit.

* Power = IV

* IV curve : Characteristic curve





R↑ , I↓ , V↑

$V_{Mpp} < V_{oc}$.

$I_{Mpp} < I_{sc}$.

* Fill Factor (FF) = $\frac{Mpp \text{ المساحة من}}{\text{المساحة الكبيرة لل curve}} = \frac{I_{Mpp} * V_{Mpp}}{I_{sc} * V_{oc}} > 70\%$

* $\eta = \frac{Power\,(electrical)\ W}{G_T\ A\ (q_{solar})\ W} = \frac{V_{Mpp} * I_{Mpp}}{G_T\ A}$

* invertor : بيحدد كم I,V اللي بدنا اياها.

* Max power point tracking (MPPT) → بيدور على Max power

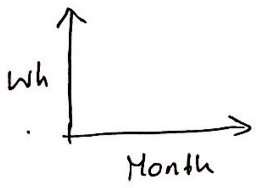
Mech Family

* How to Size pV System?

→ Select ON Grid or OFF Grid

↳ صافي فواتير [منفصل]

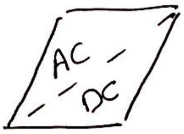
ON-Grid [Bill]



* Σ consumption during last 12 month in Kwh.

* Select the demand

* inverter :



* Know energy per year

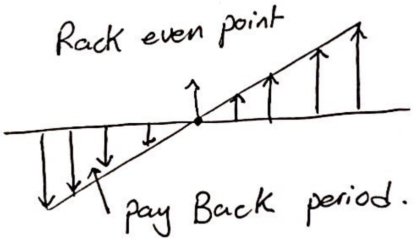
* Example :

Energy for year = 500 kwh / year.

A = ? , [η ↑ A ↓]

1 KWp = 1560 kwhe

$\frac{kwh}{1560}$ ⇒ Kwp. حجم النظام

Kwp * $\frac{JD}{Kwp}$. المبلغ كامل

kwhe * $\frac{JD}{kwh}$ قيمة التوفير