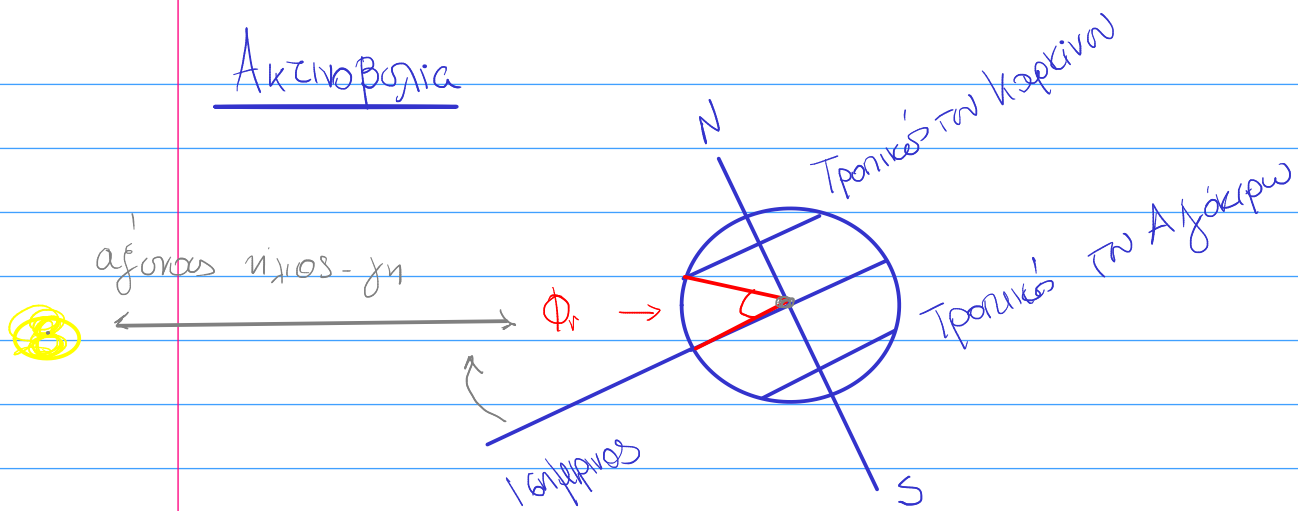
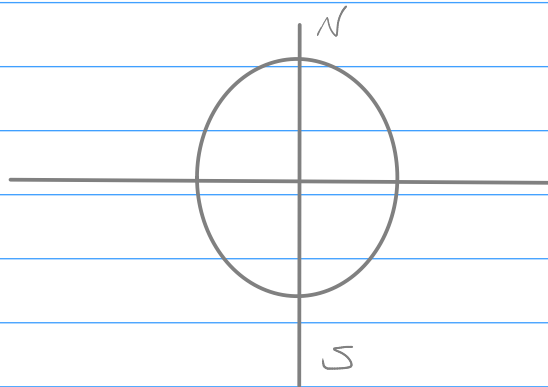


Ακτινοβολία



Ισημερινός



Εποχιακές μεταβολές ηλιακής ακτινοβολίας

Ηλιακή απόσταση δ_s
ή απόσταση ηλίου

$$\delta_s = \Phi_r \cos \left[\frac{C(d - d_r)}{d_y} \right]$$

$$C = 360^\circ$$

d : μέτρα του χρόνου για το δ_s

$$d_r = 173 \text{ (Ιαννός)}$$

$$d_y = 365$$

$$\Phi_r = 23,45^\circ$$

n.x δ_s για 21 Μαρτίου

$$d = 31 + 28 + 21 = 80 \quad \delta_s = 23,45^\circ \cdot \cos \left[\frac{(80 - 173) \cdot 360^\circ}{365} \right]$$

Ασκ. 2.1

$\delta_s =$ 5 Ημερών

$$\delta_s = \Phi \cos \left[\frac{C(d - d_r)}{d_y} \right]$$

$$C = 360^\circ$$

$$d = \overline{d_{\text{av.}}} + \overline{P_{\text{eff}}} - \overline{M} = 64 \quad d_r = 173$$

$$d_y = 365^\circ$$

$$\delta_s = 23.45^\circ \cos \left[\frac{360(64 - 173)}{365} \right] =$$
$$23.45 \cdot \cos(-107.51^\circ) = -7.05^\circ$$

$$\delta_s = 0^\circ \quad \text{1 Γημίσια}$$

$$\delta_s = 23.45^\circ$$

$$\delta_s = 23.45 \cdot \cos \left[\frac{360(d - 173)}{365} \right]$$

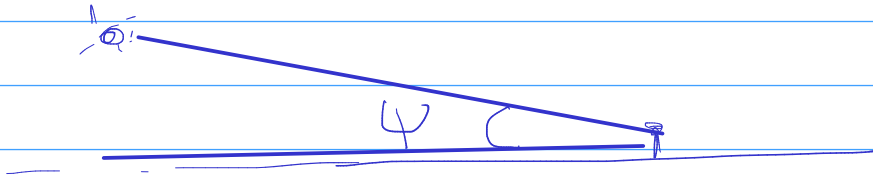
$$\delta_s = 23.45^\circ \text{ όταν } \frac{360(d - 173)}{365} = 0$$

$$d = 173 \rightarrow \text{Σημείο ηλιοστασίου}$$

$$\delta_s = -23.45 \text{ όταν } \frac{360(d - 173)}{365} = 180$$

$$\rightarrow \text{Χειμώνιο ηλιοστάσιο}$$

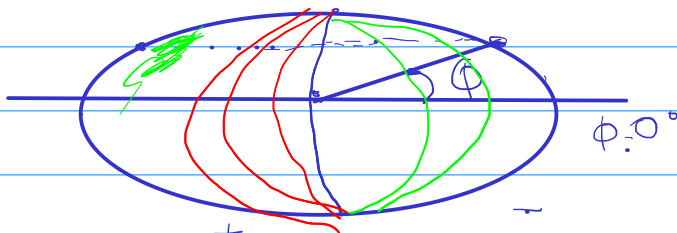
Ημερήσιες μεταβολές ηλίου



$$\psi \cos \eta_{\lambda} \sin \psi = \sin \phi \cdot \sin \delta_s - \cos \phi \cos \delta_s \cdot \cos \left[\frac{C_{UTC}}{t_d} - \lambda_e \right]$$

Γων.
GUT.

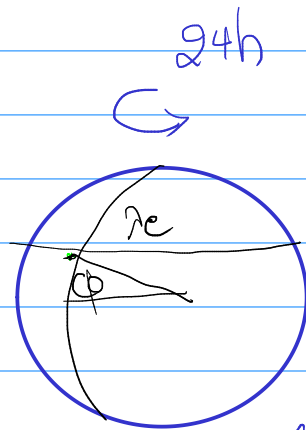
ϕ : γεωγραφικό πλάτος τόπου
1ος μεσημβρινός
GMT (UTC)



$C: 360^\circ \leftarrow \rightarrow$

t_{UTC} : ώρα ως

πρώτος GTO
Universal Time Constant
System



$360^\circ / 24$
 15° ανά ώρα

$t_d: 24h$

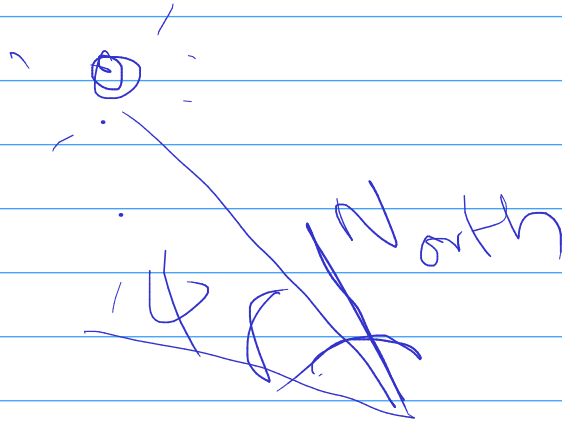
λ_e : γεωγραφικό μήκος

$\lambda_e \approx 15^\circ E$

Γεωγραφικό πλάτος ϕ + (North)
- (South)

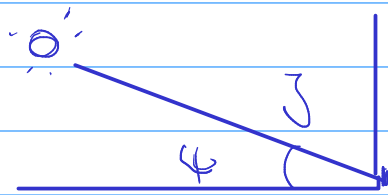
Γεωγραφικό μήκος λ + (West)
- (East)

Αζιμούθια ηλίου

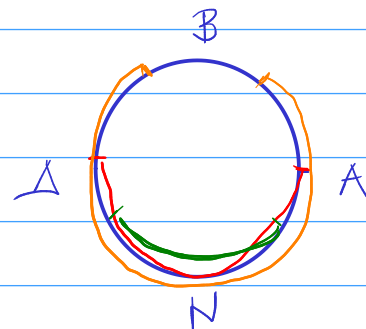
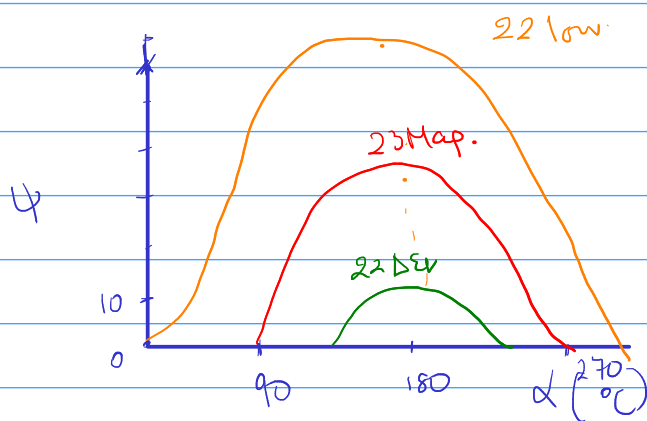
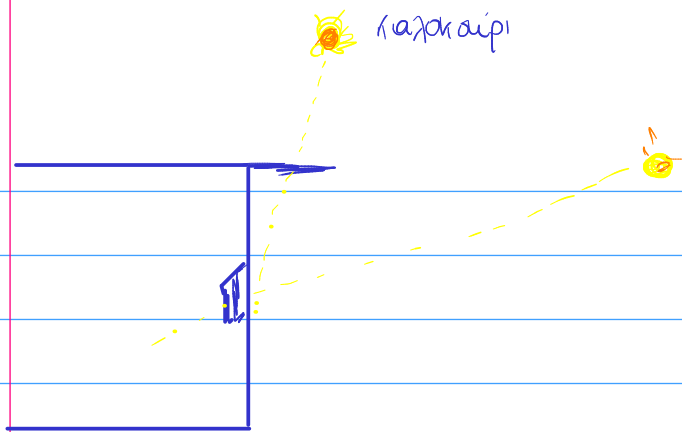


Παύση ηλίου σε όριση με το βορρά: a
$$\cos a = \frac{\sin \delta_s - \sin \phi \cdot \cos J}{\cos \phi \cdot \sin J}$$

J : Γενική ηλιακή $\psi + J = 90^\circ$



$$J = 90^\circ - \psi$$

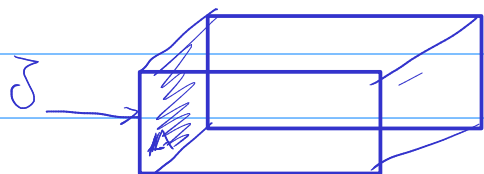


Νόμος ακτινοβολίας

Ροή J (flux) : μεταβολή ποσότητας ανά μονάδα επιφ.
 & ανά μονάδα χρόνου

Ροή μάζας $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$

Ροή ενέργειας $\text{J}/\text{m}^2\text{s}$ ή $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$



$J_x \quad J_y \quad J_z$

Κινηματική ροή μάζας

$$F = \frac{J}{\rho_{air}} \left(\frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right) \rightarrow \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Κινηματική ροή ενέργειας
 (Θερμότητας)

$$F_H = \frac{J}{\rho_{air} c_p}$$

$$P_{air} \phi = 1231 \left(W \cdot m^{-2} / km/s \right)$$

$$F_H = \frac{\cancel{5} \cancel{m} \cancel{s}}{1231 \frac{W}{\cancel{m^2}} \cancel{km/s}}$$

$$\left(k \cdot \frac{m}{s} \right)$$

Διαφορά
Θερμοκρασίας

ταχύτητα
αέρα

F : κυματική ροή ηλιακής $\longrightarrow$ ταχύτητα αέρα
 F_H : " " " " " " $\longrightarrow \Delta T$ & ταχύτητα αέρα

ΔΙΑΔΟΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

$$\lambda \cdot \nu = c_0$$

ΕΚΠΟΜΠΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

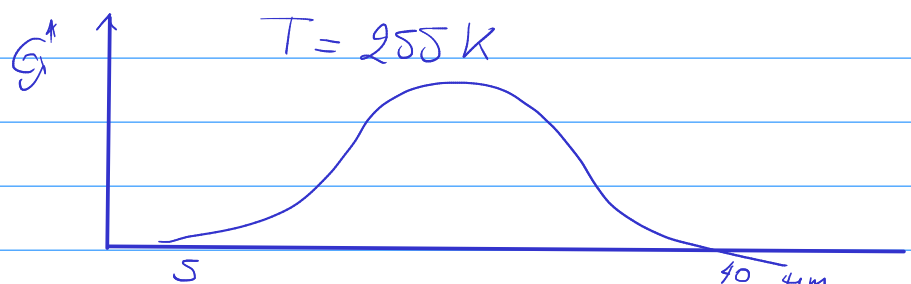
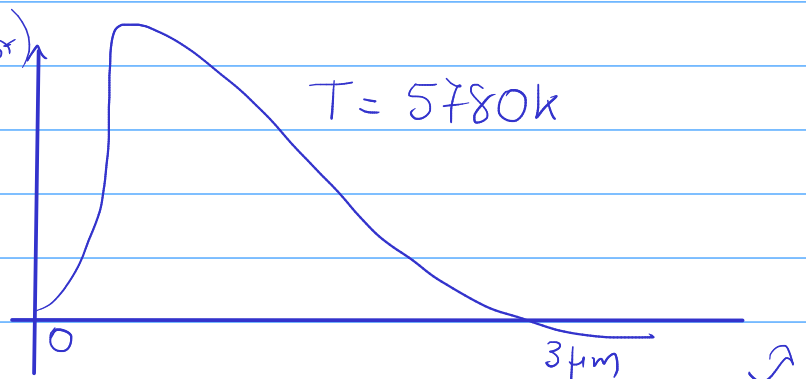
Νόμος Planck $E_{\lambda}^* = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2 / \lambda \cdot T) - 1]}$

C_1, C_2 σταθερές

λ : μικρός κύματος ($4 \cdot 10^{-7}$)

T : Θερμοκρασία σε K

$$W/m^2 \mu m \longleftarrow G_{\lambda}^*$$



$$\frac{dE_{\lambda}^*}{d\lambda} = 0 \quad \text{εἶναι ἀπότομον}$$

Wien law :

$$\lambda_{\max} = \frac{a}{T}$$

$$a = 2897 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

Παράδειγμα

$$T_{\text{ηλ}} = 255 \text{ K} \rightarrow \lambda_{\max} = 11.36 \mu\text{m}$$

$$T_{\text{ηλ}102} = 5780 \text{ K} \rightarrow \lambda_{\max} = 0.5 \mu\text{m}$$

Νόμος Stefan-Boltzmann:

$$E^* = \int_{\lambda} E_{\lambda} \cdot d\lambda = \sigma_{\text{SB}} \cdot T^4$$

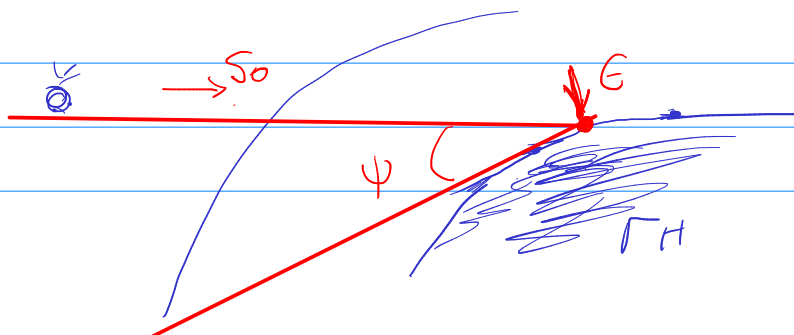
$$\sigma_{\text{SB}} = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

T: Θερμοκρασία σε Kelvin

ΚΑΤΑΝΟΗΤΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

$$E_2^* = E_1^* \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \quad \text{Νόμος αντιστροφών τετραγώνων}$$

Ηλιακή Γραμμή : Σο ηλιακή ακτινοβολία W/m^2 που φτάνει στο όριο της ατμόσφαιρας



$$I_{\text{rad}} = E \cdot \sin \psi$$

$$F_{\text{rad}} = \frac{E}{\rho_{\text{CF}}} \sin \psi$$

Μέση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία: $\bar{E}$ στη διαφάνεια μιας μέρας:

$$\bar{E} = \frac{S_0}{\pi} \left(\frac{\bar{R}}{R} \right)^2 \left[h'_0 \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta_s + \cos \phi \cdot \cos \delta_s \cdot \sin(h_0) \right]$$

$$\cos(h_0) = -\tan \phi \cdot \tan \delta_s \quad S_0 = 1368 \text{ W/m}^2$$

$$\bar{R} = 149,6 \cdot 10^9 \text{ m}$$

S_0 : ηλιακή σταθερά

h_0 : ωριαία γωνία h_0 σε radians

$$h'_0 = h_0 \frac{2\pi}{360^\circ}$$

Παράδειγμα

$$\phi = 49,25^\circ \quad \lambda_e = 123,1^\circ \text{ W}$$

$\bar{E}$: στο Θερμό ηλιοστάσιο $d = d_r = 173$

$$\bar{R} = 151,892 \cdot 10^9 \text{ m}$$

$$\delta_s = 23,45^\circ$$

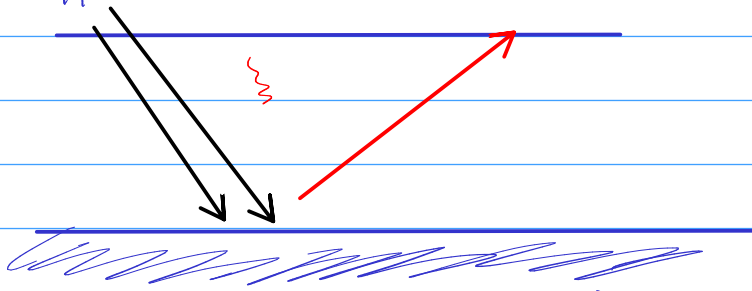
$$h_0 = \arccos \left[-\tan(49,25^\circ) \cdot \tan(23,45^\circ) \right] = 120,23^\circ$$

$$h'_0 = h_0 \frac{2\pi}{360^\circ} = 2,098 \text{ rad}$$

$$\begin{aligned} \bar{E} &= \frac{1368}{\pi} \left(\frac{149,6 \cdot 10^9 \text{ m}}{151,892 \cdot 10^9 \text{ m}} \right)^2 \left[2,098 \cdot \sin(49,25^\circ) \cdot \sin(23,45^\circ) + \right. \\ &\quad \left. + \cos(49,25^\circ) \cdot \cos(23,45^\circ) \cdot \sin(120,23^\circ) \right] = \\ &= 486 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$



Ανταπόφνηση - Απορρόφηση - Διασπορά



$$r_{\lambda} = \frac{E_{\text{reflected}}}{E_{\text{incident}}}$$

$$a_{\lambda} = \frac{E_{\text{absorbed}}}{E_{\text{incident}}}$$

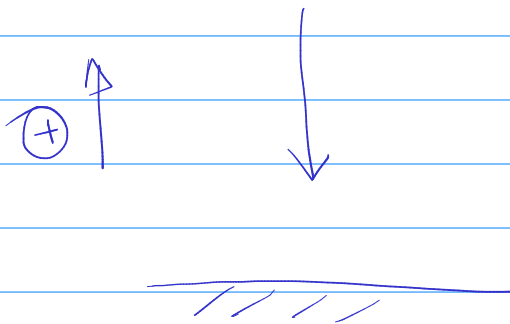
$$t_{\lambda} = \frac{E_{\text{transmitted}}}{E_{\text{incident}}}$$

$$a_{\lambda} + t_{\lambda} + r_{\lambda} = 1$$

Albedo $\rightarrow$ Λευκότητα

$$A = \frac{E_{\text{reflected}}}{E_{\text{incident}}}$$

Ισοζύγιο ακτινοβολιών στο έδαφος



Άσκηση 2.6

$$J^* = \underbrace{k \downarrow + k \uparrow}_{\text{μικρό μήκος κύματος ακτίνων}} + \underbrace{I \downarrow + I \uparrow}_{\text{μεγ. μήκος κύματος ακτινοβολία}}$$

Χανει $\phi = 35,5^\circ$ $\lambda_e = -25,14^\circ$

$$k \downarrow = -S T_r \sin \psi \quad (1)$$

$$S = 1368 \text{ W/m}^2 \rightarrow \text{ηλιακή διαθεσιμότητα}$$

ψ : ύψος ήλιου

$$\delta = -7,05^\circ$$

$$\sin \psi = \sin \phi \cdot \sin \delta_s - \cos \phi \cdot \cos \delta_s \cdot \cos \left[\frac{c t_u + c}{t_d} - \lambda_e \right]$$

$$\psi = 47,02^\circ \quad \sin \psi = 0,73$$

T_r : διαπερατότητα ορανού

$$T_r = (0,6 + 0,2 \sin \psi) \cdot (1 - 0,4 \sigma_H) (1 - 0,7 \sigma_M) (1 - 0,4 \sigma_L) \quad (2)$$

σ_H : ποσοστό κάλυψης ορανού σε ανώτερα νέφη

σ_M - - - - - σ_L μεσαία - -

σ_L - - - - - σ_e χαμηλά νέφη

$$\sigma_H = 0$$

$$\sigma_M = 0$$

$$\sigma_L = 30\%$$

$$T_r = 0,65$$

$$k \downarrow = -1368 \text{ W/m}^2 \cdot 0,65 \cdot \sin \psi = -649,12 \text{ W/m}^2$$

$$k \uparrow = -4 \cdot k \downarrow = 129,82 \text{ W/m}^2$$

↓ ↑ ⊕

$$I^* = I_{\uparrow} + I_{\downarrow} = b \left(1 - \underset{\substack{|| \\ 0}}{0,1\sigma_H} - \underset{\substack{|| \\ 0}}{0,3\sigma_H} - \underset{\substack{|| \\ 0,3}}{0,6\sigma_L} \right) \quad (3)$$

$$b = 98,5 \text{ W/m}^2$$

$$I^* = 98,5 \text{ W/m}^2 (1 - 0 - 0 - 0,6 \cdot 0,3) = 80,77 \text{ W/m}^2$$

$$J^* = -649,12 + 129,82 + 80,77 = \underline{\underline{-438,53 \text{ W/m}^2}}$$