

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ III

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΟΡΙΟ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΑΠΟ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΜΕΣΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

## Α) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΜΕΣΗΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ιστοσελίδα χρήσης μοντέλου διάδοσης της ακτινοβολίας:  
[https://www.acom.ucar.edu/Models/TUV/Interactive\\_TUV/](https://www.acom.ucar.edu/Models/TUV/Interactive_TUV/)

Wavelength	OTHER INPUT PARAMETERS	Sunlight
Start: 300	OVERHEAD OZONE COLUMN (du): 300	Direct beam: 1.0
End: 310	SURFACE ALBEDO (0-1): 0.1	Diffuse down: 1.0
Increments: 1	GROUND ELEVATION (km asl): 0	Diffuse up: 0.0
<input type="radio"/> INPUT OPTION 1 LATITUDE (deg): 0 LONGITUDE (deg): 0 DATE (YYYYMMDD): 20150630 TIME (hh:mm:ss, GMT): 12:00:00		
<input checked="" type="radio"/> INPUT OPTION 2 SOLAR ZENITH ANGLE (deg): 20		
<input type="radio"/> OUTPUT OPTION 1 (for Atmospheric Science)		
<input checked="" type="checkbox"/> MOLECULAR PHOTOLYSIS FREQUENCIES (s-1) <input type="checkbox"/> ACTINIC FLUX, SPECTRAL (quanta s-1 cm-2 nm-1)		
<input checked="" type="radio"/> OUTPUT OPTION 2 (for Biology)		
<input type="checkbox"/> IRRADIANCE, WEIGHTED (W m-2) <input checked="" type="checkbox"/> IRRADIANCE, SPECTRAL (W m-2 nm-1)		

## RADIATION TRANSFER MODEL

- ☐ Pseudo-spherical 2 streams (faster, less accurate)  
☒ Pseudo-spherical discrete ordinate 4 streams (slower, more accurate)

GO!

RESET

### **Step 1: Model inputs**

#### **Wavelength (nm):**

Start: 300    End:310    Increment: 1

#### **Input Option: 2**

**Output Option:** 2 – Irradiance, spectral ( $\text{W m}^{-2}$ )

**Radiation transfer model:** Pseudo-spherical discrete ordinate 4 streams

### **Step 2: Model runs**

Run model (by pressing GO) for SZAs = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 degrees

From the Output table keep the values for:

LOWER WVL

DIRECT

***Fill the table below***

DO the same for:

#### **Wavelength (nm):**

Start: 500    End:510    Increment: 1

Start: 700    End:710    Increment: 1

***Fill the table below***

SZA( $^{\circ}$ )	DIRECT Irradiance (300nm) ( $\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ )	DIRECT Irradiance (500nm) ( $\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ )	DIRECT Irradiance (700nm) ( $\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ )
10	2.368E-02	1.254E+00	1.126E+00
20	1.942E-02	1.173E+00	1.063E+00
30	1.351E-02	1.042E+00	9.598E-01
40	7.493E-03	8.673E-01	8.207E-01
50	2.903E-03	6.576E-01	6.511E-01
60	5.786E-04	4.275E-01	4.585E-01
70	2.461E-05	2.019E-01	2.554E-01

Estimate the atmospheric optical depth and the solar constant from the set of measurements as follows:

Background:

To a first approximation, ignoring the spectral characteristics of the atmosphere, the DIRECT solar radiation at the surface is related to the incoming radiation at the top of the atmosphere by the following expression.

$$F_{dir} = \mu_o F_o \exp\left(-\frac{\tau}{\mu_o}\right) \quad (1)$$

where  $F_{dir}$  is the directly transmitted radiation ( $\text{Wm}^{-2}$ )

$F_o$  is the solar constant ( $\text{Wm}^{-2}$ )

$\tau$  is the atmospheric optical depth (non-dimensional)

$\mu_o$  is the cosine of the solar zenith angle (non-dimensional)

Taking natural logarithms of both sides of equation (1), we have

$$\ln\left(\frac{F_{dir}}{\mu_o}\right) = \ln(F_o) - \left(\frac{\tau}{\mu_o}\right) \quad (2)$$

If we identify  $y \equiv \ln\left(\frac{F_{dir}}{\mu_o}\right)$  and

$$x \equiv \frac{1}{\mu_o}$$

then equation (2) is of the form

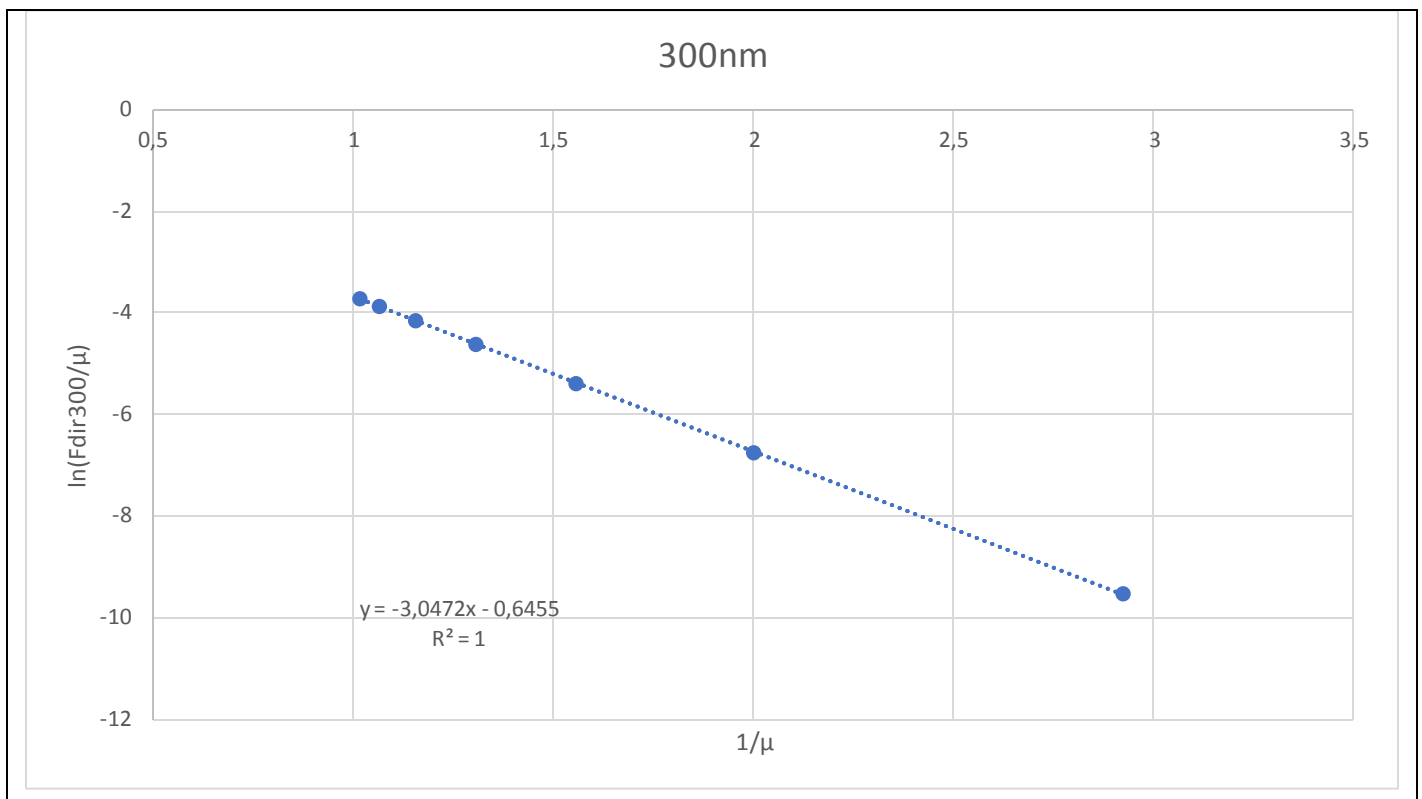
$$y = mx + c \quad (3)$$

and the slope, which should be negative, will yield the optical depth,  $\tau$ , whereas the intercept will yield  $\ln(F_o)$  from which the solar constant can be calculated.

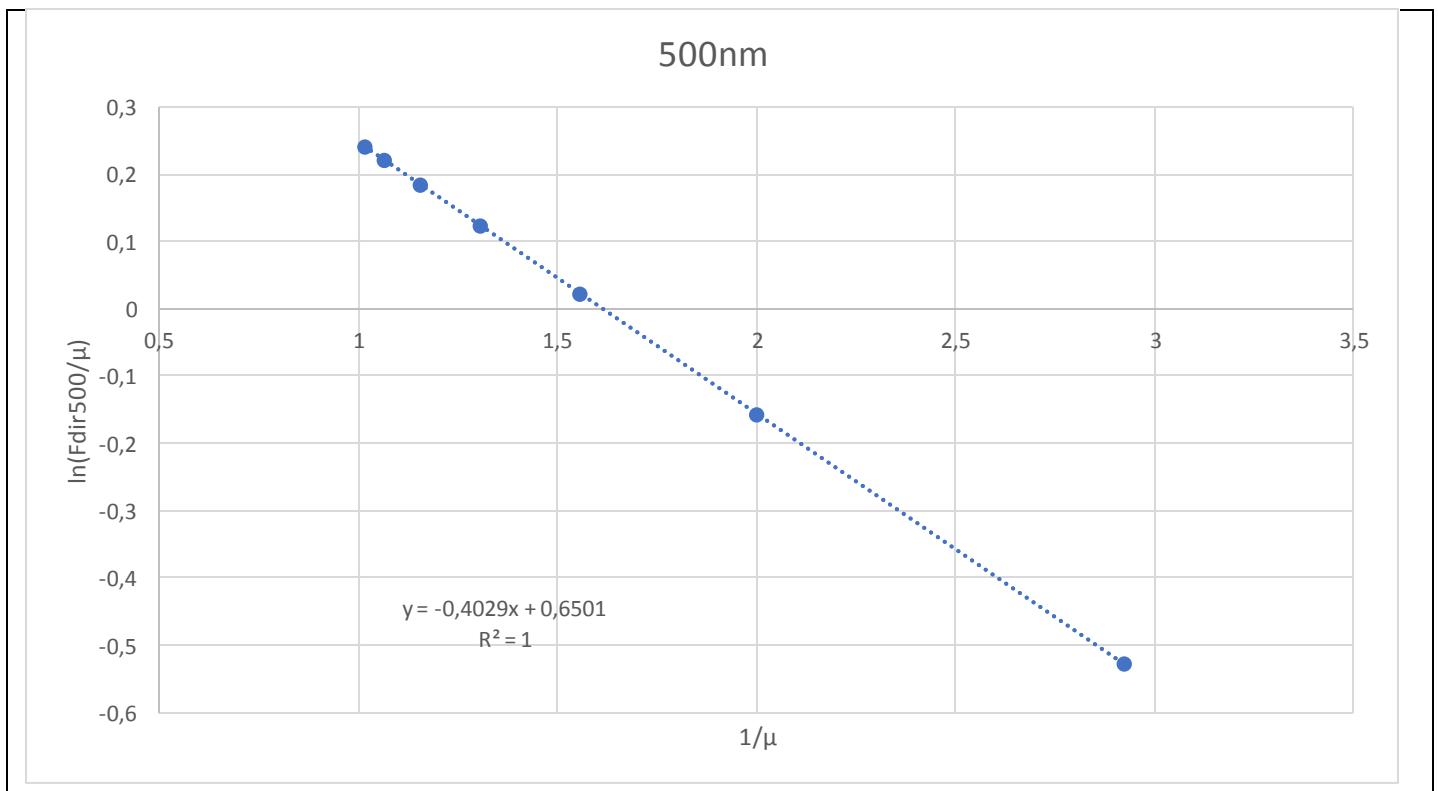
### Step 3: Data processing – plots – discussion of results

Make a plot  $y(x)$  for each wavelength

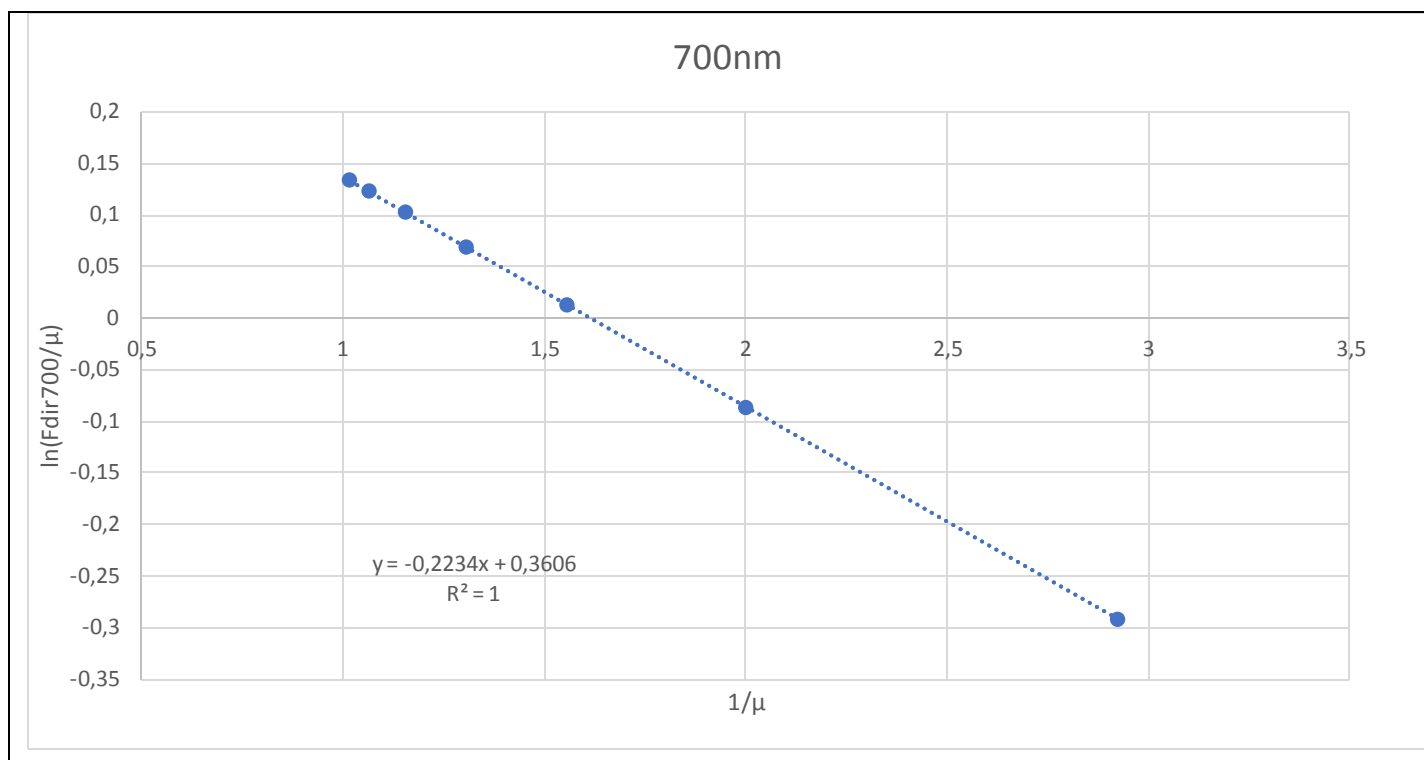
**Plot for 300nm:**



**Plot for 500nm:**



### Plot for 700nm:



### Fill the table below

Wavelength (nm)	Atmospheric Optical depth	solar constant ( $\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ )
300	3,0472	0,5244
500	0,4029	1,9157
700	0,2234	1,4342

### Provide an explanation about the results:

Με βάση το κόκκινο πλαίσιο που εμπεριέχει το θεωρητικό υπόβαθρο, προκύπτει μία γραμμική σχέση για την οποία ισχύει ότι

$$-\text{Κλίση} = -\tau$$

όπου  $\tau$  το οπτικό βάθος. Με βάση αυτή την σχέση συμπληρώνουμε την αντίστοιχη στήλη του παραπάνω πίνακα.

Το οπτικό βάθος εκφράζει την εξασθένηση της ακτινοβολίας που διέρχεται από την ατμόσφαιρα (λόγω σκέδασης, απορρόφησης κλπ) οπότε αν γνωρίζουμε το οπτικό βάθος τότε εμμέσως αντιλαμβανόμαστε και το πόση ακτινοβολία φτάνει στο έδαφος. Στις παραπάνω γραφικές βλέπουμε ότι με την αύξηση του μήκους κύματος το οπτικό βάθος ελαττώνεται. Αυτό συνεπάγεται ότι τα μικρότερα μήκη κύματος εξασθενούν περισσότερο σε σχέση με τα μεγαλύτερα μήκη κύματος και δεν φτάνει τόσο μεγάλη

ποσότητά τους στο έδαφος, κάτι που συνάδει με την θεωρία που ξέρουμε για την αλληλεπίδραση της ατμόσφαιρας με την ακτινοβολία. Συγκεκριμένα, η σκέδαση Rayleigh είναι ανάλογη του  $1/\lambda^4$  οπότε είναι πιο ισχυρή στο υπεριώδες απ' ότι στο υπέρυθρο. Όλα τα παραπάνω εκφράζονται και με βάση την σχέση:

- $\tau = \beta \lambda^{-\alpha}$

όπου  $\alpha$  ο εκθέτης του Angstrom (που δείχνει πόσο μεγάλα είναι τα σωματίδια που επικρατούν στην ατμόσφαιρα).

Για την ηλιακή σταθερά αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας ξανά τις σχέσεις από το κόκκινο πλαίσιο προκύπτει ότι:

- $C = \ln Fo$
- $Fo = \exp(C)$

Η ηλιακή σταθερά εκφράζει την μέση ροή ακτινοβολίας δηλαδή την μέση ακτινοβολία ανά μονάδα επιφανείας.

Γνωρίζουμε με βάση τους νόμους του μέλανος σώματος και συγκεκριμένα από τον νόμο του Wien ότι για ένα σώμα θερμοκρασίας  $T$  ισχύει:

- $\lambda_{\max} \cdot T = \text{σταθερά}$

Για τον Ήλιο που η θερμοκρασία του πλησιάζει τους 6000 βαθμούς προκύπτει ότι το μέγιστο εκπεμπόμενο μήκος κύματος είναι περίπου τα 500 nm. Δηλαδή, τα 500nm είναι το μήκος κύματος εκείνο που ο Ήλιος εκπέμπει την περισσότερη ενέργεια. Αυτό εξηγεί το γιατί η ηλιακή σταθερά (στον παραπάνω πίνακα) παρουσιάζει την μέγιστη τιμή της στο μήκος κύματος αυτό.

Τα 300nm ανήκουν στην περιοχή του υπεριώδους. Γνωρίζουμε ότι σε αυτή την περιοχή του φάσματος η επίδραση της ακτινοβολίας είναι και πιο έντονη οπότε η ακτινοβολία αυτή εξασθενεί περισσότερο. Γι' αυτό, αναμένουμε η ηλιακή σταθερά να είναι η ελάχιστη στο μήκος κύματος αυτό, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τον παραπάνω πίνακα.

Έχοντας υπ' όψιν τα παραπάνω κατανοούμε και το γιατί η ηλιακή σταθερά στα 700 nm έχει και αυτή την ενδιάμεση τιμή. Πολύ απλά είναι το ενδιάμεσα ανάμεσα στην μέγιστη και την ελάχιστη τιμή.

Τέλος, μπορούμε να κάνουμε και ένα σχόλιο με βάση τον πρώτο πίνακα και την επίδραση της ζενίθιας γωνίας στην άμεση ακτινοβολία. Γνωρίζουμε ότι για  $sza=0^\circ$  ο Ήλιος βρίσκεται στο ζενίθ οπότε οι ακτίνες διανύουν μικρότερη απόσταση στην ατμόσφαιρα και σκεδάζονται και απορροφούνται λιγότερο. Όσο η ζενίθια γωνία αυξάνει, ο Ήλιος βρίσκεται πιο χαμηλά στον ουρανό και συνεπώς τα φωτόνια διανύουν μεγαλύτερη απόσταση στην ατμόσφαιρα και εξασθενούν περισσότερο. Παρατηρούμε επίσης ότι τα 300nm επηρεάζονται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό απ' ότι τα 500 και τα 700 και αυτό οφείλεται στο ότι η ατμόσφαιρα δεν επιδρά το ίδιο σε όλα τα μέρη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.