

PRÀCTICA 4

Dependència de la irradiància amb l'angle d'incidència

OBJECTIU

Comprovar la **variació** de la **irradiància incident** en una superfície amb **l'angle d'incidència**: **LLEI DEL COSINUS**.

FONAMENT TEÒRIC:

Irradiància solar: **energia** solar en forma de **radiació incident** sobre un lloc **per unitat de temps i superfície (W m^{-2})**.

Depén de l'orientació del focus emissor (el Sol) respecte la superfície on incideix la radiació d'acord amb la **lleï del cosinus**:

$$I(\theta) = I(0) \cos \theta$$

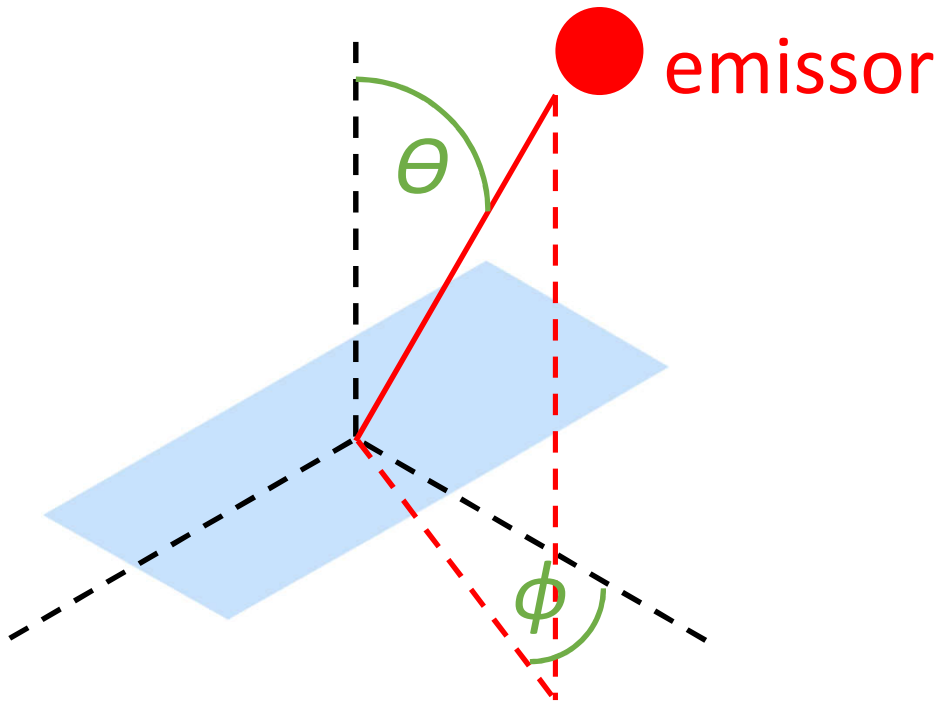
FONAMENT TEÒRIC:

$$I(\theta) = I(0) \cos \theta$$

I : irradiància.

θ : angle zenital (format entre la línia que uneix l'emissor i la superfície on incideix la radiació, i la línia perpendicular a aquesta superfície).

ϕ : angle azimuthal.



MATERIALS

sistema goniomètric



MATERIALS

làmpada de 500 W



MATERIALS

solarímetre amb
error relatiu del 5 %

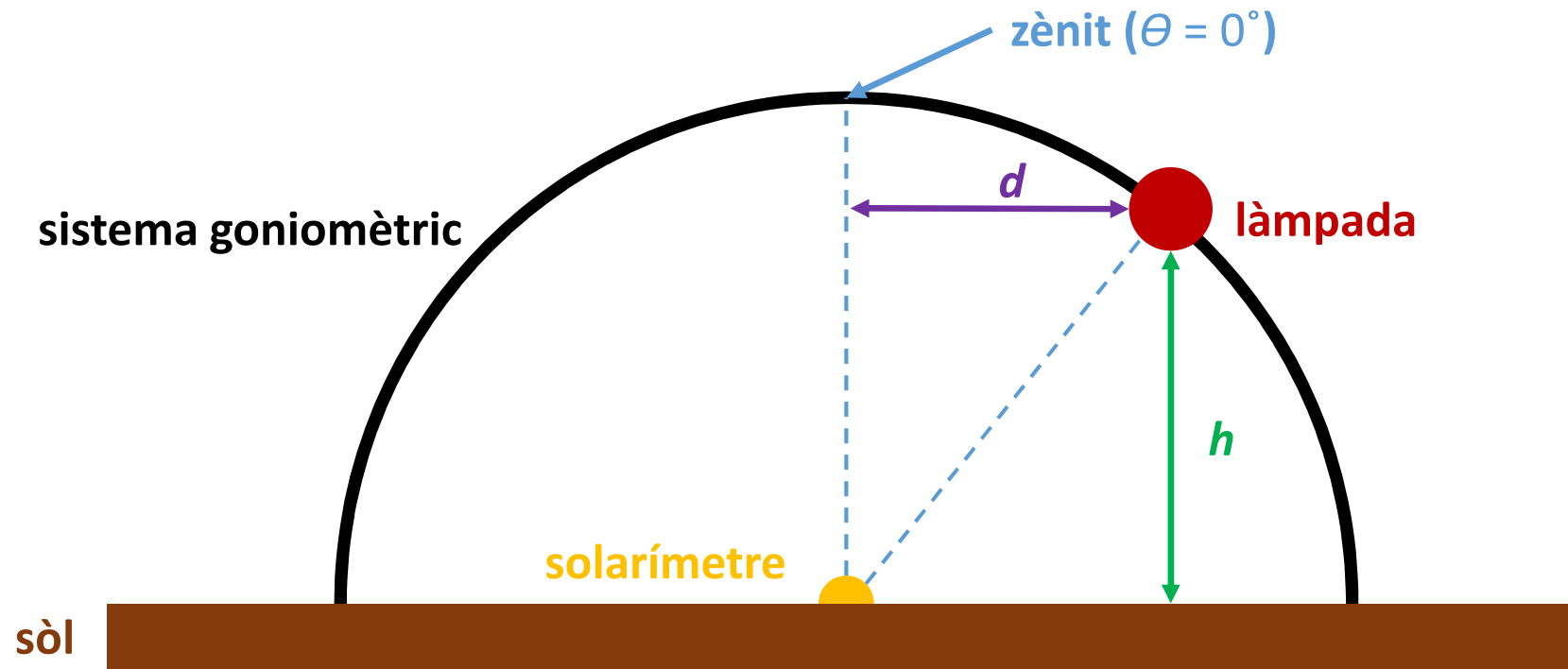


MATERIALS



medidor de
distàncies làser amb
error absolut d'1 mm

REALITZACIÓ:



REALITZACIÓ:

Mesures

- 1) 10-12 marques aproximadament equidistants en el sistema goniomètric dins l'interval $\theta \in [0, \pi/2]$ rad.



REALITZACIÓ:

Mesures

2) Amb la làmpada en cadascuna de les marques, es pren:

- Una mesura de la distància entre la làmpada i la línia que uneix el solarímetre i el zènit (d)
- Una mesura de la distància entre la làmpada i el pla sobre el que se situa el solarímetre (h)
- 3 mesures de la irradiància amb la làmpada encesa (I_e)
- 3 mesures de la irradiància amb la làmpada apagada (I_a).

REALITZACIÓ:

Mesures

3) Mesura de les distàncies d i h per a la determinació de θ :

1. Es penja, en el sistema goniomètric i des del zènit, un fil amb un pes.
2. Es col·loca un full de paper sobre el fil, a l'altura de la làmpada, en el pla perpendicular al sòl i a la línia més curta que uneix la làmpada amb el fil.
3. Amb el làser en un lateral de la làmpada i paral·lel al sòl, es pren una mesura apuntant el paper (d).
4. Es gira el làser $\pi/2$ rad i, apuntant el sòl, es pren una mesura (h).

Cal escollir raonadament la posició del làser respecte la làmpada i usar sempre la mateixa.

REALITZACIÓ:

Mesures

4) Mesura de les irradiàncies:

1. S'encén la làmpada.
2. S'espera a que s'estabilitze la lectura del solarímetre.
3. Es pren nota de la lectura estabilitzada (I_e).
4. S'apaga la làmpada.
5. S'espera a que s'estabilitze la lectura del solarímetre.
6. Es pren nota de la lectura estabilitzada (I_a).
7. Es repeteixen 1-6 dues vegades més.

REALITZACIÓ: Càlcul de les variables d'interés i els seus errors

1) Angle zenital

1. Es calcula $\theta = \arctan(d/h)$
2. Es calcula l'error de θ :

$$\varepsilon(\theta) = \left| \frac{\partial \theta}{\partial \bar{d}} \varepsilon(\bar{d}) \right| + \left| \frac{\partial \theta}{\partial \bar{h}} \varepsilon(\bar{h}) \right| =$$

$$\left| \frac{\varepsilon(\bar{d})/\bar{h}}{1 + (\bar{d}/\bar{h})^2} \right| + \left| \frac{-\varepsilon(\bar{h})/\bar{h}^2}{1 + (\bar{d}/\bar{h})^2} \right|$$

3. Es repeteixen 1-2 per a cadascuna de les posicions de la làmpada.

Recordatori: els angles venen en rad i l'error absolut del làser és 1 mm.

REALITZACIÓ: Càlcul de les variables d'interés i els seus errors

2) Irradiància làmpada encesa I_e

1. Es calcula l'error absolut per a cada mesura (l'error relatiu del solarímetre és del 5 %):

$$\varepsilon(I_e) = 0,05 * I_e$$

2. Es calcula l'error absolut mitjà:

$$\overline{\varepsilon(I_e)} = \sum_{i=1}^3 \varepsilon(I_{ei}) / 3$$

3. Es calcula l'error de dispersió: $\varepsilon_D(I_e) = \frac{I_{e,\max} - I_{e,\min}}{4}$

4. S'escull el major dels dos i s'expressa correctament:

$$\bar{I}_e \pm \varepsilon(\bar{I}_e)$$

3) Irradiància làmpada apagada I_a Es repeteixen 1-4 i s'obté:

$$\bar{I}_a \pm \varepsilon(\bar{I}_a)$$

REALITZACIÓ: Càlcul de les variables d'interés i els seus errors

4) Irradiància mesurada

1. Es calcula $I_m = \bar{I}_e - \bar{I}_a$
2. Es calcula l'error de I_m :

$$\varepsilon(I_m) = \left| \frac{\partial I_m}{\partial \bar{I}_e} \varepsilon(\bar{I}_e) \right| + \left| \frac{\partial I_m}{\partial \bar{I}_a} \varepsilon(\bar{I}_a) \right| = |\varepsilon(\bar{I}_e)| + |-\varepsilon(\bar{I}_a)|$$

3. Es repeteixen 1-2 per a cada posició de la làmpada.

REALITZACIÓ: Càlcul de les variables d'interés i els seus errors

5) Irradiància teòrica: $I_t = I_m(0) \cos \theta$

1. Es calcula $\cos \theta$

2. I el seu error: $\varepsilon(\cos \theta) = \left| \frac{\partial \cos \theta}{\partial \theta} \varepsilon(\theta) \right| = |-\varepsilon(\theta) \sin \theta|$

3. Es calcula $I_t = I_m(0) \cos \theta$

4. Es calcula el seu error:

$$\varepsilon(I_t) = \left| \frac{\partial I_t}{\partial I_m(0)} \varepsilon(I_m(0)) \right| + \left| \frac{\partial I_t}{\partial \cos \theta} \varepsilon(\cos \theta) \right| =$$
$$|\varepsilon(I_m(0)) \cos \theta| + |\varepsilon(\cos \theta) I_m(0)|$$

5. Es repeteixen 1-4 per a cada posició de la làmpada.

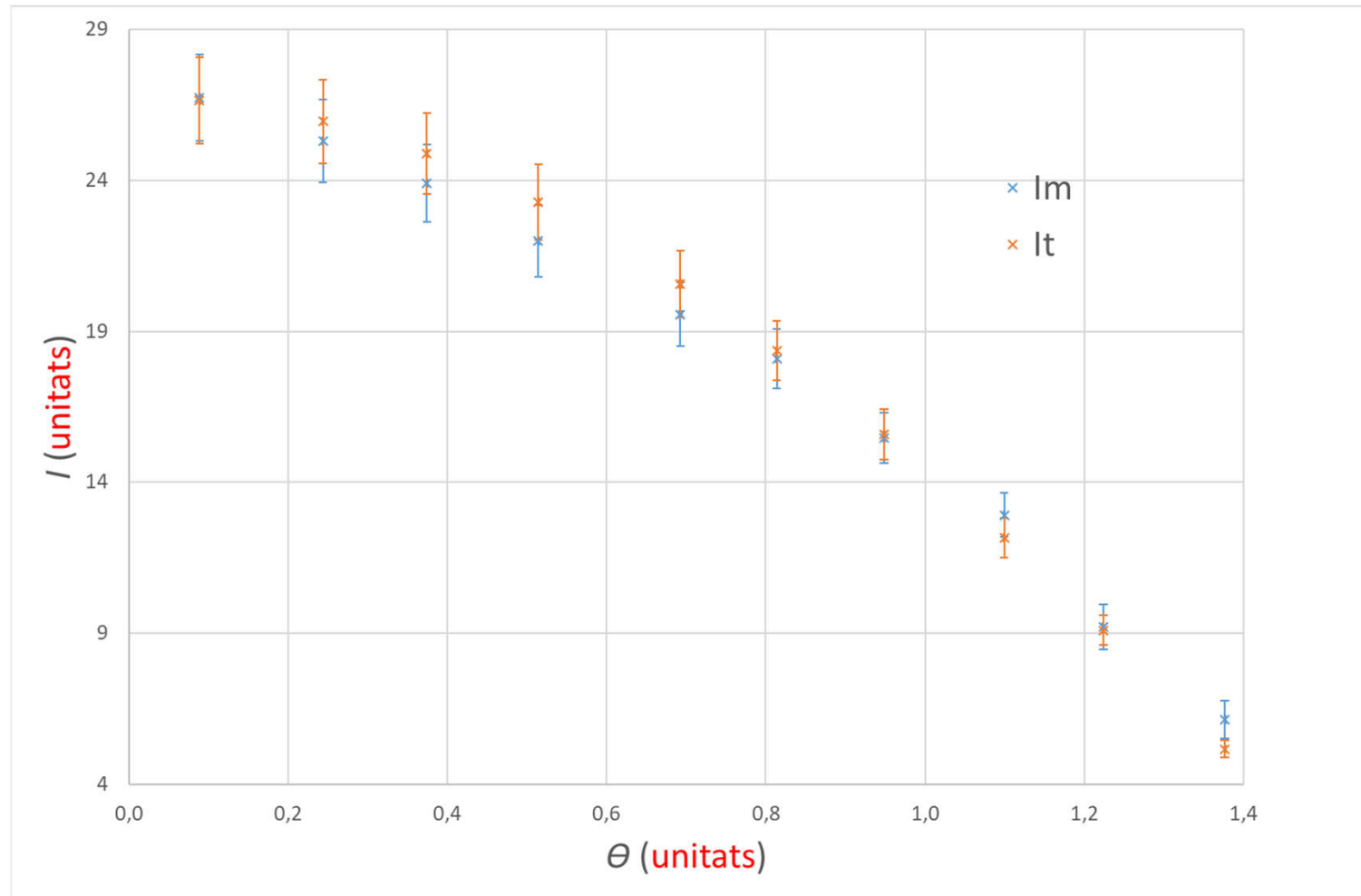
REALITZACIÓ: Càlcul de les variables d'interés i els seus errors

Ajuda per als càlculs (contrasenya: Metcli20):

<https://mmedia.uv.es/buildhtml/65174>

REALITZACIÓ: Representacions gràfiques

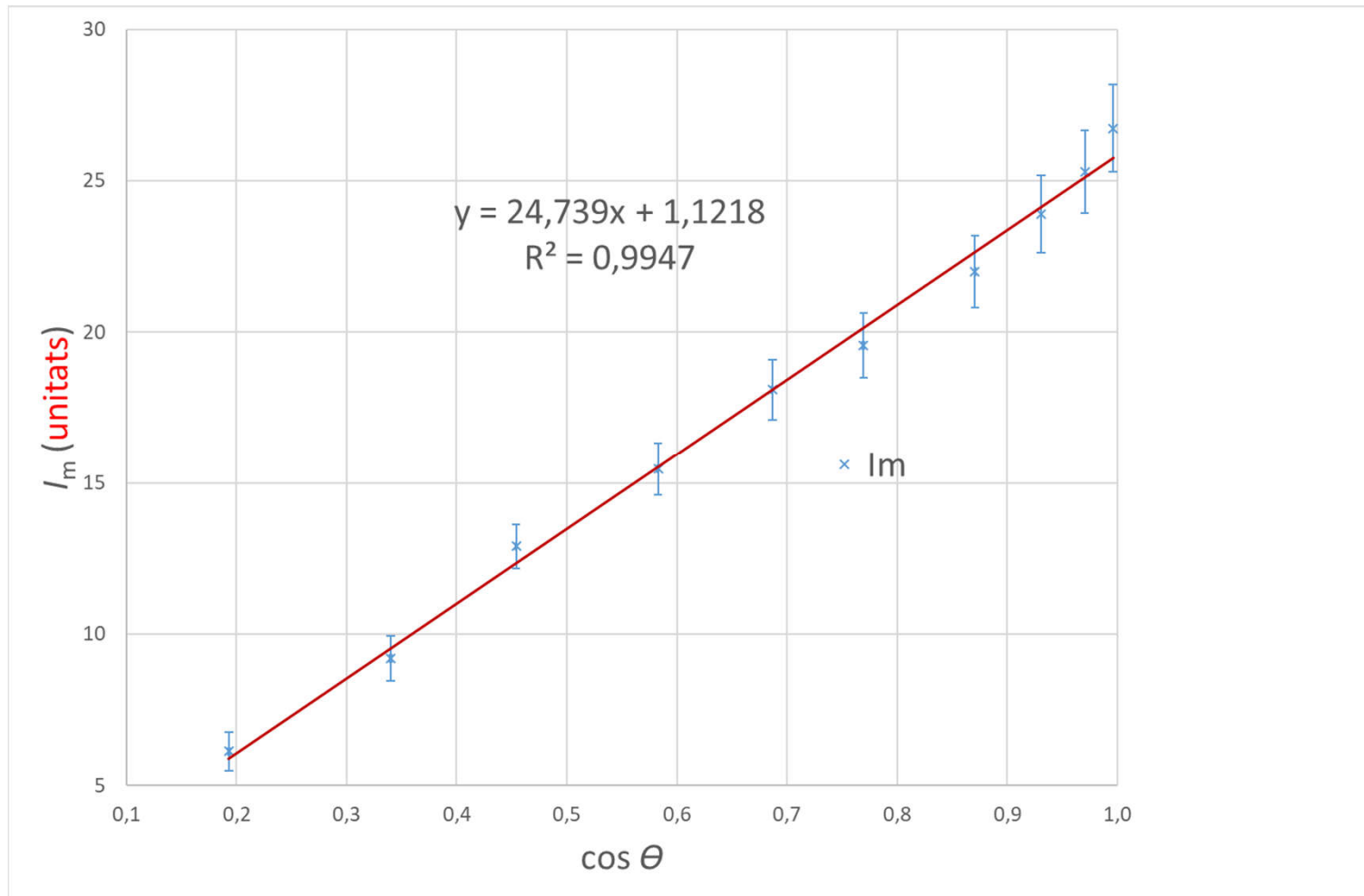
Fig. 1.- Comparació entre irradiàncies mesurades i teòriques:



Comentar aquesta comparació gràfica.

REALITZACIÓ: Representacions gràfiques

Fig. 2. Llei del cosinus:



Comentar els termes de l'equació del ajust per mínims quadrats i el coeficient de determinació.

Presentació de resultats a l'informe:

- Descripció breu dels objectius.
- Taules de la plantilla plenes.
- Figura 1: I_m i I_t en funció de θ .
 - S'espera un comportament sinusoidal.
- Figura 2: I_m en funció de $\cos\theta$.
 - S'espera un comportament lineal.
 - Cal incloure:
 - línia de tendència
 - coeficient de determinació R^2
 - equació lineal
 - errors de la pendent i l'ordenada en l'origen.
- Discussió dels resultats (validesa de la llei del cosinus):
en la Figura 2, els punts es distribueixen linealment i ascendent? la pendent és positiva? el valor de la pendent és propera a $I_m(0)$? l'ordenada en l'origen és propera a 0? es compensa amb el seu error? es compensa amb els errors de les irradiàncies mesurades? el coeficient de determinació és proper a 1?

Presentació de resultats a l'informe:

Recordeu:

- Expresseu correctament els valors amb els seus errors. Incloeu les xifres significatives requerides i feu els arrodoniments necessaris.
- Poseu peu a les taules, amb numeració correlativa. Poseu encapçalaments a les files/columnes de les taules (incloent magnituds i unitats).
- Poseu peu a cada figura, amb numeració correlativa. Incloeu títols d'eixos, elegiu una escala correcta als eixos, barres d'error, i que el tipus de gràfic i espai de treball siguin adequats.