

# Espectrometria

Jan Tena, Ben Thomas

22 de gener de 2026

## Resum

En aquesta pràctica s'ha realitzat l'anàlisi de la composició espectral de la radiació emesa per diferents fonts de llum mitjançant dos mètodes: l'ús d'un espectrògraf de prismes i d'un espectròmetre compacte. S'ha estudiat la dispersió de la llum mitjançant un prisma òptic i una xarxa de difracció, observant les diferències en la desviació dels feixos en funció de la longitud d'ona. Les mostres estudiades incloïen una làmpada de mercuri (Hg) i una font de llum desconeguda. Els espectres obtinguts amb l'espectrògraf es van enregistrar en una placa fotogràfica, mentre que els espectres amb l'espectròmetre compacte es van analitzar de manera digital amb el programari OceanView. Els resultats obtinguts han permès identificar les línies espectrals de cada font de llum i comparar-les amb els valors teòrics. A més, s'ha realitzat una corba de calibratge per a l'espectrògraf i s'ha investigat la composició de la làmpada desconeguda en funció de les línies espectrals observades, detectant que aquesta està majoritàriament composta de mercuri.

## 1 Introducció

La primera part de l'experiment es basa en l'ús d'un espectrògraf de prismes, un instrument òptic que permet dispersar la llum en les seves components espectrals gràcies al fenomen de la refracció. Quan un feix de llum travessa un prisma de vidre, es produeix una desviació que depèn de l'índex de refracció del material i de la longitud d'ona de la llum. Aquesta propietat provoca que la llum blanca es descompongui en els diferents colors de l'espectre visible, amb els feixos de longitud d'ona més curta (com el blau i el violeta) desviant-se més que els de longitud d'ona més llarga (com el vermell).

L'espectrògraf de prismes utilitzat en l'experiment consta d'una escletxa que deixa passar la llum d'una font específica, un sistema de lenses que col·limen el feix i uns prismes que dispersen la llum. Així, cada longitud d'ona es focalitza en una posició diferent, i col·locant una placa fotogràfica a la sortida de l'instrument s'obté un registre de l'espectre. Aquest mètode permet identificar les diferents longituds d'ona presents en la radiació emesa per la font de llum, cosa que és fonamental per a l'anàlisi espectral i la identificació d'elements químics presents en la mostra.

La dispersió cromàtica produïda per un prisma, a diferència de les xarxes de difracció, no és lineal, de manera que les longituds d'ona més llargues queden comprimides en una zona estreta de l'espectre. Aquesta característica de l'espectrògraf de prismes implica que la interpretació de les línies espectrals requereix una corba de calibratge, que es calcula utilitzant les línies conegeudes de l'espectre de referència de la làmpada de mercuri.

Per a l'ajust numèric de la corba de calibratge de l'espectrògraf de prismes, hem utilitzat la relació proporcionada:

$$\lambda = A + \frac{B}{C - x} \quad (1)$$

On  $\lambda$  representa la longitud d'ona corresponent a cada línia espectral mesurada, i  $x$  és la posició de la línia sobre la placa fotogràfica. Els coeficients  $A$ ,  $B$ , i  $C$  s'han determinat mitjançant la funció `lsqnonlin` de Matlab a partir de les longituds d'ona conegeudes de les línies d'emissió del mercuri (Hg):

$$A = 259.3887 \quad B = -16583.3446 \quad C = -51.8545$$

Amb aquests valors dels coeficients obtenim una funció de calibratge que relaciona la posició  $x$  sobre la placa fotogràfica amb la longitud d'ona  $\lambda$  corresponent. Aquesta funció ens permet calcular les longituds d'ona desconegudes de les línies espectrals observades per la làmpada desconeguda utilitzant les seves posicions  $x$  mesurades.

Si es grafiquen els punts mesurats i el seu ajust segons l'Equació 1, s'obté la Figura 2. Sobre la corba, també s'han dibuixat les dades de la làmpada problema, amb la finalitat d'obtenir la seva longitud d'ona.

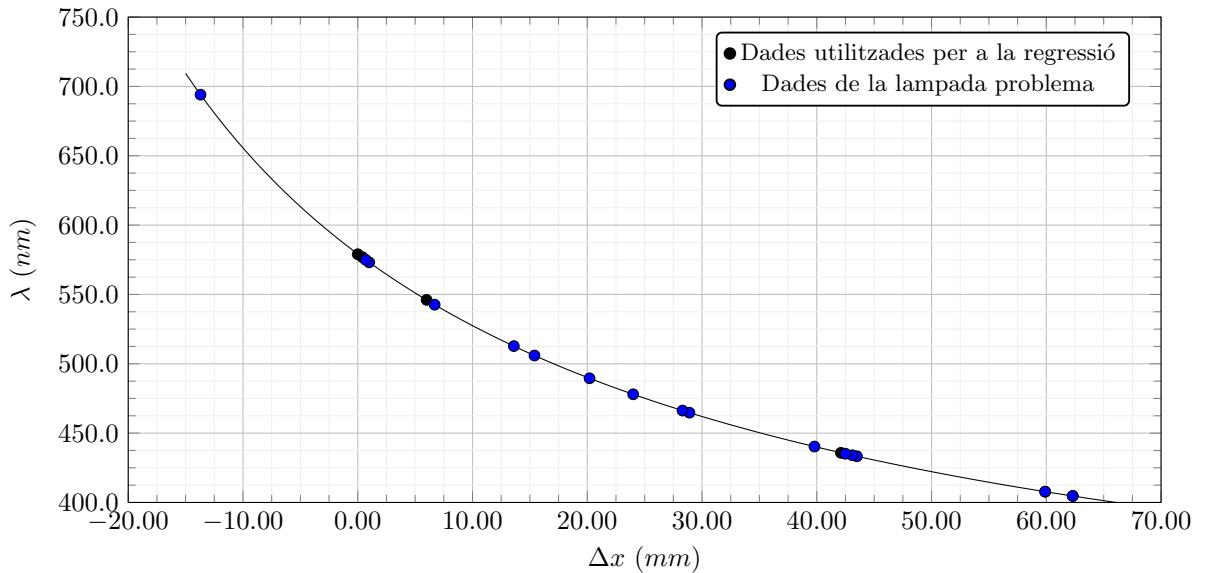


Figura 1

A la Taula 2, s'observen els valors de les longituds d'ona junt amb l'element al qual corresponen. Si es comparen aquestes  $\lambda$  amb les Figures 2, 3, 4, s'observa el mateix del que s'ha mesurat amb la placa fotogràfica.

$\Delta x$ (mm)	$\lambda$ (nm)	Element
62.3	404.66	Hg I a 404.656 nm
59.9	407.77	Hg I a 407.783 nm
43.5	433.30	Hg II a 433.709 nm
43.1	434.03	Hg I a 433.922 nm
42.5	435.14	Cd II a 435.771 nm
39.8	440.32	Hg II a 440.485 nm
28.9	464.74	Zn I a 464.351 nm
28.3	466.28	Cd I a 466.235 nm
24.0	478.01	Hg I a 478.127 nm
20.2	489.54	Hg I a 489.691 nm
15.4	505.96	Hg II a 506.649 nm
13.6	512.75	Hg II a 512.844 nm
6.7	542.60	Hg II a 542.525 nm
-13.7	694.03	Zn I a 694.319 nm

Taula 1: Taula on es presenta la longitud d'ona juntament amb l'element que l'emet (incloent la longitud d'ona agafada com a referència). L' $\Delta x$  representa la distància a la que s'ha mesurat cada línia de l'espectre respecte d'un origen arbitrari amb la qual hem obtingut la longitud d'ona de cadascuna d'aquestes. Per poder saber l'element que emet cada longitud d'ona hem utilitzat la pàgina web proporcionada a la bibliografia de l'informe en la qual hem comparat les longituds d'ona del Zinc, el Cadmi i el Mercuri (elements donats per l'informe) amb les obtingudes experimentalment, agafant la més propera a les nostres dades com a la responsable de l'emissió de cadascuna d'elles.

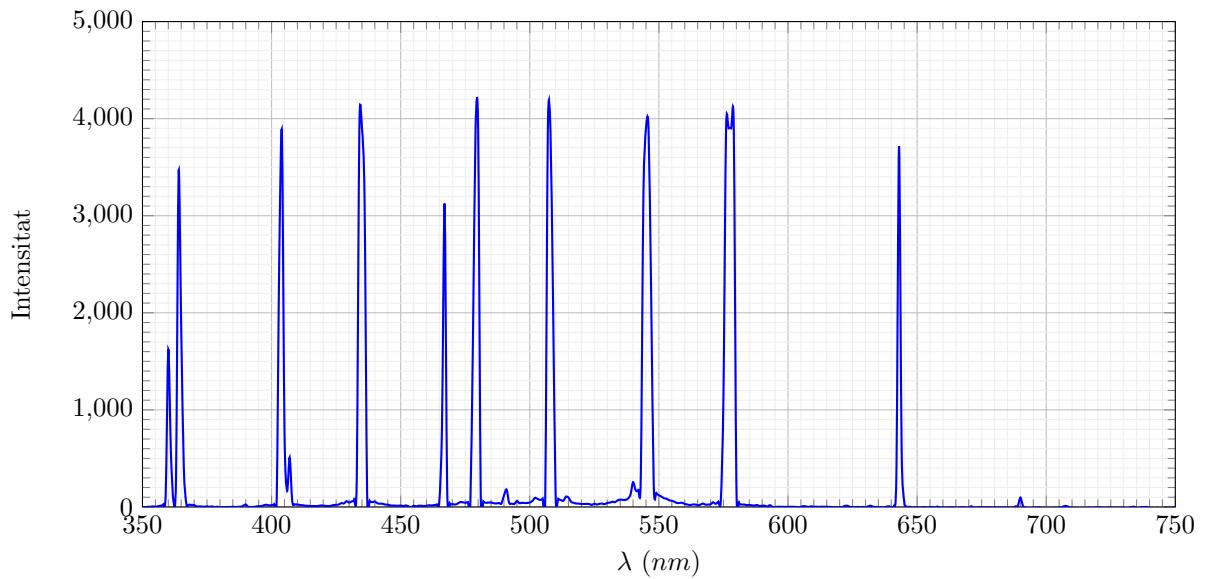


Figura 2: Figura de l'espectrògraf mesurant des d'una posició llunyana, per tal de veure només els pics més forts.

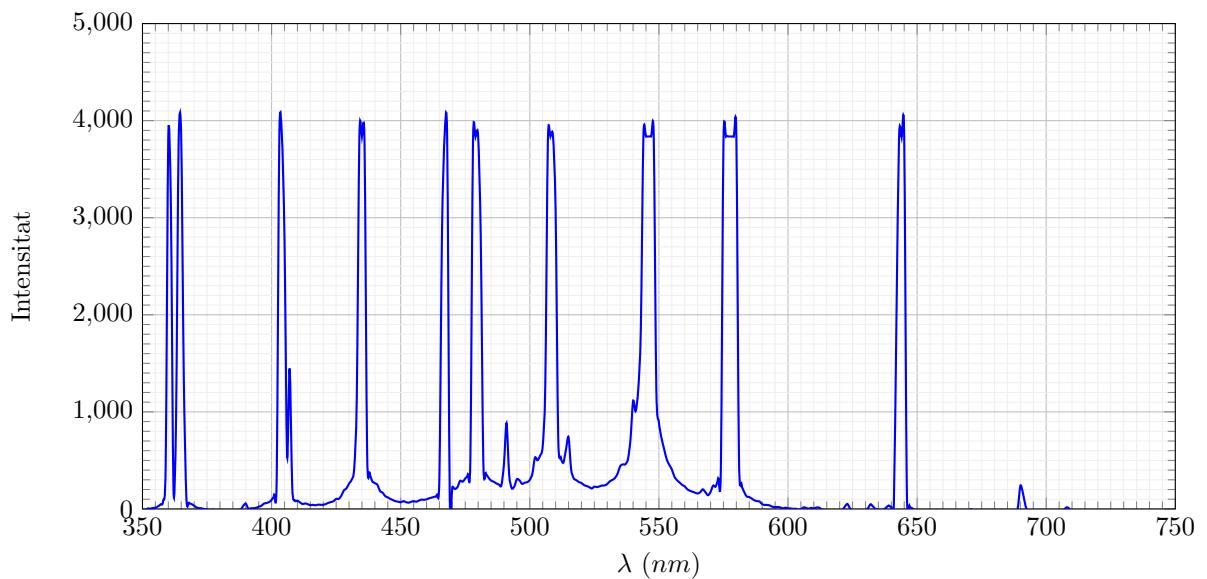


Figura 3: Figura de l'espectrògraf mesurant des d'una posició propera, per tal d'intentar mesurar els tots els pics

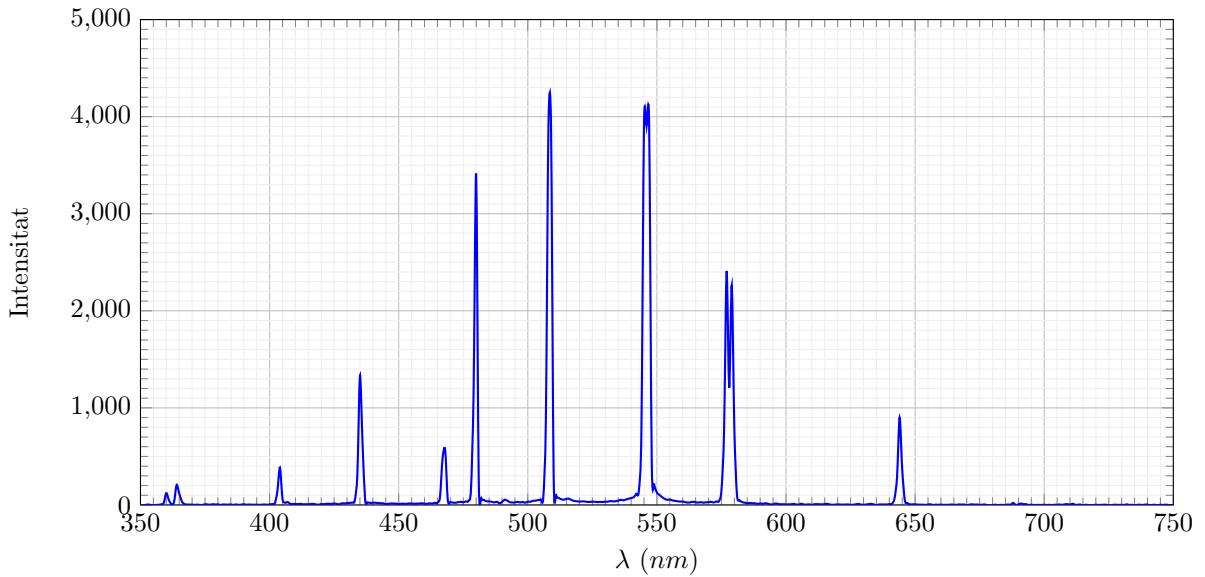


Figura 4: Figura de l'espectrògraf mesurant des d'un angle arbitrari, per tal de veure només els pics més forts.

Finalment, observant les figures 2, 3 i 4 podem veure els pics pels quals s'ha emès més llum en funció de la seva longitud d'ona. Comparant les imatges i les dades numèriques d'aquestes, podem veure com coincideixen fortament amb les dades obtingudes amb l'espectrògraf. Hem decidit fer una taula comparativa per veure amb més detall i claredat aquesta comparació:

$\lambda$ espectròmetre $\pm 5$ (nm)	$\lambda$ espectrògraf (nm)	Element
404	404.66	Hg I a 404.656 nm
407	407.77	Hg I a 407.783 nm
433	433.30	Hg II a 433.709 nm
434	434.03	Hg I a 433.922 nm
435	435.14	Cd II a 435.771 nm
435	440.32	Hg II a 440.485 nm
468	464.74	Zn I a 464.351 nm
468	466.28	Cd I a 466.235 nm
480	478.01	Hg I a 478.127 nm
491	489.54	Hg I a 489.691 nm
508	505.96	Hg II a 506.649 nm
508	512.75	Hg II a 512.844 nm
545	542.60	Hg II a 542.525 nm
690	694.03	Zn I a 694.319 nm

Taula 2: Taula on es presenta la longitud d'ona enregistrada per l'espectròmetre juntament amb la mesurada amb la regressió dels punts trobats amb l'espectrògraf. També podem veure l'element responsable de cada emissió i la longitud teòrica d'emissió d'aquest en l'aire. Podem observar una gran proximitat entre els punts trobats en els dos mètodes. Tenint en compte l'error proporcionat per les gràfiques, podem relacionar tots els punts trobats en l'espectròmetre a aquells trobats amb l'espectrògraf. Només hem trobat dues lambdes no detectades amb l'espectrògraf que són les de 360 i 364 nm.

Podem concluir doncs, que la recollida de dades de les longituds d'ona emeses per la làmpada problema ha sigut satisfactòria i hem pogut observar amb claredat els elements responsables de cadascuna d'elles, sent majoritàriament de mercuri.