

# Laboratorio di Fisica - A.A. 2020/2021

Docenti: A. Garfagnini - M. Lunardon

## Effetto Zeeman

**Cerrone Vanessa**

1200361

vanessa.cerrone@studenti.unipd.it

**Cigagna Simone**

1193992

simone.cigagna@studenti.unipd.it

**Lai Nicolò**

1193976

nicolo.lai@studenti.unipd.it

### 1 Introduzione

L'effetto Zeeman normale è un fenomeno fisico che consiste nella separazione delle righe di emissione di un atomo eccitato in presenza di un campo magnetico esterno  $\vec{B}$ . L'interazione con il campo è riconducibile a onde elettromagnetiche emesse da dipoli oscillanti, per cui il moto orbitale dell'elettrone può essere scomposto in un moto oscillatorio lungo la direzione di  $\vec{B}$  ( $\Delta m = 0$ ) e un moto rotatorio destrogiro o levogiro attorno a  $\vec{B}$  ( $\Delta m = \pm 1$ ). Nell'esperienza si analizza tale effetto nell'atomo di Neon, studiando la riga spettrale a 585.3 nm data dalla transizione  $^1S_0 \rightarrow ^1P_1$ , cioè tra stati con spin  $S = 0$  e  $\Delta L = \Delta J = 1$ . Si utilizza lo spettrometro *Zeeman 2* e come sorgente di luce una lampada al Neon a scarica a bagliore alimentata in corrente continua: le incertezze sulle dimensioni dei componenti e degli altri dati di costruzione sono trascurabili rispetto alle incertezze statistiche, mentre l'incertezza relativa sul valore del campo magnetico  $\vec{B}$  risulta essere dell'1%.

### 2 Spettro di emissione del Neon

In questa sezione si analizza lo spettro acquisito con il CCD orizzontale e in assenza di campo magnetico con il fine di individuare la riga di emissione di interesse.

Inizialmente si effettua una calibrazione dell'asse orizzontale, convertendo così il numero di pixel relativi al CCD in lunghezze d'onda. A tale scopo, si predispone una regressione lineare delle lunghezze d'onda delle principali righe spettrali del Neon in funzione del numero di pixel corrispondenti ai picchi rivelati dal detector.

In Fig.1 si osservano evidenti transizioni nella regione 580-680 nm, in particolare la riga più intensa a 640.2 nm e la riga di interesse per l'esperienza a 585.3 nm.

In presenza di un campo magnetico esterno lo spettro rimane invariato, a meno dell'intensità della radiazione che aumenta significativamente.

### 3 Potere risolvante dell'apparato

Lo calcoliamo con Boff

Formule (range utile ecc ecc) (approx luce radente)

Procedura di analisi (indipendenza statistica, picchi a triplette ecc ecc)

Plot con tutti i picchi fittati + finestrella con lo zoom su una tripletta

Stima di R (come quando perchè)

Plot del trend per aberrazione

A campo magnetico spento si vuole determinare il potere risolvante dell'apparato, pari a:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \quad (1)$$

In approssimazione di luce radente vale:

$$\Delta\lambda_{r.u.} \simeq \frac{\lambda^2}{2d} \quad (2)$$

### 4 Fattore di Landè

Lo calcoliamo con Bon lungo la direzione della radiazione (parlare dello splitting di Zeeman)

Formule (range utile + conversione energia + fattore di Landè)

Procedura di analisi (niente fit perchè non vengono)

Plot con tutti i picchi + finestrella con lo zoom su una tripletta

Controllare che lo splitting Zeeman non subisca aberrazione pesante

In questa sezione si analizzano i dati con il campo magnetico acceso e osservando la radiazione parallelamente a

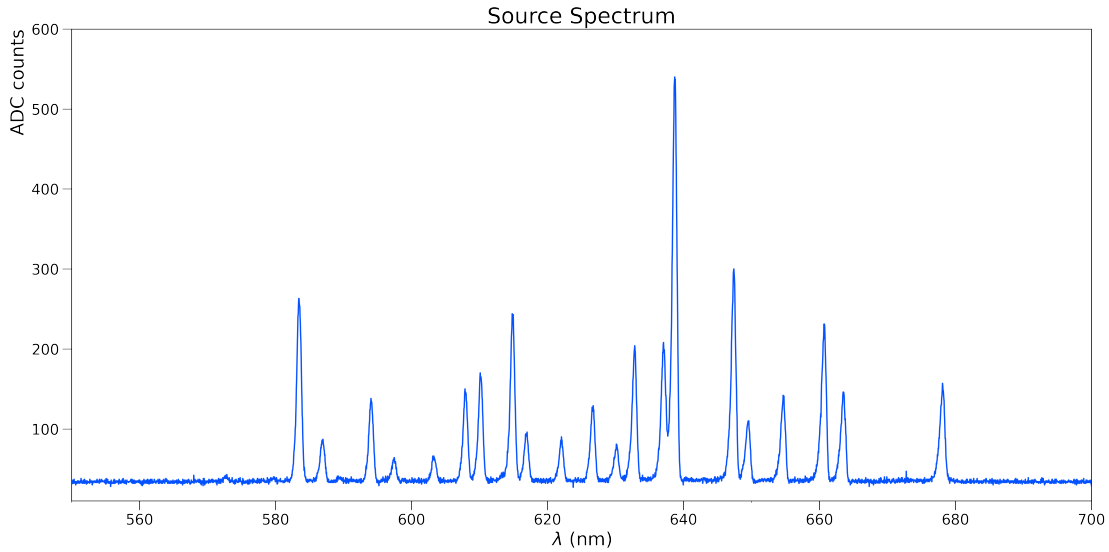


Fig. 1. Spettro emissivo del Neon. Asse orizzontale calibrato.

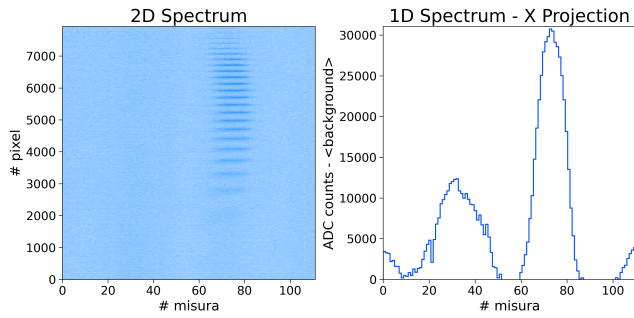


Fig. 2. Spettro bidimensionale  $B_{off}$

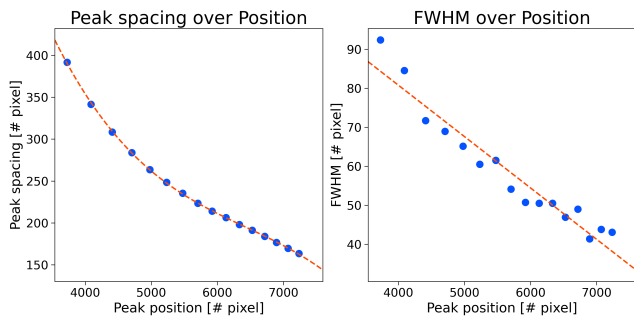


Fig. 3. Spacing trend

$\vec{B}$ . Poiché un dipolo non emette lungo la direzione che individua, i termini polarizzati circolarmente corrispondenti a  $\Delta m = \pm 1$  hanno intensità maggiore dei termini corrispondenti a  $\Delta m = 0$ . Perciò la transizione centrale è soppressa e si osservano solo le due laterali, separate da  $\delta\lambda = 2\Delta\lambda_{zee}$

## 5 Campo magnetico ortogonale alla radiazione

Un po' di fisica più in dettaglio rispetto all'introduzione (polarizzazione ecc) + aspettative "teoriche" (intensità picchi ecc)

Plot istogrammi sovrapposti

Deduzione configurazioni polarimetro dal plot

Si analizzano i dati acquisiti ruotando il campo magnetico, cioè osservando la radiazione emessa in direzione ortogonale a  $\vec{B}$ . In questo caso, i termini associati a  $\Delta m = 0$  presentano polarizzazione lineare, mentre quelli relativi a  $\Delta m = \pm 1$  sono polarizzati circolarmente in senso orario o antiorario. Ci si aspetta quindi di osservare un tripletto, cioè la formazione di tre righe equispaziate visibili nella direzione di propagazione trasversa al campo. Successivamente, si inserisce un filtro polarizzatore di fronte alla lente condensante, che viene impiegato in due configurazioni, non note a priori. Se il polarizzatore fa passare prevalentemente la componente della luce polarizzata parallelamente alla direzione del campo, allora si osserva una sola riga; se invece, ruotando il filtro, questo fa passare la componente della luce con polarizzazione ortogonale al campo, allora la transizione centrale viene soppressa e si osservano solamente i due picchi laterali. Conseguentemente ci si aspetta che l'intensità della radiazione sia significativamente ridotta con l'inserimento del filtro polarizzatore. In Fig.7 è riportata la proiezione sull'asse y dello spettro bidimensionale, nelle tre configurazioni precedentemente descritte. Si nota che, in generale, l'apparato non permette di risolvere sufficientemente bene le transizioni: questo è particolarmente evidente in assenza del filtro, in quanto non è possibile distinguere i tre picchi di interferenza distinti che ci si aspetterebbe. Inoltre, si osserva che nella prima configurazione lo spettro è caratterizzato dalla presenza di un unico picco, mentre nella seconda da un doppietto: da ciò si deduce che nel primo caso il polarizzatore è posto lungo la direzione

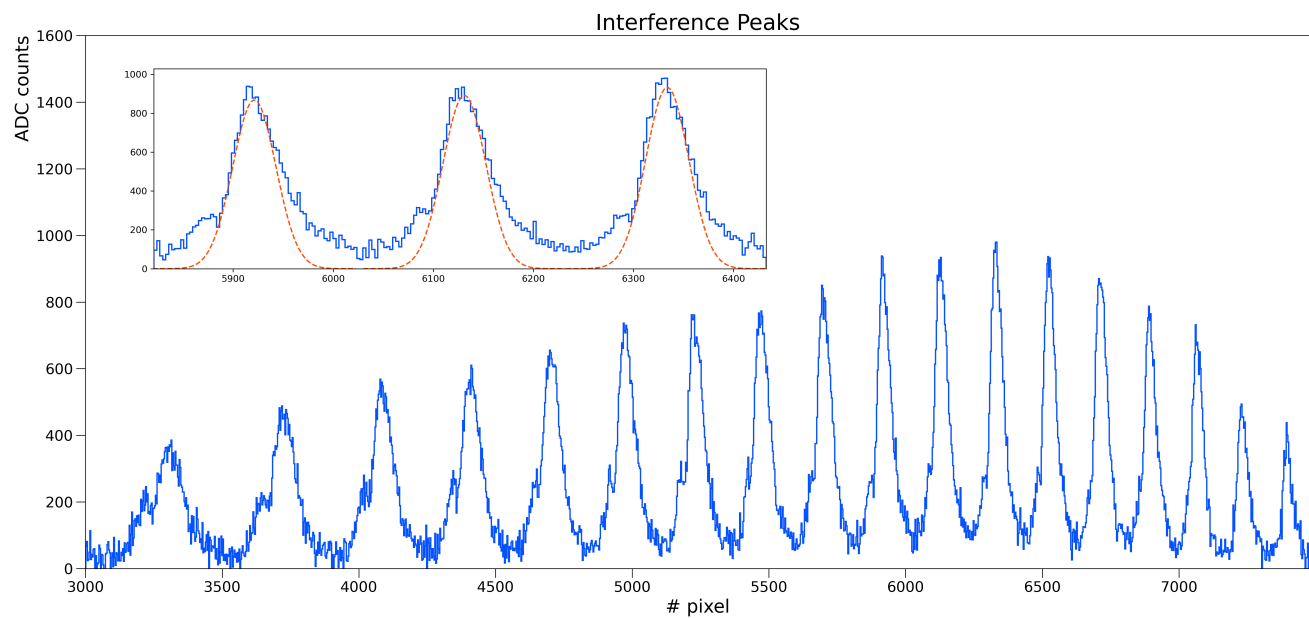


Fig. 4. Proiezione sull'asse  $y$   $B_{off}$

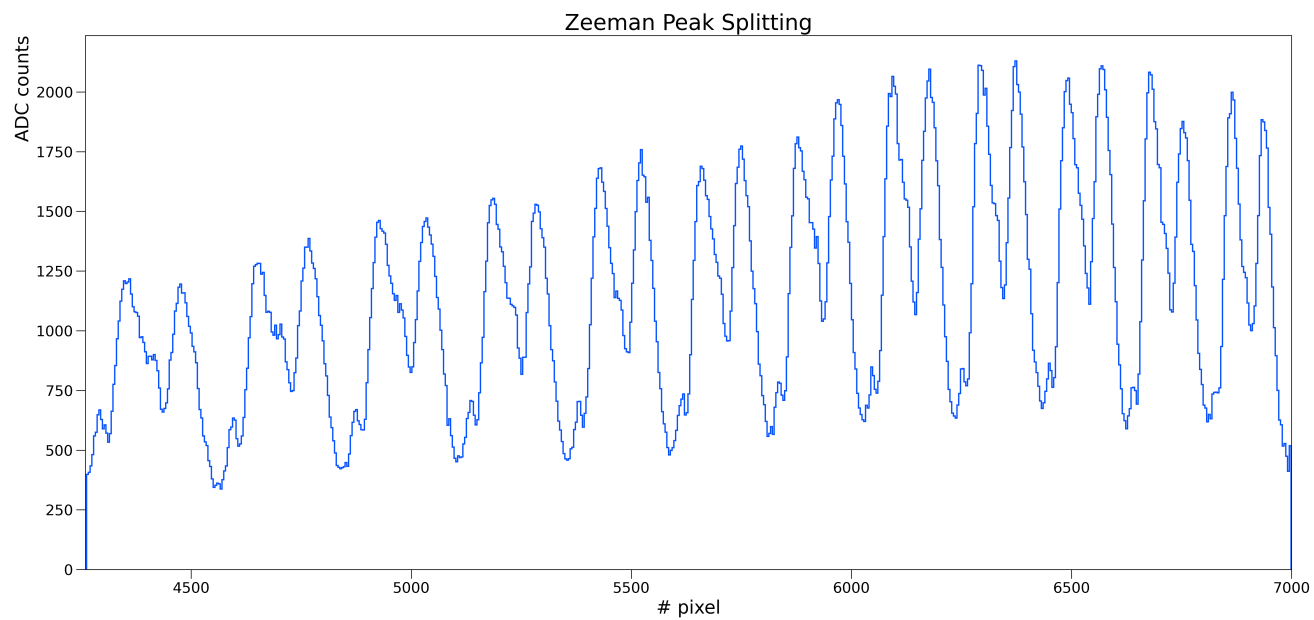


Fig. 5. Proiezione sull'asse  $y$   $B_{on}$

del campo, mentre nella seconda è ruotato di 90 gradi.

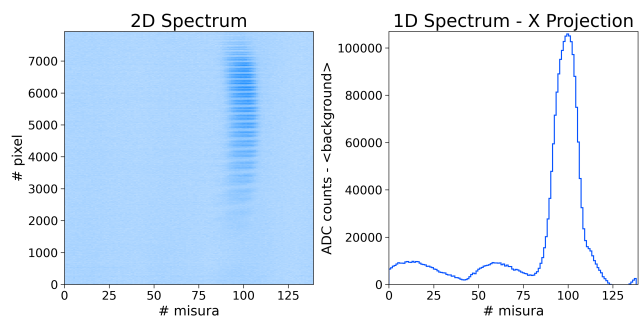


Fig. 6. Spettro bidimensionale  $B_{on}$

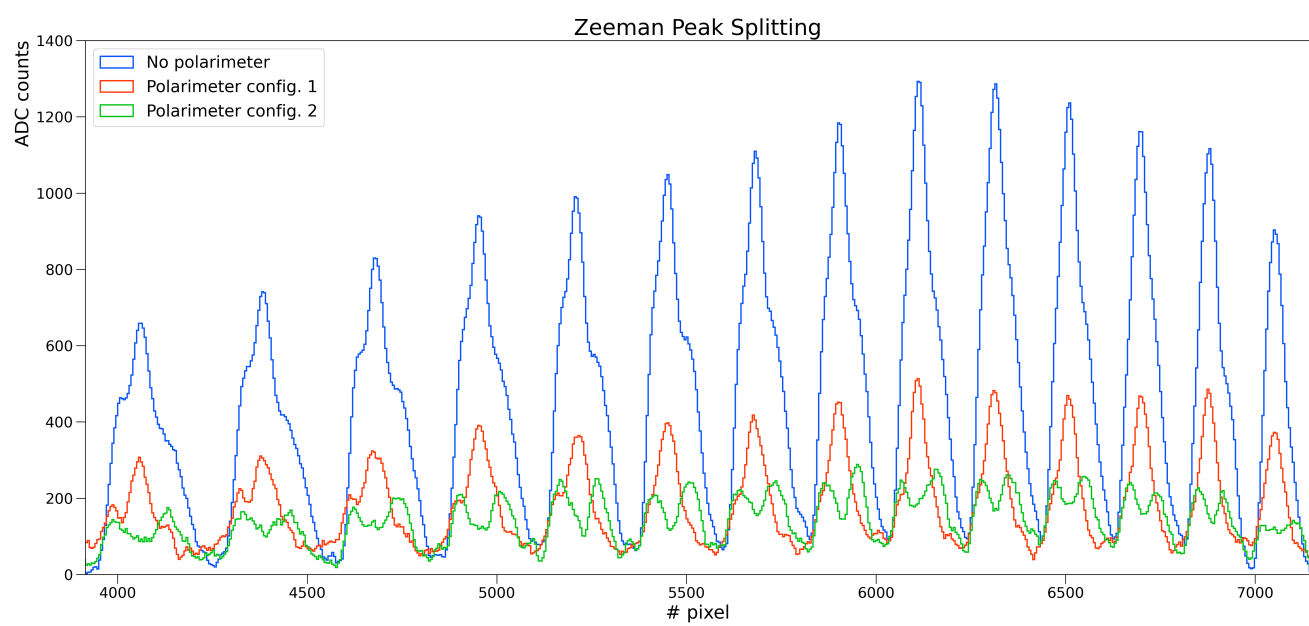


Fig. 7. Proiezione sull'asse y dello spettro bidimensionale nelle configurazioni con e senza polarizzatore