



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria



Introduzione al formalismo della meccanica quantistica

Scheda Studente



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria



Scheda I

1. Quali esperienze che permettono di indagare la struttura della materia conosci? Se non ne conosci, quali sarebbero a tuo parere quelle più opportune? Riassumile brevemente
2. Quali sono i sistemi fisici che vengono indagati o che indagheresti in queste esperienze? Spiega brevemente.
3. Quali grandezze sono misurate o misureresti in queste esperienze? Spiega brevemente
4. Quali informazioni sul comportamento della materia ritieni che queste esperienze forniscano o dovrebbero fornire?



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria



Scheda II - Esperienza con polaroidi

1. Prendi un polaroid e esponendolo alla luce e tenendolo per una sua estremità, ruotalo: cosa osservi? Usa diverse sorgenti (es. schermo di un computer, smartphone.)

2. Prendi adesso due polaroid; descrivi cosa osservi nei seguenti casi:
 - a. Sovrapponendoli e tenendoli fermi

 - b. Sovrapponendoli e ruotandoli insieme rispetto ad un asse verticale

 - c. Sovrapponendoli e tenendone uno fermo, facendo ruotare l'altro attorno ad un asse ad esso perpendicolare

3. Prendi due polaroid e sovrapponili, tienine uno fisso e lascia ruotare l'altro di 360° attorno ad un asse verticale. Descrivi come varia l'intensità I della luce trasmessa dai due polaroid. In particolare:
 - a. Quanti massimi d'intensità luminosa osservi (in un giro completo)

 - b. Quanti minimi d'intensità luminosa osservi (in un giro completo)

 - c. Di che angolo approssimativamente bisogna ruotare il polaroid per passare da un massimo di trasmissione al minimo successivo?



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria

4. Descrivi e/o illustra in che modo bisogna disporre due polaroid affinché:
 - a. La luce trasmessa sia massima
 - b. La luce trasmessa sia minima
5. In che modo è possibile ottenere le stesse configurazioni disponendo di tre polaroid? Argomenta la tua risposta, anche realizzando dei disegni. E con più polaroid? Argomenta la tua risposta, anche realizzando dei disegni.
6. In che modo giustificherei il comportamento della luce nelle interazioni osservate con i polaroid?
7. Progetta un'esperienza di laboratorio che ti permetta di caratterizzare quantitativamente l'interazione della luce con un polaroid.
 - a. Qual è il numero minimo di polaroid di cui avresti bisogno?
 - b. Quali grandezze si dovrebbero misurare?
 - c. Quali misure e come si dovrebbero effettuare?



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria

Scheda III - Esperienza con la calcite

1. Appoggia un cristallo di calcite sulla lettera scritta sul foglio o sulla pagina scritta di un libro. Quanti immagini delle scritte si osservano?

2. Descrivi cosa accade alle immagini osservate nelle seguenti situazioni:
 - a. Appoggiando una faccia del cristallo sulla lettera scritta sul foglio e ruotandolo di un giro completo

 - b. Appoggiando le altre facce del cristallo sulla lettera scritta sul foglio e iniziando a ruotare fino ad effettuare un giro completo

 - c. Quante immagini osservi? Rilevi differenza a seconda della faccia appoggiata?

 - d. Appoggiando sulla lettera scritta una lastrina di plexiglass e facendola ruotare di un giro completo



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria

3. Come spiegheresti il fenomeno per cui poggiando il plexiglass o la calcite sul foglio scritto si osserva un numero di immagini differenti, e per cui ruotando la calcite il numero di immagini varia al variare dell'angolo?
4. Poni adesso un polaroid sopra il cristallo, e quest'ultimo sulla lettera scritta o su un puntino rosso disegnato su un foglio, prima tenendolo fisso, poi ruotandolo.
 - a. Come varia il numero delle immagini che si osservano? e la loro intensità?
 - b. Cosa accade invece ruotando il cristallo mantenendo fisso il polaroid? Come cambiano le immagini che si osservano?
5. Cosa puoi concludere dalle osservazioni precedenti sulla polarizzazione della luce in uscita dalla calcite? Argomenta la tua risposta, anche realizzando dei disegni.
6. Disponi il cristallo di calcite sopra un polaroid che copre il puntino rosso disegnato sul foglio. Con un secondo polaroid analizza la polarizzazione delle immagini del puntino. Come devi disporre quest'ultimo polaroid per osservare lo stesso numero d'immagini che si osservano quando ci sono solo il primo polaroid e il cristallo?



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria

Scheda IV - Esperienza di Malus

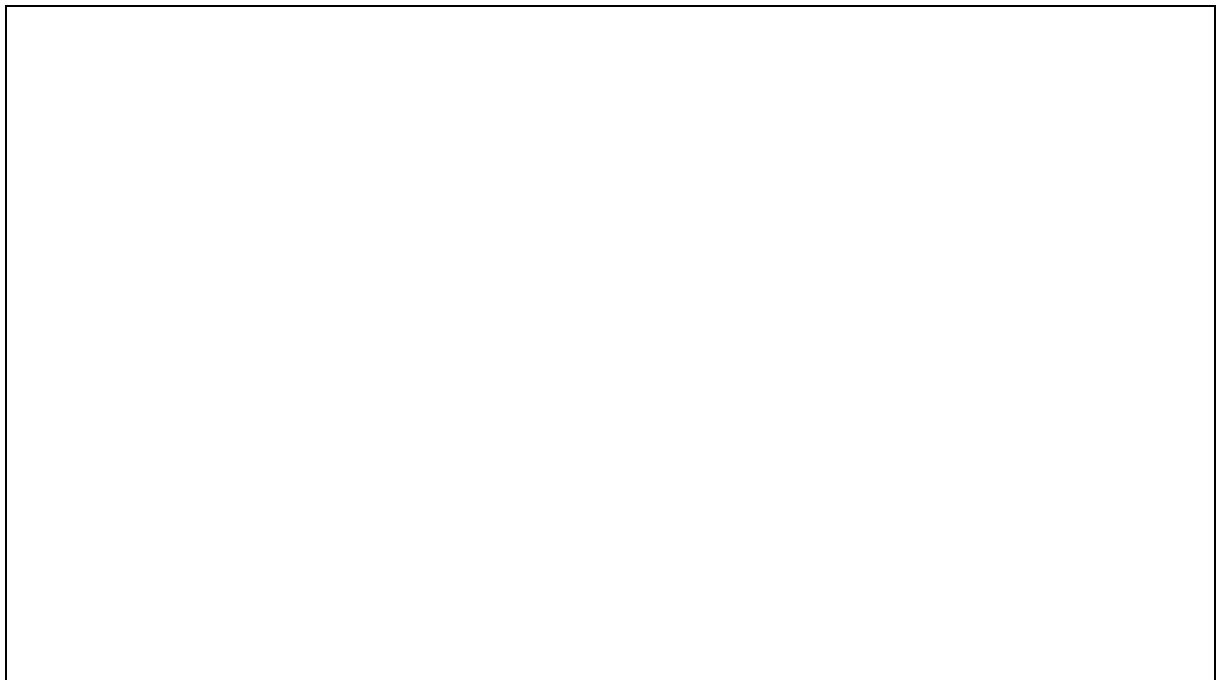
1. Hai a disposizione un laser e due polaroid. Misura l'intensità della luce in uscita dal secondo polaroid con il fotodiode. Qual è la variabile indipendente in questo esperimento? Giustifica brevemente dal punto di vista concettuale la tua affermazione
2. Effettua le misure e rappresentale su un grafico, cercando di linearizzarlo. Quale legge matematica meglio descrive la relazione tra l'intensità in uscita dal secondo polaroid e la variabile indipendente?

--	--



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria



3. Quali conclusioni puoi trarre dall'esperimento?



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria

Scheda V – Formalizzazione interazioni polaroidi con fotone

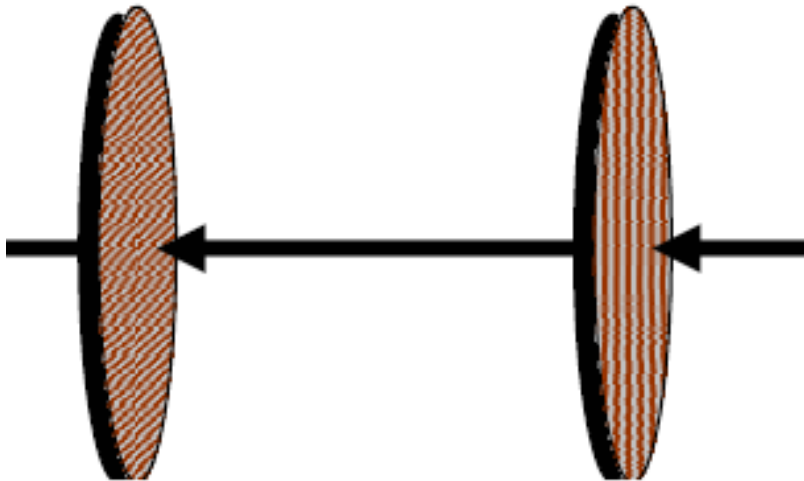
1. Sulla base dei risultati ottenuti nelle esperienze precedenti, quali sono le grandezze che descrivono completamente l'interazione di un fotone con uno o più polaroid?
2. Quale di queste grandezze si ottiene principalmente dalle osservazioni con i polaroid?
3. Quale di queste grandezze si ottiene principalmente dall'esperimento con la legge di Malus?
4. Quale di queste grandezze si ottiene principalmente dalle osservazioni con la calcite?
5. Come formalizzeresti l'interazione di un fotone con uno o più polaroid?



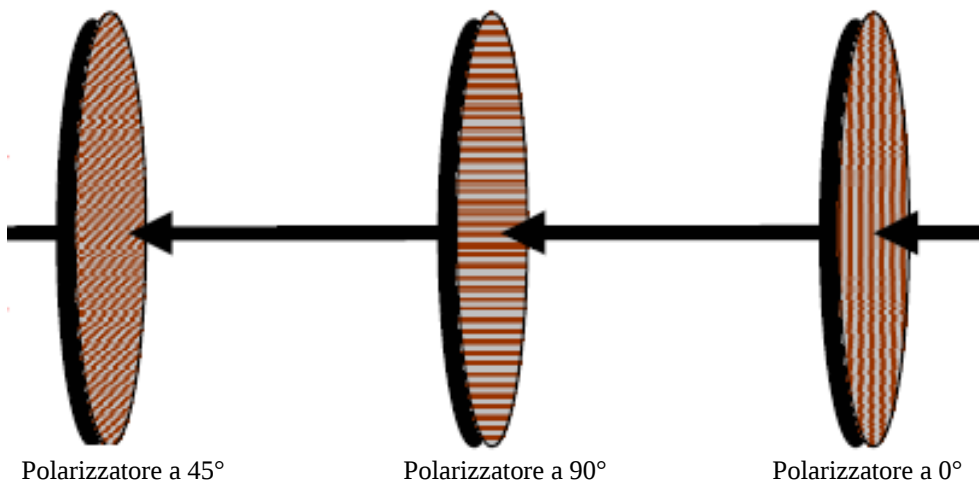
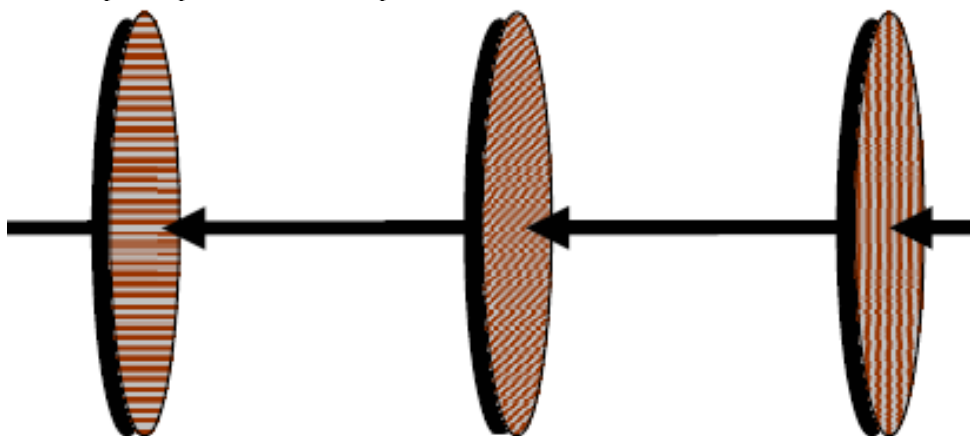
Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con Scienze, Confindustria

6. Sulla base delle tue osservazioni, come formalizzeresti l'interazione dei polaroid con il fotone, così come rappresentata in figura?



7. Considera le seguenti configurazioni di polaroid che interagiscono con un fotone. Sulla base delle tue osservazioni, come le formalizzeresti? Quali sono le differenze principali con il caso precedente?





Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria



Scheda VI – Formalizzazione stato del fotone

1. Come formalizzeresti lo stato di un fotone polarizzato a:

- 0°
- 90°
- 45°
- Angolo generico

Spiega brevemente a cosa serve conoscere lo stato di polarizzazione un fotone

2. Sulla base di quanto ipotizzato in precedenza e di quanto osservato, come formalizzeresti lo stato di un fotone polarizzato ad un angolo generico che interagisce con un polaroid lunga una certa direzione?

3. Come formalizzeresti lo stato di un fotone polarizzato ad un angolo generico dopo che ha interagito con un polaroid che polarizza a:

- 0°
- 90°
- 45°



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria



Scheda VII – Formalizzazione della misura e della probabilità

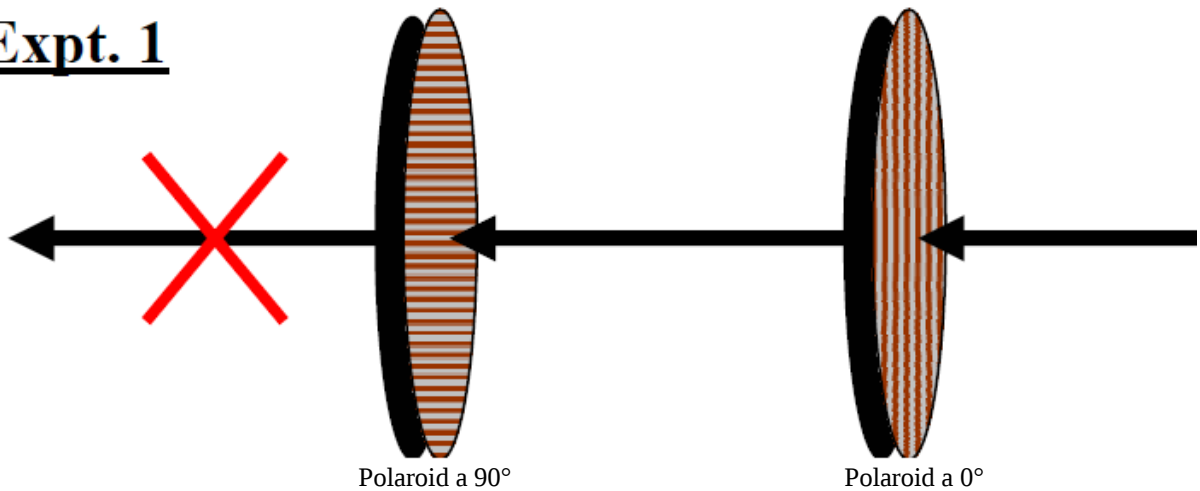
1. Cosa rappresenta il coefficiente numerico che moltiplica lo stato del fotone dopo la misura? Quale formalizzazione proporresti per ottenere questo coefficiente numerico?
2. Utilizzando l'operazione introdotta al punto precedente, come deve essere necessariamente rappresentato il polaroid dal punto di vista formale?
3. Utilizzando l'operazione introdotta al punto precedente, come formalizzeresti l'interazione di un fotone con due polaroid in sequenza orientati allo stesso modo?
4. Riscrivi adesso, utilizzando il formalismo introdotto, lo stato di un fotone polarizzato ad un angolo generico dopo che ha interagito con un polaroid che polarizza a:
 0°
 90°
 45°
5. Come formalizzeresti la legge di Malus utilizzando gli enti introdotti in precedenza? Quale significato fisico puoi dare al rapporto tra intensità in uscita ed intensità in ingresso?



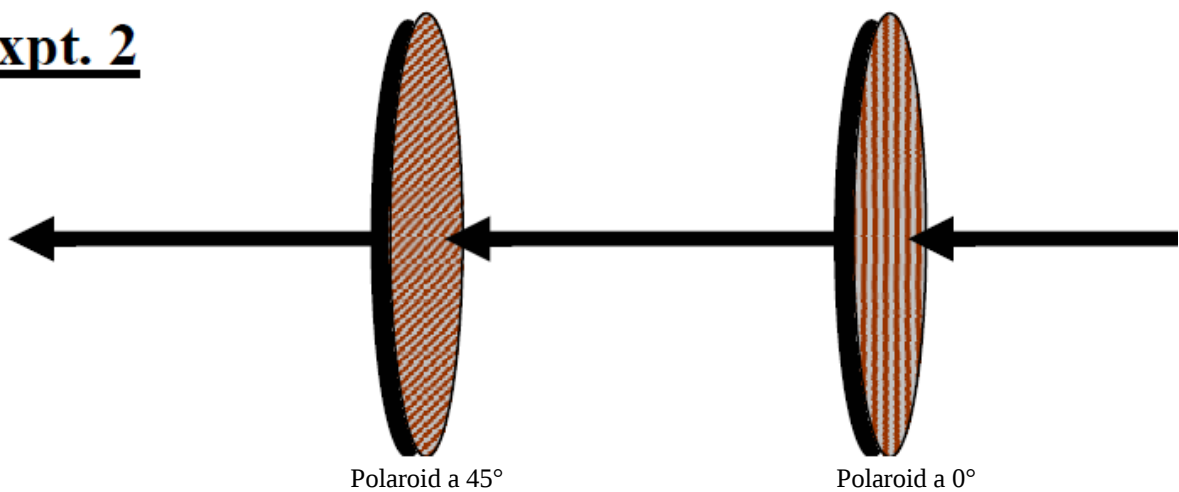
Scheda VIII – Formalizzazione degli esperimenti con i polaroid

1. Prova a formalizzare i risultati dei seguenti esperimenti utilizzando gli enti introdotti in precedenza:

Expt. 1



Expt. 2





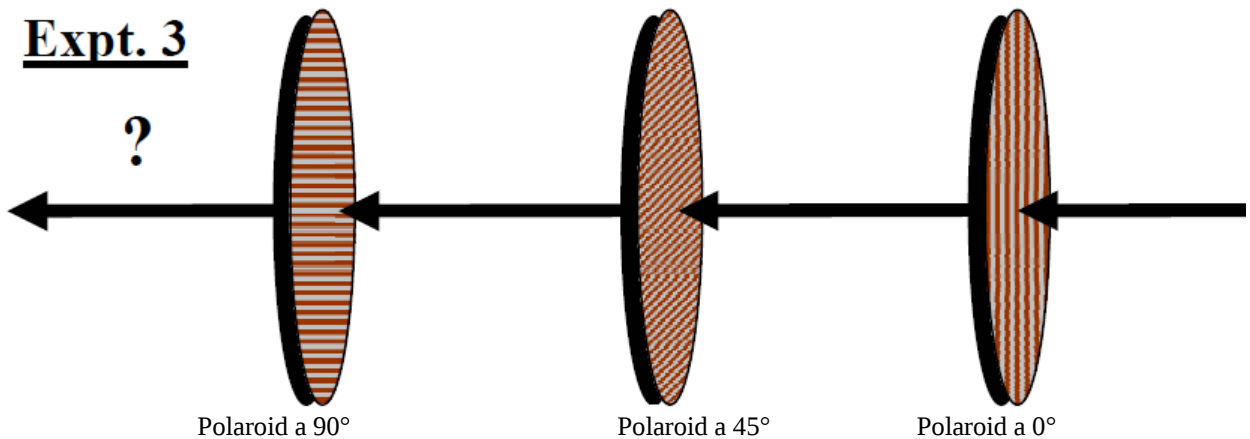
Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria



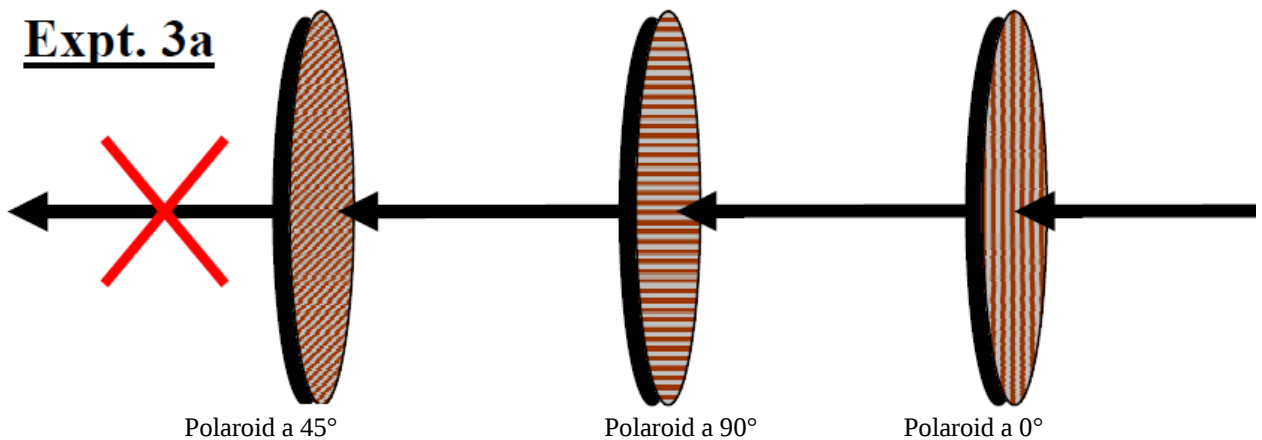
Expt. 3

?



Come ricorderai, nell'esperimento riportato in figura, invece non c'è luce in uscita dai tra polaroid.

Expt. 3a



Prova a dimostrare che il formalismo introdotto in precedenza ci permette di prevedere che l'inversione dei due filtri a 45° e 90° modifica la misura sullo stato di polarizzazione di un fotone inizialmente polarizzato ad esempio a 0° . Cosa puoi concludere a partire dalla formalizzazione proposta?



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria

Scheda IX – Formalizzazione degli esperimenti con la calcite

1. Sulla base di quanto introdotto finora, come formalizzeresti lo stato di un fotone che interagisce con la calcite? Aiutati con dei disegni che mostrino la polarizzazione del fotone in uscita. Fai riferimento alle osservazioni condotte in precedenza
2. Come formalizzeresti l'interazione di un polaroid con i fascetti uscenti dalla calcite?
3. Cosa puoi concludere a partire dalla formalizzazione proposta?



Piano Lauree Scientifiche

In collaborazione con MIUR, con.Scienze, Confindustria

Scheda X – Conclusioni

1. Come interpreteresti l'interazione di un fotone con i polaroidi e le calciti? Spiega brevemente
2. Quali differenze o somiglianze riscontri tra le interazioni classiche tra la luce e la materia ed le interazioni del singolo fotone con la materia? Spiega brevemente
3. Come utilizzeresti i risultati delle esperienze da te condotte e della formalizzazione da te proposta, per interpretare la struttura della materia?
4. È possibile secondo te formalizzare allo stesso modo dei fotoni altre proprietà di grandezze utili ad indagare la struttura della materia? Elenca solo le idee chiave che sarebbero utili per la descrizione formale