

BANCO ÓPTICO
OPTICAL BENCH
REF.QLG004

INDEX OF LANGUAGE- ÍNDICE DE IDIOMAS

ESPAÑOL.....2
ENGLISH.....36

Banco óptico

El banco óptico está formado por un tubo en aluminio con los extremos cerrados y montado sobre dos soportes moldeados con tornillos de nivelación. En la parte superior del banco hay una graduación en milímetros. Está especialmente diseñado para posicionar todos los accesorios, la altura de los accesorios también es ajustable. Se pueden llevar a cabo experimentos relacionados con los fundamentos ópticos como la formación de la imagen, reflexión/refracción a través de elementos ópticos.

Experimentos utilizando el banco óptico.

1. Longitud focal de distintos espejos
2. Longitud focal de una lente
3. Longitud focal de una combinación de lentes
4. Puntos cardinales de un sistema de lentes
5. Construir un telescopio y determinar la magnificación.
6. Construir un microscopio y determinar la magnificación.
7. Verificar la ley del cuadrado inverso.
8. Experimento fresnel biprism
9. Longitud de onda del láser He-Ne
10. Grosor de un papel delgado
11. Diámetro de la partícula de poder de Lycopodio con anillos Corona
12. Comparación de intensidades de luz con dos fuentes de luz distintas.
13. Verificación ley de Malu

Determinación de la longitud focal y fuerza de la lente convexa y cóncava.

Objetivo: determinar la longitud focal de una lente convexa

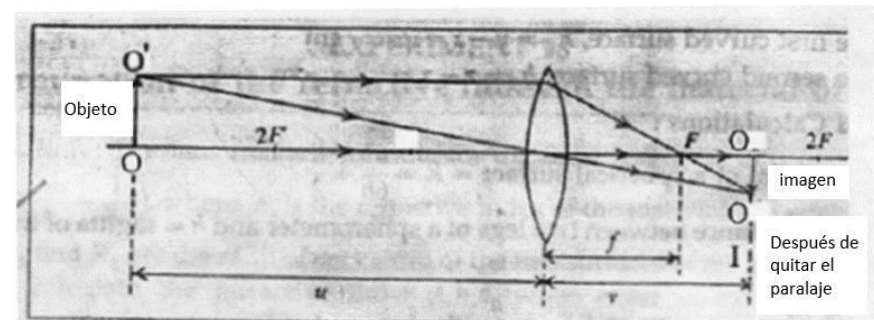
Aparatos necesarios: banco óptico con cuatro barras verticales, lente convexa, soporte de lentes y dos agujas ópticas.

Teoría

La longitud focal de una lente convexa está dada por la siguiente relación.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

Donde f es la longitud focal de la lente convexa, u es la distancia de la aguja u objeto al centro de la lente y v es la distancia de la imagen hasta el centro de la lente.



Procedimiento:

Determinación de la distancia focal aproximada

1. Montar la lente convexa en el soporte de lentes.
2. Salir al aire libre y poner la lente frente al edificio distante
3. Obtener la imagen del edificio en una pared blanca o pantalla y mover la lente hasta obtener la imagen.
4. Medir la distancia entre la lente y la pared. Esta será igual que la distancia focal aproximada de la lente.

Para establecer la lente

1. Sujetar el montaje de la lente en un soporte fijo y pon la lente en su sujeción y mantener la posición vertical a 60cm.
2. Ajustar la lente para que la superficie sea vertical y perpendicular a la distancia del banco óptico.
3. Mantener aseguradas estas posiciones durante el experimento.

Para establecer la aguja

1. Montar la aguja en posición vertical en el extremo izquierdo del soporte de la lente.
2. Mover la aguja en posición vertical y ponla a una distancia 1.5 veces la longitud focal de la lente desde el soporte.
3. Ajustar la altura de la lente de tal forma que la punta se encuentre en la línea horizontal del centro óptico de la lente.
4. Bajar la distancia del objeto en altura en el banco óptico.

Para establecer la imagen de la aguja

1. Cerrar el ojo izquierdo y mira con el derecho desde un lado del banco óptico. Veras una imagen alargada e inversa del objeto. La punta de la imagen debe estar en el medio de la lente.
2. Montar la segunda aguja vertical a la derecha de la lente óptica.

3. Ajustar la altura de la imagen de la aguja para que la punta se vea en línea cuando lo veas con el ojo derecho.
4. Muévete hacia la derecha, las puntas estarán separadas.
5. Quitar el paralaje y apunta la posición de la altura de la imagen de la aguja en el banco óptico.
6. Repetir el experimento con distintos valores para la posición del objeto.

Observaciones

Distancia focal aproximada de la lente convexa en cm

Tabla para u y v.

Sr. No	Posición de la lente (cm)	Posición del objeto desde la lente (cm)	Posición de la imagen desde la lente (cm)	1/u	1/v
1					
2					
3					
4					
5					

Cálculos: calcula la distancia focal de la lente utilizando la relación

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

Calcula la distancia focal.

Precauciones y fuentes de error

1. La distancia focal de la lente convexa tiene que ser menor que la distancia de la cóncava para que la combinación sea convexa.
2. Las lentes deben estar limpias.
3. Las puntas de las agujas y la imagen de la aguja tienen que estar a la misma altura que el centro de la lente
4. Se quita el paralaje
5. La aguja se pone a tal distancia que solo se forme la imagen real e invertida.
6. Los apliques verticales tienen que estar verticales.

Estudiando los anillos de Newton para la determinación de la longitud de onda de luz.

Objetivo: determinar la longitud de onda de la luz de sodio utilizando el método de los anillos de Newton.

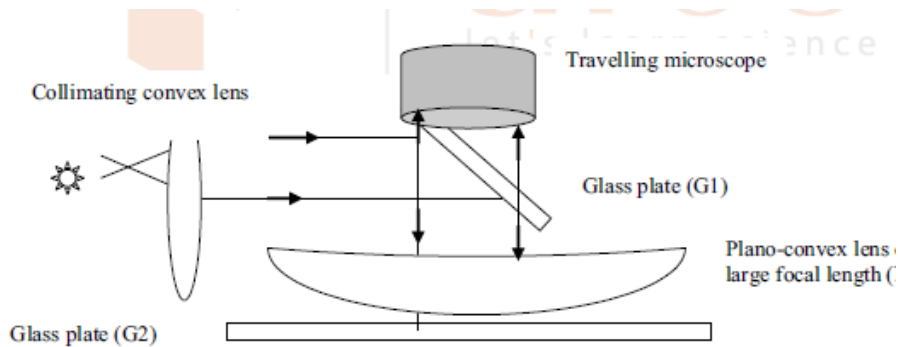
Instrumentos necesarios: microscopio de viaje, lámpara de sodio, el aparato de anillo de Newton que consiste en una placa de vidrio ópticamente plana y una lente convexa de una distancia focal de 100cm situada para tener un plano óptico de 45, un esferómetro y una lente convexa de corta distancia focal.

Lámpara de sodio: consiste en un tubo de cristal en forma de U con dos electrodos de tungsteno en forma de espiral con BaO. Este conjunto del tubo está dentro de una camisa de vacío. El tubo en U está lleno de gas Neón a una presión de 100mm Hg y algunas manchas metálicas de sodio se depositan en la superficie del tubo. Para empezar la carga, se aplica un

potencial de 400V a través de un paso de transformador. Estas lámparas están disponibles en 35W, 80W y 140W. La primera descarga pasa por el gas de neón y produce color rosa.

El calor generado vaporiza las manchas metálicas de sodio y se expande para llenar todo el volumen del tubo. El paso de la carga a través del vapor de sodio produce un color amarillo persistente. La fuente de luz emite a dos longitudes de onda de 5890^Å y 5896^Å y para uso práctico se considera monocromática. La lámpara de sodio está conectada a la general a través de un transformador especial AUTOLEAK.

Teoría: la interferencia exterior producida por un espacio muy pequeño de aire que va variando entre la superficie de la lente convexa de radio de curvatura largo y la placa de vidrio ópticamente plana conocido como anillo de Newton. Para producir esto, se pone una luz con una fuente monocromática paralela a la lente convexa. Da sobre la placa G inclinada a un ángulo de 45 respecto a la vertical y se refleja en la lente N. La zona de aire va incrementando gradualmente entre la superficie inferior de la lente y la placa P. la luz reflejada desde la superficie superior e inferior de la zona de aire produce bandas de interferencias. En el centro, la lente está en contacto y no hay película de aire. El centro estará oscuro como una fase de cambio se introduce por la reflexión en la superficie inferior de la película de aire. Procediendo desde el centro hacia el exterior la película de aire crece gradualmente, teniendo el mismo grosor en todo el círculo y con el centro en el punto de contacto. Por ello las bandas de interferencia son círculos concéntricos y localizados en la película de aire. Las bandas de interferencia significan una baja potencia del microscopio.



For maximum intensity or bright ring the condition is

$$2\mu t = \frac{(2l - 1)\lambda}{2}$$

El grosor de la película de aire se puede expresar en términos de radio de la superficie convexa de la lente R y de radio r a las bandas de interferencia.

$$t = \frac{r^2}{2R}$$

El diámetro es

$$D_n^2 = 2(2n / \lambda) r^2 P$$

Para una mínima intensidad o anillo oscuro la condición es

$$0 \mu t = \lambda$$

El diámetro del anillo oscuro sería

$$D_n^2 = 2n \lambda P$$

La longitud de onda de la luz puede determinarse midiendo el diámetro de la zona oscura y la clara por la relación

$$\lambda = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m/n)P}$$

Procedimiento:

1. Estabiliza la tabla del microscopio y pon el tubo del microscopio en posición vertical. Encuentra la constante de vernier en la escala horizontal.
2. Limpia la superficie de la placa de cristal, P, de la lente N y de la placa de cristal G1 y ponlos en sus sitios respectivos. Se coloca todo el conjunto delante de la lámpara de sodio de tal forma que el centro de la lámpara de sodio coincida con el centro de la lente convexa que actúa como colimadora y esta con la placa G2. La inclinación de la placa de cristal está ajustada a un ángulo de 45.

3. Ajusta la posición del microscopio para que sea vertical al centro de la lente N. enfoca el microscopio para observar las zonas de luz y oscuridad.
4. Ajusta la posición del microscopio hasta la posición de intersección de los dos cables cruzados que coincide con el centro del sistema de anillo y uno de los cables perpendicular a la escala horizontal.
5. Deslice el microscopio hasta la izquierda hasta donde los cables tangencialmente en el centro del cuarto anillo oscuro. Anota la constante de vernier. Desliza el microscopio despacio y apunta las posiciones, 6,8,10 y 12 de los anillos. Ahora hacia la derecha.
6. Quita la lente N y utiliza el esferómetro para calcular su radio de curvatura.

Observaciones

- a) Determinación del diámetro de los anillos de Newton
- b) Constante de vernier

Numero de anillo	Lectura del microscopio LSR en mm +VC x VSR		Diámetro del anillo
	Izquierda	Derecha	
4			
6			
8			
10			
12			

LRS: lectura linear

- c) Determina la distancia focal de la lente de plano convexo

- d) Ultima marca del esferómetro en mm distancia entre las dos piernas

QLm	Lectura del esferómetro		H= RCS-PCS
	Superficie convexa	Superficie plana	
1			
2			

Radio de curvatura de la lente

$$\frac{r^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

Precauciones

1. La lente y el plato de cristal tienen que estar limpios
2. Se tiene que utilizar una lente de radio largo y tipo plano-convexo.
3. El punto de intersección de los cables tiene que coincidir con el centro del anillo.
4. El micrómetro tiene que moverse en la misma dirección
5. El radio de la curvatura de la superficie de la lente en contacto con el plato de cristal tiene que medirse.
6. La cantidad de luz tiene que ajustarse para una máxima visión.
7. Verificar la ley del inverso del cuadrado para la radiación de la luz y determinar el coeficiente de absorción de la luz.

Verificar la ley inversa del cuadrado para la radiación de luz y determinar el coeficiente de absorción de la luz utilizando una fotocélula.

Objetivo

Determinar la constante de Planck y verificar la ley inversa del cuadrado.

Aparatos necesarios: célula fotoeléctrica junto con el banco óptico, fuente de luz regulador de corriente y filtros de colores.

Teoría

El fenómeno de efecto fotoeléctrico cuando la frecuencia de la luz es mayor que la energía de unión de los electrones de un metal los electrones son emitidos desde el metal. La emisión de fotoelectrones es posible solo cuando la frecuencia de la luz incidente es mayor que la frecuencia crítica conocida como frecuencia umbral. La energía cinética de los electrones emitidos depende de la energía de la luz incidente pero es independiente de la intensidad. Sin embargo el número de fotoelectrones emitidos dependen de la intensidad pero no de la frecuencia.

La célula fotoeléctrica convierte la energía de la luz en energía eléctrica. El campo electromagnético es cuantizado, la luz está compuesta por fotones, cada uno de los cuales con energía $h\nu$, donde h es la constante de Planck $h = 6.63 \times 10^{-34}$ joule-sec, y ν es la frecuencia de la luz incidente. Los electrones dentro del metal golpean con una energía e_0 donde 0 se conoce como trabajo fotoeléctrico. Viene dado por la relación

$\omega_0 = h\nu_0$ donde ν_0 es la frecuencia umbral.

Cuando la frecuencia de la luz ν es mayor que la umbral, incide en el metal, parte de esta energía es utilizada por el electrón para salir de la superficie de metal y vuelve como energía cinética.

$$h\nu = \frac{1}{2} mv^2 + \omega_0$$

$$h\nu = eV + h\nu_0$$

$$V = \frac{h}{e} \nu - \frac{h}{e} \nu_0$$

La grafica con el potencial V y la frecuencia de la luz es recta. La pendiente viene dada por

$$\tan \theta = \frac{h}{e}$$

La constante de Planck $h = e \tan \theta$

$= e \Delta V / \Delta \nu$

Verificación de la ley inversa del cuadrado utilizando la fotocélula. E es la intensidad y L la intensidad luminosa de una lámpara eléctrica a un punto r

$$E = \frac{L}{r^2}$$

Donde r es la distancia entre la fuente de luz y la fotocélula. Se puede ver mejor con una gráfica.

Procedimiento para calcular la ley de Planck

1. Pon un filtro en el aparato y una apropiada intensidad de luz.
2. Ajusta el voltaje a cero y luego increméntalo.
3. Repite el procedimiento para todos los filtros

Tabla

no	filtro	Longitud de onda	Frecuencia (Hz x 10 ¹⁴)	Voltaje de parada
1	Rojo	635		
2	Amarillo	585		
3	Verde	500		
4	Azul	460		

4. Se realiza una gráfica con el potencial de parada V y la frecuencia de la luz incidente. Calcula la constante de Planck

$$h = e \frac{v_2 - v_1}{v_2 - v_1}$$

Procedimiento para verificar la ley de inversa del cuadrado

1. Pon la lámpara y la fotocélula en una caja en el banco óptico. Conecta la fuente de alimentación y el galvanómetro para leer la deflexión o el micro meter para leer la corriente.
2. Pon el filtro rojo en frente de la lámpara
3. Guarda la posición de la fotocélula fija y la corriente constante. Aumenta la distancia de la lámpara desde la fotocélula poco a poco y escribe para cada paso la deflexión del galvanómetro y la posición de la lámpara

Tabla

no	Distancia entre la lámpara y la fotocélula r en cm	cm-2	Corriente I
1			
2			
3			

4. Haz una gráfica para la ley inversa del cuadrado de radiación. Precauciones y fuentes de error: el experimento se tiene que llevar a cabo en una habitación oscura, las observaciones cambiando el potencial del ánodo en cambios de 0.05 voltios, la deflexión de la luz tiene que estar ajustada a su máximo valor, realiza las gráficas, los potenciales de parada tienen que leerse cuidadosamente.

El experimento de la rejilla de difracción para determinar la longitud de onda

Objetivo: determinar la longitud de onda de la lámpara de sodio utilizando la rejilla de difracción.

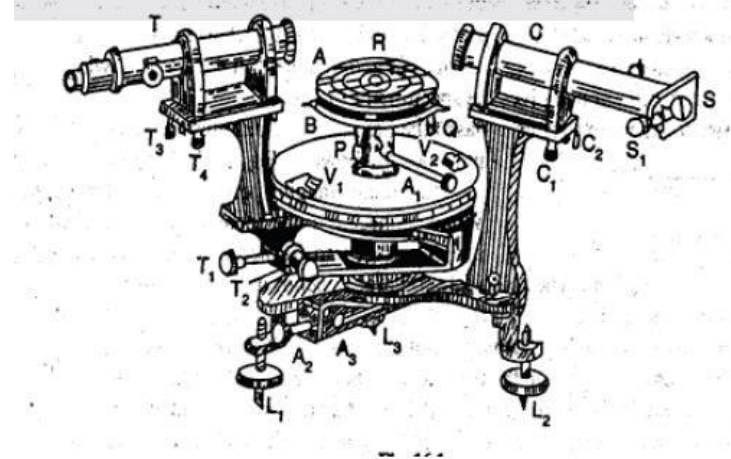
Aparatos necesarios: espectrómetro, nivelador, rejilla de difracción y lámpara

Lámpara de sodio: consiste en un tubo de cristal en forma de U con dos electrodos de tungsteno en forma de espiral con BaO. Este conjunto del tubo está dentro de una camisa de vacío. El tubo en U está lleno de gas Neón a una presión de 100mm Hg y algunas manchas metálicas de sodio se depositan en la superficie del tubo. Para empezar la carga, se aplica un potencial de 400V a través de un paso de transformador. Estas lámparas están disponibles en 35W, 80W y 140W. La primera descarga pasa por el gas de neón y produce color rosa.

El calor generado vaporiza las manchas metálicas de sodio y se expande para llenar todo el volumen del tubo. El paso de la carga a través del vapor de sodio produce un color amarillo persistente. La fuente de luz emite a dos longitudes de onda de 5890^Å y 5896^Å y para uso práctico se considera monocromática. La lámpara de sodio está conectada a la general a través de un transformador especial AUTOLEAK.

Espectrómetro: se utiliza para obtener un espectro puro. Tiene los siguientes componentes: colimador, produce una banda de luz paralela. Consiste en un tubo horizontal en el brazo del espectrómetro, que converge una lente acromática. La distancia focal de la lente convergente es igual a la longitud del tubo. La distancia entre la lente y la hendidura vertical puede variar. El tubo tiene dos tornillos C1 y C2 que se pueden usar para el alineamiento. Las hendiduras se dejan una fija y la otra móvil para cambiar distancia y altura. Telescopio, es un telescopio con un objetivo acromático y una pieza de ojo Ramsden. Esta montado en otro brazo en

una escala graduada en 0.5°. el telescopio se puede girar por el eje vertical pasando a través del centro del espectrómetro. Se puede fijar a cualquier posición usando T1 y rotando T2. La posición del telescopio se puede leer por las escalas de vernier V1 y V2 fijadas a 180°. El telescopio se mantiene en la T3 y T4. Prisma, consiste en un plato superior e inferior B separados por tres resortes a través de P, Q y R. el prisma esta siempre situado en una cara perpendicular. Hay una serie de círculos concéntricos en el plato que ayuda a poner el prisma correctamente. La altura del prisma se puede ajustar con la A1.

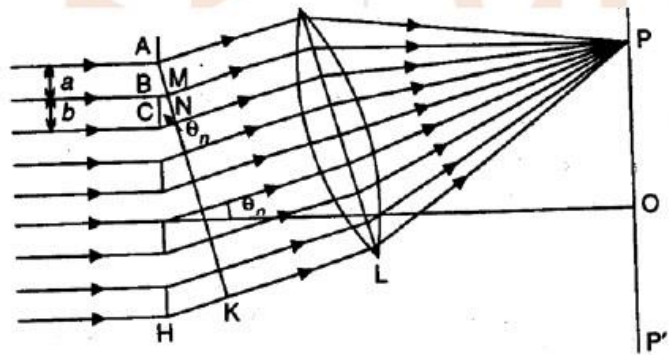


Rejilla de difracción: consiste en un plato ópticamente plano de cristal que tiene un conjunto de líneas rectas equidistantes paralelas. Estas líneas dividen al cristal en zonas opacas b = surcos creados por las líneas y zonas transparentes a = grosor del plato entre dos zonas opacas, sus grosores dependen de la longitud de onda. La cantidad $(a+b)$ se denomina elemento dispersivo. El número de líneas de un plano de dispersión es del orden de 6000/cm. En laboratorios no se suele utilizar por su coste. La reja original

está formada por una placa de metal de espejo y una punta de diamante para dividir. Para uso ordinario se utilizan unas replicas.

$$(a + b) \sin\theta_n = n\lambda$$

$$(a + b) \sin\theta_n = (2n+1)\lambda/2$$



ABC....H en la figura superior representa la sección de la rejilla de transmisión perpendicular al plano del papel. La anchura "a" es el espacio libre y B la regla. La suma se denomina elemento de dispersión. Los puntos A y C separados por una rejilla se denominan puntos correspondientes. Cuando una luz monocromática paralela incide en la rejilla sufre dispersión. En la figura ABC...H representa el frente de onda incidente mientras que AMN....K representa el frente de onda después de la difracción. No hay una

vía diferente. La luz transmitida se enfoca en un punto P. el punto P estará oscuro o brillante dependiendo de los rayos. Dara un máximo si :

$$(a + b) \sin\theta_n = n\lambda$$

Dara un mínimo u oscuridad si

$$(a + b) \sin\theta_n = (2n+1)\lambda/2$$

Cuando $n=0$, $\theta_n=0$, nos da la franja brillante central o el primer espectro ($n=1$)

$$(a + b) \sin\theta_1 = \lambda$$

Para el segundo espectro $n=2$

$$(a + b) \sin\theta_2 = 2\lambda$$

$$\sin\theta_2 = 2\sin\theta_1$$

La relación anterior es de ayuda a determinar el segundo espectro después del primero en algunos casos, el segundo espectro falta y del primero sigue al tercero. Si la luz no es monocromática, la longitud de onda dará su máxima principal. Por lo tanto cada espectro consistirá en un espectro.

El número de líneas N están marcadas en la rejilla. El valor del elemento de dispersión viene dado por :

$$(a+b) = 2.54/N \text{ cm}$$

Ausencia de espectros: por difracción a través de la rejilla, la condición para la máxima es

$$(a + b) \sin\theta = n\lambda$$

Si la ruta de acceso es distinta entre los rayos de extremo terminal de una ranura, la intensidad de la luz es cero. Esto es debido a que la ranura puede ser dividida en dos partes y la diferencia de ruta entre los puntos correspondientes en las dos ranuras es $\lambda/2$. La condición para la intensidad 0 es $a \sin\theta = \lambda/2$. Cuando las dos condiciones obedecen simultáneamente la línea de luz de todas las ranuras interfieren para producir cero intensidades y no hay espectro. Sin espectro se da esta condición:

$$\frac{a+b}{a} = n$$

Procedimiento

Configuración:

- i) Ajusta la posición del ocular del telescopio para ver claramente la cruz. Enfoca el telescopio con un objeto distante y ajusta los rayos paralelos. Nivelas el telescopio y el prisma.
- ii) Fija el soporte de rejilla en la tabla circular con los tornillos en la línea paralela a la línea de unión P y Q. la cara del soporte donde están unidas las abrazaderas tiene que estar en el centro de la tabla. Quitas la rejilla de la caja, sin tocar la

superficie. Fíjalo al marco con la superficie reglada hacia el telescopio.

- iii) **Nivelación óptica de la rejilla.**
- iv) Rota la tabla para que el plano de la rejilla este inclinado a unos 45 respecto del eje del colimador. Rota el telescopio para recibir luz desde la rejilla. Si la imagen no es simétrica w.r.t. la cruz horizontal, ajusta la tercera pantalla R. en esta posición el plano de la rejilla estará vertical.
- v) Rota la tabla para que el plano de la rejilla sea perpendicular al colimador. Mira el espectro en un lado de la imagen directa de la ranura. Gira el telescopio para que la imagen difractada coincida con la cruz vertical. Si la imagen no es simétrica w.r.t. la cruz vertical, ajusta el nivel del prisma con ayuda de los tornillos P y Q. en esta posición las líneas de dispersión son paralelas al eje del espectrómetro. Ahora gira el espectrómetro al otro lado y ahora la cruz vertical coincide con la imagen difractada. Si se han realizado bien los ajustes la imagen difractada de la ranura estará simétrica a la cruz horizontal en todas las posiciones
- vi) **Ajuste de la dispersión normal de la luz incidente**
- vii) Pon el telescopio en línea con el colimador, estando la cruz vertical en el centro de la imagen de la ranura. Apunta la escala de lectura. Añade 90 a la lectura y pon ahí el telescopio para que este perpendicular al eje del colimador. Ajusta la posición.
- viii) Rota la mesa de dispersión hasta que la cara plana de la rejilla de al colimador y al telescopio. Gira despacio hasta el centro de la ranura vertical a la cruz. En esta posición el plano de dispersión está a 45 respecto de la luz incidente. Apunta la lectura. Pon la tabla hasta 45 desde esta posición para que el

plano de dispersión sea normal a la luz incidente con la cara plana hacia el colimador. La dispersión está ajustada a la luz incidente con la cara reglada lejos del colimador. Ajusta la tabla en esta posición.

- ix) Pon el ojo en frente del colimador y muévelo gradualmente hacia el telescopio hasta que se vea la primera imagen de difracción. Ajusta el telescopio en esta posición. Si la resolución del telescopio es suficiente se verán dos flechas distintas correspondientes a 589nm y a 589nm que estarán en paralelo al campo de visión. Normalmente estas dos flechas o líneas parecen una en el primer espectro. Gira la pantalla del telescopio hasta que la cruz coincida con el centro de la imagen de la ranura. Anota las lecturas y las escalas de vernier.
- x) De igual forma observa la segunda imagen difractada y apunta las lecturas de vernier.
- xi) Apunta el número de líneas marcadas en la rejilla y reponlas con su superficie reglada.

Observaciones

Constante de vernier del espectrómetro=

Número de líneas por rejilla=N=

Elemento de dispersión

$$= (a + b) = 2.54 / N = \quad (\text{in cm})$$

Lectura directa del telescopio

Numero de espectro	Lectura del telescopio			Angulo de difracción		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Derecha	Media
1						
11						

Longitud de onda de la luz de sodio calculada para el primer espectro = $\lambda = (a+b)\sin$

Longitud de onda para el segundo espectro = $\lambda = (a+b)\sin/2$

Media de las longitudes $1+2/2$

Precauciones

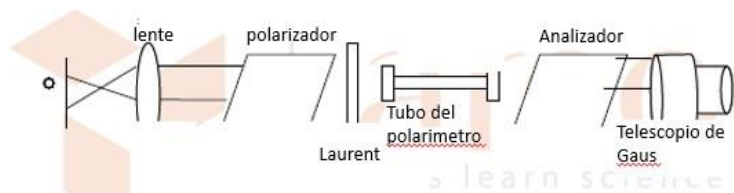
1. La rejilla tiene que estar desde los bordes y la superficie reglada no tiene que tocarse.
2. El telescopio puede enfocarse en la imagen más brillante de la ranura mientras que se ve la imagen reflejada.
3. La superficie reglada tiene que estar lejos del colimador
4. El ajuste es incorrecto si los ángulos de difracción de izquierda y derecha no están iguales.
5. En el segundo espectro las dos líneas D aparecen separadas, en ese caso hay que calcular la longitud de onda.

Estudio de la rotación específica usando el polarímetro

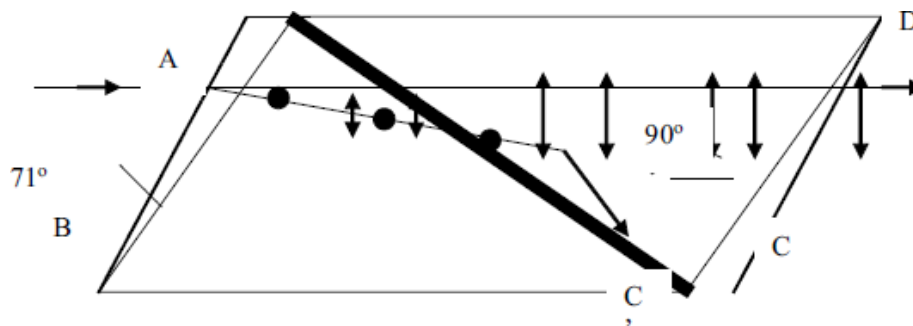
Objetivo: determinar la rotación específica de la solución de azúcar utilizando el polarímetro de media sombra de Laurent.

Aparatos necesarios: polarímetro de media sombra, lámpara de sodio, azúcar, balanza, cilindro graduado, dos vasos de precipitado, embudo y varilla de cristal.

Polarímetro de media sombra de Laurent: es un instrumento que se utiliza para medir la rotación específica de una solución. Las partes ópticas del espectrómetro se muestran debajo.



Prisma de Nicol : se utiliza para producir y analizar la luz polarizada. El cristal de calcita es tres veces mas largo que ancho. La sección principal se ve a continuación.



En los bordes está cortado de tal forma que reduce los ángulos B y D de 71° a 68°. El cristal está cortado a lo largo de AC'' perpendicular al plano principal y los bordes como AC'' hace un ángulo de 90° con AB'' y CD''. Las dos caras cortadas están esmeriladas, pulidas y unidas con bálsamo de Canadá cuyo índice refractivo esta entre los rayos ordinarios y extraordinarios. Los lados del prisma están en negro para absorber el rayo reflejado.

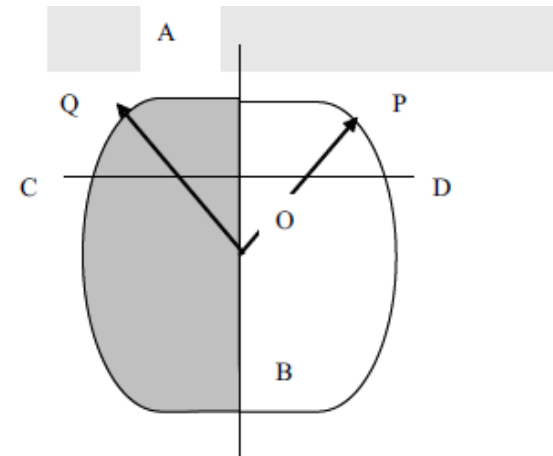
Un rayo incidente en el prisma se divide en rayo ordinario y extraordinario. El rayo ordinario es totalmente reflejado entre ellos en el bálsamo de Canadá mientras que el extraordinario pasa a través dando lugar al plano de luz polarizada teniendo vibración en el plano principal. El prisma de Nicol puede utilizarse como polarizador además de analizador. Cuando la sección de dos prismas es paralela, el rayo extraordinario es transmitido a través del analizador. Si uno de los prismas, esta rotado la intensidad transmitida desciende y finalmente no transmite luz. En esta situación, el rayo extraordinario del primer prisma el polarizador, es el rayo ordinario para el segundo prisma, analizador, y sufre reflexión total interna.

El instrumento de media sombra de Laurent consiste en un plato semicircular de cristal ADB y de cuarzo ACB. El plato de cuarzo está cortado en su eje óptico paralelo a la línea de separación AOB. El grosor del plato de cuarzo es tal que introduce un cambio en la vibración de los rayos. El grosor del plato de cristal es tal que absorbe la misma cantidad de luz que el plato de cuarzo.

Suponiendo que una luz después de pasar por el polarizador P incide en el plato y vibra a lo largo de OP. Pasando a través de medio cristal las vibraciones a lo largo de OP pero si pasa a través de medio cristal de cuarzo se divide en componente ordinario y extraordinario.

Las vibraciones del componente O estarán a lo largo de OD y el componente E a lo largo de OA. la diferencia A es introducida entre los dos componentes cuando pasa a través del plato de cuarzo. Las vibraciones de O irán por OC en lugar de OD. Las vibraciones resultantes serán a lo largo de OQ por ello $\angle POA = \angle QOA$.

Si el prisma de Nicol está fijado con su eje principal paralelo a OP el plano polarizado de luz pasará a través de medio cristal y no podrá pasar por el de cuarzo. Por eso el cristal parecerá más brillante. Cuando el plano principal del analizador de Nicol esta paralelo a OQ, el cuarzo estará más brillante que el cristal por la misma razón. Cuando el plano principal del analizador de Nicol esta paralelo a AOB, las dos mitades estarán igual de brillantes desde las vibraciones emergentes de las dos mitades hacen igual inclinación con el plano principal. Cuando el plano principal del analizador de Nicol es perpendicular a AOB los componentes OP y OQ tendrán la misma intensidad pero como será poca las dos mitades estarán igual de oscuras. El ojo puede detectar el cambio de brillo en la intensidad cuando las dos mitades son igual de oscuras.



Trabajo del polarímetro: la luz de fuente monocromática después de pasar por la rendija se muestra paralela, la luz es polarizada por el prisma y después pasa por el instrumento de media sombra, el tubo polarizador con la solución y el analizador. La luz se ve en el telescopio de Gaus. El prisma analizador de Nicol puede ser girado.

Teoría

Luz polarizada y no polarizada. La luz es una onda transversa en la que las oscilaciones de los campos eléctrico y magnético están perpendiculares entre ellos y con la dirección de propagación.

La oscilación del campo magnético es amplia y no tiene un papel significativo en los efectos visuales. Por ello la luz ordinaria puede suponer a que el campo de oscilación eléctrico en todas las direcciones transversa a la dirección de propagación. Los vectores eléctricos de oscilación en varias direcciones pueden resolverse en componentes rectangulares. El fenómeno de restricción de las vibraciones de luz en una dirección en un

plano perpendicular a la dirección de propagación se denomina polarización de la luz. La luz carece de simetría y confirma la naturaleza transversa de la luz. El plano en el que se dan las vibraciones de la luz polarizada se denomina plano de vibración mientras que el plano perpendicular a este se denomina plano de polarización. Las luces polarizadas son de varios tipos:

- a) Luz polarizada plana: la luz polarizada en cuya el vector eléctrico de vibración está restringido a una única dirección en el plano perpendicular a la dirección de propagación se denomina plano de luz polarizada.
- b) Luz polarizada circular: en la luz polarizada, la dirección de oscilación del plano rota periódicamente pero la magnitud es constante.
- c) Luz polarizada elíptica: en esta luz la dirección de los vectores eléctricos de oscilación rotan periódicamente pero la magnitud varía entre un límite mínimo y un máximo.

Métodos de polarización: la luz polarizada puede producirse de distintas formas

Cristal polarizador: ciertos cristales orgánicos como el turmaline pueden utilizarse para obtener luz polarizada. Cuando la luz ordinaria pasa por ese cristal solo se transmite la vibración por el eje óptico del cristal, por eso se produce luz polarizada. Si la luz polarizada se deja pasar por un cristal similar la intensidad de la luz varía en función del ángulo entre el eje óptico de los dos cristales. La intensidad es máxima cuando los ejes de los dos cristales están paralelos mientras que es cero cuando son perpendiculares. La intensidad de variación se expresa por la ley de Malu:

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

Polarización por reflexión: si una luz ordinaria incide en un medio transparente, luego su componente reflejado se encuentra parcialmente polarizado. El grado de polarización aumenta con el ángulo de incidencia y en un punto en particular del ángulo de incidencia, denominado ángulo polarizador, la luz es completamente polarizada. En este ángulo de incidencia la luz polarizada es perpendicular a la no polarizada y el índice de refracción del medio transparente es respecto al ángulo (p):

$$\mu = \tan p.$$

Se refiere a la ley de Brewster

Polarización por dispersión: cuando una luz ordinaria pasa por el medio sufre dispersión desde las partículas del medio. Si el tamaño de las partículas es comparable a la longitud de onda de la luz, la luz dispersada perpendicular a la dirección de incidencia se ve polarizada.

Doble refracción: cuando la luz ordinaria pasa a través de un cristal de calcita, el rayo refractado se divide en dos componentes que son:

- a) Rayo ordinario: este componente obedece a la ley de refracción y tiene vibraciones perpendiculares a la sección principal del cristal. La velocidad del rayo ordinario es la misma en todas las direcciones. Estos rayos se polarizan como la dirección de oscilación del vector eléctrico es perpendicular al eje óptico.
- b) Rayo extraordinario: este componente no obedece a la ley de refracción y tiene vibraciones en la sección principal del cristal. Este

componente tiene distintas velocidades si cambia de dirección. Estos rayos polarizados de tal forma que la dirección de polarización es paralela al eje óptico.

Este fenómeno se denomina doble refracción. Estos cristales son positivos cuando la velocidad O es mayor que la e y son negativos cuando la e es mayor que la O . La doble refracción tiene propiedad de transmitir el componente ortogonal de la luz polarizada con distintas velocidades esta propiedad también es denominada birrefringencia.

Actividad óptica: es el fenómeno de rotación del plano de luz polarizada cuando pasa a través de un material. Si el material rota el plano de la luz polarizada hacia la izquierda se denomina rotación levógiro mientras que si es hacia la derecha se denomina dextrógiro. Si la luz polarizada pasa por una columna de material ópticamente activo de longitud L y de concentración c , el ángulo de rotación de la luz polarizada es

$$\theta = sLc \quad s = \frac{\sigma}{Ja}$$

Esto se denomina ley de Biot y la “ s ” se denomina rotación específica, que depende de la temperatura del material y de la longitud de onda de la luz incidente.

Procedimiento:

- a) Preparación de solución al 20%. Coge un vaso de precipitados seco. Añade unos 20g de azúcar y calcula el volumen de solución para una fuerza del 20%.

$$\text{Volumen} = (m \times 100 / 20) / cc \quad m = \text{masa de azúcar}$$

Añade agua hasta la mitad del volumen en el vaso de precipitados y remover hasta que todo el azúcar se disuelva. Añade más agua si es necesario. Pon la solución en una probeta. Lava el vaso con poca agua y pásalo a una probeta. Completa el volumen añadiendo agua con la pipeta. Filtra la solución en otro vaso limpio y cúbrelo

- b) Encuentra la constante de vernier de la escala circular. Pon el polarímetro en esa apertura en frente de la lámpara de sodio. Mira a través del telescopio y ajusta la posición del ocular para que el aparato de dos medias sombras estén igualmente oscuras y enfocado.
- c) Remueve las tapas de latón del tubo del polarímetro. Limpia el tubo y el cristal. Ahora pon una de las tapas sin ejercer fuerza en el cristal. Sujeta el tubo en posición vertical y llénalo con agua. Deslizar el segundo cristal en el tubo teniendo cuidado de no dejar burbujas de aire.
- d) Observación: pon el tubo en su sitio. Rota el prisma analizador rotando la escala circular hasta que las dos mitades de la sombra estén iguales. Anota la posición. Gira el analizador 180° . Estas son las medidas para la solución 0% azúcar y la rotación causada por esta es medida como referencia.
- e) Ahora llena el tubo con la solución al 20%. Ponlo en su posición y anota lectura de la escala cuando estén las dos partes iguales.

Repita girando 180°. La rotación del plano de polarización es medida trazando sus correspondientes lecturas de agua.

- f) Coge 30cc de la solución de 20% y añade la misma cantidad de agua para reducirla al 10%. Repite el procedimiento.
- g) Lo mismo para un 5% y un 2.5%.
- h) Dibuja una gráfica entre θ y C y calcula la pendiente.

Observaciones

Constante de vernier de la escala circular

Longitud del tubo en decímetros

Temperatura del agua

Solución	Escala de lectura de la solución		Rotación		$\theta = (\theta_1 + \theta_2) / 2$ Rotación media	θ / C
	Primero	Segundo	$\theta_1 = (\alpha - \alpha_0)$ Primera posición	Segunda posición $\theta_2 = (\beta - \beta_0)$		
0%	$\alpha_0 =$	$\beta_0 =$				
20%						
10%						
5%						
2.5%						

Media /C

Rotación específica $= s / LC =$

Porcentaje de error

Precauciones las mismas que en momentos anteriores.

Objetivo: determinar el grosor de un papel midiendo la anchura de la interferencia exterior en el aire

Equipo necesario: microscopio de viaje, lámpara de sodio, plato de cristal ópticamente plano, preparación de microscopio.

Fórmula utilizada: el grosor del papel se puede hallar

$$t = \frac{\lambda l}{2\beta}$$

Donde, λ es la longitud de onda usada, β es la distancia entre dos bandas oscuras o claras y l es la longitud horizontal del plato.

Procedimiento

1. Encuentra la constante de vernier de la escala horizontal del microscopio
2. Nivelas la base del microscopio
3. Pon el tubo del microscopio vertical
4. Pon el aparato con el borde del papel insertado debajo de la preparación del microscopio sobre el plato de cristal.
5. Ajusta la fuente y el tubo del microscopio hasta que las últimas interferencias paralelas se formen en el aire y se vean en el campo

de visión del microscopio hasta la cruz horizontal que coincida con el centro.

6. Fija la cruz en 5, 10, 15
7. Realice 6 lecturas de todas.
8. Con ayuda del microscopio mide la distancia entre los puntos M y N

Observaciones

Constante de vernier del microscopio = ...cm

Longitud de onda de la luz de sodio

$$\lambda = 5893 \times 10^{-8}$$

Tabla para beta

S.No.	Orden	Lectura del microscopio (cm)	Transverso en 15 (cm)	Media	Beta
1.	n				
2.	n+5				
3.	n+10				
4.	n+15				
5.	n+20				
6.	n+25				

Nº	Lectura microscopio		L (cm)
	Plato delgado N (cm)	Línea de contacto M (cm)	
1			
2			
3			

Valor medio de l=....cm

Cálculos

Grosor del plato

$$t = \frac{\lambda l}{2\beta} = \dots \text{cm}$$

Precauciones a tener en cuenta las mismas que en determinaciones anteriores.

Determinación del grosor de un alambre metálico utilizando un láser.

Objetivo: determinar la longitud de onda de un láser He-Ne utilizando la rejilla de difracción.

Aparatos necesarios: laser He-Ne montadas en dos ranuras de 0.0075mm y separadas a 0.0541mm.

La fórmula utilizada es

$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$

Donde λ es la longitud de onda del láser 6328^Å

D es la distancia de la pantalla a la ranura (S)

Y d es la separación entre los centros de las dos ranuras.

Beta= anchura

Procedimiento

1. Pon el par de ranuras a través del diámetro del láser y cierra la salida del láser.
2. Ajusta la posición del tubo del láser horizontal.
3. Rota las ranuras por el eje horizontal y el plano vertical
4. Enciende la fuente de alimentación
5. Rota el marco en el eje vertical para que el marco de las ranuras este perpendicular a la dirección del láser. Se observan en la pantalla zonas de igual anchura.
6. Anota la posición
7. Encuentra la anchura de cada ranura
8. Encuentra la distancia entre los centros de las dos ranuras

Observaciones

Última medición del microscopio =....cm

Última medición del metro=.....cm

Q, L,m		Lectura del metro cm	Anchura	Valor medio
1	0			
2	1			
3	2			
4	3			

Valor medio de beta=....cm

Lectura del ancho de las ranuras

Nº	Borde	Lectura microscopio mm		
		Escala principal	Escala vernier	Total
1	A			
2	B			
3	C			
4	D			

Anchura de la ranura S1= A-B=.....cm

Anchura de la ranura S2=C-D=.....cm

Distancia AD= A-D=.....mm

Distancia BC=B-C=.....mm

D= (AD +BC)/2.....mm=..... cm

Distancia entre las dos ranuras y la pantalla=D= cm

Cálculos

Beta= ... cm

D= ... cm

Y d= ...cm

Longitud de onda del láser He-Ne

$$\lambda = \frac{\beta d}{D} \dots \text{cm} = \dots \text{Å}$$

Resultado:

Valor teórico de longitud de onda del laser He- Ne = 6328 Å

Valor experimental de longitud de onda del laser =.....

Precauciones y fuentes de error

1. No mires a la fuente del láser puede ser peligroso para la vista.
2. La grafica utilizada y la pantalla tienen que estar verticales.
3. La rejilla de difracción tiene que estar cerca de la fuente de láser.

Objetivo: determinar la resistencia por el método de escape utilizando un galvanómetro Ballistic.

Aparatos necesarios: galvanómetro Balístico, acumulador, llave Morse, llave de dos vías, condensador estándar, resistencia, reloj y cables de conexión.

Formula usada

La resistencia R es calculada usando esta relación

$$R = \frac{T}{2.3026 C \log_{10} \frac{\theta_2}{\theta_1}}$$

Donde

T es el tiempo de escape/emisión del condensador a través de la resistencia.

C es la capacidad estándar del condensador

θ_0 es la primera emisión de luz cuando inicialmente el condensador esta sin cargar a través del galvanómetro balístico.

θ_1 es la primera emisión de luz cuando inicialmente el condensador esta sin cargar a través del galvanómetro balístico después de una fuga de carga durante un tiempo t a través de R.

Procedimiento

1. Realiza las conexiones eléctricas como en la figura
2. Cierra K1 a ii y presiona la llave Morse, es decir carga el condensador durante 40 segundos.
3. Suelta la llave morse K2 para q el condensador se descargue a través del galvanómetro.
4. Repetir el procedimiento de los puntos ii y iii varias veces. Obtener el valor θ_0 .
5. Cerrando K1 ii y presionando la llave Morse K2 cargar el condensador durante el mismo tiempo. Manteniendo la llave morse presionada abre K1 y cierra K1. Enciende el cronometro.
6. Después de contar el tiempo en segundos suelta la llave morse y anote el primer lanzamiento a través de θ_0 en el galvanómetro.
7. Repite los pasos 5y 6 para distintos tiempos.

Observaciones

Capacidad del condensador=.....

Nº	Galvanómetro θ_0	Medida θ_0	Tiempo emisión seg	A través del galvanómetro balístico θ_1	θ_0/θ_1	Log 10 θ_0/θ_1
1						
2						
3						

Cálculos

Realiza una gráfica entre el tiempo de emisión t en el eje X y el logaritmo en el eje Y.

$$\log_{10} \frac{\theta_0}{\theta_1}$$

La pendiente de la gráfica es

$$= \frac{\log_{10} \frac{\theta_0}{\theta_1}}{t}$$

La resistencia R se calcula

$$R = \frac{t}{2.3026 C \log_{10} \frac{\theta_2}{\theta_1}}$$

=.....ohm

Precauciones y fuentes de error:

1. La bobina del galvanómetro tiene que estar hecha libre.
2. Debe usarse la llave de derivación a través del galvanómetro.
3. El condensador no tiene que tener pérdida dieléctrica.
4. Después de observar θ_0 la bobina del galvanómetro tiene que estar en reposo para observar la 1.

Objetivo: determinar el diámetro de un cable utilizando el láser He-Ne

Aparatos necesarios: laser, banco óptico con cuatro soportes verticales, objetivo micrómetro, anchura de hendidura fina ajustable, cable experimental, pantalla, papel y lápiz.

Formula utilizada: El diámetro del cable viene dado por la siguiente relación

$$d = \frac{\lambda D}{\beta}$$

Donde D= diámetro del cable λ = longitud de onda del láser D= distancia entre la pantalla y el cable, β = anchura

Procedimiento:

Ajustar la pantalla y el banco óptico de forma perpendicular. Pon los soportes sobre el banco.

Sujeta el cable en su soporte y móntalo en el banco óptico, tiene que estar vertical y bien fijado.

Pon la pantalla en el soporte en un extremo del banco óptico.

Pon el laser en su soporte sobre 2 o 3 metros de distancia del banco óptico.

Enciende la fuente de alimentación del láser e ilumina el cable. El soporte del cable tiene que estar cerca del láser.

Ajusta la posición del cable y del láser para que haya un patrón definido de difracción en los dos lados observada en la pantalla. Y también en la pared.

Pon papel de calco en la pantalla y marca las posiciones.

Apunta las posiciones del cable y de la pantalla para calcular D.

También las mediciones necesarias para calcular β .

Repite el experimento al menos dos veces para distintos valores de D y calcula el valor de diámetro del cable.

Se puede repetir el experimento poniendo cables de distinto diámetro.

Observaciones

La longitud de onda del láser es -----m

Nº	Tipo de cable	Valor de D			Valores de B			Valor	Media
		Posición cable cm	Posición pantalla cm	D= b-a	Posición cm			$\frac{D}{\beta}$	$\frac{D}{\beta}$
					5ª max en LHS x (cm)	Central max X1 cm	5ª en RHS X2 cm	$\beta = \frac{x_2 - x_1}{5}$ (cm)	
1. 2.	A								
1. 2.	B								

Tabla de observación de D y beta



Nota para distintos cables se tiene que determinar el valor de

Resultado

Diámetro del cable=cm

Valor actual.....cm

Diferencia %.....

Precauciones

1. El láser tiene que permanecer apagado durante el montaje del experimento y mientras se apuntan las observaciones.
2. Tener cuidado con los ojos
3. El láser tiene que manejarse con cuidado y hay que ponerlo en el soporte especial.
4. El cable experimental tiene que ser delgado y tiene que ponerse de forma vertical.
5. Para la observación de beta, la distancia al centro máxima se tiene que medir.

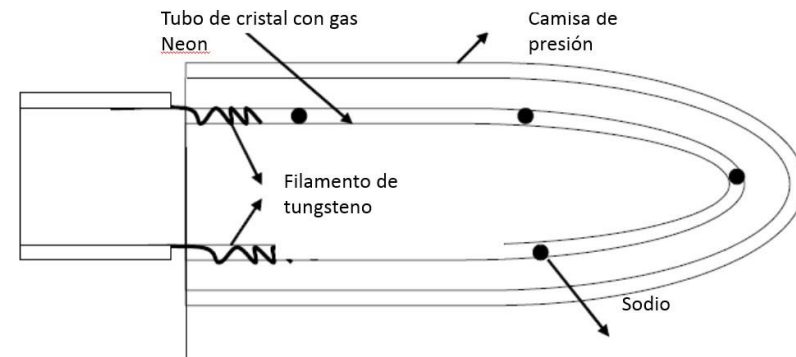
Determinación del índice de refracción de los prismas como una función de longitud de onda.

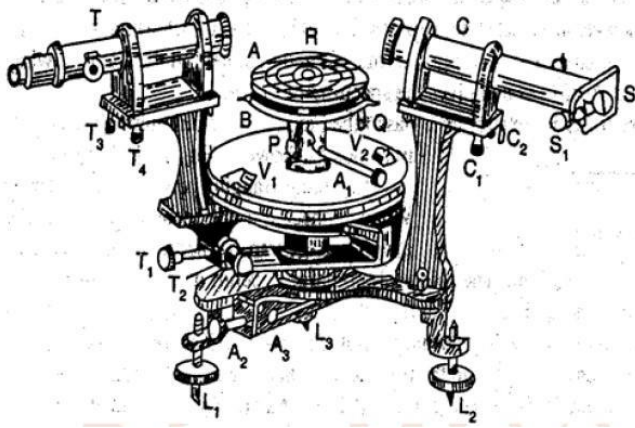
Objetivo: encontrar el índice de refracción de un prisma utilizando un espectrómetro.

Lámpara de sodio: consiste en un tubo de cristal en forma de U con dos electrodos de tungsteno en forma de espiral con BaO. Este conjunto del tubo está dentro de una camisa de vacío. El tubo en U está lleno de gas

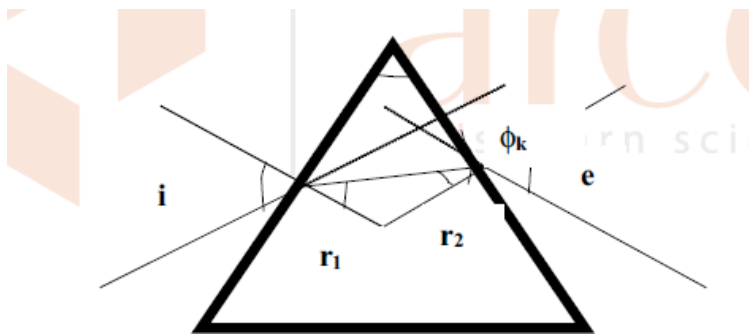
Neón a una presión de 100mm Hg y algunas manchas metálicas de sodio se depositan en la superficie del tubo. Para empezar la carga, se aplica un potencial de 400V a través de un paso de transformador. Estas lámparas están disponibles en 35W, 80W y 140W. La primera descarga pasa por el gas de neón y produce color rosa.

El calor generado vaporiza las manchas metálicas de sodio y se expande para llenar todo el volumen del tubo. El paso de la carga a través del vapor de sodio produce un color amarillo persistente. La fuente de luz emite a dos longitudes de onda de 5890^a y 5896^a y para uso práctico se considera monocromática. La lámpara de sodio está conectada a la general a través de un transformador especial AUTOLEAK.





Prisma de cristal: es una pieza de cristal transparente con una sección transversal triangular y está delimitado por dos superficies de refracción planas en el borde común denominado borde de refracción. El ángulo entre estas dos superficies de refracción se denomina ángulo del prisma. Otras superficies de unión del prisma están esmeriladas es decir opacas. La luz que incide en la superficie de refracción sufre una desviación en su vía de propagación pasando por el prisma.

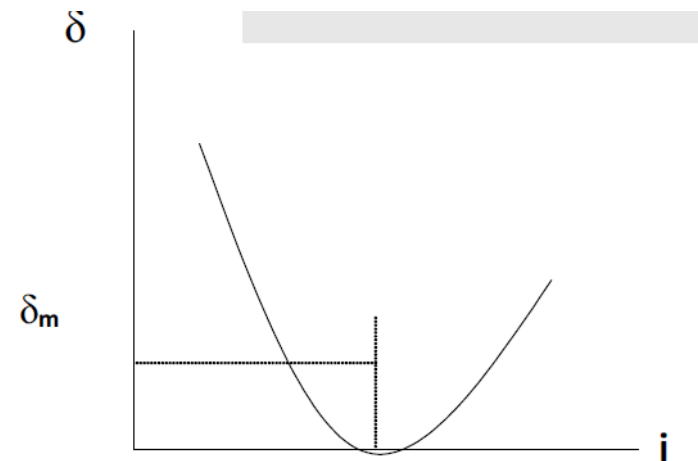


Los ángulos mostrados en el diagrama se calculan :

$$i + e = A + \delta$$

$$A = r_1 + r_2$$

La variación del ángulo de desviación con el de incidencia se muestra a continuación:



δ_m es el ángulo de mínima desviación. El prisma se pone en la posición de mínima desviación para todas las mediciones. En esta posición tenemos:

$$i = e$$

$$r_1 = r_2 = r$$

$$A = 2r$$

Y por ello el índice de refracción del prisma se define como:

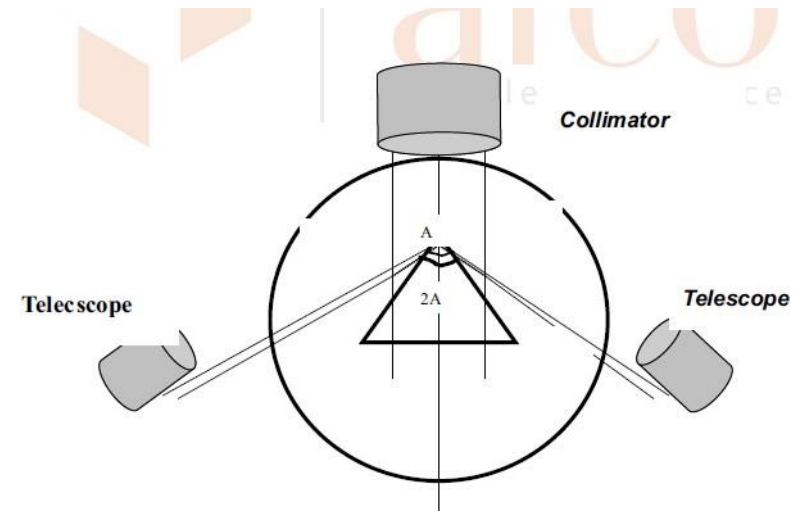
$$= \text{Sin}\{(A+\delta_m)/2\} / \text{Sin}(A/2)$$

La determinación del índice de refracción del prisma requiere medir el ángulo del prisma y el ángulo de mínima desviación. Que depende de la longitud de onda de la luz por la relación Cauchy por ello se utiliza una fuente monocromática de luz de sodio.

Procedimiento:

1. Ajustar el espectrómetro
2. Alineamiento horizontal ajustando P,Q y R.
3. La anchura de la ranura esta ajustada para obtener una flecha. La ranura se ve a través del telescopio y la distancia desde el ocular hasta el objetivo varia para obtener una flecha con buenas características.
4. Anota la constante de vernier de vernier V1 y V2.
 - i) Pon el prisma de tal forma que el borde de refracción coincida con el centro de la tabla del prisma y la parte opaca opuesta a este borde en paralelo en línea con P y Q.
 - j) Rota el telescopio hacia el prisma izquierdo para observar la imagen de la ranura brillante después de la reflexión de la luz desde la cara AB del prisma. La posición del telescopio se ajusta para que la ranura coincida con la cruz. Anota las dos lecturas de la escala vernier. Las dos lecturas tienen que tener una diferencia de 180°.
 - k) Rota el telescopio hacia la derecha del prisma para observar la imagen de la ranura brillante después de la reflexión de la luz incidente desde el lado AC del prisma. Ajusta el telescopio para que la ranura coincida con la cruz vertical. Anota las dos lecturas de la escala vernier. Las dos lecturas tienen que tener una diferencia de 180°.

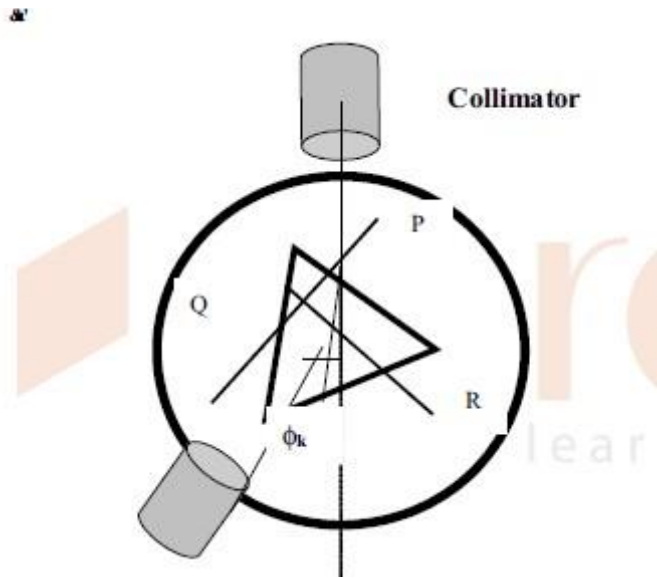
- i) El ángulo de rotación 1 y 2 muestran una diferencia en vernier en los dos puntos, son el doble del ángulo del prisma. Por ello el ángulo del prisma tiene que medirse.



Vernier V1			Vernier V2		
Primera cara	Cara 11	Diferencia (α)	Primera cara	Cara 11	Diferencia (α_0)

$$? ; (\alpha + \alpha_0)/4$$

Determinación del ángulo de desviación mínima.



- i) Pon el prisma con su centro coincidiendo con el centro de la tabla del prisma y en la cara opuesta al borde de refracción.
- ii) Mira a través de la cara AC y localiza el punto de la imagen refractada de la imagen de la ranura con la llave. Ajusta el telescopio para que la imagen coincida con la cruz vertical
- iii) Ahora gira la tabla del prisma en la dirección como el telescopio hacia la línea del eje del colimador para mantener la imagen en el campo de visión.
- iv) Cuando se rota la tabla del prisma en esta dirección, el ángulo de desviación disminuye. En la posición de mínima desviación, la imagen se vuelve estacionaria. Otra rotación mueve la imagen de la ranura en la dirección opuesta. La posición de la tabla del prisma esta ajustada para que la imagen de la ranura

sea estacionaria. Asegura la tabla y el telescopio. La posición de desviación mínima es correcta si la imagen esta estacionaria.

- v) Mantén la tabla y quita el prisma con cuidado. Gira el microscopio en la línea del colimador para que la imagen de la ranura coincida con la cruz vertical. Asegura el telescopio y mide V1 y V2

Vernier V1			Vernier V2		
Lectura telescopio		Diferencia	Lectura telescopio		Diferencia
Desv. Min (α)	Direc (β)	$\phi_x = \alpha - \beta$	Desv. Min (α)	Direc (β)	$\phi_x = \alpha - \beta$

$$\delta_x = (\phi_{x1} + \phi_{x0})/2$$

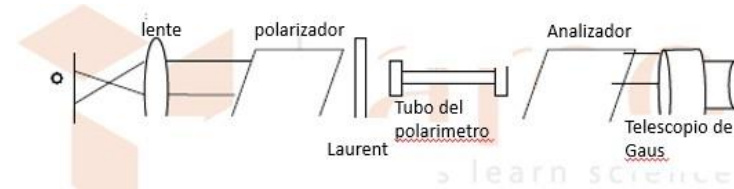
El índice de refracción del prisma viene dado por:

$$\mu = \frac{\sin \{(A + \phi_x)/2\}}{\sin (A/2)}$$

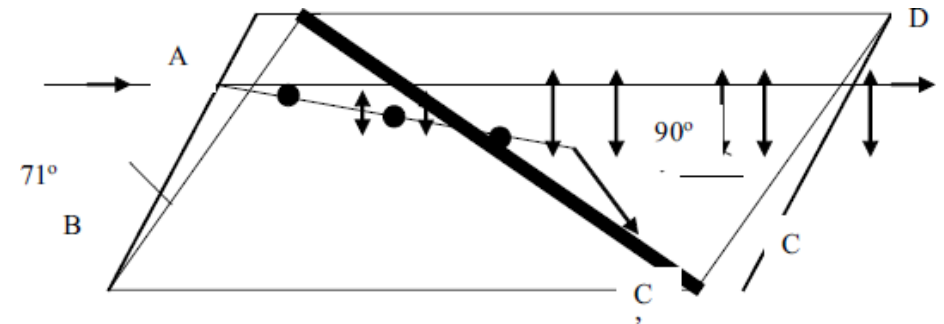
Precauciones y fuentes de error

- i) El eje del telescopio, el colimador y el plano de la tabla del prisma tienen que estar horizontales.
- ii) La posición del ocular del telescopio tiene que estar ajustada para ver la cruz

- iii) El telescopio debe estar enfocado y el colimador tiene que dar una luz paralela.
- iv) La ranura debe ser estrecha
- v) El prisma tiene que estar con el borde de refracción en el centro de la tabla del prisma para calcular el ángulo del prisma.
- vi) La tabla del prisma tiene que estar nivelada para que la imagen reflectada de la ranura este a la misma altura de la horizontal de la cruz cuando se observen de las ambas caras.
- vii) Las V1 y V2 tienen que medirse evitando errores
- viii) Para encontrar el ángulo de mínima desviación la tabla del prisma tiene que coincidir con el centro del prisma.
- ix) La posición de desviación mínima tiene que localizarse con cuidado por el movimiento de la pantalla tangente.



Prisma de Nicol : se utiliza para producir y analizar la luz polarizada. El cristal de calcita es tres veces más largo que ancho. La sección principal se ve a continuación.



En los bordes está cortado de tal forma que reduce los ángulos B y D de 71° a 68° . El cristal está cortado a lo largo de AC'' perpendicular al plano principal y los bordes como AC'' hace un ángulo de 90° con AB'' y CD'' . Las dos caras cortadas están esmeriladas, pulidas y unidas con bálsamo de Canadá cuyo índice refractivo esta entre los rayos ordinarios y extraordinarios. Los lados del prisma están en negro para absorber el rayo reflectado.

Estudio de la rotación específica utilizando un polarímetro

Objetivo: determinar la rotación específica de la solución de azúcar con un polarímetro bicuarzo.

Aparatos necesarios: polarímetro bicuarzo, lámpara de Mercury, azúcar, balanza, probeta, vasos de precipitados, embudo y varilla de cristal

Polarímetro de media sombra de Laurent: es un instrumento que se utiliza para medir la rotación específica de una solución. Las partes ópticas del espectrómetro se muestran debajo.

Un rayo incidente en el prisma se divide en rayo ordinario y extraordinario. El rayo ordinario es totalmente reflejado entre ellos en el bálsamo de Canadá mientras que el extraordinario pasa a través dando lugar al plano de luz polarizada teniendo vibración en el plano principal. El prisma de Nicol puede utilizarse como polarizador además de analizador. Cuando la sección de dos prismas es paralela, el rayo extraordinario es transmitido a través del analizador. Si uno de los prismas, esta rotado la intensidad transmitida desciende y finalmente no transmite luz. En esta situación, el rayo extraordinario del primer prisma el polarizador, es el rayo ordinario para el segundo prisma, analizador, y sufre reflexión total interna.

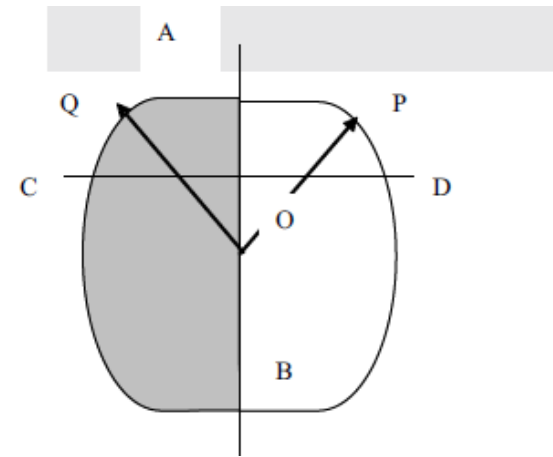
El instrumento de media sombra de Laurent consiste en un plato semicircular de cristal ADB y de cuarzo ACB. El plato de cuarzo está cortado en su eje óptico paralelo a la línea de separación AOB. El grosor del plato de cuarzo es tal que introduce un cambio en la vibración de los rayos. El grosor del plato de cristal es tal que absorbe la misma cantidad de luz que el plato de cuarzo.

Suponiendo que una luz después de pasar por el polarizador P incide en el plato y vibra a lo largo de OP. Pasando a través de medio cristal las vibraciones a lo largo de OP pero si pasa a través de medio cristal de cuarzo se divide en componente ordinario y extraordinario.

Las vibraciones del componente O estarán a lo largo de OD y el componente E a lo largo de OA. La diferencia A es introducida entre los dos componentes cuando pasa a través del plato de cuarzo. Las vibraciones de O irán por OC en lugar de OD. Las vibraciones resultantes serán a lo largo de OQ por ello $\angle POA = \angle QOA$.

Si el prisma de Nicol está fijado con su eje principal paralelo a OP el plano polarizado de luz pasará a través de medio cristal y no podrá pasar por el

de cuarzo. Por eso el cristal parecerá más brillante. Cuando el plano principal del analizador de Nicol esta paralelo a OQ, el cuarzo estará más brillante que el cristal por la misma razón. Cuando el plano principal del analizador de Nicol esta paralelo a AOB, las dos mitades estarán igual de brillantes desde las vibraciones emergentes de las dos mitades hacen igual inclinación con el plano principal. Cuando el plano principal del analizador de Nicol es perpendicular a AOB los componentes OP y OQ tendrán la misma intensidad pero como será poca las dos mitades estarán igual de oscuras. El ojo puede detectar el cambio de brillo en la intensidad cuando las dos mitades son igual de oscuras.



Trabajo del polarímetro: la luz de fuente monocromática después de pasar por la rendija se muestra paralela, la luz es polarizada por el prisma y después pasa por el instrumento de media sombra, el tubo polarizador con la solución y el analizador. La luz se ve en el telescopio de Gauss. El prisma analizador de Nicol puede ser girado.

Teoría

Luz polarizada y no polarizada. La luz es una onda transversa en la que las oscilaciones de los campos eléctrico y magnético están perpendiculares entre ellos y con la dirección de propagación.

La oscilación del campo magnético es amplia y no tiene un papel significativo en los efectos visuales. Por ello la luz ordinaria puede suponer a que el campo de oscilación eléctrico en todas las direcciones transversa a la dirección de propagación. Los vectores eléctricos de oscilación en varias direcciones pueden resolverse en componentes rectangulares. El fenómeno de restricción de las vibraciones de luz en una dirección en un plano perpendicular a la dirección de propagación se denomina polarización de la luz. La luz carece de simetría y confirma la naturaleza transversa de la luz. El plano en el que se dan las vibraciones de la luz polarizada se denomina plano de vibración mientras que el plano perpendicular a este se denomina plano de polarización. Las luces polarizadas son de varios tipos:

- d) Luz polarizada plana: la luz polarizada en cuya el vector eléctrico de vibración está restringido a una única dirección en el plano perpendicular a la dirección de propagación se denomina plano de luz polarizada.
- e) Luz polarizada circular: en la luz polarizada, la dirección de oscilación del plano rota periódicamente pero la magnitud es constante.
- f) Luz polarizada elíptica: en esta luz la dirección de los vectores eléctricos de oscilación rotan periódicamente pero la magnitud varía entre un límite mínimo y un máximo.

Métodos de polarización: la luz polarizada puede producirse de distintas formas

Cristal polarizador: ciertos cristales orgánicos como el turmaline pueden utilizarse para obtener luz polarizada. Cuando la luz ordinaria pasa por ese cristal solo se transmite la vibración por el eje óptico del cristal, por eso se produce luz polarizada. Si la luz polarizada se deja pasar por un cristal similar la intensidad de la luz varía en función del ángulo entre el eje óptico de los dos cristales. La intensidad es máxima cuando los ejes de los dos cristales están paralelos mientras que es cero cuando son perpendiculares. La intensidad de variación se expresa por la ley de Malu:

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

Polarización por reflexión: si una luz ordinaria incide en un medio transparente, luego su componente reflejado se encuentra parcialmente polarizado. El grado de polarización aumenta con el ángulo de incidencia y en un punto en particular del ángulo de incidencia, denominado ángulo polarizador, la luz es completamente polarizada. En este ángulo de incidencia la luz polarizada es perpendicular a la no polarizada y el índice de refracción del medio transparente es respecto al ángulo (p):

$$\mu = \tan p.$$

Se refiere a la ley de Brewster

Polarización por dispersión: cuando una luz ordinaria pasa por el medio sufre dispersión desde las partículas del medio. Si el tamaño de las

partículas es comparable a la longitud de onda de la luz, la luz dispersada perpendicular a la dirección de incidencia se ve polarizada.

Doble refracción: cuando la luz ordinaria pasa a través de un cristal de calcita, el rayo refractado se divide en dos componentes que son:

- c) Rayo ordinario: este componente obedece a la ley de refracción y tiene vibraciones perpendiculares a la sección principal del cristal. La velocidad del rayo ordinario es la misma en todas las direcciones. Estos rayos se polarizan como la dirección de oscilación del vector eléctrico es perpendicular al eje óptico.
- d) Rayo extraordinario: este componente no obedece a la ley de refracción y tiene vibraciones en la sección principal del cristal. Este componente tiene distintas velocidades si cambia de dirección. Estos rayos polarizados de tal forma que la dirección de polarización es paralela al eje óptico.

Este fenómeno se denomina doble refracción. Estos cristales son positivos cuando la velocidad O es mayor que la e y son negativos cuando la e es mayor que la O . La doble refracción tiene propiedad de transmitir el componente ortogonal de la luz polarizada con distintas velocidades esta propiedad también es denominada birrefringencia.

Actividad óptica: es el fenómeno de rotación del plano de luz polarizada cuando pasa a través de un material. Si el material rota el plano de la luz polarizada hacia la izquierda se denomina rotación levógiro mientras que si es hacia la derecha se denomina dextrógiro. Si la luz polarizada pasa por una columna de material ópticamente activo de longitud L y de concentración c , el ángulo de rotación de la luz polarizada es

$$\theta = sLc \qquad s = \frac{\sigma}{Ja}$$

Esto se denomina ley de Biot y la "s" se denomina rotación específica, que depende de la temperatura del material y de la longitud de onda de la luz incidente.

Procedimiento:

- m) Preparación de solución al 20%. Coge un vaso de precipitados seco. Añade unos 20g de azúcar y calcula el volumen de solución para una fuerza del 20%.

$$\text{Volumen} = (m \times 100 / 20) / c \qquad m = \text{masa de azúcar}$$

Añade agua hasta la mitad del volumen en el vaso de precipitados y remover hasta que todo el azúcar se disuelva. Añade más agua si es necesario. Pon la solución en una probeta. Lava el vaso con poca agua y pásalo a una probeta. Completa el volumen añadiendo agua con la pipeta. Filtra la solución en otro vaso limpio y cúbrelo.

- n) Encuentra la constante de vernier de la escala circular. Pon el polarímetro en esa apertura en frente de la lámpara de sodio. Mira a través del telescopio y ajusta la posición del ocular para que el aparato de dos medias sombras estén igualmente oscuras y enfocado.

- o) Remueve las tapas de latón del tubo del polarímetro. Limpia el tubo y el cristal. Ahora pon una de las tapas sin ejercer fuerza en el cristal. Sujeta el tubo en posición vertical y llénalo con agua. Deslizar el segundo cristal en el tubo teniendo cuidado de no dejar burbujas de aire.
- p) Observación: pon el tubo en su sitio. Rota el prisma analizador rotando la escala circular hasta que las dos mitades de la sombra estén iguales. Anota la posición. Gira el analizador 180°. Estas son las medidas para la solución 0% azúcar y la rotación causada por esta es medida como referencia.
- q) Ahora llena el tubo con la solución al 20%. Ponlo en su posición y anota lectura de la escala cuando estén las dos partes iguales. Repite girando 180°. La rotación del plano de polarización es medida trazando sus correspondientes lecturas de agua.
- r) Coge 30cc de la solución de 20% y añade la misma cantidad de agua para reducirla al 10%. Repite el procedimiento.
- s) Lo mismo para un 5% y un 2.5%.
- t) Dibuja una gráfica entre θ y C y calcula la pendiente.

Solución	Escala de lectura de la solución		Rotación		$\theta = (\theta_1 + \theta_2) / 2$	θ / C
	Primero	Segundo	$\theta_1 = (\alpha - \alpha_0)$ Primera posición	Segunda posición $\theta_2 = (\beta - \beta_0)$		
0%	$\alpha_0 =$	$\beta_0 =$				
20%						
10%						
5%						
2.5%						

Rotación específica $= s / LC =$

Porcentaje de error

Precauciones las mismas que en momentos anteriores.

Verificación de la ley de Malu

Objetivo : verificar la ley de Malu en la luz polarizada

Aparatos necesarios: banco óptico, laser de diodo, analizador y polarizador con escalas circulares graduadas, fotodetector, soportes verticales para los accesorios.

Teoría

Observaciones

Constante de vernier de la escala circular

Longitud del tubo en decímetros

Temperatura del agua

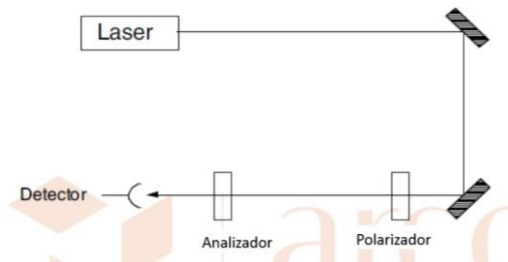
Media /C

La ley de Malu describe como la intensidad de la luz transmitida a través de un polarizador varia como función del ángulo entre el eje del polarizador de transmisión y el plano de polarización de la luz incidente. La ley de Malu es

$$I(\phi) = I_0 \cos^2 \phi$$

Donde I_0 es la intensidad transmitida.

Para verificar la ley utiliza dos hojas de polarización y el fotodetector como se muestra en la figura. Llamaremos primera hoja de polarizador al polarizador y segunda al analizador. El polarizador se asegura que la luz esta linealmente polarizada y también el polarizador puede usarse para ajustar la luz del láser para no saturar el fotodetector



Solo una hoja de polarización se monta en el montaje de rotación utilizada una como analizador. El polarizador puede ponerse en el soporte del filtro. Mide la energía transmitida a través del analizador como una función del ángulo de rotación del analizador. Las medidas en intervalos de 5-10° pueden ser suficientes excepto cerca de los 0° y los 90° donde se

necesitaran más puntos. Esto es muy útil para encontrar los puntos máximos y mínimos. Mira tus resultados y compáralos con la teoría.

Procedimiento

1. Nivelas el banco óptico.
2. Enciende el láser de diodo, el polarizador, analizador y el fotodetector en el banco óptico.
3. Ajusta la altura de los soportes para que la luz del láser pase por el polarizador y el analizador entrando al fotodetector.
4. Mantén el ángulo del polarizador ajustando la escala circular. Pon un ángulo 0° para el analizador y anota la lectura en el metro del fotodetector, es una medida de la intensidad de luz del analizador.
5. Mantén el ángulo del polarizador igual, rota el analizador y cambia el ángulo de 0° a 360° en pasos de 10° y anota la lectura del metro en I.
6. Encuentra el primer valor del ángulo para el cual I es máxima. Para esta posición del analizador, los planos de transmisión del polarizador y del analizador son paralelos.
7. Realiza una gráfica curva. Poniendo I en el eje y.
8. Realiza otra grafica curva entre $\cos^2 \phi$ en el eje x y la I en el y.

Observaciones

Nº	Angulo del analizador grados	Intensidad I	Angulo entre el analizador y el polarizador grados	$\cos^2 \phi$
1	0°			
2	10°			

3	30°	I max		
....
	360°			

Precauciones y fuentes de error

- 1) La fuente de luz, el polarizador y el analizador tienen que estar a la misma altura.
- 2) El experimento se tiene que realizar en una sala oscura.
- 3) El voltaje aplicado tiene que ser constante.
- 4) Toda la luz reflectada tiene que pasar por el polarizador.
- 5) Toda la luz emergente del polarizador tiene que pasar por el fotodetector.

Rejillas de difracción para determinar la longitud de onda.

Objetivo: determinar la longitud de onda de la lámpara de sodio utilizando una rejilla de difracción.

Aparatos necesarios: espectrómetro, nivelador, rejilla de difracción, y lámpara de sodio, tubo de cristal con gas neón.

Ver teoría y explicación de los componentes en apartados anteriores del manual.

Procedimiento

Configuración:

- xii) Ajusta la posición del ocular del telescopio para ver claramente la cruz. Enfoca el telescopio con un objeto distante y ajusta los rayos paralelos. Nivelas el telescopio y el prisma.

- xiii) Fija el soporte de rejilla en la tabla circular con los tornillos en la línea paralela a la línea de unión P y Q. la cara del soporte donde están unidas las abrazaderas tiene que estar en el centro de la tabla. Quitas la rejilla de la caja, sin tocar la superficie. Fíjalo al marco con la superficie reglada hacia el telescopio.
- xiv) Nivelación óptica de la rejilla.
- xv) Rota la tabla para que el plano de la rejilla este inclinado a unos 45 respecto del eje del colimador. Rota el telescopio para recibir luz desde la rejilla. Si la imagen no es simétrica w.r.t. la cruz horizontal, ajusta la tercera pantalla R. en esta posición el plano de la rejilla estará vertical.
- xvi) Rota la tabla para que el plano de la rejilla sea perpendicular al colimador. Mira el espectro en un lado de la imagen directa de la ranura. Gira el telescopio para que la imagen difractada coincida con la cruz vertical. Si la imagen no es simétrica w.r.t. la cruz vertical, ajusta el nivel del prisma con ayuda de los tornillos P y Q. en esta posición las líneas de dispersión son paralelas al eje del espectrómetro. Ahora gira el espectrómetro al otro lado y ahora la cruz vertical coincide con la imagen difractada. Si se han realizado bien los ajustes la imagen difractada de la ranura estará simétrica a la cruz horizontal en todas las posiciones
- xvii) Ajuste de la dispersión normal de la luz incidente
- xviii) Pon el telescopio en línea con el colimador, estando la cruz vertical en el centro de la imagen de la ranura. Apunta la escala de lectura. Añade 90 a la lectura y pon ahí el telescopio para que este perpendicular al eje del colimador. Ajusta la posición.

- xix) Rota la mesa de dispersión hasta que la cara plana de la rejilla de al colimador y al telescopio. Gira despacio hasta el centro de la ranura vertical a la cruz. En esta posición el plano de dispersión está a 45 respecto de la luz incidente. Apunta la lectura. Pon la tabla hasta 45 desde esta posición para que el plano de dispersión sea normal a la luz incidente con la cara plana hacia el colimador. La dispersión está ajustada a la luz incidente con la cara reglada lejos del colimador. Ajusta la tabla en esta posición.
- xx) Pon el ojo en frente del colimador y muévelo gradualmente hacia el telescopio hasta que se vea la primera imagen de difracción. Ajusta el telescopio en esta posición. Si la resolución del telescopio es suficiente se verán dos flechas distintas correspondientes a 589nm y a 589nm que estarán en paralelo al campo de visión. Normalmente estas dos flechas o líneas parecen una en el primer espectro. Gira la pantalla del telescopio hasta que la cruz coincida con el centro de la imagen de la ranura. Anota las lecturas y las escalas de vernier.
- xxi) De igual forma observa la segunda imagen difractada y apunta las lecturas de vernier.
- xxii) Apunta el número de líneas marcadas en la rejilla y reponlas con su superficie reglada.

Observaciones

Constante de vernier del espectrómetro=

Número de líneas por rejilla=N=

Elemento de dispersión

$$= (a + b) = 2.54 / N = \quad (\text{in cm})$$

Lectura directa del telescopio

Numero de espectro	Lectura del telescopio			Angulo de difracción		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Derecha	Mediana
1						
11						

Longitud de onda de la luz de sodio calculada para el primer espectro = $\lambda = (a+b)\sin$

Longitud de onda para el segundo espectro = $\lambda = ((a+b)\sin)/2$

Media de las longitudes $1+2/2$

Precauciones

6. La rejilla tiene que estar desde los bordes y la superficie reglada no tiene que tocarse.
7. El telescopio puede enfocarse en la imagen más brillante de la ranura mientras que se ve la imagen reflejada.
8. La superficie reglada tiene que estar lejos del colimador
9. El ajuste es incorrecto si los ángulos de difracción de izquierda y derecha no están iguales.
10. En el segundo espectro las dos líneas D aparecen separadas, en ese caso hay que calcular la longitud de onda.

Optical bench

An optical bench made of well-painted square cross sectional aluminum pipe with closed ends, fitted on two moulded supports with levelling screws. A scale graduated in millimeter fitted on the top of the optical bench. There are specially designed, easy sliding tilt proof riders with index mark for mounting various accessories, height of accessories adjustable with the help of knobs fitted in the riders. We can perform the experiments related to the fundamental of optics, such as image formation, reflection/refraction through the optical elements.

Experiments using optical bench

1. Focal length of different mirrors
2. Focal length of a thin lens
3. Focal length of a combination of lenses
4. Cardinal points of a lens system
5. To construct a telescope and to determine the magnification
6. To construct a microscope and to determine the magnification
7. To verify inverse square law
8. Fresnel biprism experiment
9. Wavelength of He-Ne laser
10. Thickness of a thin paper
11. Diameter of lycopodium powder particle using corona rings
12. Comparison of luminous intensities of two sources of light

Determination of the focal length and strength of convex lens and concave lens

Aim: to determine the focal length of a convex lens.

Apparatus required: an optical bench with three uprights, convex lens, lens holder, two optical needles.

Theory

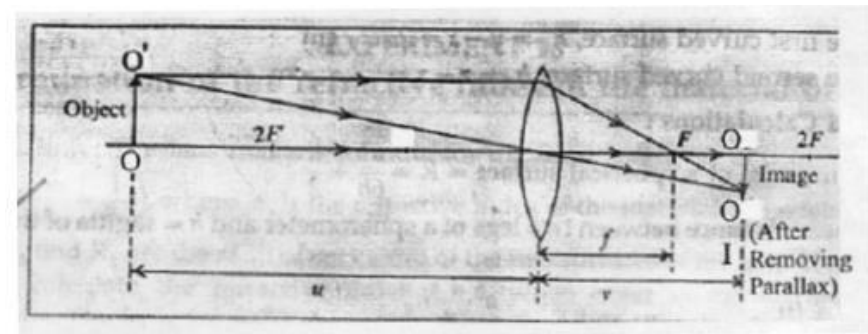
The focal length of the convex lens is given by the relation

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

Where f is the focal length of the convex lens

U is the distance of the object needle from the optical center of the lens

V is the distance of the image from the optical center of the lens



Procedure

Determination of the rough focal length

1. Mount the convex lens in the lens holder
2. Go out in the open and face the lens towards the distance building
3. Obtain the image of the building on a white painted wall or screen and move the lens forward and backward to get a sharp image on the wall.
4. Measure the distance between the lens and the wall. This will be equal to the rough focal length of the lens.

To set the lens

1. Clamp the lens holder in a fixed upright and keep the lens in the holder and keep the upright at about 60cm mark.
2. Adjust the lens such that its surface is vertical and perpendicular to the length of the optical bench.
3. Keep the upright in this position throughout the experiment.

To set the object needle

1. Mount a needle in the upright at the extreme left of the upright holding the lens
2. Move the object needle upright and keep it at a distance about 1.5 times the focal length of the lens from the upright holding the lens.
3. Adjust the height of the needle such that the tip lie on the horizontal line through the optical centre of the lens.
4. Note down the distance of the object upright on the optical bench.

To set the image needle

1. Close the left eye and see with the right eye from the other end of the optical bench. An inverted and enlarged image of the object needle will be seen. Tip of the image must lie in the middle of the lens.

2. Mount the second needle in the upright in the right of the optical lens
3. Adjust the height of the image needle so that its tip is seen in line with the tip of the image when seen with the right eye.
4. Move the eye towards right. The tips will get separated.
5. Remove the parallax and note the position of the image needle upright on the optical bench.
6. Repeat the experiment for different values of the object position.

Observations

Rough focal length of the convex lens =cm

Table for u and v

Sr. No.	Position of the lens (cm)	Position of the object from lens (cm)	Position of the image from lens (cm)	$\frac{1}{u}$ (cm ⁻¹)	$\frac{1}{v}$ (cm ⁻¹)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Calculations: calculate the focal length of the lens using the relation for each observation

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

And calculate the mean focal length

Precautions and sources of error

1. The tips of the object needle and the image needle should lie at the same height as the center of the optical lens.
2. Parallax should be removed.
3. The object needle should be placed at such a distance that only the real and inverted image of it should be formed.
4. Uprights should be vertical

Determination of the focal length and strength of convex lens and concave lens

Aim: to determinate the focal length of a concave lens

Apparatus required: an optical bench with three uprights, convex lens, lens holder, optical needles.

Theory: a concave lens always forms a virtual image. Its focal length cannot be found directly as that of the convex lens. For this purpose indirect method is used. An object needle is placed on one side of a convex lens and its real inverted image is located on the other side. The concave lens is placed between the convex lens and the image needle. The concave lens diverges the ray and the image is now formed. The focal length of the convex lens is given by the relation.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

Where f is the focal length of the concave lens

U is the distance of the object needle from the optical center of the lens

V is the distance of the image from the optical center of the lens

Procedure:

Determination of the rough focal length:

1. Mount the concave lens in the lens holder
2. Go out in the open and face the lens towards the distant building
3. Obtain the image of the building on a white painted wall or screen and move the lens forward and backward to get a sharp image on the wall.
4. Measure the distance between the lens and the wall. This will be equal to the rough focal length of the lens.

To set the lens

1. Clamp the lens holder in a fixed upright and keep the lens in the holder and keep the upright at about 60 cm mark.
2. Adjust the lens such that its surface is vertical and perpendicular to the length of the optical bench.
3. Keep the upright in this position throughout the experiment

To set the object needle:

1. Mount a needle in the upright at the extreme left of the upright holding the lens.
2. Move the object needle upright and keep it at a distance about 1.5 times the focal length of the lens from the upright holding the lens.
3. Adjust the height of the needle such that the tip on the horizontal line through the optical center of the lens.
4. Note down the distance of the object upright on the optical bench.

To set the image needle:

1. Close the left eye and see with the right eye from the other end of the optical bench. An inverted and enlarged image of the object needle will be seen. Tip of the image must lie in the middle of the lens.
2. Mount the second needle in the upright in the right of the optical lens.
3. Adjust the height of the image needle so that its tip is seen in line with the tip of the image when seen with the right eye.
4. Move the eye towards right. The tips will get separated.
5. Remove the parallax and note the position of the image needle upright on the optical bench.
6. Repeat the experiment for different values of the object position.

Observations

Rough focal length of the concave lens= ...cm

Table for u and v

Sr. No.	Position of the concave lens (cm)	Position of the object from concave lens (cm)	Position of the image from concave lens (cm)	$\frac{1}{u}$ (cm ⁻¹)	$\frac{1}{v}$ (cm ⁻¹)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Calculations: calculate the focal length of the lens using the relation of each observation.

And calculate the mean focal length

Precautions and sources of error

1. Focal length of the convex lens must be less than that of the concave lens so that the combination is convex.
2. The lenses must be clean.
3. The tip of the object needle and the image needle should lie at the same height as the center of the optical lens.
4. Parallax should be removed.
5. The object needle should be placed at such a distance that only the real and inverted image of it should be formed.
6. Uprights should be vertical.

Studying newton rings for the determination of wavelength of light

Aim: to determine the wavelength of sodium light using newton’s rings method.

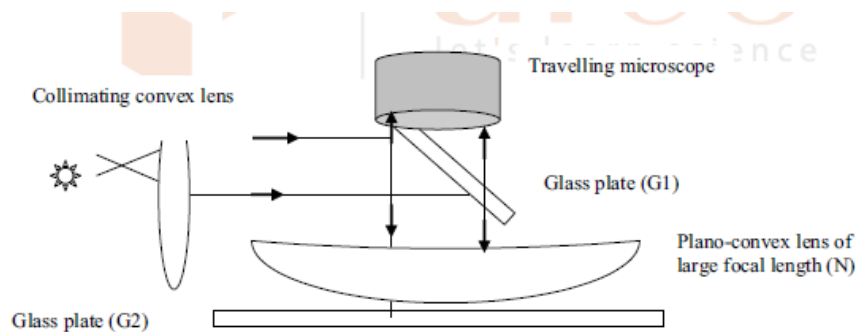
Apparatus required: a travelling microscope, sodium lamp arrangement, newton ring apparatus consisting of optically plane glass plate and convex lens of about 100cm focal length placed in an arrangement having an optically plane glass plate inclined at 45, a spherometer, convex lens of short focal length.

Sodium lamp arrangement: it consist of a U shaped glass tube with two tungsten electrodes in the form of spiral coated with BaO. This whole of the tube is enclosed in a vacuum jacket. The U tube is filled with Neon gas at 100mm Hg pressure and some specks of metallic sodium are deposited on inner surface of tube. To start the discharge, a potential of 400V is applied through a step up transformer. These lamps are available at 35W, 80W and 140W. the discharge first passes through the Neon gas and produces pink colour.

The heat is generated which vaporized the metallic sodium specks, which expands to fill whole of the tube volume. The passage of discharge through the sodium vapour produces persistent yellow colour light. This light source emits two close lying wavelengths of 5890A and 5896A and for practical purposes considered to be monochromatic in nature. The sodium lamp is connected to the mains through a special AUTOLEAK transformer, which has high leakage reactante resulting drooping current-voltage characteristics.

Theory: circular interference fringes produced by enclosing a very thin film of air of varying thickness between the surface of a convex lens of large radius of curvature and optically plane glass plate are known as Newton's rings. In order to produce these fringes, light from an extended monochromatic source is rendered parallel by a convex lens. It falls on the glass plate G inclined at an angle of 45 to the vertical and is reflected

normally on the lens N. an air film of gradually increasing thickness is enclosed between lower surface of this lens and glass plate P. the light reflected from upper and lower surface of the air film produces interference fringes. At the center the lens is in contact and thickness of air film is zero. The center will be dark as a phase change of is introduced due to reflection at the lower surface of the air film. As we proceed outwards from the center, the thickness of the air film increases gradually being same all along the circle with center at the point of contact. Hence the fringes are concentric circles and are localized in air film. These fringes are viewed by means of low power microscope.



For maximum intensity or bright ring the condition is

$$2\mu t = \frac{(2l - 1)\lambda}{0}$$

The thickness of the film can be expressed in terms of radius of convex surface of lens R and radius r of the circular fringes.

$$t = \frac{r^2}{2P}$$

Hence diameter of bright ring, taking $\mu = 1$ for air film, is

$$D_n^2 = 2(2n / \mu) \nu P$$

For minimum intensity or dark ring the condition is

$$2\mu t = (2n + 1/2)\lambda$$

Hence diameter of nth dark ring, taking $\mu = 1$ for air film, is

$$D_n^2 = 2n\nu P$$

The wavelength of light can be determined by measuring the diameter of different or bright rings by the relation given as

$$\lambda = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m/n)P}$$

Procedure

1. Level the microscope table and set the microscope tube in the vertical position. Find the Vernier constant of the horizontal scale.

2. Clean the surface of the glass plate P, the lens N and the glass plate G1 and fix them in their respective positions. Place the arrangement in front of the sodium lamp such that the center of sodium lamp opening coincides with the center of convex lens (acting as a collimator) and that of the glass plate G2. The inclination of the glass plate is adjusted so that light falls at 45° angle of incidence on it after its collimation from the convex lens.
3. Adjust the position of microscope so that it is vertically above the center of lens N. focus the microscope to observe alternate dark and bright rings are clearly visible.
4. Adjust the position of microscope till the point of intersection of two cross wires coincides with the center of ring system and one of the cross wires is perpendicular to the horizontal scale.
5. Slide the microscope to the left till the cross wire lies tangentially at the center of 4th dark ring. Note the reading of the Vernier of the microscope. Slide the microscope backward by slow motion and note position of 6, 8, 10 and 12th dark rings respectively. Keep on sliding to the right and note the readings when the cross wire again lies tangential to the center of 4, 6, 8, 10 and 12th dark rings.
6. Remove the lens N in contact with the glass plate P and find its radius of curvature using spherometer.

Observations

- a) Determination of diameter of Newton rings
Vernier constant of linear scale

Ring No.	Microscope reading = LSR (in mm) + VC x VSR		Diameter of ring
	Left	Right	
4			
6			
8			
10			
12			

LSR= linear scale reading

b) determination of focal length of plano-convex lens

least count of spherometer= mm mean distance between two legs= L=

Q.L.m	Spherometer reading on		h = RCS - PCS
	Convex surface (RCS)	Plane surface (PCS)	
1			
2			

Radius of curvature of lens

$$\frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

Precautions

1. The lens and glass plates should be cleaned
2. A lens of larger radius of curvature preferably plane-convex type should be used. This leads to a wedge shaped film of air of very small thickness between lens and glass plate.
3. The point of intersection of cross wires should coincide with center of rings system
4. The micrometer screw should always be moved in same direction to avoid backlash error.
5. The radius of curvature of the surface of lens in contact with the glass plate should be measured accurately.
6. The amount of light from the source should be adjusted to maximum visibility. Too much light causes general illumination and decreases the contrast between dark and bright fringes.

Verification of the inverse square law for light radiation and determination of the absorption coefficient of light using photocell.

Aim

To determine Planck's constant and verify inverse square law using photocell.

Apparatus required: photocell attached with optical bench, light source, regulated power supply, colour filters.

Theory

In the phenomenon of photoelectric effect when light of frequency greater than the binding energy of the electrons of the metal is bombarded on the metal, the electrons are emitted from the metal. The emission of photoelectrons is possible only when the frequency of the incident light is more than the critical frequency, known as the threshold frequency. The kinetic energy of the emitted electron depends upon the energy of the incident light but is independent of the intensity of the incident light. However, the number of photoelectrons emitted depends on the intensity and is independent of the frequency of the incident light.

A photoelectric cell is a device, which converts light energy into electrical energy. The electromagnetic field is quantized i.e. light is made of quantized photons, each having energy $h\nu$ where h is Planck's constant ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ joule-sec) and ν is the frequency of the incident light. The electrons inside the metal are bound with an energy e_0 where ν_0 is known as photoelectric work function. It is given by the relation

$$e_0 = h\nu_0 \text{ where } \nu_0 \text{ is the threshold frequency}$$

when the light of frequency (energy $h\nu$) greater than the threshold frequency ν_0 is incident on the metal, a part of this incident energy is used by the electron to come out of the metal surface and the rest is restored in it as kinetic energy

$$h\nu = \frac{1}{2} mv^2 + e_0$$

$$h\nu = eV + h\nu_0$$

$$V = \frac{h}{e}\nu - \frac{h}{e}\nu_0$$

A graph is plotted between stopping potential V and frequency of the incident light, which comes out to be a straight line. The slope of the straight line gives

$$\tan\theta = \frac{h}{e}$$

Planck constant $h = e \tan\theta$

Verification of inverse square law using photocell: if E is the intensity of illumination and L is the luminous intensity of an electric lamp at a point distant r from it, then according to the inverse square law

$$E = \frac{L}{r^2}$$

Where r is the distance between the light source and the photocell.

A plot between $1/r^2$ and E comes out to be a straight line, which verifies inverse square law of radiation.

Procedure to calculate Planck's law

- Place one filter in the space provided on the apparatus, set the suitable intensity of light and switch on the power supply
- Adjust the de-accelerating voltage to zero volt and then increase the de-accelerating voltage so that the photocurrent becomes zero. Now note this value of the de-accelerating voltage in the table.
- Repeat the same procedure for all the filters and note the corresponding de-accelerating voltages.

Sr. No.	Filter	Wavelength (nm)	Frequency (Hz x 10 ¹⁴)	Stopping voltage (Volt)
1.	Red	635		
2.	Yellow	585		
3.	Green	500		
4.	Blue	460		

- A graph is plotted between stopping potential V and frequency of the incident light, which comes out to be a straight line. Now calculate the value of Planck's constant using the relation

$$h = e \frac{V_2 - V_1}{\nu_2 - \nu_1}$$

Procedure for verification of inverse square law

- Set the lamp and the photocell enclosed in a box on an optical bench. Connect the power supply and the galvanometer to read the deflection or microammeter to read the small current.
- Place red filter (635nm) in front of the lamp.
- Keep the position of the photocell fixed and the voltage constant. Now increase the distance of the illuminating lamp from the photocell in small steps and note down the galvanometer deflection in each step and also the position of the lamp.

Table

Sr. No.	Distance between photocell and lamp r (cm)	$\left(\frac{1}{r^2}\right) \text{ cm}^{-2}$	Current I (μA)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

- Draw a plot between 1/r² and comes out to be a straight line, which verifies inverse square law radiation.

Precautions and sources of error: 1 the experiment should be performed in the dark room to avoid any stray light to photocell.

2. the observations should be taken by altering the anode potential in small steps of 0.05volts.
3. corresponding to the zero anode potential, the deflection of the light spot on the scale should be adjusted at its maximum value
4. the smoth graphs should be plotted
5. the stopping potentials should be read carefully

Diffraction gratings experiment for the determination of wavelength of light

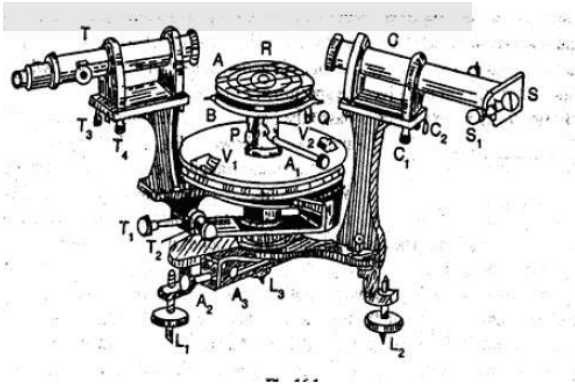
Aim: to determine the wavelength of sodium light using diffraction grating

Apparatus required: a spectrometer, spirit level, diffraction grating with clamping arrangement sodium lamp arrangement.

Sodium lamp arrangement: it consists of a U shaped glass tube with two tungsten electrodes in the form of spiral coated with BaO. This whole of the tube is enclosed in a vacuum jacket. The U-tube is filled with Neon gas at 100mm hg pressure and some specks of metallic sodium are deposited on inner surface of tube. To start the discharge, a potential of 400V is applied through a step up transformer. These lamps are available at 35W, 80W and 140W. the discharge first passes through the Neon gas and produces pink colour. The heat is generated which vaporizes the metallic sodium specks, which expands to fill whole of the tube volume. The passage of discharge through the sodium vapour produces persistent yellow colour light. This light source emits two close lying wavelengths of 5890A and 5896 and for practical purposes considered to e monochromatic in nature. The sodium lamp is connected to the mains through a special autoleak

transformer, which has high leakage reactance resulting drooping current-voltage characteristics.

Optical spectrometer: the spectrometer is compact apparatus for obtaining pure spectrum. This spectrometer and consists of following parts: i) collimator; its purpose is to produce a parallel beam of light. It consists of horizontal tube on the arm of a spectrometer, which has converging achromatic lens at one end and a vertical slit at the other on a slid tube. The focal length of the converging lens is equal to the length of the tube. The distance between the lens and slit can be varied using rack and pinion arrangement or by sliding the inner tube to obtain parallel rays. The tube rests on two screws C1 and C2 which can be slightly titled up and down for horizontal alignment. The slit is in the form of two sharp edges of which one is fixed while other can be move parallel for changing its width and length. ii) telescope: it is an astronomical telescope with achromatic objective and Ramsden's eye piece. It is mounted on another arm fixed rigidly to the circular scale graduated in 0.5° . the telescope along with the circular scale can be turned around the vertical axis passing through the center of the spectrometer. It can be fixed to any position through a screw T1 and can then be given slow rotation using tangent screw T2.



The position of telescope can be read through two Vernier scale V1 and V2 180° fixed to the prism table. The telescope rests on two screws T3 and T4 for horizontal alignment. The rack and pinion arrangement is provided on the side of tube for focusing. iii) prism table: it consists of upper plate a and a lower plate B separated by three springs, through which leveling screws P, Q and R are passed. A set of parallel equidistant lines are engraved (say between screws P and Q). the prism is always placed with one of the reflecting faces perpendicular to these lines. A series of circles concentric with vertical axis of rotation are ruled on this plate, which help in placement of the prism correctly. The height of the prism table can be adjusted by clamping the screw A1, which fixes the prism table to verniers V1 and V2. The table can rotate about the vertical axis and may be fixed at any position by means of screw A2. After fixing by A2. The table can rotate about the vertical axis and may be fixed any position by means of screw A2. After fixing by A2, it can be moved slowly by tangent screw A3 at the base of the spectrometer. The position of the table can be read on two Vernier scales.

Diffraction grating: A plane diffraction grating consists of an optically plane glass plate, on which are ruled number of equidistant parallel straight lines. These lines divide the glass plate into opacities (b =grooves created by the lines) and transparencies (a = thickness of glass plate between two opacities) the thickness of which is of the order of wavelength of light. The quantity $(a + b)$ is called grating element. The number of lines in a plane transmission grating is of the order of 6000/cm. in laboratories, actual grating is not used as it is very costly. The original grating is usually ruled on a plate of speculum metal by a sharp diamond point fitted to a dividing engine. For ordinary use, replicas of this grating are obtained by depositing a thin film of gelatin on it. This film is removed when dry and pasted on optically plane glass plate.

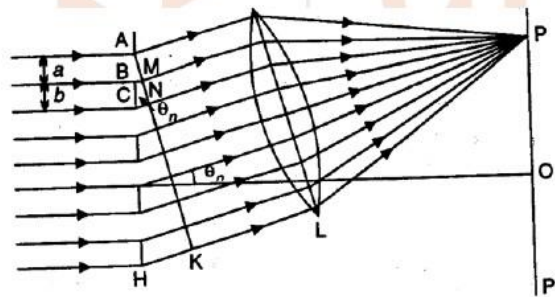
ABC...H in the figure shown below represents the section of plane transmission grating supposed perpendicular to the plane of paper. Let the width of clear space be a and that of ruling be b . the distance $(a+b)$ is called grating element. The points A and C separated by grating element are called corresponding points. When a parallel beam of monochromatic light is incident normally on the grating, it suffers diffraction. In this figure ABC...H represents the incident plane wavefront while AMN...K represents the wavefront after diffraction through grating at an angle. There is no path difference in reaching the plane ABC...H. The only phase change that occurs is due to difference in path traversed by different rays in reaching from ABC...H to AMN...K

The path difference between the corresponding points A and C is $(a+b)\sin \theta$ the same is true any two corresponding points. The transmitted light after falling on the lens is focused at point P. the point P will be bright or dark according as the rays reinforce with each other. They would reinforce and give brightness or a maximum if.

$$(a + b) \sin\theta_n = n\lambda$$

They would interfere and produce darkness or minima if

$$(a + b) \sin\theta_n = (2n+1)\lambda/2$$



When $n=0, \theta_n=0$, it gives central bright fringe or the first orderspectrum ($n=1$)

$$(a + b) \sin\theta_1 = \lambda$$

For the second order spectrum $n=2$

$$(a + b) \sin\theta_2 = 2\lambda$$

$$\sin\theta_2 = 2\sin\theta_1$$

The above relation is helpful in ascertaining the second order spectrum after the first as in certain cases, the second order spectrum is missing and

first is followed by the third order spectrum. If the light is not monochromatic, then each wavelength will give its own primary maxima. Hence each order will consist of a spectrum.

The number of lines N are marked on the grating. The value of the grating element is given by

$$(a+b) = 2.54/N \text{ cm}$$

Absent spectra: for diffraction through a grating, the condition for the maxima is

$$(a + b) \sin\theta = n\lambda$$

If the path difference between rays from the extreme ends of one single slit is, then intensity of light is zero. It is because in such a case a slit can be divided into two half slits and the path difference between the corresponding points on two half slits is $\lambda/2$. The condition for zero intensity is $a \sin\theta = \lambda/2$. When above given two conditions are simultaneously obeyed the beams from all the slits destructively interfere to produce zero intensity and the corresponding order of the spectrum is absent from the diffraction pattern. Thus for absence for n th order spectrum we have the condition that $a+b/a=n$

Procedure

- a) settings
- iii) adjust the position of telescope eyepiece so that the cross-wires are clearly visible. Focus the telescope on a distance object and set it for

parallel rays. Level the spectrometer by the leveling screws and then the prism table with help of spirit level.

ii) fix the grating stand on the circular table with two screws in the holes drilled on one of the lines parallel to the line joining two of the screws meant for the purpose say P and Q. the face of the stand to which the clamps are attached should be at the center of the table. Take out the grating from the box, holding it from the edge and without touching its surface, fix it carefully to the frame with the ruled surface towards the telescope.

b) Optical leveling of the grating table

- i) Rotate the table so that the plane of grating is approximately inclined at an angle of 45° to the collimator axis. Rotate the telescope to receive the light from the grating surface. If the image is not symmetrical w.r.t. horizontal cross-wire, adjust with the help of third screw R. in this position, the plane of the grating will be vertical.
- ii) Rotate the table carrying the grating so that the plane of grating is perpendicular to the axis of collimator. Look for the first order spectrum on one side of the direct image of the slit. Turn the telescope so that the first order diffracted image coincides with the vertical cross-wire. If this image is not symmetrical w.r.t. the horizontal cross-wire, adjust the level of prism table with the help of screw P and Q. in this position, grating lines are parallel to the axis of the spectrometer. Now turn the telescope to the other side to that vertical cross-wire again coincides the first order diffracted image. If careful adjustments are done, then

diffracted image of the slit will be symmetrical to the horizontal cross-wire at all positions.

c) Setting the grating normal to the incident light

- i) Place the telescope in line with the collimator so the vertical cross-wire falls exactly at the center of image of the slit. Note the scale reading. Add 90° to the reading and set the telescope at this reading to place it perpendicular to the axis of the collimator. Clamp it in this position.
- ii) Rotate the grating table till the plane face of the grating is facing both the collimator and the telescope. Turn the slowly till the center of the slit fall exactly on the vertical cross-wire. In this position the plane of grating is an angle of 45° to the incident light. Note the reading. Turn the table through 45° from this position so that the plane of the grating is normal to the incident light with its plane facing towards the collimator. The grating is now set normal to the incident light with its ruled surface away from the collimator. Clamp the table in this position.
- iii) Place the eye in the front of collimator and move it gradually toward the telescope till the first order diffraction image is visible. Bring the telescope in this position and observe the image through it. Clamp the telescope in this position. If the resolution of telescope is sufficiently high two distinct narrow lines corresponding to 589nm and 589.6nm will lie side by side in the field of view. Ordinarily two lines will appear as one in the first order spectrum. Turn the tangent screw of the telescope till the cross-wire coincides the center of the image of the slit. Note the reading on both the Vernier scales. Similarly

observe the first order diffracted image and note the readings on both the Verniers.

- iv) Similarly observe the second order diffracted image on either side of the image and note the reading on both the Verniers.
- v) Note the number of lines marked on the grating and replace it carefully with its ruled surface upwards in the box.

Observations

- i) Vernier constant of the spectrometer
- ii) Number of lines per inch on the grating
- iii) Grating element
- iv) Direct reading of the telescope

Order of Spectrum	Telescope Reading			Angle of diffraction		
	Left	Direct	Right	Left	Right	Mean
I st order						$\theta_1 =$
II nd Order						$\theta_2 =$

Wavelength of sodium light as calculated from first order spectrum = $\lambda = (a+b)\sin\theta$

Wavelength of sodium light as calculated from second order spectrum = $\lambda = (a+b)\sin\theta/2$

Mean wavelength

Precautions

1. Grating should be held from the edges and the ruled surface should not be touched.
2. The telescope should be focused on the brightest image of the slit while seeing the reflected image.
3. The ruled surface should face away from the collimator.
4. The light should fall on whole of the grating surface
5. The adjustment is incorrect if the angles of diffraction on the left and the right of the direct position are not equal.
6. In the second order spectrum with a good grating the two D lines generally appear to be separated. In such a case, the angle of diffraction should be found separately for each line and wavelengths calculated corresponding to each.

Studying specific rotation using polarimeter

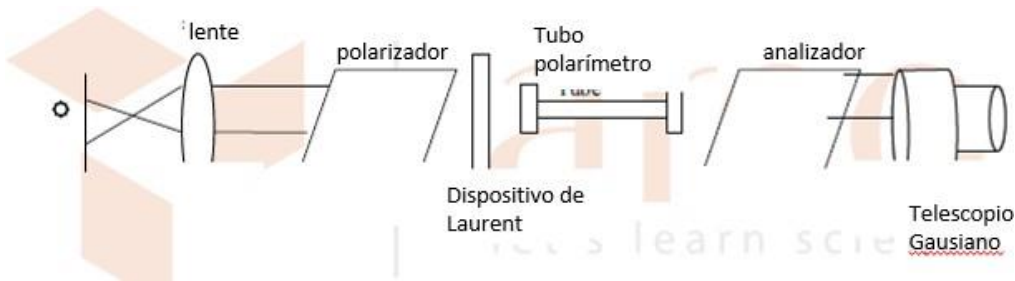
Aim: to determine specific rotation of the sugar solution using a Laurent's half shade polarimeter.

Apparatus required: Laurent's half shade, sodium lamp arrangement, sugar, weighing balance, graduated cylinder, two beakers, funnel, a pipette and a glass rod.

Sodium lamp arrangement: it consists of a U shaped glass tube with two tungsten electrodes in the form of spiral coated with BaO. This whole of the tube is enclosed in a vacuum jacket. The U-tube is filled with neon gas at 100mm Hg pressure and some specks of metallic sodium are deposited on inner surface of tube. To start the discharge, a potential of 400V is

applied through a step up transformer. These lamps are available at 35W, 80W and 140W. the discharge first passes through the neon gas and produces pink colour. The heat is generated which vaporizes the metallic sodium specks, which expands and fills whole of the tube. The passage of discharge through the sodium vapour produces persistent yellow color light. This light source emits two close lying wavelengths of 5890Å and 5896Å and for practical purposes considered to be monochromatic in nature. The sodium lamp is connected to the mains through a special autoleak transformer, which has high leakage reactance resulting drooping current-voltage characteristics.

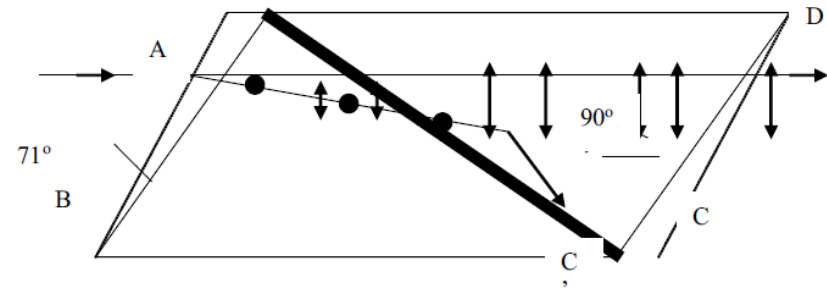
Laurent's half shade polarimeter: it is an instrument used to measure specific rotation of certain solutions. The optical parts of the spectrometer



are shown in the figure below.

Nicol prism: it is an optical device made of calcite and is used in many instruments for producing and analyzing plane polarized light. A calcite

crystal of length three times its width is taken. The principal section is shown below.



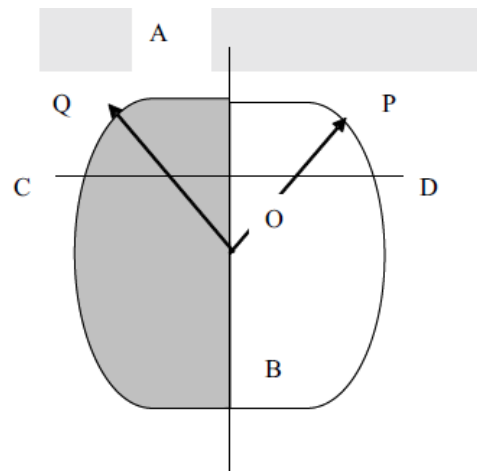
Its end faces are cut down as so to reduce the angles at B and D from 71 to 68 with the principal section. The crystal is now cut apart along AC perpendicular to both principal plane and end faces such that AC makes an angle of 90 with ends AB and CD. The two cut faces are ground, polished optically flat and cemented together with Canada balsam whose refractive index lies between that of calcite for ordinary and extraordinary rays. The sides of the prism are blackened to absorb totally reflected ray.

A ray incident on the face of prism is split up into the ordinary and extraordinary rays. The ordinary ray is totally reflected at interface coating whereas the extraordinary passes through giving rise to plane polarized light having vibrations in principal plane. The nicol prism can be used both as polarizer as well as analyzer. When the principal section of two prisms is parallel, the extraordinary ray is transmitted beam decreases and finally no light is transmitted becomes the ordinary ray for the second prism and it suffers total internal reflection.

Laurent's Half shade device: it consists of a semicircular plate ADB of glass and ACB of quartz. The quartz plate is cut with its optic axis parallel to the line of separation AOB. The thickness of quartz plate is such that it introduces a phase difference of between ordinary and extraordinary vibrations. The thickness of the glass plate is such that it absorbs same amount of light as by the quartz plate.

Suppose that light after passing through the polarizer P is incident normally on the half shade plate and has vibrations along OP. On passing through the glass half, the vibrations will remain along OP but on passing through the quartz half, it will split into ordinary and extraordinary components. The vibrations of O-component will be along OD and those of E component along OA. A phase difference of is introduced between two components on passing through the quartz plate. The O-vibrations will lead in phase by and will take place along OC instead of OD. The resulting vibrations on emergence from the quartz plate will be along OQ so that $\angle POA = \angle QOA$.

If the analyzing nicol prism is fixed with its principal axis parallel to OP, the plane polarized light will pass through glass half while it will be partially obstructed on passage through quartz half. Hence glass half will appear brighter. When the principal plane of analyzing Nicol is parallel to OQ, the quartz half will be brighter than glass half due to same reason. When principal plane of analyzing nicol is parallel to AOB, the two halves will be equally bright since vibrations emerging from two halves make equal inclination with principal plane. When principal plane of analyzing nicol is perpendicular to AOB, the components OP and OQ will have equal intensity but intensity of light emerging is very small and two halves will be equally dark. The eye can easily detect slight change in the intensity, when two halves are equally dark. The readings are therefore taken for this position.



Working of polarimeter: the light from the monochromatic source after passing through a narrow slit is rendered into a parallel beam by lens L. The light is made polarized by the nicol prism (polarizer) and after passing through half shade device, glass tube (polarimeter tube) containing the solution is made to fall the analyzer nicol prism. The light is viewed through Gaussian telescope. The analyzing nicol prism can be rotated about the axis of tube and its rotation can be measured on the graduated circular scale divided in degrees, with the help of a Vernier.

Theory

Unpolarised and polarized light: the light is a transverse wave in which the oscillations of electric and magnetic fields are mutually perpendicular to each other and to the direction of propagation. The oscillating magnetic field is very weak and plays no significant role in visual effects. Hence an ordinary light can be supposed to consist of oscillations of electric field

in all possible directions transverse to the direction of propagation. The oscillating electric vectors in various directions can be resolved into rectangular components lying in the transverse plane. The phenomenon of restricting the vibrations of light in a single direction in a plane perpendicular to the direction of propagation is called polarization of light. Such a light lacks symmetry and confirms the transverse nature of light. The plane in which the vibration takes place in the polarized light is called plane of vibration while the plane perpendicular to the plane of vibration is called plane of polarization. The polarized lights are of the following types

- a) Plane polarized light: the polarized light in which vibration of electric vector is restricted in a single direction in plane perpendicular to the direction of propagation is called polarized light.
- b) Circularly polarized light: in such polarized light, the direction of the oscillation of the plane rotates periodically but the magnitude remains constant.
- c) Elliptically polarized light: in such a light the direction of oscillations of electric vector rotates periodically but magnitude varies within certain maximum and minimum limits.

Methods of polarization: the polarized light can be produced by the following different methods.

Polarizer crystals: certain organic crystals like tourmaline can be used to produce plane polarized light. When ordinary light is passed through such crystals, only the vibrations along the optic axis of the crystal are transmitted, thereby producing plane polarized light. If this polarized light is allowed to pass through another similar crystal, the intensity of transmitted light varies as a function of angle between optic axes of two crystals. Intensity is maximum when axes of two crystals are parallel while

it becomes zero, when two axes are perpendicular. The intensity variation is expressed as Malus' law given as

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

Polarization by reflection: if an ordinary beam of light is incident on a transparent medium, then its reflected component is found to be partially polarized. The degree of polarization increases with the angle of incidence and at a particular value of angle of incidence, called polarizing angle, the reflected beam is completely polarized. At polarizing angle of incidence the polarized reflected light is perpendicular to the refracted unpolarized light and the refractive index of the transparent medium is related to the polarizing angle.

$$\mu = \tan p.$$

This is referred to as Brewster's law.

Polarization by scattering, when an ordinary light passes through the medium, it suffers scattering from the particles of the medium. If the size of particles is comparable to the wavelength of light, the light scattered in the direction perpendicular to the direction of incidence gets plane polarized.

Double refraction: when the ordinary light passes through a calcite crystal, the refracted ray splits up into two components which are

- a) Ordinary ray: this component obeys the law of refraction and has vibrations perpendicular to the principal section of the crystal. The velocity of ordinary rays is the same in all directions. These rays get

polarized such the direction of oscillation of electric vector is perpendicular to the optic axis.

- b) Extra-ordinary ray: this component does not obey the laws of refraction n has vibrations in the principal section of the crystal. This component has different velocities in different directions. These rays get polarized in such a way the direction of polarization is parallel to the optic axis.

This phenomenon is called double refraction. These crystals are said to be positive in which $v > v_0$ e and those in which the opposite is negative. The double refracting crystals have property of transmitting orthogonally polarized component of light with different velocities and this property is also called Birefringence.

Optical activity: it is the phenomenon of rotating the plane of polarized light when it is allowed to pass through a material. If a material rotates the plane of polarized light towards left. It is called leavo-rotatory while those rotating the plane of polarized light towards right is called Dextrorotatory. If polarized light passes through a column of an optically active material of length L and concentration c , then the angle of plane of polarized light is

$$\theta = sLc \quad s = \frac{\sigma}{Ja}$$

This is called Biot's Law and "s" is called specific rotation, which is dependent on temperature of materia and wavelength of incident light.

Procedure:

- a) Preparation of 20% solution: take a clean dry beaker. Add about 20g of sugar and calculate the volume of solution to have a 20% strength as

$$\theta = sLc \quad s = \frac{\sigma}{Ja}$$

Add nearly half of the volume of water in the beaker and stir well till whole of the sugar is dissolved. Add more water if necessary taking care that volume of solution is less than the calculated value of the volume. Transfer the solution to the graduated cylinder. Complete the volume by adding water in little amount by using pipette. Filter the solution in a clean beaker and cover it.

- b) Setting: find the Vernier constant of the circular scale. Place the polarimeter so that its aperture is in front of sodium lamp. Look through the telescope and adjust the position of the eye piece so that two halves of half shade divide are equally dark and are clearly focused.
- c) Remove the brass caps of the polarimeter tube. Clean the tube as well as glass windows. Now replace one of the caps in position taking that no strain is exerted on the glass window. Hold the tube in a vertical position and fill it with water. Slip the second glass window gently on the tube taking care that no ir bubbles are left underneath. Screw the cap gently so that no strain is exerted on the glass window.
- d) Taking observation: place the tube in position in the polarimeter and cover it. Rotate the analyzing prism by rotating the circule scale till halves of the shade are equally dark. Note the reading on the scale. These are the measurements for 0% sugar solution and

Formula used: the thickness of a thin paper can be determined using the relation.

$$t = \frac{\lambda l}{2\beta}$$

Where λ = wavelength of light used

β = distance between two successive bright (or dark) bands and l = horizontal length of glass plate i.e. distance between edge of air wedge and tip of paper.

Procedure:

1. Find the Vernier constant of the horizontal scale of the microscope.
2. Level the base of the microscope
3. Make the microscope tube vertical
4. Arrange the apparatus with the edge of the thin plate inserted under one end of the microscope slide which is placed on the glass plate.
5. Adjust the source and the microscope tube until parallel interference fringes are formed in the air wedge and are seen in the field of view of the microscope till the horizontal cross= wire coincides with one of the centers of the straight fringes. Take the reading on the scale.
6. Slide the microscope with the help of slow motion screw and fix the cross wire on the 5, 10 and 15 fringes and take the reading on the scale.

7. Take 6 reading in all and from these determine the distance traversed for 15 fringes. Divide it by 15 so as to calculate the fringe width.
8. With the help of microscope measure the distance between the points M and N.

Observations

Vernier constant of microscope=cm

Wavelength of sodium light used $\lambda = 5893 \times 10^{-8}$

(I) Table for fringe width β

S.No.	Order of fringe	Microscope reading(cm)	Traverse for 15 fringes(cm)	Mean traverse for 15 fringes(cm)	Fringe width β (cm)
1.	n				
2.	n+5				
3.	n+10				
4.	n+15				
5.	n+20				
6.	n+25				

iii) Table for measurement of l

S.No.	Microscope reading on		l (cm)
	Thin plate N (cm)	Line of contact M (cm)	
1.			
2.			
3.			

Mean value of $l = \dots$ cm

Calculations:

Thickness of plate

$T = \lambda \cdot l / 2 \cdot \beta = \dots$ cm

Precautions and sources of error

1. The glass plate and the travelling microscope slide should be clean
2. The glass plate should be perfectly horizontal
3. The edges of the paper should be sharply cut
4. The field of view for the measurement of fringe width should be in the central of the air film.

Determination of the thickness of thin metallic wire using laser beam

Aim: to determine the wavelength of He-Ne laser using diffraction grating.

Apparatus required: He-Ne laser source, an arrangement of two slits each of width 0.075mm and separated by distance 0.0541mm a high power microscope to measure the slit width, meter scale.

Formula used

$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$

Where λ = wavelength of laser light obtained from He-Ne (6328Å)

D = distance of screen from the slit (S)

d = separation between the centers of two slits.

And b ? fringe width

Procedure:

1. Place the pair of slit across the diameter of the He-Ne laser and close to the output of the He-Ne laser beam source
2. Adjust the position of the laser tube horizontal.
3. Rotate the frame of slits about horizontal axes and in the vertical plane by means of the tangential screw fitted in the frame of the slits to make the slits vertical.
4. Switch on the power supply of the He-Ne laser source
5. Rotate the frame about a vertical axis so that the frame of the slits is perpendicular to the direction of travel of laser beam. The bright

and fringes of small height but equal width are observed on the screen.

6. Note the position of the centers of successive bright fringes cm and meter scale place on the screen and perpendicular to the length of the slits with the help of micrometer eye piece.
7. Find the width of each slit with the help of a microscope.
8. Find the distance between the centers of two slits with the help of the microscope.

Observations

Least count of the microscope =cm

Least count of meter rod=....cm

Table 1

Mean value of beta=cm

Reading of microscope for slit widths

S.No.	Crosswire on edge	Reading of microscope (mm)		
		Main scale	Vernier scale	Total
1.	A			
2.	B			
3.	C			
4.	D			

Width of slit $S_1 = A \sim B = \dots \text{cm}$

Width of slit $S_2 = C \sim D = \dots \text{cm}$

Distance $AD = A \sim D = \dots \text{mm}$

Distance $BC = B \sim C = \dots \text{mm}$

$$D = \frac{AD + BC}{2} \dots \text{mm} = \dots \text{cm}$$

Distance between the slit frame and screen= $D = \dots \text{cm}$

Calculation

$$\beta = \dots \text{cm}$$

$$D = \dots \text{cm}$$

$$d = \dots \text{cm}$$

Wavelength of He-Ne laser beam

$$\lambda = \frac{\beta d}{D} \dots \text{cm} = \dots \text{\AA}$$

Result

Theoretical value of wavelength of He-Ne laser beam=6328Å

Experimental value of wavelength of He-Ne laser beam=Å

Precautions and sources of error

1. Do not stare at the laser source as it may cause the damage to the eye
2. The graph used as the screen should be vertically straight
3. the diffraction grating should be very near to the laser source

aim: to determine the high resistance by method of leakage using a Ballistic galvanometer.

Apparatus Required: Ballistic Galvanometer, accumulator, morse key, two way key, standard condenser (capacity of the order of 1.0 or 0.5 μF), given resistor, stop watch and connection wires.

Formula used

The high resistance R is calculated using the relation

$$R = \frac{t}{2.3026C \log_{10} \frac{\theta_2}{\theta_1}}$$

Where

T is the time period of the leakage of condenser through the resistance

C is the capacity of the standard condenser

θ_0 is the first throw of spot of light when initially the condenser is discharged through ballistic galvanometer.

θ_1 is the first throw of spot of light when the condenser is discharged through the ballistic galvanometer after a leakage of charge for time t through R.

Procedure

- 1) make the electrical connections as in the figure
- 2) close K1 to ii and press the morse key , i.e. charge the condenser for 40.
- 3) Release the morse key K2 so that the condenser is discharged through the galvanometer. Note down the first throw θ_0
- 4) Repeat the procedure of the points ii and iii several times i.e. time charge condenser and then discharge through Ballistic Galvanometer. Obtain mean value of θ_0
- 5) Closing K1 ii and pressing morse key K2, charge the condenser for the same time. Keeping morse key pressed, open K1 ii and close K1 I . start the stop watch
- 6) After a measured time t seconds, (say 5 or 10), release morse key and note down the first throw θ_1 in the galvanometer
- 7) Repeat procedure 5 and 6 for different values of time

Observations

Capacity of condenser=..... μF

Sr. No.	galvanometer θ_0	Mean θ_0	Leakage time t (sec)	Throw in ballistic galvanometer θ_1	$\frac{\theta_2}{\theta_1}$	$\log_{10} \frac{\theta_2}{\theta_1}$
1.
2.
3.
4.
5.

Calculations: plot a graph between leakage time t on x-axis and

$$\log_{10} \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

on Y-axis

The slope of the curve

$$= \frac{\log_{10} \frac{\theta_2}{\theta_1}}{t}$$

The high resistance R is calculated using the relation

$$R = \frac{t}{2.3026C \log_{10} \frac{\theta_2}{\theta_1}}$$

Result: resistance of the given resistor is....ohms.

Precautions and sources of error

1. The galvanometer coil should be made properly free
2. Tapping key should be used across the galvanometer
3. Condenser should be free from dielectric loss
4. After observing θ_0 , the galvanometer coil should be at rest for observing the value of θ_1 .

Aim: to determine the diameter of a thin wire using a He-Ne laser

Apparatus required: laser light source (He-Ne or semiconductor laser), an optical bench with four uprights, micrometer eyepiece, adjustable fine slit width, piece of experimental wire, clamp for holding thin wire, screen, tracing paper and pencil.

Formula used: the diameter of the thin wire is given by the relation

$$d = \frac{\lambda D}{\beta}$$

Where

d= diameter of the wire

lambda= wavelength of the laser light used

D distance between the screen and the wire

Beta= fringe width, i.e. separation between the centers of the two consecutive maxima.

Procedure

- Adjust the screen and the optical bench perpendicular to each other. Up the uprights on the bench.
- Hold the straight thin wire tightly in its clamp and mount it on an upright on the optical bench. The wire should be vertical and tightly fixed.
- Place the screen on the upright at one of the extreme end position of the optical bench.
- Put the laser source on its upright about 2 to 3 meter away at another end of the optical bench.
- Switch on the power supply of the laser source and illuminate the wire with the laser light. The upright having the wire should be near the laser source.
- Adjust the position of the wire upright and the laser source so that a well defined diffraction pattern on both sides of central maxima

is observed on the screen. The pattern may also be obtained on the wall.

- Place a long strip of the trace paper on the screen and with sharp pencil mark the positions of the maxima on this paper.
- Record the positions of the wire and screen uprights to calculate the value of D.
- Record the distance between central maxima and centers of five consecutive maxima with the help of micrometer reader to find the value of beta.
- Repeat the experiment at least to times for different values of D and calculate the value of the diameter of the wire.
- The same experiment can be repeated for wires of different thickness.

Observations:

The value of wavelength of the laser light is=.....m

Observation table for the value of D and beta

Sr. No.	Type of wire	Readings for value of D			Readings for value of β			Value of $\frac{D}{\beta}$	Mean value of $\frac{D}{\beta}$
		Position of wire upright a (cm)	Position of screen upright b (cm)	D = b-a	Position of (cm)				
					5 th Max. on L.H.S. x_2 (cm)	Central Max. x_1 (cm)	5 th Max. on R.H.S. x_2 (cm)	$\beta = \frac{x_2 - x_1}{5}$ (cm)	
1. 2.	A								
1. 2.	B								

- Laser source should be handled carefully and placed on the upright specially provided for it.
- The experimental wire should be thin and must be placed vertically
- For the observation of the beta, distance from central maxima must be measured.

Determination of the refractive index of different glass prisms as a function of wavelength

Aim: to find the refractive index of a prism using a spectrometer.

Apparatus required: sodium lamp arrangement, glass prism, spectrometer, reading lens

Note: for different wires, separate values of D/beta should be determined

Calculations: the value of diameter of wire $d = D/\beta$

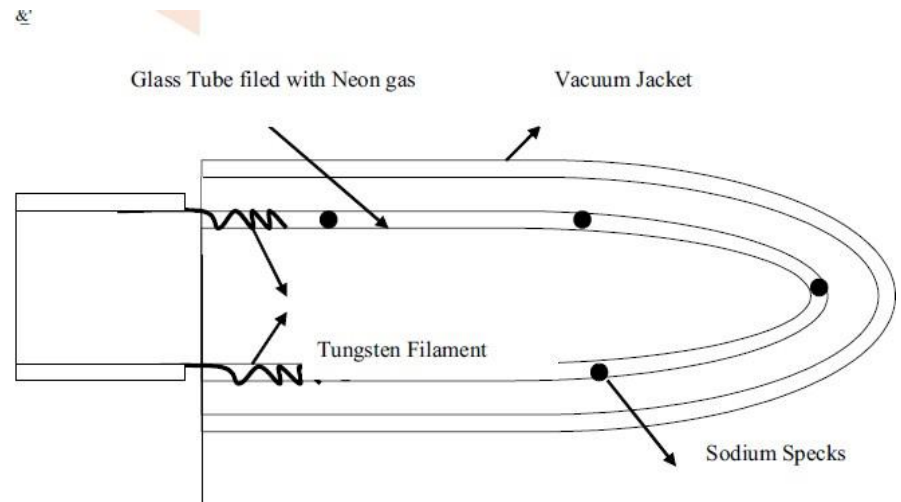
Result

The measured value of the diameter of the wire =cm

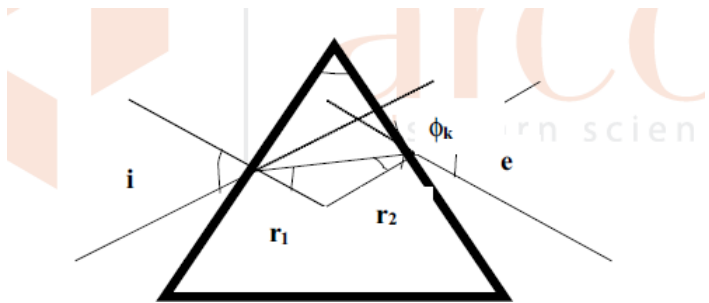
Percentage difference =

Precautions

- The laser source should remain switched on only either during the setting of the experiment or recording the observations
- One should never directly into the laser beam with the naked eye.



The glass prism: it is a piece of transparent glass medium having triangular cross-section and is bounded by two plane refracting surfaces meeting along a common edge calling refracting edge. The angle subtended between these refracting surfaces is called angle of prism. Other binding surfaces of the prism are grounded and hence opaque. The light falling on one of the refracting surfaces suffers deviation in its path of propagation on passing through prism.

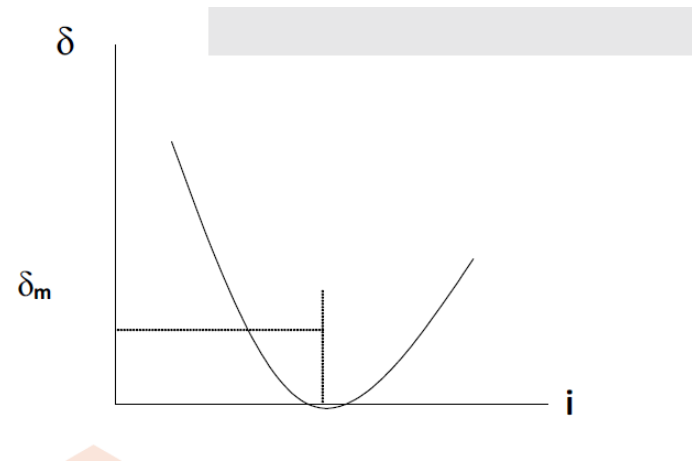


The various angles shown in the above diagram are related as

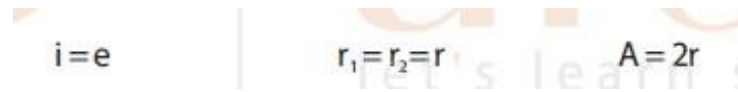
$$i + e = A + \delta$$

$$A = r_1 + r_2$$

The variation of angle of deviation with angle of incidence is shown below



δ_m is the angle of minimum deviation. The prism is set in minimum deviation position for most of the measurements. In this position we have:



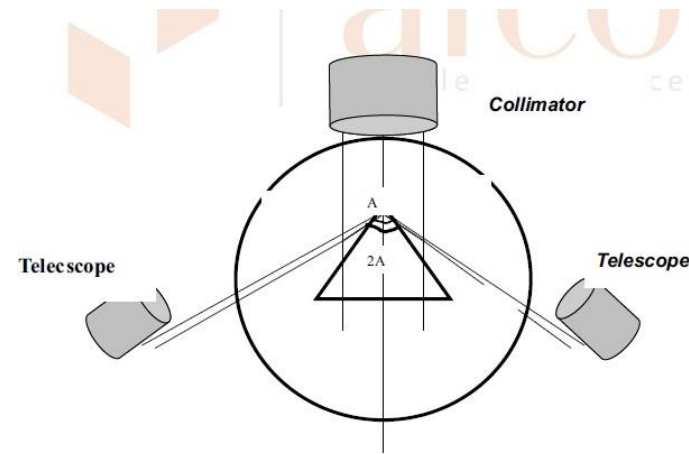
Hence refractive index (μ) of the prism is defined as

$$\mu = \frac{\sin\{(A + \delta_m)/2\}}{\sin(A/2)}$$

Hence the determination of prism requires to measurements of angle of prism and angle of minimum deviation. Since depends upon the wavelength of light by the cauchy's reaction, so monochromatic source of sodium light is used.

Procedure:

- a) Setting the spectrometer
- i) Similar process of horizontal alignment is done for the prism table by adjustment of screws P, Q and R.
 - ii) The width of the slit is adjusted so as to obtain a narrow slit. This slit is viewed through telescope and distance of eye piece from the objective is varied so as to obtain sharp and bright image of narrow slit.
 - iii) Note the least count or Vernier constants of verniers V1 and V2.
- b) Determination of angle of prism by rotation of telescope method
- i) Place the prism such that its refracting edge is coincident with center of prism table and opaque face opposite to this edge is parallel to the line joining screws P and Q.
 - ii) Rotate the telescope towards left of prism to observe the shape bright image of slit after reflection of incident light from face AB of prism. Position the telescope carefully through fine adjustment so that slit is coincident with vertical cross-wire. Note the reading of both the Vernier scales. Reading of two verniers must have difference of 180° .
 - iii) The angle of rotation 1 and 2, shown as difference in readings of each Vernier at two positions, are double the angle of prism. Hence angle of prism is found to be

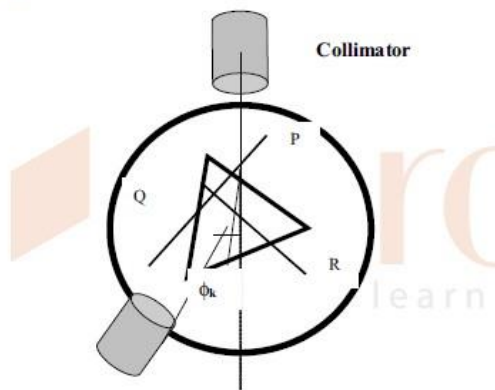


Vernier constant

Vernier V1			Vernier V2		
1 st Face	2 nd Face	Difference (α)	1 st Face	2 nd Face	Difference (α_0)

$$? : (\alpha + \alpha_0)/4$$

Determination of angle of minimum deviation



- i) Place the prism with its center coinciding with the center of prism table and face opposite to the refracting edge facing you
- ii) Look through the face AC and locate the position of refracted image of slit with the naked eye. Bring the telescope in this position and adjust its position till the image coincides the vertical cross-wire of the telescope.
- iii) Now turn the prism table in the direction such that telescope has to be moved towards the line of collimator axis to keep the image in field of view.
- iv) When the prism table is rotated in this way, the angle of deviation decreases. At the position of minimum deviation, the image becomes stationary. Further rotation of prism table moves the slit image in opposite direction. The position of prism table is adjusted at position that the slit just becomes stationary. Clamp the table and telescope. The position of minimum deviation is correct if the image remains stationary even on giving one rotation to tangent screw either way.

- v) Keep the table fixed and remove the prism gently. Turn the telescope in line with the collimator such the slit image is coincident with vertical cross-wire. Clamp the telescope and note readings on verniers V1 and V2.

Telescope Reading		Difference $\phi_k = \alpha - \beta$	Vernier V2		Difference $\phi_k = \alpha - \beta$
Min Dev. (α)	Direct (β)		Min Dev. (α)	Direct (β)	

$$\delta_k = (\phi_k + \phi_o)/2$$

The refractive index (μ) of the prism is given by the expression

$$\mu = \frac{\sin \{(A + \phi_k)/2\}}{\sin (A/2)}$$

Precautions and sources of error

- i) The axis of telescope, the collimator and plane of the prism table must be horizontal.
- ii) The position of the eye piece of the telescope should be so adjusted that cross-wires are visible without any strain on the eye.
- iii) The telescope should be focused for infinity and collimator should give parallel beam of light.
- iv) The slit should be narrow

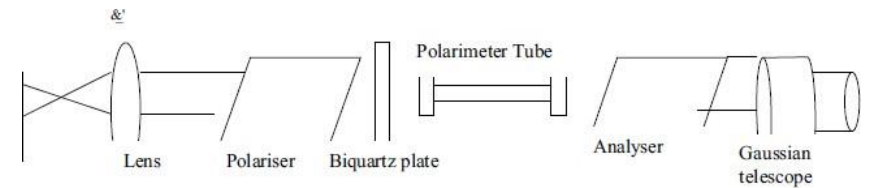
- v) The prism should be placed with its refracting edge at the center of the prism table when finding the angle of prism
- vi) The prism table should be leveled so that the refracted image of the slit lies at same height from the horizontal cross-wire when observed from both the refracting faces of the prism.
- vii) Both the verniers should be read to avoid error due to the non-coincidence of the center of the circular scale with the axis of rotation of the telescope or the prism table.
- viii) To find the angle of minimum deviation, the prism table should coincide with center of prism.
- ix) The position of minimum deviation, the prism table should coincide with center of prism.
- x) The position of minimum deviation must be located carefully by fine movement of tangent
- xi) The position of minimum deviation must be located carefully by fine movement of tangent screw associated with rotating of prism table.

Studing specific rotation using polarimeter

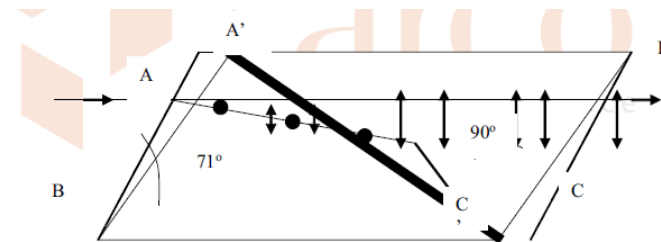
Aim: to determine specific rotation of the sugar solution using a biquartz polarimeter

Apparatus required: biquartz polarimeter, mercury lamp arrangement, sugar, weighing balance, graduated cylinder, two beakers, funnel, a pipette and a glass rod.

- a) Biquartz polarimeter: it is an instrument used to measure specific rotation of certain solutions. the optical parts of the spectrometer are shown in the figure below.



- l) Nicol prism: it is an optical device made of calcite and is used in many instruments for producing and analyzing plane polarized light. A calcite crystal about three times its length as its width is taken. The principal section is shown below.



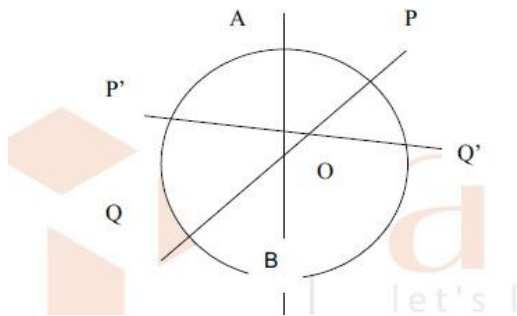
Its end faces are cut down so as to reduce the angles at B and D from 71 to 68 with the principal section. The crystal is now cut apart along AC perpendicular to both principal plane and end faces such that AC makes an angle of 90 with ends AB and CD. The two cut faces are ground, polished optically flat and cemented together with Canada balsam whose refractive index lies between that of calcite for ordinary and extraordinary rays. The sides of the prism are blackened to absorb totally reflected ray.

A ray incident on the face of prism is split up into the ordinary and extraordinary ray. The ordinary ray is totally reflected at interface coating (of Canada balsam) whereas the extraordinary passes through

giving rise to plane polarized light having vibrations in principal plane. The nicol prism can be used both as polarimeter as well as analyzer.

When the principal section of two prisms is parallel the extraordinary ray is transmitted through analyzer. If one of prisms is rotated the intensity of the transmitted beam decreases and finally no light is transmitted (when principal sections of two prisms are perpendicular). In this extraordinary ray of the first prism (polarizer) becomes the ordinary ray for the second prism (analyzer) and it suffers total internal reflection.

Biquartz: a biquartz is simple and sensitive device which can be used instead of half shade arrangement in a polarimeter. It consists of two semicircular quartz plates ACB and ADB each 3.75mm thick, one of left handed (L) and the other right handed (R) quartz cut with their optic axis perpendicular to their refracting faces. These are cemented together along AB to form a circular plate. When plane polarized white light is incident normally on the plate, each half of this plate will rotate each of the colour in the opposite directions. For yellow light, the rotation is about 90



If POQ is the direction of incident vibration, then for yellow light, it will OQ' in the right handed half and OP' in the left handed half. Hence vibrations of yellow light will along P'OQ' perpendicular to the direction POQ. Thus if the principal plane of analyzing nicol is parallel to POQ yellow light will be quenched in both the halves, while other colours will be present in same proportions thereby giving same tint of grayish violet colour to both the halves. This is known as the tint of passage. If the analyzer prism is rotated to one side one half of the field of view appears blue while other appears red. If rotation to analyzer is given in opposite direction, the colours of two halves are interchanged.

As the transition from blue to red is rapid. The zero position can be adjusted accurately.

1) Working of polarimeter: the light from the monochromatic source after passing through a narrow slit is rendered into a parallel beam by lens L. the light is made polarized by the nicol prism polarizer and after passing through biquartz plate, glass tube (polarimeter tube) containing the solution is to fall on the analyzer nicol prism. The light is viewed through Gaussian telescope.

The analyzing nicol prism. The light is viewed through gaussian telescope. The analyzing nicol prism can be rotated about the axis of tube and its rotation can be measured on the graduated circular scale divided in degrees, with the help of a Vernier.

Theory

Unpolarised and polarized light: the light is a transverse wave in which the oscillations of electric and magnetic fields are mutually perpendicular to

each other and to the direction of propagation. The oscillating magnetic field is very weak and plays no significant role in visual effects.

Hence an ordinary light can be supposed to consist of oscillations of electric field in all possible directions transverse to the direction of propagation. The oscillating electric vectors in various directions can be resolved into rectangular components lying in the transverse plane. The phenomenon of restricting the vibrations of light in a single direction in a plane perpendicular to the direction of propagation is called polarization of light. Such a light lacks symmetry and confirms the transverse nature of light. The plane in which the vibration takes place in the polarized light is called plane of vibration while the plane perpendicular to the plane of vibration is called plane of polarization. The polarized light are of the following types:

- a) Plane polarized light: the polarized light in which vibration of electric vector is restricted in a single direction in a plane perpendicular to the direction of propagation is called plane polarized light.
- b) Circularly polarized light: in such polarized light, the direction of the oscillation of the plane rotates periodically, but the magnitude remains constant.
- c) Elliptically polarized light: in such a light, the direction of oscillations of electric vector rotates periodically but magnitude varies within certain maximum and minimum limits.

Methods of polarization: the polarized light can be produced by the following methods

Polarizer crystals: certain organic crystals like tourmaline can be used to produce plane polarized light. When ordinary light is passed through such

crystals, only the vibrations along the optic axis of the crystal are transmitted, thereby producing plane polarized light. If this polarized light is allowed to pass through another similar crystals. Intensity is maximum when axes of two crystals are parallel while it becomes zero, when two axes perpendicular. The intensity variation is expressed as Malus law.

Polarization by reflection: if an ordinary beam of light is incident on transparent medium, then its reflected component is found to be partially polarized. The degree of polarization increases with the angle of incidence and at a particular value of angle of incidence, called polarizing angle, the reflected beam is completely polarized. At polarizing angle of incidence the polarized reflected light is perpendicular to the refracted unpolarized light and the refractive index of the transparent medium is related to the polarizing angle. This is referred to as Brewster's law.

Polarization by scattering: when an ordinary light passes through the medium, it suffers scattering from the particles of the medium. If the size of particles is comparable to the wavelength of light, the light scattered in the direction perpendicular to the direction of incidence gets plane polarized.

Double refraction: when the ordinary light passes through a calcite crystal, the refracted ray splits up into two components which are:

- a) Ordinary ray: this component obeys the law of refraction and has vibrations perpendicular to the principal section of the crystal. The velocity of ordinary rays is same in all directions. These rays get polarized such the direction of oscillation of electric vector is perpendicular to the optic axis.
- b) Extra-ordinary ray: this component does not obey the laws of refraction and has vibrations in the principal section of the crystal.

This component has different velocities, in different directions. These rays get polarized in such a way the direction of polarization is parallel to the optic axis. This phenomenon is called double refraction. These crystals are said to be positive in which $v_o > v_e$ and the opposite negative. The crystals exhibiting double refraction have property of transmitting orthogonally polarized component of light with different velocities and this property is also called birefringence.

Optical activity: is the phenomenon of rotating the plane of polarized light when it is allowed to pass through a material. If a material rotates the plane of polarized light towards left, it is called leavo-rotatory while thowse rotating the plane of polarized light towards right is called dextrorotatory. If polarizes light passes through a column of an optically active material of length L and concentration c, then angle of rotation of plane of polarized light is

$$\theta = sLc \quad s = \frac{\sigma}{Ja}$$

This is called Biots Law and s is called specific rotation, which is dependent on temperature of material and wavelength of incident light.

Procedure

- a) Preparation of 20% solution: take a clean dry beaker. Add about 20g of sugar and calculate the volume of solution to have a 20% strength as

$$\text{Volume} = (m \times 100/20)\text{cc} \quad m = \text{mass of sugar}$$

Add nearly half of the volume of water in the beaker and stir well till whole of the sugar is dissolved. Add more water if necessary taking care that volume of solution is less that the calculated value of the volume. Transfer the solution to the graduated cylinder. Rinse the beaker with small quantity of water and add to the cylinder. Complete the volume by adding water in little amount by using pipette. Filter the solution in a clean beaker and cover it.

- Setting: find the Vernier constant of the circular scale. Place the polarimeter so that its aperture is in front of mercury lamp. Look through the telescope and adjust the position of the eye piece so that two halves of the biquartz plate are grey-violet in colour and are clearly focused.
- Remove the brass caps of the polarimeter tube. Clean the tube as well as glass windows. Now replace on of the caps in position taking that no strain is exerted on the glass window. Hold the tube in a vertical position and fill it with water. Slip the second glass window gently on the tube taking care that no air bubbles are left underneath. Screw the cap gently so that no strain is exerted on the glass window.
- Place the tube in position in the polarimeter and cover it. Rotate the analyzing prism by rotating the circular scale till halves of the biquartz are equally intense grey-violet. Note the reading on the scale. Turn the analyzer through 180 again for grey-violet. Note the reading on the scale. Turn the analyzer through 180 again for grey-violet colour position and note the reading on the circular scale. These are the measurements for 0% sugar solution and rotation caused by a sugar solution is measured taking this reading as reference.

- d) Now fill the tube with 20% sugar solution place it in position and note the scale readings when two halves of biquartz plate are equally grey-violet. Repeat by turning through 180. The amount of rotation introduced in plane of polarization is given by subtracting corresponding reading for pure water.
- e) Take 30cc of 20% sugar solution and add same amount of water to reduce its strength of solution to 10%. Repeat the same procedure as in e
- f) Similarly repeat for 5% and 2.5% solutions
- g) Draw graph between θ and C and calculate the slope of graph.

Observations

Vernier constant of circular scale=

Length of polarimeter tube (in decimeters)=L=

Temperature of water=

Precautions and sources of error:

1. The tube and glass windows should be clean
2. There should be no air bubble in the glass tube when solution is filled in it.
3. The caps should be so screwed that there is no leakage and glass window are stain free. before filling the tube, it should be rinsed with the same solution
4. The reading should be taken in the equally grey violet position and not in equally blue or red positions

Concentration of Solution	Scale readings through solution		Rotation		Mean rotation $\sigma; (\theta_1 + \theta_2)/2$	$\sigma \cdot A$
	First position (α)	Second position (β)	First position $\theta_1 = (\alpha - \alpha_0)$	Second position $\theta_2 = (\beta - \beta_0)$		
0%	$\alpha_0 =$	$\beta_0 =$				
20%						
10%						
5%						
2.5%						

Mean/C =

Specific rotation = $s = \theta / LC =$

Value of specific rotation from the tables at given temperature =

Percentage error =

Verification of Malus's law

Aim: to verify Malus's law for the plane polarized light

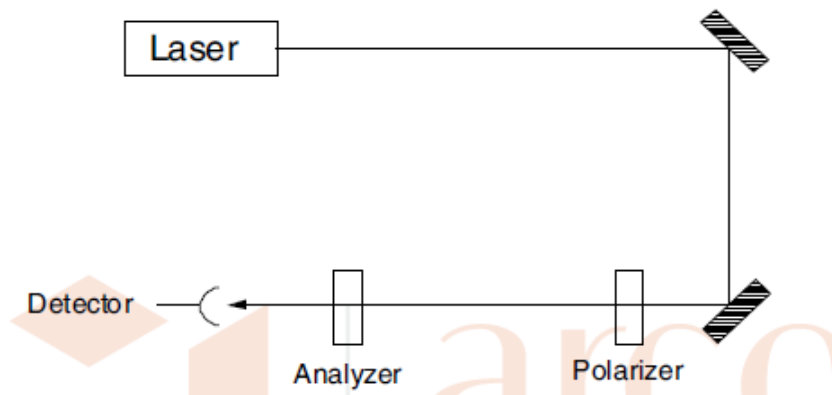
Apparatus required: optical bench, diode laser, analyzer and polarizer with graduated circular scales, photodetector, uprights for holding the accessories.

Theory: Malus's law describes how the intensity of light transmitted through a linear polarizer varies as a function of the angle between the polarizer transmission axis and the plane of polarization of the incident light. Malus's law is

$$I(\phi) = I_0 \cos^2 \phi$$

Where I_0 is the transmitted intensity when the polarizer transmission axis and the plane of polarization of the incident light are parallel.

To verify Malu's law, you will use two polarizing sheets and a photodetector as shown in the figure. By convention, we will call the first polarizing sheet the polarizer and the second the analyzer. The polarizer ensures that the light reaching the analyzer is linearly polarized. Since the laser is already linearly polarized, the polarizer can also be used to adjust the amount of laser light used in the experiment so that the photodetector is not saturated.



Only one of the polarizing sheets is mounted in a rotation mount; use that one as the analyzer. The polarizer can simply be held in a filter holder. Measure the power transmitted through the analyzer as a function of the rotation angle of the analyzer. Measurements at 5° and 10° intervals should be sufficient, except near 0° and 90° where more points will be needed. It is useful to first find the minimum and maximum points so that

I_0 can be properly determined. Plot your results and compare them with the theory.

Procedure

1. Level the optical bench with the help of spirit level and the screws provided for the purpose.
2. Arrange the diodelaser, the polarizer, analyzer and the photodetector on the optical bench.
3. Adjust the height of the uprights so that the light from the laser after passing through the polarizer and analyzer enters the photodetector.
4. Keep the angle of the polarizer at any fixed value by adjusting the circular scale provided with it. Bring the angle of the analyzer to 0° on the circular scale of the analyzer and note the reading in the digital meter of the photodetector, which is a measure of the intensity I of the light coming from through the analyzer.
5. Keep the angle of the polarizer same, rotate the analyzer, changing its angle from 0° to 360° in steps of 10° and note the corresponding reading (I) in the digital meter.
6. Find out the first value of θ for which I is maximum. For this position of the analyzer, the planes of the transmission of the polarizer and the analyzer are parallel, i.e. the angle between the planes of the transmission of polarizer and analyzer is zero. Find the angle for the other values of θ .
7. Plot a curve between along-x-axis and I along y-axis.
8. Plot another curve between

$$\cos^2 \phi$$

along x-axis and I along y –axis. It should be a straight

line

Obsevatios

Least count of the circular scale of the polarizer

Least count of the circular scale of the analyzer

Angle of polarizer

Precautions and sources of error

1. The source of light, polarizer and analyzer should be at the same height.
2. The experiment should be performed in the dark room so that no other light reaches the photodetector
3. The voltage applied to the source of light should be constant throughout the experiment.
4. The whole of the reflected light should pass through the polarizer.
5. The whole of light emerging from the polarizer should be incident on the photodetector.

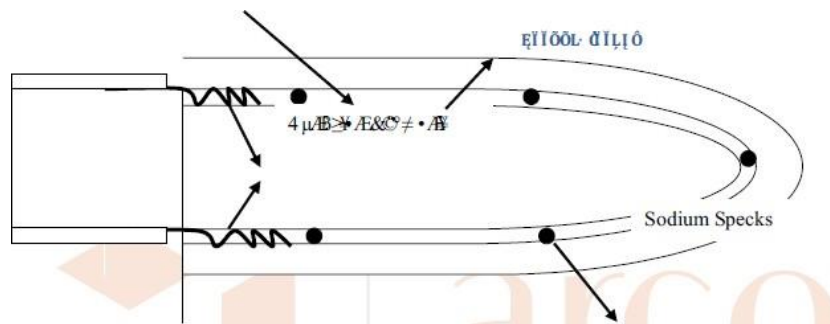
Diffraction grating experiment for the determination of wavelength of light

Aim: to determine the wavelength of sodium light using diffraction grating.

Sr. No.	Angle of analyser σ (degree)	Intensity I	Angle between the analyser and polariser ϕ (degree)	$\cos^2 \phi$
1.	0°	I_{\max}	0	1
2.	10°			
3.	20°			
4.	30°			
-	-			
-	-			
-	-			
-	-			
-	360°			

Apparatus required: a spectrometer, spirit level, diffraction grating with clamping arrangement, sodium lamp arrangement. Glass tube filled with neon gas sodium lamp arrangement: it consists of a U shaped glass tube with two tungsten electrodes in the form of spiral coated with BaO. This whole of the tube is enclosed in a vacuum jacket. The U-tube is filled with Neon gas at 100mmHg pressure and some specks of metallic sodium are deposited on inner surface of tube. To start the discharge, a potential of 400V is applied through a step up transformer.

These lamps are available at 35W, 80W and 140W. the discharge first passes through the neon gas and produces pink colour. The heat is generated which vaporizes the metallic sodium specks, which expands to fill whole of the tube volume. The passage of discharge through the sodium vapor produces persistent yellow colour light. This light source emits two close lying wavelengths of $\lambda = 5890 \text{ \AA}$ and 5896 \AA and for practical purposes considered to be monochromatic in nature. The sodium lamp is connected to the mains through a special AUTOLEAK transformer, which has high leakage reactance resulting drooping current voltage characteristics.

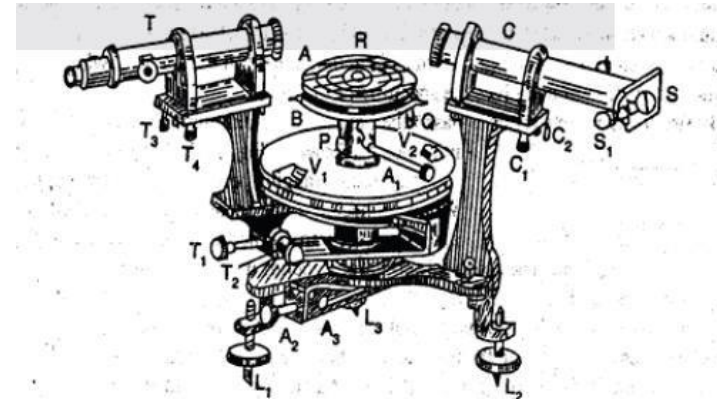


Optical spectrometer: the spectrometer is compact apparatus for obtaining pure spectrum. This spectrometer consists of following parts:

i) collimator: its purpose is to produce a parallel beam of light. It consists of horizontal tube on the arm of a spectrometer, which has converging achromatic lens at one end and a vertical slit at the other on a sliding tube. The focal length of the converging lens is equal to the length of the tube. The distance between the lens and slit can be varied using rack and pinion arrangement or by sliding the inner tube to obtain parallel rays. The tube rests on two screws C1 and C2, which can be slightly tilted up and down for horizontal alignment. The slit is in the form of two sharp edges of which one is flexed while other can be move parallel for changing its width and length.

ii) telescope : it is an astronomical telescope with achromatic objective and Ramsden's eye piece. It is mounted on another arm fixed rigidly to the circular scale graduated in 0.5° . the telescope along with the circular scale can be turned around the vertical axis passing through the center of the spectrometer. It can be fixed to any position through a screw T1 and can then be given slow rotation using tangent screw T2. The position of telescope can be read through two Vernier scale V1 and V2, 180° .

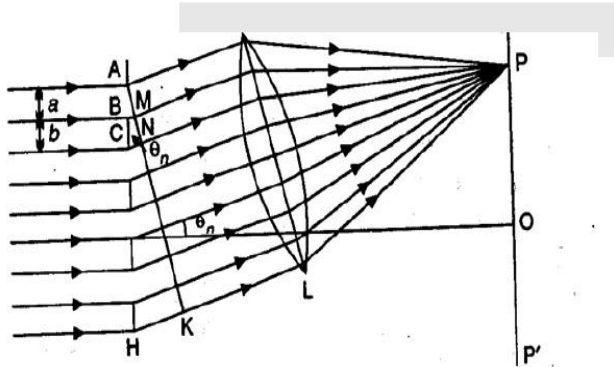
The telescope rests on two screws T3 and T4 for horizontal alignment. The rack and pinion arrangement is provided on the side of tube for focusing.



Prism table: it consists of upper plate a and lower plate B separated by three springs, through which leveling screws P, Q and R passed. A set of parallel equidistant lines are engraved (say between screws P and Q). the prism is always placed with one of the reflecting faces perpendicular to these lines. A series of circles concentric with vertical axis of rotation are ruled on this plate, which help in placement of the prism correctly. The height of the prism table can be adjusted by clamping the screw A1, which fixes the prism table to verniers V1 and V2. The table can rotate about the vertical axis and may be fixed at any position by means of screw A2. After fixing by A2, it can be removed slowly by tangent screw A3 at the base of the spectrometer. The position of the table can be read on two Vernier scales.

Diffraction grating: a plane diffraction grating consists of an optically plane glass plate, on which are ruled number of equidistant parallel straight lines.

These lines divide the glass plate into opacities (b = grooves created by the lines) and transparencies (a = thickness of glass plate between two opacities), the thickness of which is of the order of wavelength of light. The quantity ($a+b$) is called grating element. The number of lines in a plane transmission grating is of the order of 6000/cm. in laboratories, actual grating is not used as it is very costly. The original grating is usually ruled on a plate of speculum metal by a sharp grating are obtained by depositing a thin film of gelatin on it. This film is removed when dry and pasted on optically plane glass plate



ABC...H in the figure shown below represents the section of plane transmission grating supposed perpendicular to the plane of paper. Let the width of clear space be "a" and that of ruling be "b". the distance ($a+b$) is called grating element. The point A and C separated by grating element are called corresponding points. When a parallel beam of monochromatic light is incident normally on the grating, it suffers diffraction. In this figure ABC... H represents the incident plane wavefront while AMN...K represents the wavefront after diffraction through grating at an angle θ . There is no path

difference in reaching the plane ABC...H the only phase change that occurs is due to difference in path transversed by different rays in reaching from ABC ...H to AMN....K. the path difference between the corresponding points A and C is $(a+b)\sin \theta$. the same is true any two corresponding points. The transmitted light after falling on the lens is focused at the point P. the point P will be bright or dark according as the rays reinforce with each other. They would reinforce the give brightness or maximum if

$$(a + b) \sin \theta_n = n\lambda$$

They would interfere and produce darkness or minima if

$$(a + b) \sin \theta_n = (2n+1)\lambda/2$$

When $n= 0$ it gives central bright fringe or the first order spectrum ($n=1$)

$$(a + b) \sin \theta_1 = \lambda$$

For the second order spectrum $n= 2$

$$(a + b) \sin \theta_2 = 2\lambda$$

$$\sin \theta_2 = 2\sin \theta_1$$

The above relation is helpful in ascertaining the second order spectrum after the first as in certain cases, the second order spectrum is missing and first is followed by the third order spectrum. If the light is not monochromatic, then each wavelength will give its own primary maxima. Hence each order will consist of spectrum.

The number of lines N is marked on the grating. The value of the grating element is given by

$$(a + b) \sin \theta = n\lambda$$

If the path difference between rays from the extreme ends of one single slit is λ , then the intensity of light is zero. It is because in such a case a slit can be divided into two half slits and the path difference between the corresponding points on two half slits is $\lambda/2$. The condition for zero intensity is $a \sin \theta = \lambda$. When above given two conditions are simultaneously obeyed the beams from all the slits destructively interfere to produce zero intensity and the corresponding order of the spectrum is absent from the diffraction pattern. Thus the n th order spectrum we have the condition that $a + b/a = \lambda$

Procedure

a) Settings

- I) Adjust the position of telescope eyepiece so that the cross-wires are clearly visible. Focus the telescope on a distance object and set it for parallel rays. Level the spectrometer by the leveling screws and then the prism table with help of spirit level.
- II) Fix the grating stand on the circular table with two screws in the holes drilled on one of the lines parallel to the line joining two of the screws meant of the purpose say P and Q . The face of the stand which the clamps are attached should be at the centre of the table. Take out the grating from the box, holding it from the edge and without touching its surface, fix it carefully to the frame with the ruled surface towards the telescope.

b) Optical leveling of the grating table

- I. Rotate the table so that the plane of grating is approximately inclined at an angle of 45° to the collimator axis. Rotate the telescope to receive the light from the grating surface. If the image is not symmetrical w.r.t. the horizontal cross-wire, adjust with the help of third screw R . In the position, the plane of the grating will be vertical.
 - II. ii) Rotate the table carrying the grating so that the plane of grating is perpendicular to the axis of collimator. Look for the first order spectrum on one side of the direct image of the slit. Turn the telescope so that the first order diffracted image coincides with the vertical cross-wire. If this image is not symmetrical w.r.t. the horizontal cross-wire adjust the level of prism table with the help of screws P and Q in this position, grating lines are parallel to the axis of the spectrometer. Now turn the telescope to the other side so that vertical cross-wire again coincides the first order diffracted image. If careful adjustments are done, then diffracted image of the slit will be symmetrical to the horizontal cross-wire at all positions.
- #### c) Setting the grating normal to the incident light
- I) Place the telescope in line with the collimator so the vertical cross-wire falls exactly at the center of image of the slit. Note the scale reading. Add 90° to the reading and set the telescope at this reading to place it perpendicular to the axis of the collimator. Clamp in this position.
 - II) Rotate the grating table till the plane face of the grating is facing both the collimator and the telescope. Turn the slowly till the center of the slit fall exactly on the vertical cross-wire. In this position the plane of grating is at angle of 45° to the incident light. Note the reading. Turn the table through 45° from this

position so that the plane of the grating is normal to the incident light with its plane facing towards the collimator. The grating is now set normal to the incident light with its ruled surface away from the collimator. Clamp the table in this position.

- III) Place the eye in the front of collimator and move it gradually towards the telescope till the first order diffraction image is visible. Bring the telescope in this position and observe the image through it. Clamp the telescope in this position. If the resolution of telescope is sufficiently high, two distinct narrow lines corresponding to 589nm and 589.6nm will lie side by side in the field of view. Ordinarily two lines will appear as one in the first order spectrum. Turn the tangent screw of the telescope till the cross-wire coincides the center of the image of the slit. Note the readings on both the Vernier scales. Similarly observe the first order diffracted image and note the readings on both the verniers.
- IV) Similarly observe the second order diffracted image on either side of the image and note the readings on both the verniers.
- V) Note the number of lines marked on the grating and replace it carefully with its ruled surface upwards in the box.
- Vernier constant of spectrometer
 - Number of lines per inch on grating =N=
 - Grating element (a+b)=2.54/N in cm
 - Direct reading of the telescope

Wavelength of sodium light as calculated from first order spectrum
 $=\lambda_1 = (a+b)\sin\theta_1$

Order of Spectrum	Telescope Reading			Angle of diffraction		
	Left	Direct	Right	Left	Right	Mean
I st order						$\theta_1 =$
II nd Order						$\theta_2 =$

Wavelength of sodium light as calculated from second order spectrum
 $\lambda_2 = ((a+b)\sin\theta_2)/2$

Mean wavelength $(\lambda_1 + \lambda_2)/2$

Precautions

- Grating should be held from the edges and the ruled surface should not be touched
- The telescope should be focused on the brightest image of the slit while seeing the reflected image.
- The ruled surface should face away from the collimator.
- The light should fall on whole of the grating surface.
- The adjustment is incorrect if the angles of diffraction on the left and the right of the direct position are not equal.

In the second order spectrum with a good grating the two D lines generally appear to be separated. In such case, the angle of diffraction should be found separately for each line and wavelengths calculated corresponding to each.

Determination of the thickness of thin metallic wire using laser beam.

Aim: to determine the diameter of a thin wire using a He-Ne laser.

Apparatus required: laser light source (He-Ne or semiconductor laser), an optical bench with four uprights, micrometer eyepiece, adjustable fine slit width, piece of experimental wire, clamp for holding thin wire, screen, tracing paper and pencil.

Formula used: the diameter of the thin wire is given by the relation

$$d = \frac{\lambda D}{\beta}$$

Where d = diameter of the wire D distance between the screen and the wire. Beta fringe width i.e. separation between the centers of the two consecutive maxima.

Procedure:

Adjust the screen and the optical bench perpendicular to each other. Put the uprights on the bench.

Hold the straight thin wire tightly in its clamp and mount it on an upright on the optical bench.

Place the screen on the upright at one of the extreme end position of the optical bench.

Put a laser source on its upright about 2 to 3 meter away at another end of the optical bench.

Switch on the power supply of the laser source and illuminate the wire with the laser light. The upright having the wire should be near the laser source.

Adjust the position of the wire upright and the laser source so that a well defined diffraction pattern on both sides of central maxima is observed on the screen. The pattern may also be obtained on the wall.

Sr. No.	Type of wire	Readings for value of D			Readings for value of β			Value of $\frac{D}{\beta}$	Mean value of $\frac{D}{\beta}$
		Position of wire upright a (cm)	Position of screen upright b (cm)	D = b-a	Position of (cm)				
					5 th Max. on L.H.S. x_2 (cm)	Central Max. x_1 (cm)	5 th Max. on R.H.S. x_3 (cm)	$\beta = \frac{x_3 - x_2}{5}$ (cm)	
1.	A								
2.									
1.	B								
2.									

Place a long strip of the trace paper on the screen and with sharp pencil mark the position of the maxima on this paper.

Record the position of wire and screen uprights to calculate the value of D. record the distance between central maxima and centers of five

consecutive maxima with the help of micrometer reader to find the value of beta.

Repeat the experiment at least two times for different values of D and calculate the value of the diameter of the wire.

The same experiment can be repeated for wires of different thickness.

Observations

The value of wavelength of the laser light is =.....m

Observation table for the value of D and beta.

Note: for different wires, separate values of D/beta should be determined.

Calculations the value of diameter of wire $d = D/\beta$

Result:

The measured value of the diameter of the wire=cm

The actual value of the diameter of the wire=.....cm

Percentage difference=.....

Precautions and sources of error

1. The laser source remain switched on only either during the setting of the experiment or recording the observations.
2. One should never directly into the laser beam with the naked eye.

3. Laser source should be handled carefully and placed on the upright specially provided for it.
4. The experimental wire should be thin and must be placed vertically.
5. For the observation of the beta, distance from central maxima must be measured.