

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
DEPARTAMENTO DE FISICA-MATEMATICA

TRABAJO DE DIPLOMA

CONSIDERACIONES METODOLOGICAS ACERCA DEL LABORATORIO DE
OPTICA EN LA FORMACION DE INGENIEROS.

DIPLOMANTE: José R. Cantero Sariol

TUTORES: Lic. María M. Romero.

Lic. Allán Pierra Conde.

Agradezco la colaboración de los profesores guías; Lic. María M.-Romero y Lic. Allán Pierra Conde y la valiosa colaboración del Ingeniero Manuel García Renté que enriqueció este trabajo con sus ideas y de todos los que de una forma u otra contribuyeron a su realización.

A MIS PADRES.

A LA REVOLUCION CUBANA.

A LA CAUSA DEL INTERNACIONALISMO PROLETARIO.

RESUMEN:

En este trabajo se presentan los aspectos que son necesarios analizar para el buen desenvolvimiento de las prácticas de Laboratorio.

Aparece el diseño del sistema de objetivos para esta parte de la asignatura; se muestran los objetivos específicos a cumplir durante la realización de las prácticas de Laboratorio y en cuál o cuales de éstas se cumplen.

Además los teórico-prácticos que fueron reelaborados teniendo en cuenta estas dos cuestiones mencionadas anteriormente.

Introducción	1
CAPITULO #1: Algunos Aspectos Generales Sobre las Prácticas de Laboratorio	
1.1. El Trabajo de Laboratorio	3
1.2. Objetivos del Trabajo de Laboratorio.....	4
1.3. Contenido de los Trabajos de Laboratorio..	6
1.4. Formas Organizativas del Trabajo en el Laboratorio	9
1.5. El Manual de Trabajos de Laboratorio.....	13
1.6. El Docente de las Conferencias y el Trabajo del Laboratorio	14
CAPITULO #2: Diseño del Sistema de Objetivos para el Laboratorio de Óptica.....	15
CAPITULO #3: Reelaboración de los Teórico-Práctico basado en el Diseño del Sistema de Objetivos para el Laboratorio de Óptica.....	
3.1. Práctica de Laboratorio #1: Determinación de la Distancia Focal en Lentes Delgadas..	19
3.2. Práctica de Laboratorio #2: Utilización del Microscopio en la Determinación del Índice de Refracción de Placas Plano-Paralelas	24
3.3. Práctica de Laboratorio #3: Comprobación de la Ley de Malus.....	29
3.4. Práctica de Laboratorio #4: Estudio del Refractómetro de Abbe.....	32
3.5. Práctica de Laboratorio #5: Estudio del Polarímetro.....	38
Algunas Nociones sobre la Teoría de Errores y el Método de los Mínimos Cuadrados en el Ajuste de Curvas.....	44
Conclusiones y Recomendaciones	50

El laboratorio docente juega un papel importantísimo en la formación de adecuados hábitos y habilidades de trabajo práctico, en el reforzamiento de una adecuada concepción científica del mundo y del propio contenido particular de la asignatura a la que el mismo está asociado. Por eso podemos señalar que es uno de los elementos del sistema docente - educativo en la Educación Superior que demanda con mayor urgencia una especial atención.

En el ciclo básico es donde el estudiante debe adquirir los conocimientos teóricos elementales sobre procesamiento de datos, tanto analíticos como gráficos, así como desarrollar las capacidades y habilidades relacionadas con la ejecución de mediciones, procesamiento de los datos obtenidos, presentación y análisis de los resultados, además de esto, debe comenzar a adquirir la capacidad de defender el trabajo realizado y desarrollar las habilidades y capacidades relacionadas con la auto-preparación y la disciplina en el trabajo experimental.

Debido a la importancia que tiene el laboratorio docente en la formación de los graduados y en el perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje, se hace elemento indispensable en un gran número de asignaturas de nuestros C.E.S. y fundamentalmente en las relacionadas con las ciencias técnicas.

Aunque de forma general la apropiación de los conocimientos durante la realización de la práctica se mide en el laboratorio, es importante medir los objetivos del laboratorio y garantizar el dominio de los métodos experimentales por parte de los alumnos a la hora de realizar la evaluación final de la asignatura.

En la resolución No.220/79 del Reglamento del Trabajo Docente y Metodológico se plantea:

Artículo 204: Las prácticas de laboratorios constituyen la forma organizativa del proceso docente-educativo a través de la cual se fijan y profundizan mediante el experimento los fundamentos teóricos y científicos de la asignatura, se aprenden los métodos más adecuados, equipos y aparatos especiales, en lo cual

el estudiante realiza la actividad con un alto grado de independen
cia.

De aquí surge la necesidad de elevar la calidad del proceso-
de enseñanza-aprendizaje en nuestros C.E.S. y por ende de la ins -
trucción y de la educación, esto hace que se estudie con mayor pro
fundidad uno de los elementos importantes de este proceso: -el la-
boratorio docente-, a medida que se organice y dirija mejor el pro
ceso docente-educativo, mayor será el uso de este componente con -
buena productividad y efectividad.

DESARROLLO.

CAPITULO # 1: ALGUNOS ASPECTOS GENERALES SOBRE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO.

1.1. EL TRABAJO DE LABORATORIO.

La base experimental de la ciencia física como estudio de formas particulares del movimiento de la materia, hace que en la metodología de la enseñanza de la física, adquieran singular importancia como formas de organización del proceso docente-educativo de los estudiantes, las actividades en las cuales los mismos adquieren, consolidan y profundizan los conocimientos sobre los fenómenos relacionados con esta ciencia, mediante la interacción directa y práctica con los medios adecuados para poner de manifiesto o registrar estos fenómenos. Estando esta actividad práctica del hombre en la base misma de la teoría del conocimiento marxista-leninista, posibilita y condiciona el desarrollo de las capacidades cognoscitivas del estudiante, que le permiten adquirir los métodos necesarios para desarrollar exitosamente sus futuras tareas profesionales sobre la base de la concepción materialista-dialéctica de la naturaleza y la sociedad.

El trabajo de laboratorio es la actividad experimental desarrollada de modo individual por los estudiantes en el laboratorio bajo la dirección y control de un docente y cuyo resultado inmediato es; bien la determinación cuantitativa de una o varias magnitudes físicas que intervienen en la ocurrencia de un fenómeno o bien la comprobación por vía experimental del cumplimiento de una ley o manifestación de un principio como concretización de la profundización del conocimiento adquirido sobre el objeto de estudio; como resultado más mediano y producto de la acumulación paulatina de experiencias en la actividad práctica continuada; se manifiesta la formación de hábitos y la adquisición de habilidades en el trabajo experimental que deben conformar de modo preponderante al futuro especialista.

1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE LABORATORIO.

4

Atendiendo a lo apuntado anteriormente y teniendo en cuenta la consecución de los resultados tanto mediatos como inmediatos producto de la actividad de los estudiantes en la práctica de laboratorio como forma de organización del proceso docente-educativo, los objetivos que se deben cumplimentar como resultado del trabajo de laboratorio; sin que el ordenamiento de su presentación signifique una jerarquización de su importancia relativa, son:

1) Profundización y consolidación de los fundamentos teóricos-científicos de los conocimientos adquiridos en las otras formas de organización docente. En este sentido, el trabajo práctico en el laboratorio resulta el complemento indispensable de los temas tratados en las conferencias y clases prácticas y las referencias al mismo en la primera fundamentalmente, deben formar parte integral de su preparación metodológica.

2) Objetivización y concretización de los fenómenos y leyes -- que forman el cuerpo de conocimientos contenidos en el programa de la asignatura.

Mediante el trabajo práctico el estudiante adquiere la vivencia de los fenómenos y las manifestaciones de las leyes físicas, -- que así, pierden su carácter meramente formal y pasan a enriquecerse cognoscitivamente magnitudes y propiedades que en la mayoría de los casos resultan difíciles de concebir.

3) Dominio de los fenómenos experimentales inherente al trabajo profesional a través del desarrollo de habilidades específicas -- relacionadas con el manejo de los instrumentos empleados en la investigación científica y con el procesamiento de los datos obtenidos en los experimentos y adquisición de hábitos de trabajo, tanto de tipo general experimental como de organización y orden en la realización del trabajo científico, así como normas de conducta y comportamiento de honestidad científica.

La confluencia de éstos objetivos que asignamos al trabajo de laboratorio, condiciona que esta actividad docente juegue un papel-

importantísimo en el sistema de trabajo experimental que debe garantizar la cumplimentación del objetivo general de formación en el trabajo independiente a que aspira la Educación Superior de nuestro país - para todos los egresados de nuestros C.E.S.

1.3 CONTENIDO DE LOS TRABAJOS DE LABORATORIO.

6

En el contenido de las disciplinas docentes entran no solamente los hechos, los modelos abstractos, el sistema de conceptos fundamentales, las leyes generales, sino su interpretación. En ella se dan los enfoques filosóficos de los conceptos fundamentales y leyes, sus ideas iniciales y resultados alcanzados, así como su campo de aplicación.

Los métodos tanto prácticos como intelectuales que el alumno debe llegar a dominar y aplicar deben ser en un momento adecuado, objeto de estudio y de conocimiento. Aunque no se pretenda que el alumno explique y reproduzca el algoritmo de dichas habilidades si debe, al menos, estar familiarizado con los mismos. Por esta razón los modos de actividad y los métodos del conocimiento forman parte del contenido de la disciplina.

En el contenido de la disciplina docente deben aparecer explícitamente la relación de conocimientos: conceptos, propiedades, magnitudes, leyes, etc, así como las habilidades y hábitos incluyendo los creativos. Mientras más se entienda y se tienda a enseñar las cuestiones más esenciales del objeto de estudio, más generalizable será dicho contenido.

Una gran dificultad representa la determinación del contenido del trabajo de laboratorio, dificultad que va aumentando desde la concepción de ésta actividad relacionada con una asignatura, hasta la concepción general de la articulación en el nivel de la disciplina como un todo. La fuente de la dificultad está localizada en todos los factores que es necesario conjugar para lograr la optimización del trabajo docente con el relacionamiento. Independientemente de que, por los objetivos generales apuntados anteriormente, resulta claro que el trabajo de diseño debe estar encaminado a lograr como resultado del trabajo experimental, la formación en el trabajo independiente como condición necesaria para el trabajo de investigación del graduado y por tanto, se debe prestar atención especial a resaltar las manifestaciones experimentales relacionadas con la esencia de los fenómenos. Entre los factores a conjugar menciona

dos anteriormente se encuentran los siguientes:

- a) Especialidad y carácter que tiene la enseñanza de la asignatura.
- b) Año de la especialidad en que se cursa la asignatura.
- c) Articulación vertical en grado de desarrollo del trabajo independiente en la especialidad.
- d) Articulación horizontal en grado de utilización de los conocimientos de la asignatura en años y asignaturas posteriores y de los métodos de trabajo adquiridos en el posterior trabajo experimental.
- e) base material existente.

Si atendemos exclusivamente a los contenidos programáticos - articulados verticalmente en dependencia de las asignaturas que se cursan en los años sucesivos de la mayoría de nuestras especialidades donde se imparte la física General (Mecánica y movimiento ondulatorio, Física Molecular, Electromagnetismo y Óptica y Física Moderna) la situación existente es formalmente correcta, sin embargo; no existe una diferencia metodológica de la Práctica de Laboratorio que tenga en cuenta el grado de desarrollo de los estudiantes según progresan en el curso de la especialidad, y no nos referimos a la estructura reglamentada en la Educación Superior de la división estructural de la clase en introducción, desarrollo y conclusiones, sino a que desde el 1er Año de las especialidades, con las deficiencias que presentan los estudiantes de este año, la metodología de impartición y las exigencias, son idénticas a las existentes en los restantes períodos en que se cursa la Física General, sin que esté contemplado el proceso necesario en que el docente a cargo del trabajo de Laboratorio, oriente y muestre al estudiante los distintos aspectos que tiene que cumplimentar en las sesiones de trabajo y en el procesamiento posterior de los datos experimentales obtenidos, la información que se puede obtener de los gráficos experimentales, la confección del reporte del experimento realizado, la discusión de los resultados obtenidos.

La forma empírica en que se han organizado y seleccionado -

las secuencias de trabajos de laboratorio en la enseñanza de la Física General en nuestro C.E.S., no han permitido que se manifieste la articulación horizontal necesaria que debe existir entre los métodos de trabajo que requiere el trabajo experimental en una asignatura dada (especialmente en el caso de las asignaturas de especialidad) y la base para dicho trabajo que se debe adquirir en el ciclo de la Física General, lo que motiva que en una gran cantidad de casos, el estudiante que ya ha cursado dicho ciclo, tiene que ir adquiriendo sobre la marcha esta base.

La superación de esta deficiencia exige un trabajo de diagnóstico, que partiendo del Modelo del Especialista, se continúe con las asignaturas del ciclo de la especialidad, para determinar el contenido del trabajo experimental en su forma de trabajo de Laboratorio que permita establecer la articulación entre los métodos de trabajo que de forma gradual deben adquirir los estudiantes.

1.4. FORMAS ORGANIZATIVAS DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO.

Las formas organizativas del trabajo en el laboratorio están determinadas por una serie de factores tanto de índole pedagógico como de índole material. Entre estos factores los más importantes son:

1. Número de estudiantes por sesión de trabajo.
2. Contenido y volumen del material del programa a cubrir.
3. Número de trabajos de laboratorio a realizar.
4. Capacidad de los laboratorios.

Teniendo en cuenta los factores señalados anteriormente podemos señalar como formas organizativas del trabajo en el laboratorio, la forma frontal, la cíclica y la individual. Las dos primeras formas son las más utilizadas por lo que centraremos nuestro análisis en ellas, analizando sus ventajas y desventajas.

A) FORMA FRONTAL:

Esta forma se caracteriza por la ejecución simultánea del mismo trabajo de laboratorio por todos los estudiantes durante la sesión de trabajo, esta característica permite que los trabajos de laboratorio se realicen rigurosamente a continuación de las conferencias donde se han presentado los fenómenos y leyes contenidos en los mismos, aligerando el trabajo de auto-preparación previa de los estudiantes.

Las ventajas fundamentales de tal forma de organización del trabajo son las siguientes:

1. Se facilita el trabajo metodológico, ya que la uniformidad de las tareas a realizar por todos los estudiantes, permite dar orientaciones e indicaciones de tipo técnico de forma colectiva. La introducción puede adoptar la forma de teórico-práctico, independientemente que se controle y evalúe la auto-preparación de los estudiantes para poder desarrollar el trabajo de laboratorio.

2. Se facilita la dirección y control de la actividad por

el docente al poder uniformizar esta dirección y control para todos los estudiantes, se simplifica la evaluación de algunos aspectos -- del trabajo práctico y ésta resulta más objetiva y justa al poder -- establecerse patrones comunes para distintas actividades de que e-- consta el trabajo y que se aplican por igual a todos los estudian -- tes.

3. Se economiza el empleo de docentes.

Sin embargo, esta forma de organización del trabajo en el la -- boratorio tiene también desventajas y limitaciones. Esto lo tenemos presente cuando en ocasiones algunos estudiantes, los menos capaces copian mecánicamente de sus compañeros las técnicas de realización -- del trabajo y la solución de los problemas planteados, sin un traba -- jo independiente de profundización y comprensión adecuados; que no -- puede conducir a la cumplimentación del objetivo principal de forma -- ción de hábitos y la adquisición de habilidades de trabajo indepen -- diente. Otra manifestación de las desventajas de esta forma de orga -- nización es la necesidad de existencia de una buena cantidad de --- equipos o al menos de juegos universales para el desarrollo del tra -- bajo de laboratorio de una asignatura, cuestión que resulta posi -- ble en los laboratorios de menor complicación dentro de la Física -- General (Mecánica y Física Molecular) pero que es prácticamente im -- posible de afrontar en los demás laboratorios.

Muy relacionada con ésta insuficiencia, resulta la necesidad de tener grandes capacidades de almacenamiento adecuado para los -- equipos que no están en uso y de tener que dedicar una buena parte -- del fondo de tiempo del personal auxiliar del laboratorio al monta -- je y desmontaje de todo el laboratorio y a su almacenamiento, lo -- que aumenta grandemente las posibilidades de rotura de equipos, es -- pecialmente los frágiles y delicados.

B) FORMA CICLICA.

En esta forma organizativa del laboratorio, los trabajos se-

organizan en ciclos que corresponden a divisiones determinadas, se da la circunstancia que hay alumnos que realizan trabajos de laboratorio cuyos fundamentos teóricos han sido ya presentados en las conferencias, pero los hay que las realizan sobre fenómenos que -- aún no han sido presentados en las clases de conferencias.

Por su naturaleza, esta forma está libre de las principales desventajas que se encuentran en la forma frontal; el trabajo aquí es más individual, las necesidades de existencia de una extensa base material son menos rígidas, sin embargo; necesitan de una mayor cantidad de docentes calificados si se quiere mantener una uniformidad relativa en el personal docente que atiende el trabajo individual de los estudiantes durante la sesión de trabajo en el laboratorio.

Esta forma de organización del trabajo en el laboratorio es la más extendida en los C.E.S. Su característica fundamental es -- que como cada estudiante realiza en cada sesión de trabajo un trabajo de laboratorio diferente, si el trabajo experimental se realiza en el mismo semestre en que se imparte la asignatura lo que --- constituye una regla casi general, el estudiante tiene que invertir un tiempo considerable en la auto-preparación, ya que la inmensa mayoría de las oportunidades, tendrá que realizar un trabajo de Laboratorio con anterioridad a que los conocimientos relacionados con el mismo hayan sido presentados en las conferencias.

Entre las ventajas de esta forma de organización del trabajo en el laboratorio, están la economía de equipamiento, es decir; la no necesidad de multiplicidad de las instalaciones correspondientes a un trabajo dado, que existan dos y hasta tres instalaciones de los trabajos que precisan de equipos no muy complicados y -- que cubran contenidos esenciales en el programa de la signatura. -- Otra ventaja la constituye el que ésta forma de organización re --

fuerza la necesidad del trabajo independiente del estudiante durante la sesión de trabajo, lo que constituye un mejor desarrollo de sus - capacidades cognoscitivas tanto como de iniciativas.

En nuestro caso, la forma utilizada en esta parte de la asignatura es la cíclica, donde hemos constatado las ventajas y desventa - jas de esta forma, podemos señalar que en la parte de la Óptica y Física Moderna ésta es la forma más idónea debido fundamentalmente a - que la mayoría de los equipos donde los estudiantes realizan sus --- prácticas son de importación, son muy costosos y no es factible la - adquisición de gran número de ellos para la realización de prácticas -de laboratorio solamente, en este caso podemos señalar, el Refractómetro de Abbe y el Polarímetro de Círculo que son de procedencia Alemana. Éste no es el único factor que se analiza para elegir la forma de impartición de los laboratorios, aunque es el de mayor peso, hay - que considerar los factores señalados al inicio del epígrafe.

1.5. EL MANUAL DE TRABAJO DE LABORATORIO.

El manual de trabajo de laboratorio debe tener la mayor información posible para el estudiante para garantizar adecuadamente su auto preparación para el trabajo en el laboratorio, en este caso; el manual no sólo debe contener la información sobre los equipos a emplear y sus particularidades y la descripción de los diferentes ejercicios a realizar, sino también un resumen teórico, que sin convertirse en una copia del texto guía de la asignatura, permita al estudiante realizar de modo independiente la preparación teórica adecuada para poder comprender los fundamentos sobre los que está basado el trabajo experimental. El manual debe contener, de ser posible, fotografías o esquemas de las instalaciones y los equipos con los cuales se va a trabajar, que van dando al estudiante, aún antes de entrar al laboratorio una visión realista de los instrumentos de los cuales se va a servir posteriormente.

Cada día se trata de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje por ello se requiere una especial atención a unos de sus componentes la literatura.

A la hora de la confección del manual de trabajos de laboratorios, hay que tener presente todos los requisitos indispensables para lograr un folleto con toda la información y explicaciones necesarias para que el estudiante pueda realizar la práctica de forma independiente.

1.6. EL DOCENTE DE LAS CONFERENCIAS Y EL TRABAJO DEL LABORATORIO.

El docente a cargo de las conferencias en una asignatura, es el máximo dirigente del proceso docente-educativo en lo que a esa asignatura se refiere y por tanto, debe velar por la marcha de dicho proceso a través de todas las formas de organización docente, es esta razón la que motiva que en la actualidad, es provechoso -- que el docente a cargo de las conferencias tenga, al menos, un -- grupo de clases prácticas de su asignatura. Esta consideración se extiende a los trabajos de Laboratorio como forma organizativa -- del proceso docente-educativo, no sólo que el docente a cargo de las conferencias tenga que conocer la marcha del trabajo en el Laboratorio de su grupo, de las dificultades ya individuales o co -- lectivas que confrontan sus estudiantes, sino que como dirigente -- docente-educativo de los mismos, participe en el trabajo experi -- mental del grupo directamente.

El trabajo directo y personal del docente al menos con un -- grupo de trabajos de Laboratorio le brinda no sólo la oportunidad de conocer desde adentro los problemas de tipo general que afec -- tan al colectivo de estudiantes, sino también le brinda la oportu -- nidad de llenar satisfactoriamente su papel de educador.

Por otro lado, podemos señalar que cuando no se aprovecha el momento de la impartición de la conferencia para destacar las re -- laciones del tema que se presenta con su ejecución experimental -- por el estudiante en el Laboratorio, estamos conspirando contra -- la formación integral del estudiante como futuro científico, vio -- lando el principio didáctico de la unidad de lo concreto y lo abstracto y condicionando favorablemente la desviación racionalista -- en el sentido de nuestra ciencia.

CAPITULO # 2: DISEÑO DEL SISTEMA DE OBJETIVOS PARA EL LABORATORIO -
DE OPTICA.

La idea de estudiar el diseño y organización de las actividades experimentales del estudiante, debe ser vista en dos sentidos: - en primer lugar, lograr la concepción armónica del conjunto de actividades experimentales, así como de los objetivos específicos de carácter experimental y generales de carácter educativo; en segundo lugar, lograr la adecuada integración de los diversos laboratorios que forman parte del curriculum de asignaturas del estudiante, de manera que el mismo reciba a lo largo de su formación, de forma graduada, - los elementos necesarios para la obtención de adecuados hábitos y capacidades en lo relativo al trabajo experimental.

El primer aspecto demanda la formulación de los objetivos particulares, relacionados con el trabajo experimental para cada práctica, así como la determinación de las vías y procedimientos adecuados para su consecución, que van desde el diseño y organización del trabajo independiente que debe realizar el estudiante, la definición de los procedimientos experimentales de los cuales éste debe apropiarse hasta las formas de evaluar la eficiencia de este aprendizaje.

Es bastante general que se limite la utilización del laboratorio al reforzamiento de los propios contenidos de la asignatura, descuidando los otros aspectos en los cuales el laboratorio debe incidir.

Para lograr lo anterior, es necesario; en primer lugar concebir el laboratorio como un sistema donde queden establecidos, tanto, los objetivos de contenido, como de habilidades y capacidades experimentales, así como las conductas de estudiantes y docentes en este tipo de actividad.

Según lo anterior, un aspecto fundamental dentro del trabajo de diseño de un laboratorio docente desde el punto de vista metodológico, lo constituye el diseño del sistema de objetivos que en el or-

den del trabajo experimental éste debe procurar, así como el establecimiento de las vías y métodos para alcanzar los mismos.

Para su estudio, los objetivos del trabajo experimental de nuestra disciplina fueron divididos en seis categorías, atendiendo al área del trabajo que abarcan.

No. GRUPOS DE OBJETIVOS

- I. De trabajo de auto - preparación.
- II. De los conceptos de la medición.
- III. De las habilidades y capacidades en la medición.
- IV. De la utilización de gráficos.
- V. De las habilidades y capacidades en el trabajo experimental.
- VI. De las habilidades y capacidades en la realización de un informe técnico.

A partir de estos grupos de grupos de objetivos vamos a elaborar los objetivos específicos; delineándose además en qué práctica cada uno de ellos será alcanzado.

Es bueno aclarar que hay objetivos específicos que no se cumplen en ninguna de las prácticas de óptica, pero sí en la parte de Física Moderna que es parte integrante de la asignatura.

I. HABILIDADES Y CAPACIDADES RELACIONADAS CON LA AUTO - PREPARACION.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

PRACTICA

- Utilización de manuales y textos.	x	x	x	x	5
- Realización de resúmenes teóricos y prácticos. Preparación del trabajo.	x	x	x	x	x
- Estimación de los resultados.	x	x	x	x	x

II. CONCEPTOS, HABILIDADES Y CAPACIDADES RELACIONADAS CON LAS MEDICIONES DIRECTAS.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Cálculo de $\bar{a}$, Δa , E .				x	
- Expresión de los resultados como $a = a \pm a$				x	

III. CONCEPTOS, HABILIDADES Y CAPACIDADES RELACIONADAS CON LAS MEDICIONES INDIRECTAS.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Cálculo de $\bar{a}$, Δa y E .	x	x			x
- Expresión de los resultados como $a = a \pm a$	x	x			x

IV. DE LA UTILIZACION DE GRAFICOS.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

PRACTICA

1 2 3 4 5

- Construir correctamente un gráfico a partir de un conjunto de valores experimentales.
- Utilizar gráfico con escalas lineales.
- Calcular gráficamente valores de pendiente e interceptos
- Utilizar gráficos con escalas logarítmicas.
- Aplicar el método de los mínimos cuadrados en el ajuste de curva.
- Construir el histograma a partir de una serie de mediciones.
- Interpretar físicamente la información que brinda un gráfico.
- Interpolación gráfico - analítica.

x x
x x

x
x x
x

V. CONCEPTOS Y HABILIDADES RELACIONADAS CON LA DISCIPLINA EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- * Conocimiento de normas técnicas de seguridad e higiene.
- Formas de realizar las mediciones.
- Formas de computar los datos.

x x x x x
x x x x x
x x x x x

VI. HABILIDADES Y CAPACIDADES RELACIONADAS CON LA CONFECCION DE INFORMES DEL TRABAJO

REALIZADO.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estructuración del informe.
- Presentación de los resultados y su interpretación.
- Elaboración de las conclusiones.

x x x x x
x x x x x
x x x x x

CAPITULO # 3: REELABORACION DE LOS TEORICOS-PRACTICOS BASADOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE OBJETIVOS PARA EL LABORATORIO - DE OPTICA.

3.1. PRACTICA DE LABORATORIO # 1.

DETERMINACION DE LA DISTANCIA FOCAL EN LENTES DELGADAS.

I. OBJETIVOS DEL TRABAJO.

- a. Estudio de los métodos usuales de determinación de la distancia focal en las lentes delgadas.
- b. Familiarizarse con los diferentes tipos de objetos e imágenes.

II. INSTALACIONES EXPERIMENTALES:

- a. Banco óptico con escala en cm.
- b. Iluminador.
- c. Lentes convergentes y divergentes montados en soportes.

III. FUNDAMENTO TEORICO:

Una lente es un cuerpo transparente limitado por superficies que refractan la luz, siendo generalmente esféricas o cilíndricas, al menos una de las superficies es de radio distinto de infinito.

Si el espesor de la lente es despreciable en comparación con las demás dimensiones mecánicas y ópticas de ella, se le denomina lente delgada.

En la aplicación de las leyes de refracción a las superficies esféricas y las lentes se usa la llamada aproximación Gaussiana, que -- consiste en considerar sólo los llamados ángulos paraxiales, o sea; -- que sólo se consideran aquellos ángulos de incidencia y refracción -- (θ, θ') tales que:

$$\text{Sen } \theta = \text{Tan } \theta = \theta$$

donde θ es medido en radianes.

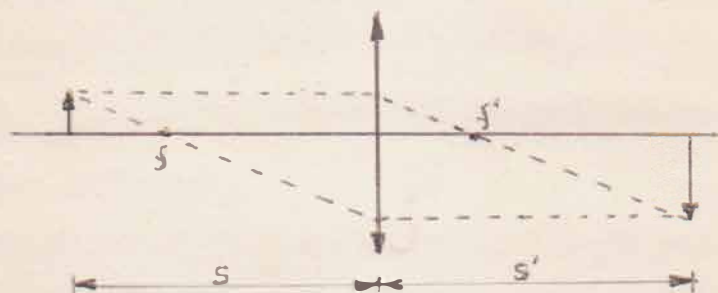
Conociendo las propiedades de la lente y la posición, tamaño y orientación de la imagen o cualquier combinación de dos de éstos permite calcular el tercero.

La relación entre la distancia objeto-lente S , la distancia imagen-lente S' y la distancia focal f viene dada por:

$$\frac{1}{S'} - \frac{1}{S} = \frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (1)$$

Siendo n el índice de refracción de la lente.

La distancia focal es la distancia del objeto a la lente cuando la imagen es forma en el infinito o la distancia de la lente a la imagen cuando el objeto se encuentra en el infinito, éstas distancias reciben el nombre de foco objeto y foco imagen y se designan por f y f' , respectivamente. Veamos algunos métodos usados para determinar ésta.



De la ecuación (1) vemos que si determinamos los valores de S y S' para un objeto real y su imagen real, la distancia focal de la lente convergente viene dada por:

$$f = \frac{SS'}{S + S'} \quad (2)$$

Bessel demostró que si $S+S' > 4f$, para cada valor de $S+S' = D$ existen dos valores diferentes de S (S_1 y S_2) para los cuáles se cumple la ecuación (2).

Si $S_2 - S_1 = d$, tenemos:

$$f = \frac{D^2 - d^2}{4D} \quad (3)$$

En el caso de una lente divergente no es posible obtener una imagen real de un objeto real y hace falta determinar la imagen real de un objeto virtual, en este caso (2) se modifica y es:

$$\bar{r} = \frac{SS'}{S + S'} \quad (4)$$

VI. TECNICA OPERATORIA.

EJERCICIO # 1: DETERMINACION DE LA DISTANCIA FOCAL EN LENTES DELGADAS.

1. Monte en el banco óptico la lente convergente y la pantalla-translúcida.
2. Encienda el iluminador.
3. Sitúe la lente a una distancia del iluminador (S) escogida por Ud.
4. Moviendo la pantalla logre que la imagen que se observa a través de la misma sea la más nítida posible. Mida la distancia de la pantalla a la lente (S').
5. Repita estas determinaciones cinco veces tomando en cada caso un valor diferente de S. Calcule los valores correspondientes de (f) según (2).
6. Calcule el valor promedio y el error medio de f.

EJERCICIO # 2: DETERMINACION DE LA DISTANCIA FOCAL DE UNA LENTE CONVERGENTE MEDIANTE EL METODO DE BESSEL.

1. Coloque la pantalla a una distancia (D) del iluminador seleccionada por Ud.
2. Coloque la lente convergente cerca del iluminador y vaya alejándola hasta que se forme una imagen nítida en la pantalla y de mayor tamaño que el objeto fig.2a. Marque la posición del soporte.
3. Continúe alejando la lente del iluminador hasta que se forme una imagen nítida en la pantalla y de menor tamaño que el objeto (fig.2b) y la distancia entre las dos posiciones de la lente es (d).
4. Si no se forma imagen nítida o sólo una, es que la distancia $D < 4f$ y debe tomar una distancia mayor.

5. Tomando cinco valores diferentes de (D) encuentre experimentalmente cada (d) y los correspondientes valores de (f) .
6. Calcule el valor promedio y el error medio de (f) .

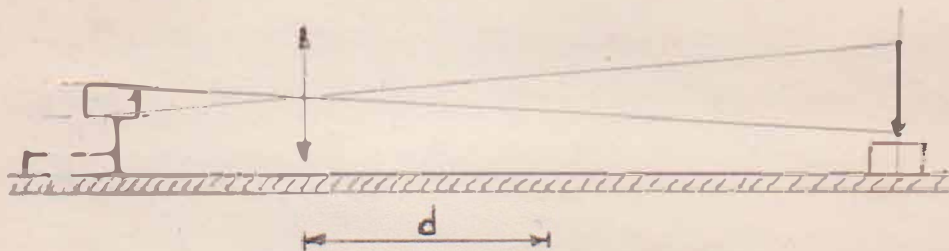


fig. 2a

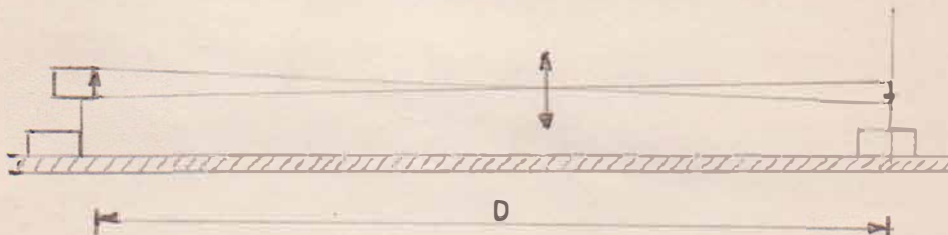


fig. 2b

EJERCICIO # 3: DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA FOCAL DE UNA LENTE DIVERGENTE MEDIANTE UN OBJETO VIRTUAL.

El objeto virtual será la imagen real producida en la pantalla por la lente convergente.

1. Obtenga con la lente convergente una imagen enfocada en la pantalla translúcida y menor que el objeto, (fig.3a).
2. Coloque entre la lente convergente y la pantalla la lente divergente, ahora la imagen en la pantalla (que es el objeto virtual de la lente divergente) está desenfocada. Mida la distancia (S) , (fig.3b)
3. Aleje la pantalla de la lente hasta que se obtenga la imagen real que produce la lente divergente. Mida la distancia (S') , (fig.3c).

4. Tomando cinco valores diferentes de (S) encuentre experimentalmente los correspondientes valores de (S') y calcule (f) .
5. Calcule el valor promedio y el error medio de (f) .



fig. 3a



fig. 3b

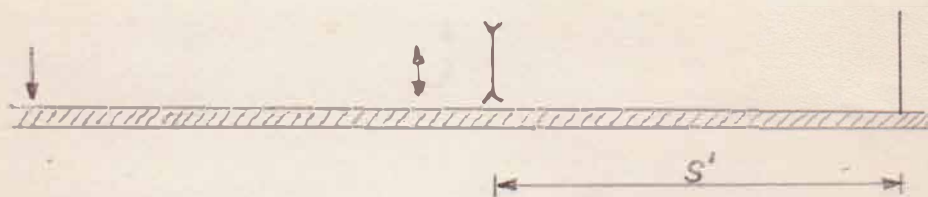


fig. 3c

Bibliografía:

Sear: Óptica pág.86

Frish-Timoreva: Curso de Física General, Tomo III, Pág.339.

Libro de Texto: Óptica y Física Moderna. Primera Parte. Pág.29.

UTILIZACION DEL MICROSCOPIO EN LA DETERMINACION DEL INDICE DE -
REFRACCION DE PLACAS PLANO-PARALELAS.

I. OBJETIVOS DEL TRABAJO.

- a. Comprobar el cumplimiento de la ley de la refracción.
- b. Aprender el uso del microscopio utilizado.
- c. Consolidar el uso del palmer como instrumento de medición.

II. INSTALACION EXPERIMENTAL.

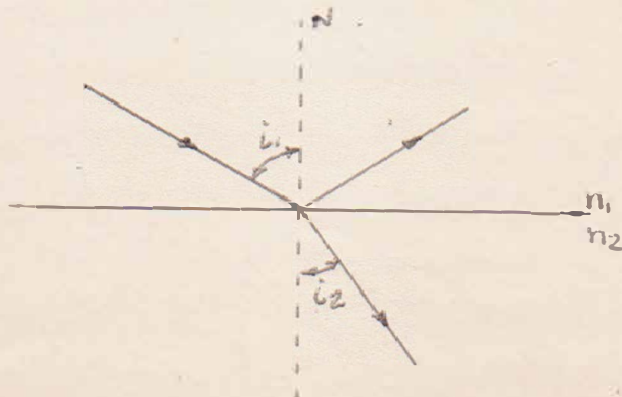
- a. Microscopio con enfoque medible micrométricamente o microscopio de luz transmitida.
- b. Palmer
- c. Placas plano-paralelas,

III. FUNDAMENTO TEORICO.

Se define como índice de refracción de una sustancia a la relación $n = \frac{c}{v}$, donde c es la velocidad de la luz en el vacío y v es la velocidad de un rayo luminoso en un medio dado, cuando un rayo luminoso atraviesa la frontera de separación de dos medios de diferentes n ; éste se desvía de acuerdo con la ley de Snell:

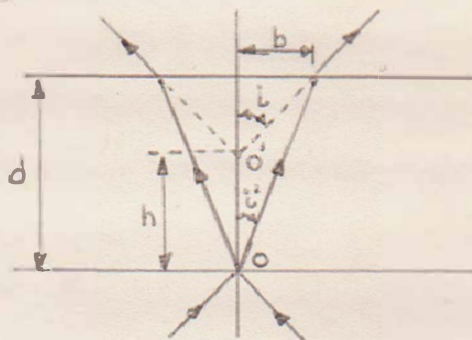
$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

donde i_1 e i_2 , son los ángulos de incidencia y refracción respectivamente y n_1 y n_2 los índices de refracción de los medios numerados.



Si observamos un objeto a través de una placa plano-paralela, su imagen estará situada de manera que la distancia a la superficie superior parece menor que la verdadera.

Examinaremos el paso de la luz a través de una placa plano -- paralela de espesor d (fig.1)



Observando desde arriba vemos el punto O en O' , de tal modo que O nos parece situado a una distancia $(d-h)$ de la superficie superior, donde h es igual al segmento OO' .

Podemos encontrar una relación entre el índice de refracción (n), el espesor de la placa (d) y el levantamiento de la imagen (h).

De la figura se obtiene:

$$\frac{d}{b} = \cot i' \text{ y } b/d-h = \tan i$$

Resolviendo las ecuaciones y teniendo en cuenta que:

$$n = \frac{\sin i}{\sin i'}$$

y suponiendo incidencia normal de los rayos se obtiene:

$$\frac{d}{d-h} = \frac{n^2 - \sin^2 i}{1 - \sin^2 i} = n$$

o sea:

$$n = \frac{d}{(d-h)}$$

VI. TECNICA OPERATORIA:

El microscopio empleado es un aparato del llamado de luz transmitida consta de tres partes:

- Objeto
- Ocular
- Condensador

el objeto es la parte fundamental del equipo, ya que con éste se determina el poder resolutivo del aparato y en parte el aumento. El ocular permite observar la imagen aumentada y el condensador es un sistema de lentes que permite iluminar de forma adecuada al objeto que se coloca en la platina y se puede mover a lo largo del eje óptico mediante un tornillo.

El microscopio está enfocado cuando la imagen se observa nítida. Para lograr esto se aproxima el tubo del microscopio con el tornillo micrométrico lo más posible al objeto, luego se aleja lentamente, cuando la imagen aparece se enfoca.

EJERCICIO # 1. PREPARACION DEL MICROSCOPIO PARA EL TRABAJO.

1. Enciende la lámpara del iluminador del microscopio, dirigiendo el haz de luz hacia el espejo de éste.

2. Coloque el condensador del microscopio en su posición más próxima al espejo mediante el tornillo.

3. Coloque sobre la platina, la placa que está marcada en su superficie, debiendo quedar ésta hacia el objeto del microscopio. Mirando por el ocular y maniobrando con el espejo, logre una iluminación adecuada del campo visual.

4. Desplace hacia arriba el condensador con el tornillo hasta obtener la iluminación adecuada del objeto, lo que se manifiesta en una iluminación uniforme y más intensa del campo visual.

En estas condiciones tenemos el microscopio listo para el trabajo.

EJERCICIO # 2. DETERMINACIÓN DE LA ELEVACIÓN (h) DE LA IMAGEN DEL OBJETO CUANDO SE OBSERVA A TRAVÉS DE UNA PLACA TRANSPARENTE PLANO-PARALELA.

1. Gire el tornillo micrométrico (m) hacia la derecha hasta que aprecie un ligero tope.

2. Observando por el ocular, enfoque el microscopio, anote la lectura del tornillo como (x').

3. Coloque sobre la placa marcada en su superficie, la placa a examinar, notará que desaparece la imagen del objeto en el campo visual.

4. Usando el tornillo micrométrico (m), moviéndolo en sentido adecuado, obtenga de nuevo la imagen nítida. Anote esta lectura como x'' .

5. Desplace el tornillo micrométrico en sentido contrario al anterior hasta llegar al tope. Muévelo ahora en sentido contrario sin dejar de observar el tornillo y cuente el número de vueltas enteras (k) necesarias para el enfoque de la imagen, éste es el número de veces que pasa x'' por el índice de referencia.

6. Repita la operación del inciso anterior 5 veces.

7. Calcule la elevación por la fórmula:

$$h = 0,1 k + 0,002(x'' - x') \text{ mm.}$$

Calcule el valor promedio y el error medio de h.

Nota: Una vuelta completa (k) equivale a una elevación de la imagen de 0,1 mm.

EJERCICIO # 3. DETERMINACION DEL ESPESOR DE LA PLACA (d).

1. Hallar el cero del palmer (y'), ésta magnitud es el desfase que puede presentar el (0) del instrumento.

2. Coloque la placa a medir y realice la lectura y'' , lectura de la escala móvil.

3. Determine el número de milímetros completos que se desplazó el tambor en la escala superior (d_0).

4. Calcule (d) por la expresión.

$$d = d_0 + (y'' - y') \times 10^{-2} \text{ mm.}$$

5. Repita la operación 5 veces y calcule el valor promedio.

6. Con los resultados de los dos ejercicios determinar el valor de n para la placa.

7. Cálculo de errores de las magnitudes directas e indirectas.

tas.

Bibliografía

Sears Óptica.

Trish y Timoreva. Tomo III.

3.3. PRACTICA DE LABORATORIO # 3.

COMPROBACION DE LA LEY DE MALUS.

I. OBJETIVOS DEL TRABAJO.

- a) Comprobación experimental de la Ley de Malus, analizando el paso de la luz a través de dos polaroides.
- b) Comparar gráficamente los resultados teóricos y experimental.

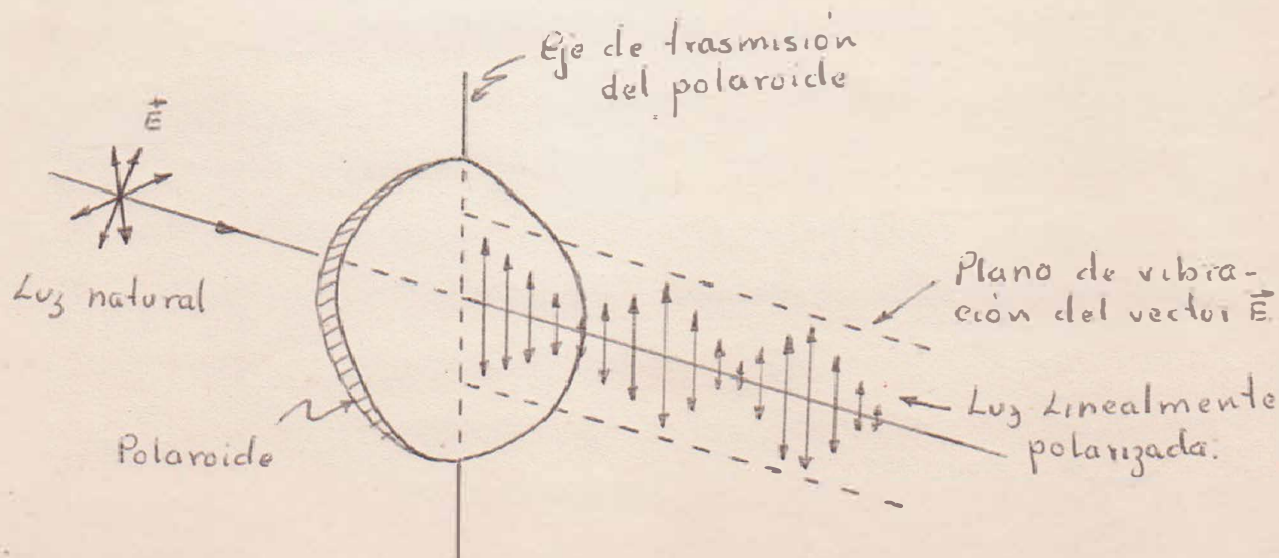
II. INSTALACION EXPERIMENTAL.

- a) Dos polaroides en montura giratoria.
- b) Un miliamperímetro.
- c) Un fotoelemento.
- d) Fuente de luz.

III. FUNDAMENTO TEORICO.

Se denomina polarización de la luz al fenómeno mediante el cual la dirección desordenada de las oscilaciones del vector intensidad del campo eléctrico toma una dirección ordenada en algún sentido.

La luz en la cual las direcciones de las oscilaciones se ordenan de alguna forma, se denomina luz polarizada. Si las oscilaciones del vector intensidad del campo eléctrico, ocurre solamente en un plano, la luz se denomina plano-polarizada. Esta se puede obtener de la luz natural con ayuda de dispositivos -- llamados polarizadores, por ejemplo el polaroide de la fig.1



El principio de funcionamiento de los polaroides consiste en que; al pasar la luz a través de algunos cristales ésta se divide en dos rayos; este fenómeno se denomina doble refracción. Al ocurrir esto uno de los rayos cumple con la ley común de la refracción (ordinario) y el otro no (extraordinario).

En algunos cristales uno de los rayos se absorbe más que el otro, este fenómeno se denomina dicroísmo. Esta propiedad la tienen los polaroides.

La intensidad de la luz que pasa a través de dos polaroides está relacionada con la intensidad de la luz incidente por la relación:

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

donde:

I_0 = Intensidad de la luz plano-polarizada incidente en el polaroide.

I = Intensidad de la luz emergente del polaroide.

θ = Angulo entre el eje de transmisión del polaroide y el vector campo eléctrico de la luz incidente.

La Ley de Malus la podemos analizar experimentalmente al pasar la luz por dos polaroides, donde uno gira con respecto al otro, lo cual conlleva a cambiar la intensidad de la luz, este cambio es apreciado por el fotoelemento y lo vemos reflejado en la lectura del miliamperímetro.

IV. TECNICA OPERATORIA.

1. Encienda el iluminador. Regule el cero en el miliamperímetro y la posición de máxima reflexión correspondiente a la in tensidad máxima, $\theta = 0^\circ$

2. Girar el polaroide midiendo la intensidad E_θ para 10 valores de θ ; $\theta = 0^\circ$, $\theta = 10^\circ$, ... $\theta = 90^\circ$.

3. Repetir las mediciones girando el polaroide en sentido contrario desde $\theta = 90^\circ$ hasta $\theta = 0^\circ$.

4. Hallar los valores de E_{θ} medio como $\frac{E_{\theta} + E_{\theta}'}{2}$

5. Hallar la relación $\frac{E_{\theta} \text{ medio}}{E_{\text{máx}}}$; donde $E_{\text{máx}}$ es el valor de la iluminación para $\theta = 0$ (cuando los polaroides están paralelos).

6. Los resultados de las mediciones llevarlo a una tabla.

7. Construir el gráfico experimental

$$\frac{E_{\theta}}{E_{\text{máx}}} = \frac{I_{\theta}}{I_{\text{máx}}} = f(\theta)$$

8. En este mismo gráfico construir $\cos^2 \theta = f(\theta)$

9. Comparar las dos curvas.

Bibliografía

Sear, óptica pág.81

ESTUDIO DEL REFRACTOMETRO DE ABBE.I. OBJETIVOS DEL TRABAJO.

- a) Estudiar el fundamento físico del refractómetro de Abbe.
- b) Conocer las técnicas de determinación del índice de refracción de soluciones y líquidos transparentes.
- c) Estudiar la dependencia del índice de refracción con la concentración y con la temperatura.

II. INSTALACION EXPERIMENTAL.

- a) Refractómetro de Abbe.
- b) Termóstato.
- c) Soluciones azucaradas.

III. FUNDAMENTO TEORICO.

El refractómetro de tipo Abbe es un instrumento que funciona basado en el fenómeno de la reflexión total interna. Está --- constituido por dos prismas rectangulares con sus hipotenusas en contacto y desmontable de manera que puedan introducirse entre los prismas gotas de los líquidos a los que deseamos medir el índice de refracción (fig.a)

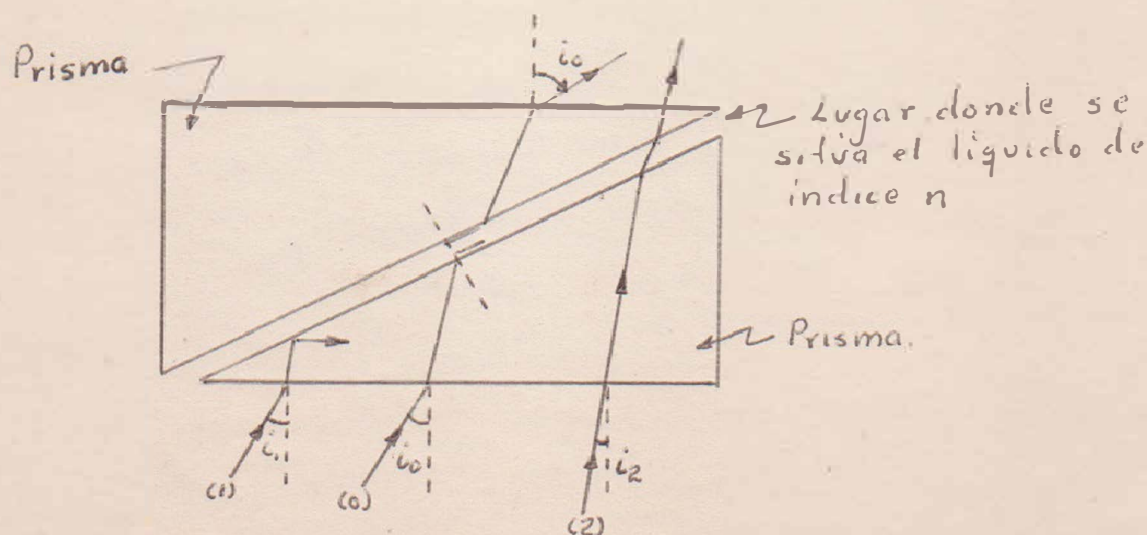


fig.a

Los rayos que inciden como el (0) saldrán por la parte superior del sistema. Los que incidan con ángulo i_1 mayor que i_0 como el rayo (1) sufren la reflexión total interna y no sale a la parte superior del sistema. Los que inciden con ángulo menores que i_0 tal como el rayo (2) saldrán a la parte superior del sistema.

Por lo tanto, haciendo la observación por la parte superior del sistema los rayos que inciden por debajo con un ángulo i_0 o menor, iluminarán el campo de visión y los que incidan con valores de ángulos mayores que i_0 , como puede apreciarse, no iluminarán el campo visual. Por esta razón, el campo visual del telescopio de observación (fig.b) estará dividido en una zona clara y otra zona oscura y el límite de separación de estas zonas, estará relacionado directamente con el valor del ángulo i_0 que a su vez está relacionado -- con el ángulo crítico de reflexión total interna i_c .

Si n_p es el índice de refracción de los prismas y n es el de la sustancia a medir, la condición que debe cumplirse para el ángulo crítico i_c es la siguiente de acuerdo con la ley de Snell:

$$\text{sen } i_c = \frac{n}{n_p} \quad (1)$$

Siendo $n_p > n$, midiendo el ángulo i_c se puede determinar con gran precisión el valor del índice de refracción n .

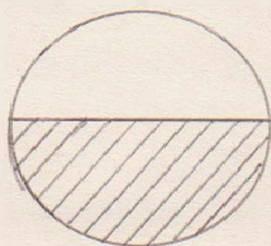


fig.b

IV. TECNICA OPERATORIA.

El refractómetro de Abbe es un equipo de construcción sencilla adecuado para el trabajo industrial y de Laboratorio, consta de

las siguientes partes:

Sistema de prismas:

1. Espejo de iluminación.
2. Prisma de iluminación.
3. Prisma de medición.

Sistema de visión:

4. Telescopio de enfoque con retículo.
5. Sistema compensador de la dispersión.

Sistema de lectura:

6. Telescopio con retículo.
7. Escala de lectura (para n y $\%$).
8. Prisma de iluminación de la escala.

Este tipo de refractómetro está construido teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y la relación existente entre n e i_0 de manera que cuando el campo aparece la mitad iluminada y la otra mitad oscura y la división entre ambas es bisecada por la cruz filiar del telescopio de enfoque, la lectura de la escala nos permite apreciar las rotaciones del sistema de prismas, nos da directamente el índice de refracción buscado con tres decimales exactos, pudiéndose apreciar el cuarto con una exactitud de $\pm 0,002$.

Por otra parte, alrededor del sistema de prismas hay una cámara que permite el paso de una corriente líquida con el fin de mantener los prismas a una temperatura fija y determinada. El termostato nos permite controlar adecuadamente la temperatura de trabajo mediante la circulación de agua a una temperatura fijada a voluntad -- que el aparato controla automáticamente. El termostato consta de:

Sistema de circulación:

- a) Bomba de circulación.
- b) Tanque para agua.
- c) Entradas y salidas del agua.

Sistema de control de la temperatura:

a) Termoregulador que consta de:

1. Índice ajustable que fija la temperatura de trabajo.
2. Contacto eléctrico interno para el encendido del sistema

calefactor,

Sistema calefactor:

- a) Resistencia eléctrica de potencia regulable.
- b) Serpentin para la circulación del agua fría.

Para fijar la temperatura de trabajo se afloja el tornillo-situado en el extremo del termómetro regulador haciendo rodar la caperuza, se ajusta el índice en el valor de temperatura deseado.

La bomba de circulación y la corriente en la resistencia se controla con la perilla simultáneamente. El valor H-0 pone la bomba en funcionamiento; de H-1 a H-4 aumenta la potencia de la resistencia.

EJERCICIO # 1: CALIBRACION DEL EQUIPO.

1. Limpiar los prismas con alcohol o éter y secarlos con un paño suave o algodón.

2. Poner 2 ó 3 gotas de agua destilada en el prisma y cerrararlo; teniendo en cuenta que no derrame el líquido.

3. Iluminar el prisma mediante el espejo.

4. Localizar la separación entre las dos zonas. Si hay bandas coloreadas entonces es necesario iluminar con la perilla del sistema compensador de la dispersión.

5. Leer el índice de refracción y ver si coincide con el que se da en la tabla para la temperatura leída en el termómetro que se encuentra en el sistema de prismas. Si no coincide llamar al instructor.

EJERCICIO # 2: DETERMINACION DE LA VARIACION DEL INDICE DE -
REFRACCION CON LA CONCENTRACION EN SOLUCIONES
AZUCARADAS.

1. Limpiar los prismas.
2. Depositar la primera solución e iluminar el sistema de --
prisma mediante el espejo.
3. Hacer 5 mediciones de n y calcular su valor promedio.
4. Repetir el procedimiento para todas las soluciones nume--
radas.
5. Hacer:
 - Una tabla con los valores de n hallados así como los valo--
res promedios y el cálculo de sus errores.
 - Dar los resultados como

$$a = \bar{a} \pm \Delta a$$
 - empleando el método de los mínimos cuadrados en el ajuste
de curva; construir un gráfico de n vs concentración; analice la de--
pendencia entre ambos.
 - Utilizando la interpolación gráfica encontrar el valor de
una solución desconocida que le dará el instructor,

EJERCICIO # 3: DETERMINACION DE LA VARIACION DEL INDICE DE -
REFRACCION DE UNA SOLUCION TRANSPARENTE CON-
LA TEMPERATURA.

1. Limpiar los prismas y secarlos.
2. Depositar 2 ó 3 gotas de la solución en el prisma y de --
rrar.
3. Iluminar mediante el espejo.
4. Ajustar el sistema compensador de la dispersión.
5. Medir 5 veces el índice de refracción a la temperatura -
ambiente y calcule el valor promedio y sus errores.
6. Seleccione 3 puntos de temperatura entre (40-60 °C). Fi--
je en ella una y encienda el termostato, al llegar a esa temperatu--

ra, realice 5 mediciones del índice de refracción, repita la opera
ción para los restantes puntos seleccionados. Calcule el valor pro
medio para cada temperatura y sus errores.

Hacer:

- Una tabla en la que se indique las temperaturas a la cual -
se hicieron las mediciones, los valores hallados del índice de re-
fracción y sus errores.

- Utilizando el método de los mínimos cuadrados en el ajuste-
de curva, construir un gráfico de n vs T . Analice la relación exis
tente entre ambos.

Bibliografía

Frish y Timoreva - Tomo III

Holliday - Tomo II

Sear (óptica).

3.5. PRACTICA DE LABORATORIO # 5.

ESTUDIO DEL POLARIMETRO.

I. OBJETIVOS DEL TRABAJO.

a) Estudiar la interacción de la luz polarizada con la sustancia y en particular la propiedad que poseen algunas sustancias de hacer rotar el plano de polarización.

b) Determinar concentraciones de azúcar en disoluciones acuosas mediante el polarímetro.

II. INSTALACION EXPERIMENTAL.

a) Polarímetro de círculo.

b) Cubeta para el polarímetro.

c) Soluciones conocidas y solución desconocida.

III. FUNDAMENTO TEORICO.

Cuando en una sustancia dada existen direcciones tales que a un rayo incidente corresponden dos rayos refractados; se dice que la sustancia en cuestión es birrefringente. Si la sustancia es un cristal, como suele ocurrir; el cristal se llama birrefringente, siendo el espato de Islandia (Calcita) uno de los que presentan birrefringencia más acentuada.

Si un prisma de espato de Islandia se corta por un plano y las dos partes se pegan como se indica en la figura 1 con pegamento de índice de refracción adecuado se logra separar el rayo ordinario del extraordinario.

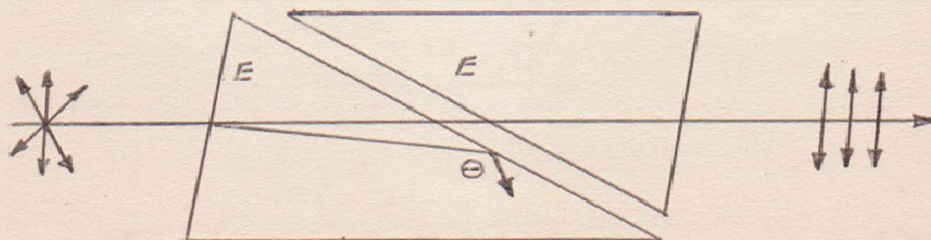


fig. (1)

La parte especial del polarímetro son los nicoles N_1 y N_2 , uno de los cuales sirve para polarizar el rayo que pasa a través de él, mientras que el otro analiza el rayo transmitido y detecta el plano de polarización. Estos nicoles se denominan polarizador y analizador respectivamente.

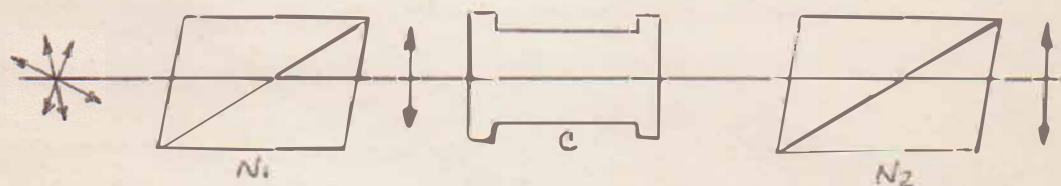


fig. 2

Cuando N_1 tiene reducidas las vibraciones de las ondas luminosas a una dirección particular, por ejemplo, paralelas a la diagonal más corta del prisma, toda la luz transmitida por N_1 puede pasar por N_2 si ésta está montado exactamente en la misma posición que N_1 . Si ahora N_2 se hace girar un ángulo de 90° , la luz pasará a través de N_2 . En esta posición se dice que los nicoles están cruzados.

Ciertas sustancias como el cuarzo y las soluciones de azúcar poseen la propiedad de rotar el plano de polarización de la luz que pasa a través de ellas. Se dice que estas sustancias son ópticamente activas. Así si N_1 y N_2 están cruzados la luz no pasará a través de N_2 , pero colocamos una sustancia activa entre ellas en la cubeta C; la luz pasará a través de N_2 a causa del cambio en la dirección del plano de polarización.

Se encuentra que cierta relación de N_2 hace que se pierda la luz nuevamente en el campo. Esta muestra que la luz está aún polarizada pero que su plano de vibración ha cambiado al atravesar el medio activo.

Si los nicoles están dispuestos de modo que haya iluminación a la salida de N_2 y se interpone la sustancia activa, será necesario girar un nicol para encontrar nuevamente el campo iluminado. Esta rotación mide al ángulo que ha girado al plano de polarización.

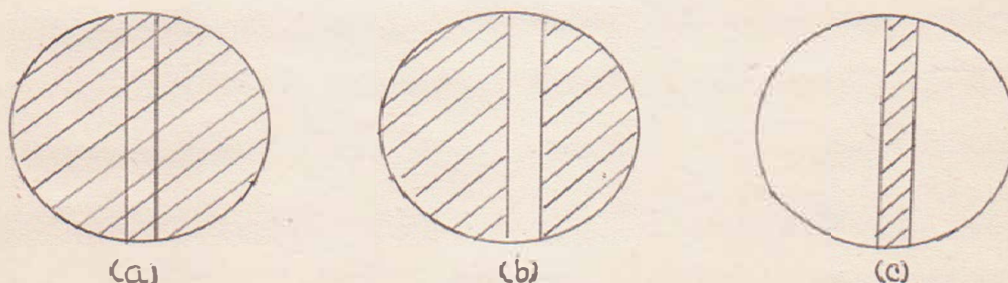
Experimentalmente se encuentra que este ángulo es directamente proporcional al camino óptico recorrido en la solución y de la concentración:

$$\theta = ZlC \quad (1)$$

donde (Z) es un coeficiente de proporcionalidad denominado poder rotatorio de la sustancia, que depende de su naturaleza, de la temperatura y de la longitud de onda de la luz que la atraviesa. Es -- tando θ dado en grados, l en decímetros (dm), C en gr/cm^3 y Z en -- grados $\text{cm}^3/\text{gr.dm}$.

VI. TECNICA OPERATORIA.

Como el ojo humano no es un detector de la radiación perfecto; no es posible con él determinar exactamente los máximos y -- los mínimos de iluminación de manera absoluta, para eliminar la dificultad anterior en la práctica se usan los llamados polarímetros de penumbra que una de sus variantes consiste en colocar entre el -- analizador y el polarizador una lámina de cuarzo, de manera que -- ocupe la mitad del campo visual.



La lámina de cuarzo gira el plano de polarización un ángulo -- pequeño por lo que la luz pasa a través de la parte media del -- analizador con un plano de polarización P_1 ; ligeramente girado res -- pecto al plano de polarización de la luz que pasa por los lados --

del analizador P_2 . Si las iluminaciones son iguales significa - que la luz está polarizada en ángulos iguales.

Si la dirección de avance del frente de ondas forma un - ángulo menor que el formado con P_2 , entonces el centro será más iluminado que los bordes, fig.4b.

Antes de colocar las sustancias en el polarímetro se logra la igualdad de iluminación del centro y los bordes del campo visual (es aconsejable hacerlo en la posición de mayor penumbra). Luego se coloca la sustancia y se rota el analizador, que determina el poder rotatorio de la sustancia ópticamente activa.

Se lee en un limbo graduado en ángulos con un nonio dividido en 20 partes que permite la lectura con una precisión de $0,05^\circ$ que se encuentra al lado del ocular mediante dos lupas -- destinadas a tal efecto. Se hace la lectura de los grados enteros, detrás de los cuales se encuentra el cero del nonio y se -- agrega el número de décimas y medios grados, determinando qué -- trazo del nonio coincide con uno de la graduación. Es aconsejable tomar las lecturas por la derecha y por la izquierda y promediarlas dando este promedio como el valor de la medición.

Para el llenado de los tubos se desenrosca uno de los -- anillos roscados del tubo y se echa líquido hasta que se forme una cápsula. Entonces el cristal se aplica lateralmente sobre -- el tubo cuidando que no queden burbujas de aire y se enrosca -- nuevamente el anillo sin ejercer una presión excesiva.

Para mayor exactitud en las mediciones es necesario enfocar nitidamente el campo visual mediante el tornillo roscado -- que está junto al ocular, esto se hace cada vez que se cambia -- la muestra ya que es preciso iluminar el desenfoque que se produce en el cambio.

EJERCICIO # 1: DETERMINACION DEL PODER ROTATORIO ESPECIFICO
DE UNA SOLUCION DE CONCENTRACION CONOCIDA.

Para lograr esto utilizaremos el siguiente procedimiento --
 que es similar al explicado anteriormente.

a) Colocar una cubeta con agua destilada en el polarímetro.
 Conectar la lámpara y esperar dos o tres minutos para que ésta se -
 caliente, lograr la imagen nítida de la frontera de separación ob -
 servando por el ocular.

b) Leer el ángulo (θ_0) en el nonio, repetir 5 veces la lec-
 tura.

c) Llenar una cubeta con la solución de concentración cono-
 cida cuidando que no queden burbujas de aire,

d) Colocar el tubo en el polarímetro ya hallar de nuevo la -
 imagen nítida de la frontera de separación.

e) Leer el ángulo θ' en el nonio, repetir 5 veces la lectu-
 ra.

f) Calcular el ángulo de giro mediante la siguiente fórmu -
 la, para cada medición.

$$\theta = \left| \theta' - \theta_0 \right|$$

g) Determinar el poder rotatorio específico de la solución -
 mediante la relación:

$$Z = \frac{\bar{\theta}}{C \cdot l}$$

donde:

C - es la concentración de la solución.

l - longitud de la cubeta.

$\bar{\theta}$ - es el valor medio de las mediciones de θ .

h) Calcule el error de Z como resultado de mediciones indi-
 rectas.

EJERCICIO # 2: DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE AZUCAR
EN UNA SOLUCION DESCONOCIDA.

a) Colocar la cubeta con la solución desconocida en el polarímetro y medir el ángulo de giro siguiendo las instrucciones del ejercicio anterior.

b) Usando el valor de (Z) previamente calculado en el ejercicio anterior, determinar la concentración de la solución analizada con ayuda de la relación:

$$C_x = \frac{\alpha}{Z \cdot l}$$

c) Calcule el error de C_x como resultado de mediciones indirectas.

Bibliografía

Frish - Timoreva Tomo III.

Sear (Óptica).

ALGUNAS NOCIONES SOBRE LA TEORIA DE ERRORES Y EL METODO DE -
LOS MINIMOS CUADRADOS EN EL AJUSTE DE CURVA.

El objeto de la mayoría de los experimentos físicos es el estudio cuantitativo de ciertas propiedades de la materia. Este estudio se realiza midiendo la magnitud física que caracteriza las propiedades que interesan al observador mediante aparatos de medida. Según la naturaleza de la magnitud que se investiga el aparato puede tener distintos grados de complejidad; no obstante cualquiera que sea su construcción los datos experimentales siempre contienen errores. Para tener un criterio claro de cuáles deducciones son ciertas y cuáles dudosas; es necesario valorar el error del resultado de la medición. La tarea de determinar el error de una magnitud medida en la práctica no es sencillo, la mayor dificultad radica en que la medición va acompañada de la acción e interacción de un gran número de diversos factores que influyen en uno u otro grado sobre el resultado de la medición.

Para facilitar el análisis del error del resultado del experimento; los errores de las mediciones conviene clasificarlos de acuerdo a los motivos que los provocan. En la teoría de errores se distinguen dos categorías: los errores sistemáticos y los accidentales o casuales.

Los errores sistemáticos son aquellos que, sin variar prácticamente durante el experimento entran en igual modo en cada resultado de las mediciones; dando lugar a su apartamiento en un sentido cualquiera. Sus fuentes pueden ser:

1. Errores instrumentales originados por defectos o irregularidades de los instrumentos de medición.

2. Errores vinculados con el estado del medio ambiente en el que se realizan los experimentos.

3. Errores debido a las particularidades del experimentador (errores subjetivos o personales).

4. Errores debido a la inexactitud de las constantes de graduación de los instrumentos y precisión limitada de las constantes universales.

Los errores sistemáticos sólo se pueden revelar y analizar a base de un estudio minucioso tanto del método como de los instrumentos, esta tarea es bastante difícil, como la apreciación de éstos es específica de cada caso particular, no existe una teoría general sobre los errores sistemáticos, sólo si se conocen las fuentes; se puede considerar su influencia haciendo las correcciones necesarias y a veces eliminándolas totalmente. Siempre que la magnitud de los errores sistemáticos esté por debajo de la magnitud del error accidental se pueden lograr resultados confiables.

La otra categoría de errores que denominamos accidentales o causales, va vinculada con factores que sufren pequeñas variaciones durante el experimento. Este tipo de error, dada su naturaleza casual puede considerarse como una magnitud aleatoria regulada por las leyes de las probabilidades y usar un modelo matemático determinado. La teoría de las probabilidades y su determinación cuantitativa puede hacerse en base a la estadística matemática. Se conoce que la dependencia entre el error accidental y el número de mediciones tiene la forma:

$$E_{acc} \approx \frac{1}{\sqrt{n}}$$

n - número de observaciones.

Por lo tanto, en principio, al aumentar el número de observaciones el error accidental se puede hacer una magnitud tan pequeña como se quiera.

Para tratar correctamente los resultados de las mediciones y estimar objetivamente la veracidad del valor obtenido de la magnitud que se mide, hay que tener en cuenta la precisión limitada del aparato, así como estimar los errores sistemáticos y accidentales.

Las mediciones se pueden clasificar en directas e indirectas, la primera son aquellas que se obtienen directamente de la escala de medición del instrumento y la segunda las que resultan de la sustitución de mediciones directas en una fórmula dada.

A continuación aparece el procedimiento para el cálculo de los errores en ambos tipos de mediciones.

MEDICIONES DIRECTAS.

Si se tiene una sucesión de valores $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ que son el resultado de la medición reiterada de una magnitud a , entonces:

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

donde:

n - es el número de mediciones.

$\bar{a}$ - es la media aritmética del conjunto de mediciones y es considerado el valor más probable.

Los valores:

$$\bar{a} - a_1 = \pm e_1$$

$$\bar{a} - a_2 = \pm e_2$$

$$\vdots$$

$$\bar{a} - a_n = \pm e_n$$

Se denominan errores absolutos de cada medición.

Basado en lo anterior podemos definir el error medio aritmético de las mediciones como:

$$E = \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2}{n(n-1)}}$$

Por lo tanto el valor real de la magnitud a debe encontrarse en el intervalo $(\bar{a} - E) \leq a \leq (\bar{a} + E)$.

MEDICIONES INDIRECTAS:

Mediciones indirectas de la función de un argumento.

Supongamos que se mide directamente la magnitud x y nos interesa una cierta función $f(x)$. Si tenemos $x_1, x_2, \dots, x_n$ como resultado de n mediciones. Para cada x_i se puede hallar el respectivo valor y_i ; calcular la magnitud de la media aritmética ($\bar{y}$) y la dispersión-muestral $s^2(y)$.

$$\bar{y} = f(\bar{x})$$

$$s^2(y) = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{x=\bar{x}}^2 s^2(x)$$

donde:

$$s^2(x) = \frac{(x_1 - \bar{x})^2}{n-1} + \frac{(x_2 - \bar{x})^2}{n-1} + \dots + \frac{(x_n - \bar{x})^2}{n-1}$$

El error accidental se puede obtener de la siguiente expresión:

$$E_{acc}(y) = \frac{s(y)}{\sqrt{n}}$$

Si sólo se considera el error accidental el resultado de las mediciones de la función, se puede escribir así:

$$y = \bar{y} \pm \frac{s(y)}{\sqrt{n}}$$

Mediciones indirectas de la función de más de un argumento.

Supongamos que conocemos la función de unos cuantos argumentos $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$; además las magnitudes $x_1, x_2, \dots, x_k$ se miden directamente en el ensayo.

La magnitud ($\bar{y}$) se obtiene de:

$$\bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k)$$

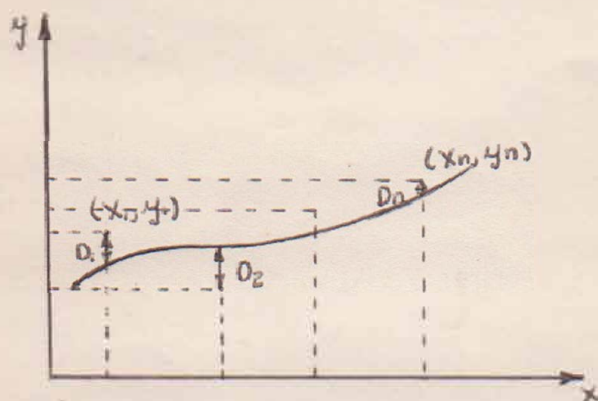
Y la dispersión muestral:

$$s^2(y) = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^2 s^2(x_1) + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^2 s^2(x_2) + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^2 s^2(x_n)$$

ALGUNAS NOCIONES SOBRE EL AJUSTE DE CURVAS.

Este método que analizaremos y que se emplea hoy en día casi exclusivamente para ajuste de líneas rectas (y otros tipos de curvas) a datos numéricos fue sugerido en el Siglo XIX por el Matemático Francés Legendre; es conocido como el método de los mínimos cuadrados; el cual requiere que las distancias de los puntos a la línea sean lo más pequeñas posibles.

Con el objetivo de llegar a una posible definición de Línea de ajuste óptima consideremos la siguiente figura, en que los puntos de los datos están dados por $(x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)$.



Para un valor de x ; digamos x_1 , habrá una diferencia entre el valor y , y el valor correspondiente de la curva C , denotada por D_1 . De igual forma para los valores de $x_2 \dots x_n$ obtendremos las diferencias o las desviaciones $D_2, \dots, D_n$.

Una medida de la "bondad del ajuste" de la curva a los datos dados viene dado por la cantidad

$$D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2$$

Si esta es pequeña el ajuste es bueno; si es grande el ajuste es malo. Por lo tanto daremos la siguiente definición:

"De todas las curvas que aproximan un conjunto dado de puntos, la curva que tiene la propiedad de que:

$$D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2$$

Sea mínimo es llamada curva de ajuste óptimo.

Una curva que tenga esta propiedad se dice que se ajusta a los datos en el sentido de mínimo cuadrado y es llamada curva mínima cuadrática. Por lo tanto una recta que tenga esta propiedad es llamada recta mínimo cuadrático.

La recta mínimo cuadrático que aproxima al conjunto de puntos $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ tiene por ecuación.

$$y' = a_0 + a_1 x.$$

donde las constantes a_0 y a_1 se determinan resolviendo simultáneamente las ecuaciones:

$$\begin{aligned}\sum y &= a_0 N + a_1 \sum x \\ \sum xy &= a_0 \sum x + a_1 \sum x^2\end{aligned}$$

que se denominan ecuaciones normales para rectas mínimas cuadráticas.

Las constantes a_0 y a_1 anteriores, también pueden ser calculadas por:

$$\begin{aligned}a_0 &= \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{N(\sum x^2) - (\sum x)^2} \\ a_1 &= \frac{N(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{N(\sum x^2) - (\sum x)^2}\end{aligned}$$

Bibliografía;

V.M. Gnurman: Teoría de las probabilidades y estadística matemática pág. 265 - 268.
Editorial Mir 1974.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

• En este trabajo se analizaron los aspectos generales sobre las prácticas de Laboratorio como son:

- El trabajo de Laboratorio.
- Objetivos del trabajo de Laboratorio.
- Contenido de los trabajos de Laboratorio.
- Formas organizativas del trabajo en el Laboratorio.
- El manual de trabajos de Laboratorio.
- El docente de las conferencias y el trabajo de Laboratorio.

Se elaboró el diseño del sistema de objetivos para el Laboratorio de Óptica, la conjugación de este aspecto y los mencionados anteriormente es para lograr la concepción armónica del conjunto de actividades experimentales, así como los objetivos específicos de carácter experimental y generales de carácter Educativo; -- además buscar la adecuada integración de las distintas prácticas de Laboratorio, de manera que el estudiante reciba a lo largo del semestre, de forma graduada, los elementos necesarios para la obtención de adecuados hábitos y capacidades en lo relativo al trabajo experimental.

Basado en los aspectos generales mencionados anteriormente y el diseño del sistema de objetivos; fueron revisados los teórico-práctico que utilizan los alumnos para realizar sus prácticas de Laboratorio, con el objetivo de superar las deficiencias detectadas durante el semestre, ajustarlos al sistema de objetivos propuesto y buscar la cantidad de información óptima para el estudiante.

Recomendamos, con vista a seguir mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje en esta parte de la asignatura lo siguiente:

- Adquirir equipos para el montaje de las prácticas de Laboratorio de la parte de Física Moderna.
- El Análisis de este trabajo con vista a la realización de trabajos similares en otros Departamentos.
- Exigir y verificar la auto-preparación del estudiante cuando concurre a realizar las prácticas de Laboratorio.
- Velar por que se cumplan todas las normas de seguridad establecidas para evitar roturas de equipos.
- Mientras tanto no se monten las prácticas de Física Moderna - que los alumnos comiencen a realizar sus prácticas en la Semana 7, donde ya todos han recibido, los fundamentos teóricos para la realización del experimento.

BIBLIOGRAFIA:

- S.Frish, A. Timoreva: Curso de Física General. Editorial Mir. Moscú 1968.
- David Halliday: Física para Estudiantes de Ciencias e -
Robert Resnic : Ingenierías.
Tomo III Tercera Edición 1975.
Editorial Pueblo y Educación.
- F.W. Sears: Óptica, Versión Española.
Cuarta Edición 1967.
- Libro de Textp: Óptica y Física Moderna. Primera Parte.
Primera Reimpresión 1979.
- Mercedes Cordero Bretón: Aspectos Metodológicos a tener en consi
deración en la elaboración del libro de
Texto en la Enseñanza Superior. Documen
to Autorizado.
- Dirección Docente Meto
dológica. Ministerio -
de Educación Superior. Sobre el trabajo metodológico.
- C.Álvarez Zayas: Aspectos de la metodología de la ense -
ñanza de la física.
Facultad de Física-Matemática. Universi
dad de la Habana 1981.
- V.E. Gaurman: Teoría de las probabilidades y estadís
tica matemática.
Editorial Mir. Moscú 1974.
- V.P. Spiridonov: Tratamiento matemático de datos Físico-
Químicos.
Editorial Mir. Moscú 1973.