

377.8

A 37 f



Ministerio de Cultura y Educación

**DIRECCION NACIONAL DE GESTION
DE PROGRAMAS Y PROYECTOS**

PNCD

**PROGRAMA NACIONAL DE
CAPACITACION DOCENTE**

**MATERIALES DE TRABAJO
PARA LA
CAPACITACION DOCENTE**

• FÍSICA •

**CONTENIDOS BASICOS COMUNES
PARA el 1er. y 2do. CICLO de la
EDUCACION GENERAL BASICA**

**República Argentina
1995**

INV

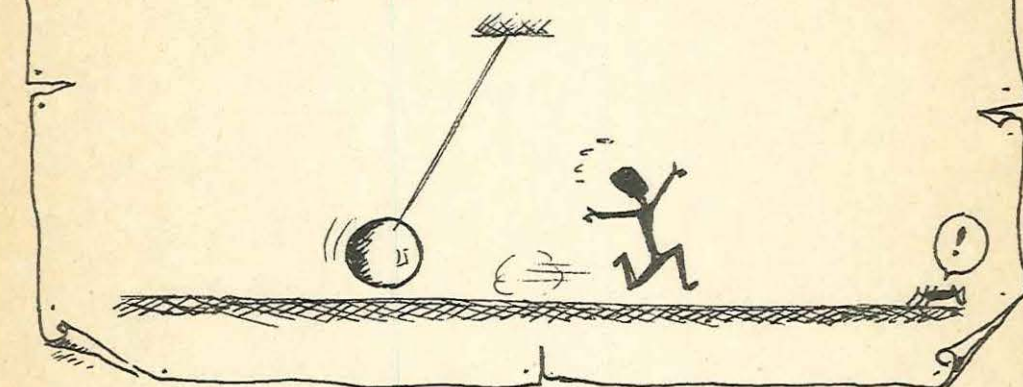
030338

SIG 377.8

LIB A37f

FÍSICA

MATERIAL PARA CAPACITADORES



Este material fue elaborado por

Silvia Calderón
Agustín Rela
Jorge Rubinstein
Ricardo Salas
Ernesto Scheiner
Jorge Sztrajman
Hugo Tricárico

en marzo de 1995.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Acerca de la formación de docentes	2
3. ¿Qué pueden aprender los niños de la ciencia escolar?	4
4. Conocimientos previos y aprendizaje escolar	9
5. ¿Qué contienen los contenidos escolares?	12
6. Circuitos eléctricos: conceptos básicos para un maestro	15
7. Actividades de aula	16
8. Peligros de la corriente eléctrica	19
9. Aplicaciones cotidianas	22
10. Actividad: ¿qué es una fuente de luz?	23
11. Fuentes de luz. Sombras	24
12. Laser	29
13. Lámparas dicroicas	52
14. Reflexión de la luz: texto para el alumno	55
15. Errores consagrados	71
16. Temas de actualidad	73

*

*

*

INTRODUCCIÓN

Este módulo ha sido concebido para ser utilizado en futuras acciones dentro del Programa de Capacitación de Capacitadores Provinciales. De acuerdo con las indicaciones recibidas, está diseñado para cubrir algunos aspectos que aparecen en los Contenidos Básicos Comunes (C.B.C.) de los 2 primeros ciclos de la Educación General Básica (E.G.B.).

En este caso se ha tomado el bloque 2 que corresponde a "El mundo físico" y se han seleccionado en él dos ejes vertebradores:

- 1) luz y sonido
- 2) conductores y aisladores; circuitos eléctricos

Algunas razones que justifican esta elección son:

- a) estos temas ofrecen buenas posibilidades para mostrar ejemplos de tratamiento espiralado
- b) permiten además un enfoque experimental accesible, incluso con materiales sencillos y de bajo costo
- c) muestran un campo propicio para el planteo de situaciones problemáticas que se constituyen en disparadoras de actividades
- d) dan oportunidad para trabajar sobre la relación ciencia-técnica-sociedad.

En el documento se consideran algunos aspectos básicos asociados a la Didáctica de la Educación en Física, que aparecen implícitamente o explícitamente en su desarrollo. De ellos, se ha tomado a título de ejemplo, el estudio de las llamadas concepciones previas, las que se analizan con alguna profundidad.

Para el tratamiento de otras cuestiones de didáctica se remite al lector a una serie de referencias bibliográficas.

En el desarrollo general se han tomado subtemas como luces y sombras y reflexión de la luz, para mostrar posibles propuestas de actividades a realizar con los alumnos. Del mismo modo se ha procedido con conductores y aisladores y circuitos eléctricos.

Por último es importante señalar que se intercalan en el módulo cuestiones que tratan:

- . temas de actualidad
- . temas que no se encuentran habitualmente en libros de textos
- . temas cotidianos

ACERCA DE LA FORMACIÓN DE DOCENTES

Estas consideraciones fueron elaboradas y corregidas por un grupo de docentes de España, Venezuela, Cuba y Argentina, coordinados por el Dr. Daniel Gil Pérez, con la finalidad de ser usada en un Programa Iberoamericano sobre Formación de Docentes en Ciencias.

BREVE ENUMERACION DE ALGUNOS ASPECTOS DIDACTICOS

Nota: Recordemos que el objetivo de esta recapitulación es impulsar una lectura detenida de algunos aspectos didácticos y contribuir así a la familiarización con la problemática, vocabulario y aportes de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias.

- * Es necesario discutir con un cierto detenimiento la importancia de los comienzos de cualquier tarea y, muy particularmente, del comienzo de un curso, evitando las entradas en materia abruptas o los discursos habituales y repetitivos sin reflexión explícita, por lo que basta que se facilite dicha reflexión para que los profesores y profesoras adoptemos una postura crítica y seamos capaces de distanciarnos de esas ideas y comportamientos.

Entre las concepciones docentes estudiadas, destacan:

- La creencia en el carácter natural del fracaso escolar en materias científicas, con las discriminaciones que ello entraña, por razón de sexo, origen social, etc. que ponen de relieve la influencia de las expectativas del profesorado en el aprendizaje y en las actitudes de los estudiantes.
- El clima de frustración vivido por parte del profesorado, que ignora las satisfacciones potenciales que esta actividad comporta como tarea abierta y creativa.

A este respecto puede discutirse el interés de que los docentes tengamos, durante algún tiempo, una actividad laboral distinta a la enseñanza.

- Las visiones simplistas y deformadas sobre la propia ciencia, que constituyen un serio obstáculo para la renovación de la enseñanza de las ciencias.

- * Es conveniente analizar la presentación de estrategias de enseñanza para un aprendizaje como investigación, que intentan aproximar el aprendizaje a la construcción de conocimientos científicos, a partir de situaciones problemáticas abiertas, susceptibles de interesar a los estudiantes.

Como parte esencial de estas estrategias se pueden discutir entre otras cosas:

- La metáfora de los estudiantes como investigadores noveles, dirigidos por expertos, que aleja la situación de aprendizaje tanto a la simple recepción de conocimientos como de una investigación autónoma en la frontera del conocimiento.
- La necesidad de diseñar programas de actividades capaces de guiar el trabajo de los estudiantes y el carácter de investigación aplicada

que este diseño tiene, lo que se convierte en un estímulo para el profesorado.

- La posibilidad que ofrece la orientación tentativa del trabajo científico, para favorecer la expresión funcional de las concepciones de los estudiantes como hipótesis.
- Las limitaciones impuestas por la edad de los estudiantes de esta etapa para una plena aplicación de estas estrategias y la conveniencia de favorecer una actividad tecnológica precientífica.
- La importancia del manejo reiterado de los conocimientos construidos en una variedad de situaciones, poniendo énfasis en la elaboración de productos y en las relaciones ciencia- tecnología- sociedad (CTS).

- * Se puede abordar la cuestión del currículo a desarrollar discutiendo los siguientes aspectos:
- La distinción entre currículo y temario.
- La necesidad de un hilo conductor que dé sentido a los estudios a realizar, evitando que queden en una simple acumulación de temas.
- El rechazo a currículos totalmente cerrados -que imponen, incluso, la secuencia de los temas- mostrando la posibilidad y conveniencia de que los profesores y los estudiantes se apropien de los currículos oficiales, modificándolos.

- * De forma más puntual, es interesante tocar otros aspectos didácticos, como:
- La importancia de una preparación cuidadosa de las clases para facilitar la flexibilidad y receptividad a las aportaciones de los estudiantes, la elaboración de síntesis enriquecedoras, etc.
- El peligro del autoritarismo, que aleja la situación de enseñanza/aprendizaje de lo que constituye una investigación científica.
- El interés de los esquemas gráficos como síntesis de las aportaciones de los estudiantes ... y los peligros de los esquematismos empobrecedores.

¿QUÉ PUEDEN APRENDER LOS NIÑOS DE LA CIENCIA ESCOLAR?

Esta pregunta nos remite a los contenidos de enseñanza. Cabe preguntarse entonces qué enseñamos al enseñar ciencia. Este interrogante se responde, en parte, desde la concepción de ciencia que adoptemos. Cuando digo "ciencia" me refiero a tres de sus acepciones integradas y complementarias que son:

- a) ciencia como cuerpo conceptual de conocimientos, como sistema conceptual organizado de modo lógico,
- b) ciencia como modo de producción de conocimientos, y
- c) ciencia como modalidad de vínculo con el saber y su producción.

Las tres acepciones presentan a la ciencia como un cuerpo de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Este cuerpo de conocimientos actúa como referente en el momento de elaborar el objeto a enseñar, esto es, el momento de seleccionar los contenidos de la ciencia escolar.

La ciencia escolar, por lo tanto, está constituida por un cuerpo de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales seleccionados a partir del cuerpo científico erudito. Tomamos como referente este conocimiento erudito y nos proponemos que los niños, a través de la enseñanza escolar, lleguen a obtener una visión conceptual, procedimental y actitudinal coherente con la científica.

La categoría de contenidos conceptuales engloba diferentes tipos: datos, hechos, conceptos y principios (Coll, 1987; Coll, Pozo y otros, 1992).

En la escuela primaria, a través de la enseñanza de estos contenidos, no esperamos ni nos proponemos lograr cambios conceptuales profundos, pero sí sabemos que es posible enriquecer los esquemas de conocimiento de nuestros alumnos en una dirección coherente con la científica.

La categoría de contenidos procedimentales engloba también diferentes tipos. Sin embargo, todos ellos constituyen cursos de acción ordenados orientados a la consecución de metas (Coll, Pozo y otros, 1992). Estos cursos de acción no consisten sólo en acciones corporales efectivas sino también en acciones de naturaleza interna, esto es, acciones psicológicas.

La enseñanza de los contenidos procedimentales en el área de las ciencias naturales tiene una tradición que se remonta a la década del 60, período en el que surgen numerosos proyectos de innovación didáctica.

Estos proyectos, en su conjunto, proponían centrar la enseñanza en los procesos de investigación. El objetivo central era aprender a investigar, y se sostenía que la utilización de procedimientos de investigación era la vía adecuada para el "descubrimiento" de los contenidos conceptuales.

Son numerosas las críticas que se han efectuado a estos proyectos basados en el descubrimiento; sin embargo, hay una que resulta relevante tratar aquí; la que se refiere al tipo de contenidos procedimentales que dichos proyectos transmitían.

En la práctica de la enseñanza, la multiplicidad de procedimientos propios de las ciencias quedó reducida a la transmisión de un único método científico consistente en un conjunto de pasos perfectamente definidos, y a aplicarlos de modo mecánico.

Cuando hablo de contenidos procedimentales no aludo a la enseñanza de un único método científico (por otra parte, inexistente

en la práctica científica real) sino a la enseñanza de un conjunto de procedimientos que aproximen a los niños a formas de trabajar más rigurosas y creativas y más coherentes con el modo de producción del conocimiento científico.

La enseñanza de contenidos procedimentales debería conducir a la superación de lo que Gil Pérez (1986) ha dado en llamar "metodología de la superficialidad". Los contenidos procedimentales, entonces, permitirían modificar la tendencia a generalizar acríticamente a partir de observaciones cualitativas, presente en esta metodología espontánea de los alumnos.

Finalmente, la categoría de contenidos actitudinales engloba un conjunto de normas y valores (Coll, C., 1987) a través de los cuales nos proponemos formar en los niños una actitud científica, esto es, una modalidad de vínculo con el saber y su producción. La curiosidad, la búsqueda constante, el deseo de conocer por el placer de conocer, la crítica libre en oposición al criterio de autoridad, la comunicación y la cooperación en la producción colectiva de conocimientos son algunos de los rasgos que caracterizan la actitud que nos proponemos formar (Fumagalli y Lacreu, 1992; Fumagalli, 1993).

La formación de una actitud científica (contenidos actitudinales) está estrechamente vinculada al modo como se construye el conocimiento (contenidos metodológicos), y este modo se gesta en la interacción con un particular objeto de conocimiento (contenido conceptual) (Fumagalli, L., 1993). Esta última afirmación nos ubica frente a una nueva cuestión, la estructuración de la estrategia de enseñanza, que trataré en el próximo punto.

¿COMO ENSEÑAR CIENCIAS NATURALES A LOS NIÑOS?

La cuestión central es la de encontrar un estilo de trabajo a través cual los niños puedan apropiarse de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Si bien las estrategias de enseñanza son configuraciones complejas que resultan de la articulación de diferentes concepciones teóricas, en la búsqueda de una respuesta a cómo enseñar tiene particular importancia la concepción de aprendizaje que se sostenga.

Si algo se puede decir respecto de esta concepción es que en la actualidad no existen teorías generales que den cuenta del proceso aprendizaje escolar. En este sentido, dice Coll (1987):

En el momento actual, la psicología de la educación no dispone todavía de un marco teórico unificado y coherente que permita dar cuenta de los múltiples y complejos aspectos implicados en los procesos de crecimiento personal y de la influencia que sobre ellos ejercen las actividades educativas escolares. No disponemos aún de una teoría comprensiva de la instrucción con apoyatura empírica y teórica suficiente para utilizarla como fue única de información. Tenemos, eso sí, múltiples datos y teorías que proporcionan informaciones parciales pertinentes.

Tal como expresa César Coll, contamos con información aportada por diferentes investigaciones realizadas desde otros tantos marcos teóricos.

Por otra parte, es el aprendizaje de contenidos conceptuales el campo más indagado en el conjunto de investigaciones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales. Es poco aún lo investigado sobre el aprendizaje de contenidos procedimentales o actitudinales.

Frente a este panorama parece lícito integrar aportes de diferentes investigaciones, aquellos que puedan serlo sin caer en una postura ecléctica y, en este sentido, poco consistente desde el

punto de vista teórico.

La propuesta de trabajo que sostengo se fundamenta en la tesis constructivista del aprendizaje. Numerosas investigaciones referidas al aprendizaje de conceptos científicos y hechas desde marcos constructivistas plantean puntos de contacto que resulta relevante tener en cuenta para la elaboración de una estrategia de enseñanza. Ellos son:

a) Lugar asignado a los conocimientos previos del alumno en el proceso de aprendizaje escolar

En los últimos veinte años, a través de la investigación se ha legitimado y probado que los alumnos no llegan en blanco a cada nueva situación de aprendizaje escolar, sino que portan esquemas de conocimientos previos. Estos esquemas constituyen representaciones de la realidad, en ellos se articulan tanto conceptos construidos en el ámbito escolar como otros construidos espontáneamente en la práctica extraescolar cotidiana.

Sabemos hoy que las concepciones espontáneas son persistentes y que no bastan algunas pocas actividades de aprendizaje para modificarlas.

Probablemente, esta persistencia se deba a que estas concepciones resultan coherentes para los sujetos que las sostienen, y constituyen instrumentos eficaces para la predicción y la explicación de los fenómenos cotidianos.

Sabemos también que las concepciones de los alumnos son de carácter implícito, que aparecen como "teorías en acción" en el sentido de que no pueden ser verbalizadas por los mismos sujetos que las sostienen en acto.

Los estudios realizados han permitido, además, saber sobre el origen de las concepciones alternativas y, en virtud de ello, agruparlas en distintos tipos.

Las investigaciones que han tomado como objeto de estudio los conocimientos previos de los niños han aportado información relevante para repensar el proceso de aprendizaje escolar.

Se sostiene que los conocimientos previos constituyen sistemas interpretación y de lectura desde los cuales los niños otorgan significado a las situaciones de aprendizaje escolar (Coll, 1987; Driver y otros, 1989)

Por lo tanto, estructurar la enseñanza a partir de dichos conocimiento es una condición necesaria para que los alumnos logren un aprendizaje significativo.

b) Lugar asignado al conflicto en el cambio conceptual

La necesidad de partir de los conocimientos previos de los alumnos es sostenida desde diferentes posturas didácticas basadas en otras tantas teorías del aprendizaje.

Este consenso es aparente, y las diferencias se ponen de manifiesto cuando se analiza el tratamiento que los conocimientos previos tienen el proceso de aprendizaje escolar.

En todos los casos se trata de modificar esos conocimientos previos para acercarlos a los conocimientos científicos que se pretende enseñar; sin embargo, existen diferentes estrategias

didácticas para lograrlo.

Estas estrategias didácticas tienen supuestos epistemológicos y psicológicos diferentes y, en virtud de ellos, es que se retrabajan los conocimientos previos.

Desde la postura constructivista e interaccionista del conocimiento, y en particular del aprendizaje sostenida por la psicología genética, para que los conocimientos previos se modifiquen es necesario ponerlos a prueba en diversas situaciones que los contradigan.

Al respecto Castorina y otros (1986) sostienen:

La fuente de los progresos en los conocimientos se halla en los desequilibrios que los sujetos sienten como conflictos e incluso como contradicciones. En su esfuerzo por resolverlos, se producen nuevas coordinaciones entre esquemas que les permiten superar las limitaciones de los conceptos anteriores.

Para que estos conflictos o contradicciones se produzcan es necesario que los niños tomen conciencia de las teorías que sostienen en acción, esto es, que las puedan hacer explícitas.

Por este motivo, existe entre diferentes autores consenso en afirmar que la exploración de ideas previas no sólo es útil para que el docente conozca como piensan sus alumnos sino que resulta una instancia desde la que estos pueden comenzar a tomar conciencia de sus teorías implícitas mediante la reflexión sobre sus propias ideas.

Lo expresado hasta aquí supone que aprender conceptos científicos consiste en cambiar las teorías propias ya existentes por otras "mejores", más cercanas a las de los científicos.

Esta tesis, que se limita al campo de los contenidos conceptuales, resulta un modelo fértil para considerar la enseñanza de las ciencias en la universidad, e incluso con adolescentes; sin embargo, cabe replantearla para la enseñanza primaria.

Como he sostenido, en la escuela primaria se hace una aproximación a una ciencia escolar que todavía está lejos de la ciencia de los científicos. No esperamos cambios conceptuales profundos y no es frecuente poder suscitar conflictos cognoscitivos. Ello se debe, en gran medida, al hecho de que existen limitaciones a la toma de conciencia de las teorías implícitas por parte de los alumnos.

Por este motivo, coincido con Hilda Weissmann (1993) cuando sostiene que en edades tempranas no se dan cambios conceptuales (en el sentido en que se han descrito) sino que, en la mayoría de los casos, se amplían, enriquecen y, a lo sumo, relativizan las teorías espontáneas de los niños.

6) Lugar asignado a la acción en el aprendizaje de las ciencias

Ya desde el movimiento de la escuela activa, que se remonta a John Dewey, la actividad del alumno aparece como un rasgo relevante en toda propuesta de enseñanza que se pretenda innovadora,

Sin embargo, tras el supuesto acuerdo se encubren también diferentes concepciones de actividad que delimitan otras tantas estrategias de enseñanza y posibilidades de aprendizaje.

La propuesta de enseñanza de las ciencias por descubrimiento promovió la utilización de guías orientadoras de los trabajos prácticos a desarrollarse en el aula.

De este modo, en las clases de ciencias más actualizadas es frecuente ver a alumnos que manipulan materiales de laboratorio, que observan, mezclan, filtran, miden temperaturas, completan cuadros,

sacan promedios. Sin embargo, podría uno preguntarse si son realmente alumnos activos desde el punto de vista cognoscitivo.

Cuando se habla de actividad cognoscitiva en la tradición de la psicología genética no se alude a una acción física efectiva sino a una acción de carácter psicológico tendiente a otorgar significados (Castorina y otros, 1988).

En este sentido, una propuesta de enseñanza es activa cuando favorece la construcción de nuevos significados en los alumnos. Si esto no ocurre, estaremos en presencia de acciones físicas, meros movimientos carentes de contenidos; a esto lo denominamos activismo.

La acción que aparece hoy jerarquizada desde diferentes investigaciones es, entonces, la acción cognoscitiva. Para promoverla, resulta imprescindible trabajar a partir de los conocimientos previos de los alumnos en tanto marcos interpretativos, desde los cuales se construyen los nuevos significados.

d) Lugar asignado a la información y sus implicaciones didácticas

Finalmente, un rasgo que también aparece jerarquizado en estudios actuales es el lugar de la información en el aprendizaje de las ciencias.

Durante las décadas de los años 60 y 70, por influencia de propuestas de enseñanza de las ciencias orientadas preponderantemente a la transmisión de contenidos procedimentales (enseñanza basada en procesos), los contenidos conceptuales cayeron en descrédito.

Sin embargo, la ilusión de la enseñanza basada en procesos se enfrentó, a partir de los 80, con dos situaciones críticas: no se aprendían los procedimientos tal como se esperaba y menos aún se accedía a los contenidos conceptuales. En la actualidad contamos con investigaciones que han comenzado a demostrar que existe una estrecha relación entre el modo como se construye el conocimiento y el objeto de conocimiento que se construye.

Esto nos aporta nuevos elementos para sostener la tesis de que no es posible aprender contenidos procedimentales escindidos de los contenidos conceptuales.

Sin embargo, la revalorización de los contenidos conceptuales no proviene sólo del fracaso de la enseñanza basada en procesos. Esta revalorización se apoya también en una nueva conceptualización acerca del propósito de la enseñanza escolar, en virtud de la cual se resalta la intencionalidad de la escuela de promover en los alumnos la construcción de "esquemas de conocimiento".

La transmisión de contenidos conceptuales desempeña un rol importante en dicho proceso de construcción. Y resalto la palabra "transmisión" porque considero que existe un cuerpo conceptual que el alumno no descubre ni construye espontáneamente.

Este cuerpo conceptual debe ser transmitido por la escuela, pero de un modo tal que garantice su apropiación activa (significativa) por parte de los alumnos.

Conocimientos previos y aprendizaje escolar

Si hubiera que resumir en una sola frase la concepción constructivista adoptada en la Reforma educativa, tal vez pudiéramos hacerlo recurriendo a la célebre y feliz idea de Ausubel, tantas veces citada, según la cual «el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñese en consecuencia» (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978, pág. 1).

AUTORES VARIOS*

Si asumimos una actitud constructivista con respecto al aprendizaje de los alumnos, una de nuestras preocupaciones fundamentales —aunque desde luego no la única ni la última— deberá ser por tanto conocer qué es lo que los alumnos ya saben sobre lo que vamos a enseñarles. No es casual que buena parte de la investigación y de la innovación educativa haya estado dedicada estos últimos años a estudiar los conocimientos previos de alumnos de muy diversas edades, así como la forma en que pueden ser tratados y evaluados en el aula. En el presente artículo esbozaremos algunas de las características generales de los conocimientos previos de los alumnos, y reflexionaremos además sobre su origen y sobre la forma en que pueden ser tratados en el aula con el fin de promover su cambio.

Características de los conocimientos previos de los alumnos

Siempre que una persona intenta comprender algo —por ejemplo, un profesor que se pregunta por qué los alumnos tienen dificultades especiales para entender un concepto, o un alumno que intenta comprender la transformación de un líquido en un gas—, necesita activar una idea o conocimiento previo que le sirva para organizar esa situación y darle sentido. La experiencia previa del profesor en la enseñanza de ese mismo contenido o los conocimientos previos del alumno con respecto a la evaporación serán determinantes de la explicación que uno y otro den finalmente del fenómeno en cuestión. Si queremos ayudar al pro-

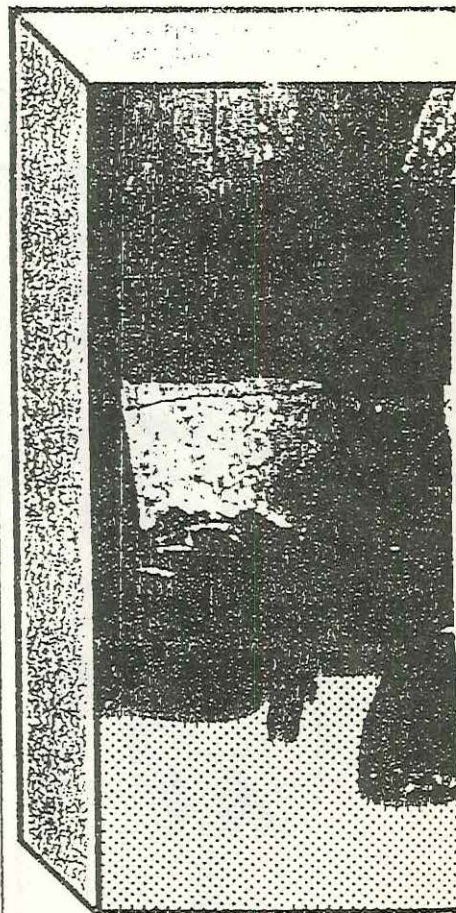
fesor a enseñar mejor ese contenido o al alumno a comprender los cambios de estado, debemos saber cuáles son sus conocimientos previos.

Afortunadamente, en los últimos años han aumentado considerablemente los estudios sobre las ideas y conocimientos previos de los alumnos en muy diversas áreas. Disponemos así de datos abundantes con respecto al conocimiento de los alumnos con respecto a, por ejemplo, los fenómenos físicos y químicos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Hierrezuelo y Montero, 1988), biológicos (Giordan y De Vecchi, 1987), sociales e históricos (Carretero, Pozo y Asensio, 1989) e incluso matemáticos (Orton, 1988). Como es obvio, los conocimientos previos de los alumnos en cada una de estas áreas difieren no sólo en el contenido al que se refieren, sino también en su naturaleza (algunos conocimientos son más conceptuales y otros más procedimentales; unos son más descriptivos, otros más explicativos; unos son más generales, otros más específicos, etc.). Además estos factores pueden variar según la edad y la instrucción previa de los alumnos. A pesar de esta diversidad, podemos intentar extraer algunos de los rasgos más característicos de los conocimientos previos de los alumnos, si bien debemos entender que se trata de una generalización limitada y un tanto imprecisa.

Ante todo, suele destacarse que esos conocimientos son *construcciones personales* de los alumnos, es decir, han sido elaborados de modo más o menos espontáneo en su interacción cotidiana con el mundo. De hecho, muchos de ellos son previos a la instrucción, y tienen su dominio natural de aplicación en el entorno cotidiano del alumno. Desde la cuna los niños están percibiendo el movimiento, el sonido, la luz de los objetos, y prediciendo de modo más o menos fiable su comportamiento. Igualmente, su interacción con las personas les proporcio-

na conocimientos para interpretar los deseos, intenciones y sentimientos de los demás. Se forman así conocimientos o ideas previas que aunque suelen ser *incoherentes desde el punto de vista científico*, no tienen por qué serlo desde el punto de vista del alumno. De hecho, suelen ser bastante predictivas con respecto a fenómenos cotidianos, aunque no sean científicamente correctas. El alumno predice con bastante éxito cómo se mueven los objetos, pero sus explicaciones se alejan bastante de la mecánica newtoniana (Pozo, 1987).

Además, los conocimientos de los alumnos



son bastante estables y resistentes al cambio, por lo que muchas veces persisten a pesar de muchos años de instrucción científica. Se han identificado no sólo en niños y adolescentes (Carretero, 1985) sino también entre adultos, incluso entre universitarios y dentro de su área de especialidad (Pozo, 1987). A pesar de ser construcciones personales y poseer un significado idiosincrático son compartidas por personas de muy diversas características (edad, país de procedencia, formación, etc.), existen en general unas pocas tipologías en las que puede clasificarse la mayor parte de las concepciones alternativas en un área dada. Esta universalidad llega incluso a trascender el tiempo, y aparecen en algunos casos ideas similares en los alumnos actuales a las elaboradas por filósofos y científicos eminentes de tiempos pasados. Esta *similitud histórica* está siendo explotada como una fuente de sugerencias para la secuenciación y organización de los contenidos (p. ej. Giordan y De Vecchi, 1987).

Un rasgo muy relevante del conocimiento previo de los alumnos es su *carácter implícito* frente a los conceptos explícitos de la ciencia. Ello condiciona la metodología que puede utilizarse para estudiar los conocimientos previos o para tratarlos didácticamente en el aula, ya que aunque en algunos casos se identifican a través del lenguaje, las más de las veces se descubren implícitos en las actividades o prediccio-

nes de los alumnos, constituyendo teorías o ideas «en acción», que los alumnos no pueden verbalizar. De hecho, uno de los factores que hay que tener en cuenta para promover el aprendizaje escolar a partir de los conocimientos previos será fomentar en primer lugar la toma de conciencia de los alumnos con respecto a sus propias ideas, ya que sólo haciéndolas explícitas y siendo conscientes de ellas, lograrán modificarlas (Moreno, 1989; Pozo, 1989).

Otra característica de los conocimientos personales es que *buscan la utilidad* más que la «verdad», como supuestamente harían las teorías científicas. Los conocimientos previos de los alumnos sobre el movimiento de los objetos sirven para mover con eficacia los objetos. Los conocimientos escolares sobre el mismo tema sirven, en cambio, para descubrir leyes generales sobre el movimiento de los objetos y no necesariamente para moverlos mejor. Por ello, los alumnos suelen persistir durante mucho tiempo en sus conocimientos previos intuitivos, a pesar de haber recibido mucha instrucción en sentido contrario. Esta persistencia de las ideas previas se explica en parte porque su dominio de aplicación no se corresponde con el de los conocimientos adquiridos mediante el aprendizaje escolar. En el aula se le proporcionan conocimientos generales, mientras que sus ideas y conocimientos previos son *específicos*, se refieren muchas veces a realidades próximas y

concretas a las que el alumno no sabe aplicar las leyes generales que se le explican en clase. Así, sigue utilizando una estrategia errónea o primitiva para hacer sus cálculos cotidianos sin aplicar conocimientos matemáticos que deberían serle útiles, o interpretando los hechos sociales en términos idealistas y personalizados —como sucede en muchas películas y novelas— en lugar de aplicar conceptos sociales o históricos. Una de las formas de ayudar a los alumnos a modificar sus ideas previas es basar la presentación del conocimiento escolar en situaciones y contextos próximos a la vida cotidiana del alumno, de forma que el saber científico se muestre no sólo «verdadero» sino también útil (en el sentido de que sirva para explicar fenómenos reales para el alumno y no sólo situaciones hipotéticas).

Vemos por tanto que si entendemos el aprendizaje escolar como un proceso basado, al menos parcialmente, en el cambio y la evolución de los conocimientos previos de los alumnos, lo que es necesario tener en cuenta es conocer cómo se han formado esos conocimientos previos. A continuación, nos referiremos brevemente a los diversos tipos de ideas o concepciones previas que pueden tener los alumnos en función de la forma en que se han originado, ya que posiblemente los procesos de cambio o aprendizaje son distintos en unos casos y otros.

El origen de los conocimientos previos: las concepciones de los alumnos

Dejando a un lado otro tipo de reflexiones sociológicas, epistemológicas y curriculares, aquí nos centraremos en los procesos cognitivos del alumno que están en la base de sus conocimientos previos. Hay ya un buen número de sugerencias sobre las causas psicológicas que hacen que los alumnos tengan las ideas que tienen sobre muchas situaciones. Desde la predominancia de lo perceptivo, o el uso de un razonamiento causal simple, hasta la influencia de la cultura y la sociedad, canalizada especialmente por medio del lenguaje y de los medios de comunicación, sin olvidar los efectos nocivos de ciertas formas de didáctica que a veces no sólo no modifican las ideas de los alumnos sino que además generan nuevas ideas científicamente erróneas. Aunque posiblemente todas estas fuentes —y algunas otras no mencionadas o tal vez impensadas aún— estén interactuando en el origen de las ideas de los alumnos, es importante analizar las distintas implicaciones de cada uno de esos tipos de causa, ya que se ha sugerido que la estabilidad y la propia naturaleza representacional de las concepciones de los alumnos dependen en parte de los procesos mediante los que se han construido, por lo que no sería descabellado pensar que su cambio requiera a su vez estrategias didácticas distintas.

Todas las causas antes mencionadas pueden, a nuestro entender (Pozo y otros, 1991), clasificarse en tres grandes grupos, que originan tres tipos de concepciones levemente diferenciadas, aunque en continua interacción:

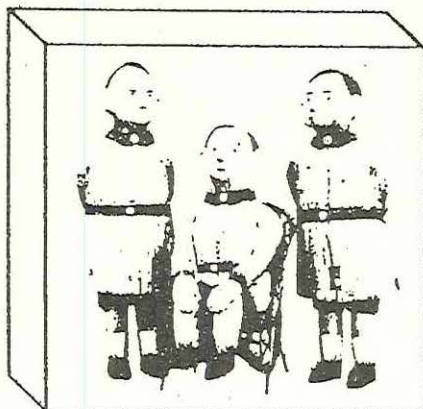


—**Concepciones espontáneas:** se forman en el intento de dar significado a las actividades cotidianas y se basan esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos —en el caso del mundo natural— mediante procesos sensoriales y perceptivos.

—**Concepciones inducidas:** el origen de estas concepciones no estará tanto dentro del alumno como en su entorno social, y de cuyas ideas se impregna el alumno. La cultura es entre otras muchas cosas un conjunto de creencias compartidas por unos grupos sociales, de modo que la educación y la socialización tienen entre sus metas prioritarias la asimilación de esas creencias por parte de los individuos. Dado que el Sistema Educativo no es hoy el único vehículo —y a veces ni siquiera el más importante— de transmisión cultural, los alumnos acceden a las aulas con creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos.

—**Concepciones analógicas:** a pesar de la ubicuidad de las concepciones alternativas, existen algunas áreas de conocimiento con respecto a las cuales los alumnos carecen de ideas específicas, ya sea espontáneas o inducidas, por lo que para poder comprenderlas, se ven obligados a activar, por analogía, una concepción potencialmente útil para dar significado a ese dominio. Cuanto menor sea la conexión de un dominio con la vida cotidiana mayor será la probabilidad de que el alumno carezca de ideas específicas al respecto. De esta forma, la comprensión debe basarse en la formación de analogías, ya sea generadas por los propios alumnos o sugeridas por la enseñanza.

Esta distinción no implica que desde un punto de vista cognitivo las diferentes concepciones funcionen por separado. De hecho, como acabamos de sugerir, las analogías se basan en concepciones ya existentes, normalmente formadas a través de las otras vías. Del mismo modo, las concepciones socialmente inducidas deben ser asimiladas por cada persona en función de sus conocimientos previos, en los cuales obviamente las concepciones espontáneas desempeñan una función primordial. En todo caso, hay motivos para creer que los conocimientos previos pueden ser de diferente naturaleza en unos dominios y otros. El conocimiento sobre el mundo natural es en muchos casos espontáneo y tiene su origen en la percepción inmediata del entorno y en un razonamiento intuitivo que intenta dar sentido al comportamiento de los objetos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Pozo y otros, 1991). En cambio el conocimiento sobre el mundo social es predominantemente inducido y está constituido por «representaciones sociales» que, en lugar de ser una construcción más o menos espontánea del alumno, se transmiten a través de los canales de socialización, como la familia, las relaciones sociales, los medios de comunicación, etc. (Páez y otros, 1987). Por último existen algunas áreas o materias —como por ejemplo la química— con respecto a las cuales los alumnos poseen intuiciones menos firmes, por lo que buena parte de los conocimientos que activan para comprenderlas se basan en el uso analógico de modelos o ideas tomadas de otras áreas.



El cambio de los conocimientos de los alumnos

Este diferente origen de uno u otro tipo de conocimientos afecta no sólo a su organización sino posiblemente también a su grado de consistencia o coherencia, y, en consecuencia, a la mayor o menor facilidad con la que pueda lograrse un cambio o evolución en las ideas de los alumnos. Una de las razones por las que es conveniente preguntarse por el origen de los conocimientos previos de los alumnos es que ello facilita la conexión entre esos conocimientos poco sistematizados de los que el alumno ya dispone y los conocimientos que se pretende que adquiera a través del aprendizaje escolar.

Numerosos estudios muestran que los alumnos persisten en sus ideas tras años y años de instrucción. Este dato, aparentemente contradictorio con las evaluaciones que a menudo realizan sus profesores, podría deberse a que el conocimiento escolar o académico es utilizado por los alumnos sólo en situaciones académicas (tareas escolares, evaluaciones, etc.) mientras que para comprender el mundo que les rodea siguen utilizando su conocimiento personal. Puede que los alumnos aprendan más de lo que las investigaciones recientes muestran. Tal vez adquieran conocimientos escolares que luego no son capaces de aplicar a situaciones más cotidianas, en las que suelen estar basadas esas investigaciones. Es como si en un mismo alumno coexistieran muchas veces dos tipos distintos de conocimiento sobre un mismo fenómeno: el académico —más formal y científico— y el personal —informal, implícito pero bastante predictivo.

Entender el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual —además de metodológico y actitudinal— supone vincular explícita y deliberadamente ambos tipos de conocimiento por medio de técnicas y recursos didácticos. Se trata de partir de los conocimientos de los alumnos para modificarlos mediante la presentación y el análisis de un conocimiento científico más elaborado. Pero ello sólo será posible si ese conocimiento científico se presenta de modo que haga referencia al mundo cotidiano del alumno, que es donde se han originado sus conocimientos previos. Así el «cambio conceptual» no debe entenderse como un proceso de sustitución de unos conocimientos por otros,

sino más bien como un proceso de evolución —que no es instantáneo sino que requiere tiempo— de las ideas de los alumnos. El aprendizaje significativo se siempre el producto de la interacción entre un conocimiento previo activado y una información nueva. Entre las condiciones necesarias para lograr ese aprendizaje (véase, p. ej., Pozo, 1989) un requisito esencial es disponer de técnicas y recursos que permitan activar los conocimientos previos de los alumnos para confrontarlos con la nueva información. En nuestra opinión, una de las asignaturas pendientes para que la propuesta constructivista sea viable es precisamente la elaboración de recursos eficaces para activar, evaluar y modificar los conocimientos previos de los alumnos en las distintas áreas que componen el currículum en la enseñanza obligatoria. ■

* Juan Ignacio Pozo, Margarita Limón y Ángeles Sanz pertenecen a la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid, y Miguel Ángel Gómez Crespo al IB Victoria Kent de Torrejón de Ardoz (Madrid).

Para saber más

- Ausubel, D.P.; Novak, J.D. y Hanesian, H.: *Educational Psychology. A cognitive view. 2nd edition*, Nueva York: Holt, Rinehart y Winston, 1978. Trad. cast. de M. Sandoval: *Psicología Educativa*, México: Trillas, 1983.
- Carretero, M. (1985a): «El desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud: Las operaciones Formales», en M. Carretero; A. Marchesi y J. Palacios (Eds.): *Psicología Evolutiva 3. Adolescencia, madurez y senectud*, Madrid: Alianza Psicología.
- Carretero, M.; Pozo, J.I. y Asensio, M. (Eds.): *La enseñanza de las ciencias sociales*, Madrid: Visor, 1989.
- Driver, R.; Guesne, E. y Tiberghien, A.: *Children's ideas in science*, Milton Keynes: Open University Press, 1985. Trad. cast. de P. Manzano: *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Madrid: Morata/MEC, 1989.
- Glordan, A. y De Vecchi, G.: *Les origines du Savoir*, Delachaux et Niestlé: Neuchâtel, 1987.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A.: *La ciencia de los alumnos*, Barcelona: Laia/MEC, 1988.
- Moreno, A.: *Perspectivas psicológicas sobre la conciencia*, Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, 1989.
- Orton, A.: *Learning mathematics*, Londres: Cassell, 1988. Trad. cast. de G. Solana: *Didáctica de las matemáticas*, Madrid: Morata/MEC, 1990.
- Páez, D. y otros: *Pensamiento, individuo y sociedad. Cognición y representación social*, Madrid: Fundamentos, 1987.
- Pozo, J.I.: *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*, Madrid: Visor, 1987.
- Pozo, J.I.: *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Madrid: Morata, 1989.
- Pozo, J.I.; Sanz, A.; Gómez Crespo, M.A. y Limón, M. (1991): «Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva», *Enseñanza de las Ciencias*, 9, (1).

¿Qué contienen los contenidos escolares?

Pensar en llevar adelante una clase sin contenidos sería una tarea imposible para cualquier docente. Sin embargo, algo que parece tan evidente, no se ha visto siempre así en la reciente historia de la psicopedagogía. El papel que debían desempeñar los contenidos en el proceso de enseñanza y aprendizaje ha suscitado posturas controvertidas. Quizás se deba ello a que los contenidos escolares, como todo aspecto de una realidad cotidiana que nos parece obvio, resulta muy difícil de desentrañar, precisamente porque su permanente presencia los convierte en algo habitual y próximo, y ello nos impide tomar la distancia necesaria para analizar con perspectiva este elemento básico en la educación.

ELENA MARTÍN *

A lo largo de los intentos que se han llevado a cabo en este análisis se han venido manteniendo posturas diversas que podrían agruparse, siguiendo a Coll y Solé (1987), en tres grandes líneas. La primera de ellas defiende que la función primordial de la educación es favorecer el desarrollo del alumno, de sus capacidades y competencias generales, y para conseguir esto los contenidos concretos que se trabajen resultan hasta cierto punto secundarios. Frente a esta concepción, la segunda perspectiva, relacionada con las teorías asociacionistas y ambientalistas, hace hincapié en que la escolarización debe permitir al estudiante asimilar el conjunto de conocimientos que caracterizan un sistema cultural dado. Desde este punto de vista lo importante son los contenidos específicos, aquellos propios de la cultura concreta y no tanto las capacidades generales, ya que en este enfoque el desarrollo está supeditado al aprendizaje.

El supuesto enfrentamiento entre estas dos interpretaciones de la educación se resuelve armoniosamente en las propuestas de la psicología soviética representada por Vygotski y sus seguidores, en la que se defiende que la educación es el proceso mediante el cual una persona se desarrolla al realizar aprendizajes sobre los elementos claves de su cultura. Este enfoque integra, por tanto, los procesos de aprendizaje y de desarrollo, al hacer responsable de ambos a la educación, entendida ésta como una interacción

con un medio social culturalmente organizado en el que ciertos agentes sociales (padres o educadores) median entre el conocimiento y el niño. Así, los conocimientos específicos de cada cultura son contenidos fundamentales para el proceso de enseñanza y aprendizaje ya que es precisamente por medio de ellos, de estos patrones culturales, como se irá desarrollando la competencia intelectual general.

Así expuesto resulta una explicación atractiva y fácil de entender, y, sin embargo, la engañosa polémica acerca de si lo importante en la escuela son los contenidos o los procesos ha estado en los centros escolares hasta hace no muchos años. La concepción psicológica, mayoritariamente aceptada en este momento, que considera que no se pueden aprender capacidades generales en abstracto, al margen de con-

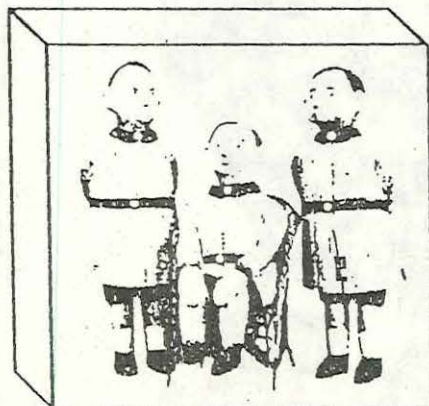
tenidos específicos, está todavía buscando su traducción educativa. Lo que de momento se ha resuelto airoso en términos psicológicos no resulta igual de claro en las aulas.

Los diferentes tipos de contenido

En nuestra opinión la controversia que aún se mantiene en algunos casos sobre este tema se debe a que unos y otros estamos entendiendo cosas distintas cuando hablamos de contenidos escolares. La concepción más habitual, hasta hace poco tiempo, era la que consideraba que los contenidos escolares eran exclusivamente los que se referían a hechos y conceptos. La constatación del fracaso de un proceso de enseñanza y aprendizaje enfocado desde la perspectiva transmisiva más tradicional, plasmada en propuestas curriculares centradas fundamentalmente en contenidos conceptuales, así como la aparición de los nuevos marcos teóricos constructivistas en psicopedagogía hicieron reflexionar sobre la necesidad de incorporar de manera sistemática, ya que implícitamente siempre han estado en las aulas, los contenidos relativos a los procedimientos, habilidades o destrezas que forman parte del conocimiento y que son, a su vez, imprescindibles para construirlo.

Hoy en día esta segunda perspectiva es mayoritariamente aceptada entre los docentes y, en general, las personas implicadas en el proceso educativo. No lo es tanto, en cambio, la propuesta que incorpora un tercer tipo de contenido que se refiere al aprendizaje y la enseñanza de actitudes, valores y normas (Coll, 1987). Sin embargo, las razones para defender la necesidad de ampliar el significado de lo que se viene entendiendo por contenidos escolares son en nuestra opinión de suficiente peso.

El primer argumento se refiere a que el desarrollo de las capacidades identificadas en los objetivos educativos como aquellas que se considera necesario que los alumnos y alumnas construyan, porque forman parte de su cultura, exige la confluencia de los tres tipos de contenidos. Si, por ejemplo, queremos que los futuros ciudadanos de este país sean capaces de analizar y valorar los diversos factores que explican el funcionamiento de las sociedades con-



temporáneas y actuar en su actividad cotidiana en consecuencia, como se indica en varios de los objetivos del área de la futura secundaria obligatoria, es evidente que el proceso de enseñanza y aprendizaje tendrá que ir dirigido a que los estudiantes hagan suyos conceptos tales como estructura económica o proceso de descolonización, pero será igual de imprescindible que aprendan a consultar fuentes bibliográficas, o a contrastar conjeturas, así como que revisen críticamente la información a la que vayan accediendo, para hacerse un juicio propio que les permita actuar con criterio en las situaciones que se les planteen. Y es el conjunto de los aprendizajes lo que forma personas capaces, ya que tan importante es entender los hechos sociales como utilizar ese entendimiento para ser una persona socialmente responsable. Si el proceso educativo se centra exclusivamente en alguno de los tres aspectos del conocimiento conceptual, procedimental o actitudinal, olvidando los restantes, provocará un desarrollo incompleto y disarmónico de los alumnos.

La segunda razón se basa en la constatación de que, de hecho, en la escuela se aprenden los tres tipos de contenido. El alumnado aprende desde luego conceptos, aprende también procedimientos, pero aprende igualmente normas, actitudes y valores. Y todo lo que un alumno

aprende se puede y, desde una concepción intencional de la educación escolar como la que proponemos, se debe enseñar. No tiene sentido que este tipo de contenido de carácter actitudinal forme parte del denominado currículum oculto o implícito, sino que nuestra intervención como docentes debe ser tan intencional y tan explícita en la enseñanza de este tipo de contenidos como en la de los otros dos. Tendremos que programar cómo vamos a ayudar a que alumnas y alumnos construyan sus valores y actitudes con tanto detalle como lo hagamos para los contenidos conceptuales y procedimentales que consideremos necesarios.

Las resistencias que todavía existen con respecto a los contenidos actitudinales se explican en función de su falta de tradición en los currículos actuales; de la mayor dificultad que por su propia naturaleza tiene este tipo de contenidos para ser enseñados y, aún más, evaluados; y, quizá fundamentalmente, por la carga ideológica que conllevan. Sin embargo, es éste un miedo hasta cierto punto falaz, ya que la ideología es algo intrínseco a la educación porque lo es al ser humano, y se transmite ideología en el conjunto del hecho educativo y no sólo en los contenidos actitudinales. No ser conscientes de esta transmisión de valores y no revisarlos aumentará el riesgo de que la escuela sólo

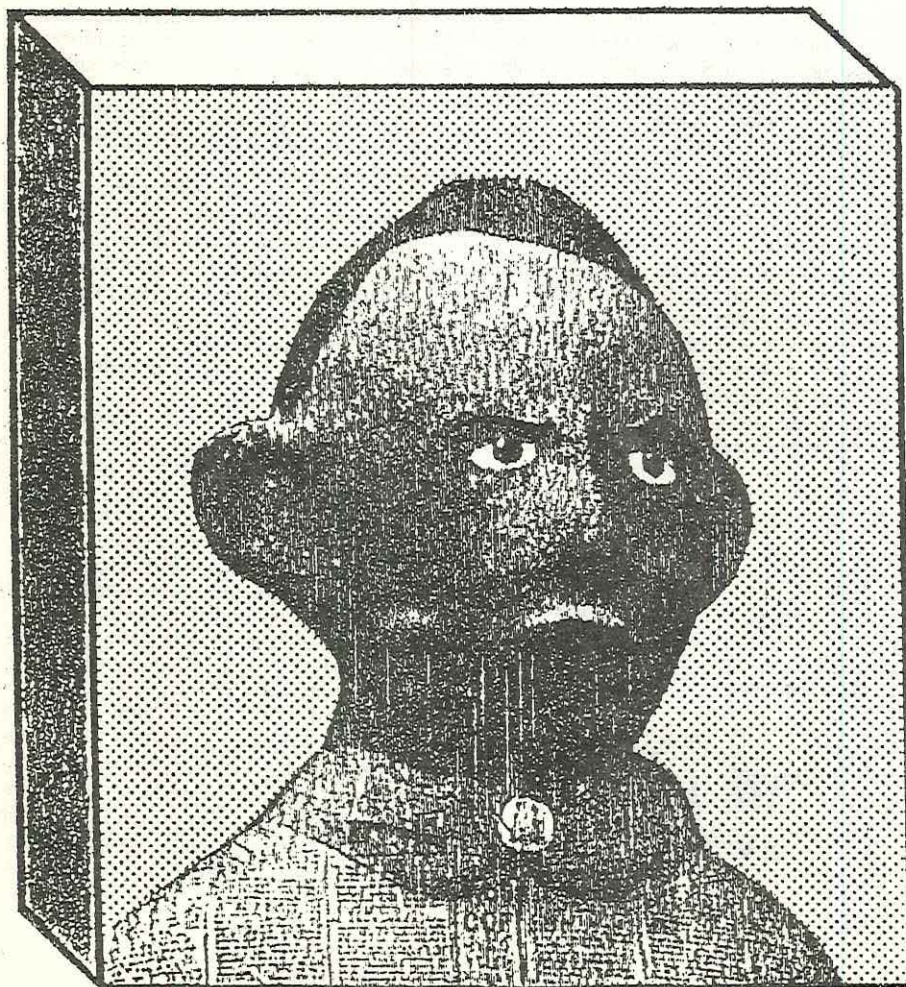
colabore a reproducir los valores sociales vigentes. Tendremos que ponernos de acuerdo en cuáles queremos que sean los contenidos de nuestra escuela, y entre ellos los valores, las normas y las actitudes, pero, una vez decidido, deberemos incorporarlos al proceso de enseñanza y aprendizaje a todos los efectos.

El valor pedagógico de la tipología de contenidos

Hay que tener bien claro, sin embargo, que la diferencia entre contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, tal y como se introduce en el currículum, es una distinción de tipo pedagógico. Nos resulta útil establecer estos tres tipos porque, como hemos indicado más arriba, son contenidos de naturaleza diversa, y los procesos mediante los cuales se enseñan y se aprenden conceptos, procedimientos, y valores y actitudes son diferentes entre sí, como lo son también las estrategias e instrumentos de evaluación más adecuados en cada caso. Estructurar el currículum en torno a estos tres tipos de contenido debe ayudar al profesorado a la hora de organizar su práctica docente, orientándola acerca del enfoque que en cada momento puede ser más acertado.

Veamos un ejemplo: en el Área de Lengua y Literatura, propuesta en el Diseño Curricular Base de la Reforma, se hace una opción funcional y comunicativa de la enseñanza y el aprendizaje de la lengua. Por lo tanto, las situaciones de comunicación, son un macrocontenido que vertebrará el área. En torno a las situaciones de comunicación, los profesores pueden introducir contenidos dirigidos a que sus alumnos y alumnas se expresen con corrección, propiedad y coherencia, desarrollando las destrezas receptivas y productivas adecuadas al nivel de aprendizaje al que se esté trabajando. Este tipo de contenidos serían entonces fundamentalmente procedimentales. Pero además aparece, en un momento dado, el objetivo de que los alumnos lleguen a identificar los elementos más importantes de la situación de comunicación (tipo de interlocutor, tipo de contexto, intencionalidad del mensaje, etc.), porque ello ayudará a mejorar su expresión y comprensión. Y los contenidos que entonces trabajaremos no serán tanto procedimentales cuanto conceptuales, ya que se trata de una reflexión y toma de conciencia de ciertas estructuras presentes en el uso del lenguaje, estructuras que hasta ese momento el alumno utilizaba sin tener conocimiento explícito de ellas. Pero además de que el alumno se exprese con propiedad, corrección y coherencia, y de que conozca ciertos elementos básicos de la situación comunicativa, podemos enseñarle también a que valore la diversidad lingüística como una fuente de enriquecimiento y no a que la rechace como mera transgresión de la norma. Y esto constituye un contenido básicamente actitudinal.

Vemos pues cómo los contenidos pueden enfocarse en cada momento, según nuestros objetivos pedagógicos, desde uno de los tres as-

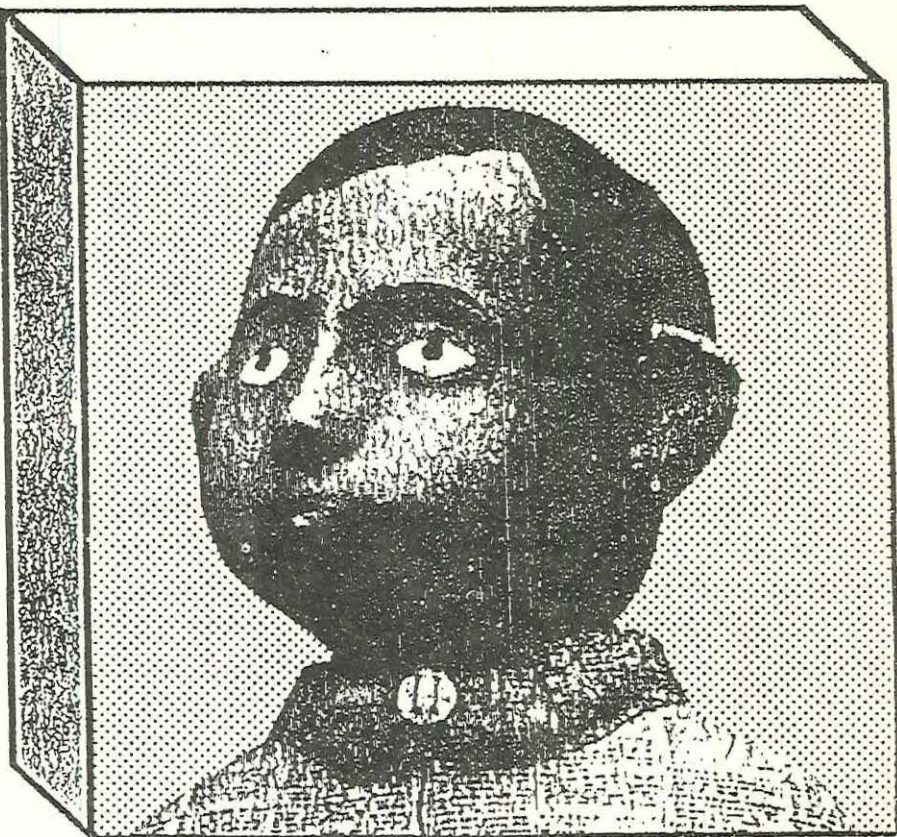


pectos, conceptual, procedimental o actitudinal, o desde varios de ellos simultáneamente, que suele ser lo más habitual. Esto no quita que haya etapas o ciclos educativos en los que un tipo de contenido pueda tener un peso claramente mayor que otro, como es el caso de la Educación Infantil en la que el proceso de enseñanza y aprendizaje se vertebra fundamentalmente a través de contenidos procedimentales y actitudinales, con poca presencia de los conceptuales.

Establecer la diferencia entre tipos de contenido e incorporar los procedimentales y actitudinales al futuro currículum tiene entonces, desde este punto de vista, indudables ventajas. Hay que estar, sin embargo, muy atento a posibles interpretaciones erróneas que, por la falta de tradición de este enfoque, se producen en ocasiones. Una de estas confusiones consiste en entender los procedimientos como orientaciones metodológicas que se le dan al profesorado para que organice las actividades de enseñanza y aprendizaje. Y los procedimientos no son eso. Los procedimientos son contenidos que, como señala Vals, se refieren «...a la manera de hacer algo, al saber-hacer; aprender y enseñar procedimientos implica que el alumno adquiere un conjunto de habilidades, estrategias, reglas o pautas de actuación, rutinas y modos de hacer, tácticas y métodos, algoritmos, etcétera, los cuales le convierten en práctico, competente y, quizá, experto —según el tipo y grado de aprendizaje propuesto— para afrontar significativamente su entorno» (1989, pág. 33).

Los procedimientos pueden referirse a modos de saber hacer de un mayor o menor nivel de generalidad (Amorós y Llorens, 1986). Es decir, son procedimientos «la clasificación de objetos atendiendo a sus atributos» o «el control sistemático de las variables que confluyen en un problema», como ejemplos de procedimientos sumamente potentes y generales, pero también lo son, desde la perspectiva que estamos defendiendo, técnicas más concretas como «el manejo de instrumentos científicos». Aunque aludan a destrezas de distinto rango, todas ellas, a diferencia de los contenidos conceptuales y actitudinales, son «conjuntos de acciones ordenadas y encaminadas a llegar a un fin» (Coll, 1987, pág. 139). Y, como acabamos de decir, no pretenden decirle al profesorado cómo organizar el proceso de enseñanza y aprendizaje, sino que le señalan conocimientos que al final del proceso educativo tienen que haber construido los alumnos. Esto no quita que haya procedimientos que reclamen muy directamente opciones metodológicas. Es evidente que si queremos que nuestros alumnos lleguen a interpretar con corrección códigos cartográficos, tendremos que utilizar mapas en clase, pero una cosa son los recursos metodológicos de los que como docentes nos dotamos y otra el contenido del aprendizaje.

Esto mismo sucede con los contenidos actitudinales. No se trata de consideraciones acerca de cómo conseguir un clima afectivo y social adecuado en un centro, sino de aquellos valores, normas y actitudes que queremos que acaben presidiendo el comportamiento de nues-



tros alumnos y alumnas, aunque, como en el caso de los procedimientos, contenidos determinados aludan muchas veces a ciertas prácticas educativas (Gómez y Mauri, 1986).

Dentro de este tipo de contenido puede establecerse también una clara dicotomía. Hay contenidos actitudinales que se refieren a valores éticos y que, como tales, no son específicos de ningún área sino que están presentes en todas, ya que son responsabilidad de todo docente y del conjunto de intervención educativa (solidaridad, tolerancia...). Sin embargo, existe otro tipo de contenidos actitudinales que están vinculados a características propias de las distintas disciplinas, y que son necesarios para generar sus conocimientos, como es el caso de actitudes de «rigor y precisión en el uso de algoritmos», o de «relativismo en la interpretación de los hechos sociales». Por encima de estas diferencias, ambos tipos son contenidos actitudinales ya que se refieren a tendencias persistentes en el comportamiento de las personas que obedecen a determinados principios normativos.

No querríamos acabar estas reflexiones sin hacer hincapié en una premisa que debe presidir el tema que nos ocupa: la tipología de contenidos propuesta ha de ser interpretada siempre, como toda formalización, con flexibilidad y no como un corsé rígido sin significado educativo real. Esta formalización será útil si, como hemos dicho, ayuda efectivamente a mejorar la

actividad docente. Y para que esto sea así habrá que emplear todavía mucho tiempo en discutir y reflexionar sobre ella a la luz de lo que su puesta en práctica en las aulas nos vaya indicando. ■

* Elena Martín pertenece a la Dirección General de Renovación Pedagógica del MEC.

Para saber más

- Amorós, C. y Llorens, M. (1986): «Los procedimientos», *Cuadernos de Pedagogía*, n° 139, (jul.-ago. 1986), pp. 36-41.
- Coll, C.: *Psicología y currículum. Una aproximación psicopedagógica al currículum escolar*, Barcelona: Laia, 1987.
- Coll, C. y Solé, I. (1987): «La importancia de los contenidos en la enseñanza», *Investigación en la Escuela*, n° 3, pp. 19-27.
- Gómez, I. y Mauri, T. (1986): «Valores, actitudes y normas», *Cuadernos de Pedagogía*, n° 139, (jul.-ago. 1986), pp. 43-46.
- Vals, E. (1989): «Los procedimientos, su concreción en el Área de Historia», *Cuadernos de Pedagogía*, n° 168, (marzo 1989), pp. 33-36.

CIRCUITOS ELÉCTRICOS: CONCEPTOS BÁSICOS PARA UN MAESTRO

¿Cuáles serían los conceptos básicos que debería tener un maestro sobre circuitos eléctricos?

Por ejemplo

1- En un circuito hay partes que transforman energía no eléctrica en eléctrica (por ej. una pila) y otras que hacen lo inverso (por ej. una lamparita, un motor eléctrico)

2- Para que la transferencia de energía se produzca, el circuito debe estar cerrado.

3- La corriente eléctrica se detecta por sus efectos (térmico y magnético) y su intensidad se mide en ampere.

4- Existen materiales que permiten el pasaje de la corriente eléctrica (conductores) y otros que la impiden o dificultan (aisladores)

5- Desde el punto de vista del modelo de la estructura de la materia la corriente eléctrica consiste en el desplazamiento de partículas cargadas (electrones y iones)

6- Los elementos que constituyen un circuito se pueden conectar en serie o en paralelo.

7- La composición y el tamaño de los objetos empleados en un circuito influyen en la intensidad de la corriente eléctrica.

8- Los cortocircuitos y los excesos de carga en circuitos pueden recalentar peligrosamente los cables. Para evitar este peligro se emplean los fusibles y los interruptores.

9- El consumo o potencia (energía transformada por segundo) de un artefacto eléctrico suele estar indicada en el mismo y se mide en watt. Multiplicando el consumo de cada aparato en uso por el tiempo en que fue utilizado se obtiene el gasto total que nos factura la empresa de energía eléctrica. (En KW.h es decir 1000 watt por hora)

10- Entre los bornes de una pila la tensión (se mide en volt) es "continua" y tiene generalmente el valor indicado por el fabricante (por ej 1,5 V). En un enchufe la tensión es "alterna" esto es que tomando como referencia uno de los agujeros la tensión del otro fluctúa entre 220 V y -220 V, 50 veces por segundo.

ACTIVIDADES DE AULA

Pila de limones

En esta actividad nos proponemos usar limones y chapitas de zinc y de cobre a modo de batería para hacer encender un diodo o hacer funcionar un reloj.

Materiales necesarios

- limones
- chapitas de zinc y de cobre
- varios cables
- un diodo LED (light emitting diode) pequeño o un reloj de pantalla de cristal líquido

Procedimiento

Conectar un cable a cada chapa e insertarlas convenientemente en los limones, a fin de hacer funcionar el diodo LED o el reloj digital. Recordar que el dispositivo distingue el polo positivo del negativo: si no funciona, intercambiar sus terminales.

- Propuesta 1: ¿Qué otro producto usado para condimentar las ensaladas podría reemplazar al limón?
- Propuesta 2: ¿De dónde sale la energía que hace funcionar al dispositivo?
- Propuesta 3: ¿Se podrían usar chapas todas del mismo material? ¿Por qué?
- Propuesta 4: ¿Por qué enciende el diodo y no una lámpara de linterna?

Sabés como funciona una linterna?

Teniendo mucho cuidado desarmá una linterna y fijate las partes que la componen. Para que sirve cada uno?

Materiales:

Cablecitos
Lamparitas de 1,5 - 2,5 Volts.
Pilas
Cinta adhesiva

Con estos elementos construí tu propia linterna.

Una vez que tu linterna funcione separá uno de los cables y "cerrá" el circuito con algunos útiles (bolígrafos, resortes del cuaderno, partes de la carpeta, grafito del lápiz, ganchitos etc).

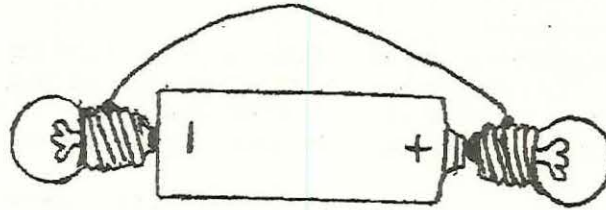
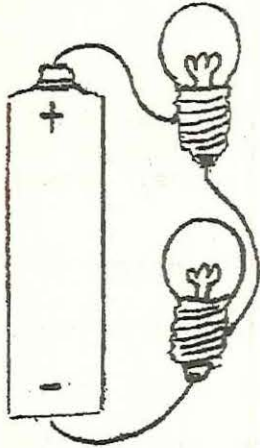
Luego de estas pruebas, ¿De qué material fabricarías la manija de un artefacto eléctrico?

Aquellos materiales de los que están compuestos los objetos que al "conectarlos" permitan que la lamparita se encienda se llaman conductores. Y los que no lo permiten aisladores. En general los metales son buenos conductores. La madera, el vidrio, la loza, la mayoría de los plásticos y gomas no son conductores y se los denominan "Aisladores".

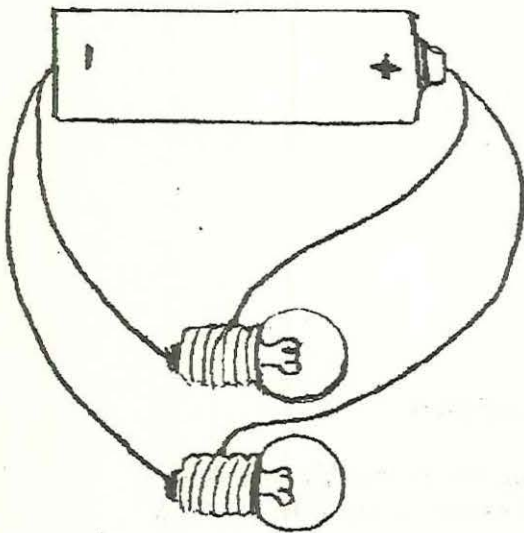
Materiales:

Dos Pilas.
Dos o más lamparitas para 1,5 o 2,5 volts.
Cablecitos
Cinta adhesiva

Conectar una pila con dos lamparitas de distintas maneras: Si una de las conexiones te quedo como alguno de estos dibujos, los circuitos están en serie.

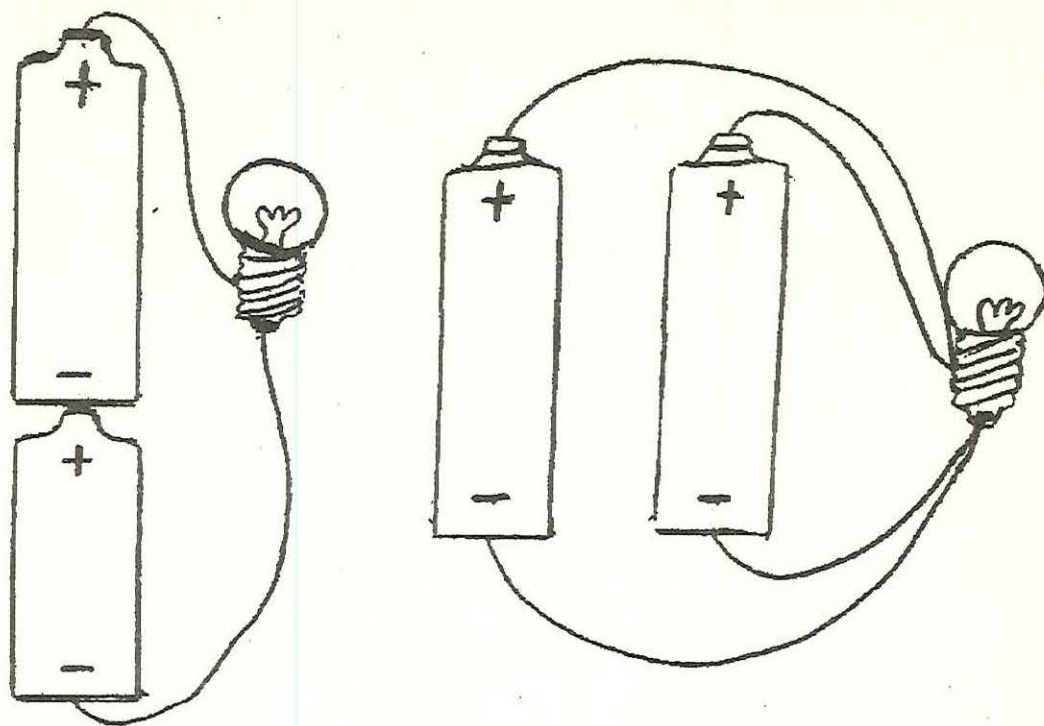


Qué ocurre al desconectar alguno de los cables?



Si el circuito te quedó como este dibujo se llama en paralelo. Y fíjate que ocurre cuando desconectás distintas partes del circuito.

Tomá dos pilas y una lamparita de 2,5. Conectá de diferentes formas teniendo en cuenta que las puntas de las pilas (polo positivo) esté siempre para el mismo lado. Nuevamente desconectá las distintas partes de los distintos circuitos y fijate lo que ocurre.



Ahora tomamos dos pilas y dos o más lamparitas. Conectalas de diferentes maneras y en cada caso desconectá primero una lamparita, volvéla a conectar, desconectá la otra, volvela a conectar, y después hacelo con cada una de las pilas, siempre observando y tomando nota de lo que ocurre.

Si tuvieras que diseñar el circuito eléctrico de tu casa Cómo lo harías? Por que?

PELIGROS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Choque eléctrico en el cuerpo humano - Autor Jose Henrique Voulo-Dal libro Fisica 3 Electromagnetismo del GREF (Grupo de reelaboración de la enseñanza de la física - Instituto de Física de la Universidad de San Pablo- Brasil. Traducción del portugués.

a) Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.

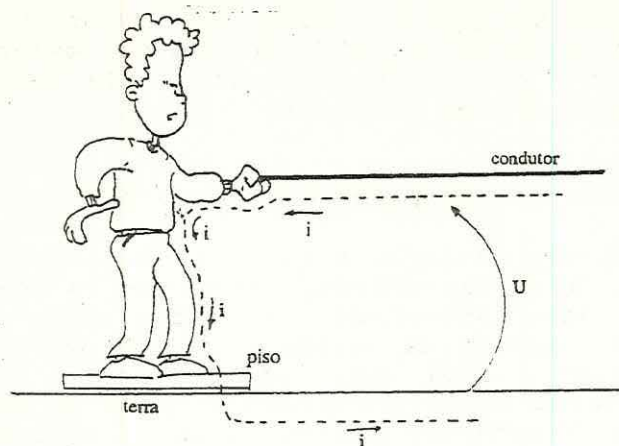
El cuerpo humano es muy sensible a la corriente eléctrica. Esto es así porque las actividades musculares, incluidas la respiración y los latidos cardíacos, son controlados por corrientes eléctricas internas. Una corriente eléctrica externa puede provocar graves descontrol, tales como parálisis respiratoria, fibrilación ventricular o paro cardíaco. Los principales efectos de la corriente eléctrica para el cuerpo humano son resumidos en la siguiente tabla. Sus resultados se han extraído de experiencias con animales y eventuales accidentes, por lo que deben considerarse tomados aproximados.

EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA EN EL CUERPO HUMANO

Corriente electrica* 50 Hz.	Duración	Efectos más graves **
0 a 0,5 mA	cualquiera	Ninguno
0,5 a 2 mA	cualquiera	Umbral de percepción
2 a 10 mA	cualquiera	Dolor Contracción muscular Descontrol muscular.
10 a 25 mA	minutos	Contracción muscular Dificultad respiratoria Aumento de la presión arterial
25 a 50 mA	segundos	Parálisis respiratoria Fibrilación ventricular Inconsciencia
50 a 200 mA	más de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular Inconsciencia Parálisis respiratoria Marcas visibles
mas de 200 mA	menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular Inconsciencia Marcas visibles
mas de 200 mA	más de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco reversible Inconsciencia Quemaduras

* Las bandas de corriente eléctrica son aproximadas y deben ser tomadas solo en su orden de magnitud.

**** Gran probabilidad de ocurrencia**



En el caso de corriente eléctrica en partes menos vitales del cuerpo (por ejemplo entre los dedos pulgar e índice de una misma mano) los valores de corriente tolerables son ciertamente bastante mayores que los indicados en la tabla, pero en este caso pueden ocurrir graves quemaduras.

La fibrilación ventricular es uno de los efectos más graves, porque puede llevar a la muerte en pocos minutos, pudiendo ser inducida por una corriente tan baja como 50 microampere aplicada directamente al corazón. La fibrilación ventricular se caracteriza por movimientos de contracción descoordinados de los ventrículos, que provocan la desaparición del bombeo sanguíneo. Lo que torna a la fibrilación ventricular particularmente peligrosa es que una vez iniciada, raramente cesa espontáneamente, debiéndose restituir el ritmo cardíaco normal con auxilio médico mediante técnicas de desfibrilización.

b) corriente eléctrica entre una las manos y tierra.

La corriente eléctrica que circula por el cuerpo esta dada por la ley de Ohm $I=U/R$ donde R es la resistencia del cuerpo correspondiente a la porción que es parte del circuito y que puede variar enormemente, dependiendo básicamente de los siguientes factores:

- acoplamiento entre la mano del individuo y el conductor, que depende esencialmente del estado de humedad de la piel en el área de contacto.
- frecuencia de la corriente eléctrica.
- resistencia interna asociada al camino de la corriente en el cuerpo, que generalmente es menor que la resistencia asociada al contacto entre la piel y el conductor.
- acoplamiento entre los pies del individuo y el piso.
- acoplamiento entre el piso y la propia tierra.

Como medida de prevención contra el choque eléctrico, nunca se debe tocar un conductor sin aislamiento adecuado y mucho menos agarrar al conductor, pues en caso de choque, la contracción muscular podría provocar que la mano apriete más al conductor.

Los zapatos con suela de goma gruesa en piso con un buen revestimiento aislante constituyen una buena protección adicional contra el choque eléctrico entre la mano y la tierra, para el caso de tensión doméstica (220 V 50 Hz) y ambientes secos. En el caso de ambientes mojados esas protecciones pueden ser completamente inútiles.

En el caso de altas tensiones (más de 500 volt) la descarga eléctrica puede ocurrir a través de fisuras del aislante, o aun por la superficie del mismo dependiendo de la humedad o sujeta a otros factores. Esto significa que en el caso de altas tensiones zapatos o pisos aislantes comunes pueden ser cuidados inútiles, aún en ambientes relativamente secos.

c) Choque eléctrico entre ambas manos.

Esta situación es mucho más peligrosa que la anterior. Esto es así porque todos los cuidados de aislamiento con relación a tierra se tornan completamente inútiles, y además, la corriente eléctrica pasa directamente por el corazón, pudiéndose presumir que la corriente total para provocar fibrilación ventricular, es menor en este caso. Un cálculo estimativo nos muestra el peligro de este caso. La resistencia del cuerpo entre las manos muy sudadas puede ser tan baja como 2000 ohm. Tomando en cada mano uno de los cables de la red doméstica (220 V) la corriente eléctrica por el cuerpo sería $I = U/R = 220\text{v}/2000\text{ ohm} = 110\text{ mA}$.

Esta corriente es suficiente para provocar parálisis respiratoria o fibrilación ventricular.



El ejemplo anterior muestra claramente que es falsa la idea de que tensiones relativamente bajas como las de la red domiciliaria sean seguras.

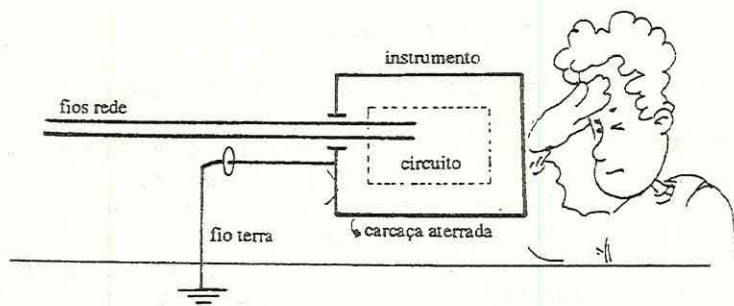
La regla básica de prevención contra el choque eléctrico entre las dos manos consiste en NUNCA USAR LAS DOS MANOS SIMULTANEAMENTE en puntos diferentes del circuito. Por ejemplo, nunca se deben agarrar dos cables (aún aislados) con manos diferentes, nunca tocar aparatos diferentes simultáneamente, con una mano en cada uno, etc. Técnicos que trabajan en instrumentos con alta tensión acostumbran decir que "se debe trabajar con una mano en el bolsillo".

La manipulación de un multímetro debe hacerse con cuidado. A pesar de que las puntas de prueba son aisladas, nunca deben tomarse con manos diferentes simultáneamente.

d) Conexión de instrumentos a "tierra"

Toda instalación eléctrica (aún la doméstica) debería tener un terminal conectado a "tierra" (o simplemente un cable a tierra) de forma que todos los enchufes tuviesen un tercer borne para esta conexión.

El punto de "tierra" es construido enterrando en el local de la instalación, conductores en tierra húmeda que contenga sal u otras sustancias para garantizar una alta conductividad eléctrica entre los conductores y la tierra propiamente dicha.



Como medida de seguridad, todas las cajas metálicas de los instrumentos y blindajes deben estar conectados a tierra. La conexión a tierra de las carcasas metálicas coloca a todas ellas a un mismo potencial eléctrico, que es el "tierra" en el local de la instalación. Este procedimiento representa grandes ventajas tales como:

- prevención del choque eléctrico entre la mano del operador y el piso, pues la caja de cada instrumento está con el mismo potencial que el piso. Particularmente peligrosa es una ducha eléctrica sin conexión a tierra.
- prevención de choque cuando el operario toca simultáneamente dos instrumentos diferentes, pues ambos están a igual potencial.
- prevención de descargas entre instrumentos cuando estos se tocan. Los instrumentos sensibles podrían ser dañados por estas descargas si estuviesen a distintos potenciales.

Además de estas ventajas, una buena "tierra" puede ser una referencia eléctrica estable para la realización de medidas. Las interferencias externas (ruidos) en las medidas disminuyen cuando las cajas de los instrumentos están conectadas a tierra.

APLICACIONES COTIDIANAS

¿Para qué sirve la tercera pata de los enchufes?

La tercera pata de los enchufes sirve para prevenir accidentes eléctricos. Hace años, cuando no existían los enchufes de tres patas y todos eran de dos, se recomendaba conectar a una canilla las partes metálicas exteriores de artefactos como heladeras y lavarropas, para reducir así el riesgo de electrocución. Esa estrategia servía para que si por accidente un cable electrificado tocaba la carcasa metálica del aparato, la descarga iba "a tierra". La actual tercera pata del enchufe cumple esa función de conexión a tierra y está conectada a las partes metálicas exteriores de los aparatos. Sin embargo, debemos recordar que ~~e~~ para que la tercera pata cumpla su función, la tercer ranura del tomacorriente debe estar efectivamente conectada a tierra. Esa conexión a veces no existe por negligencia de los constructores o por negligencia o ignorancia de quienes hacen reparaciones.

¿Como protegen los disyuntores diferenciales?

La compañía que nos provee la electricidad nos manda dos cables. La electricidad entra por uno de ellos y sale por el otro. En condiciones normales la cantidad de electricidad que entra por uno de los cables coincide con la que regresa por el otro. Si ambas cantidades no son iguales es porque algo de electricidad se pierde en el camino, por una pérdida a tierra de cables mal aislados o por un accidente. Cuando una persona toca un cable que transporta electricidad y recibe una descarga, la electricidad va a tierra en vez de regresar por el otro cable. El disyuntor diferencial es un dispositivo que corta la corriente si la cantidad de electricidad que viaja por ambos cables no coincide, y de ese modo protege de los accidentes eléctricos. Sin embargo, hay accidentes eléctricos en los que el disyuntor es inútil: si una persona toca ambos cables de electricidad la corriente viajará de uno a otro a través de su cuerpo y el disyuntor no detectará el accidente.

Pero, la instalación de un disyuntor diferencial no nos salva de la sacudida eléctrica, sino del paso prolongado de corriente a través del cuerpo en algunos casos. Si no sentimos nada durante un accidente eléctrico, y el disyuntor actuó, lo que lo hizo intervenir fue una corriente que no pasó por nosotros, y en consecuencia tampoco nos habría ocurrido ningún percance en ausencia de esa protección.

ACTIVIDAD: ¿QUÉ ES UNA FUENTE DE LUZ?

La siguiente es una lista de objetos, seres o fenómenos conocidos (considerar que los artefactos están encendidos y los animales, vivos).

SOL - VENUS - LUNA - LAMPARITA - LUCIERNAGA - TUBO FLUORESCENTE - ESTRELLAS - HIERRO AL ROJO - AGUJAS FOSFORESCENTES DE UN RELOJ - TUBOS DE CUARZO DE UNA ESTUFA - FAROL A GAS - VELA - PIZARRON - ESPEJO - TELEVISOR - LUPA - ARCO IRIS - PANTALLA DE CINE - PERSONA - EXPLOSION NUCLEAR - FOSFORO

- a) Clasifique los objetos de la lista en dos grupos: los que corresponden a fuentes luminosas y los que no lo son. Explícite el criterio que eligió para hacerlo
- c) Considere únicamente las fuentes luminosas y clasifíquelas con algún criterio a elección además del consabido naturales o artificiales

REFLEXIONAMOS

En una publicación de la UNESCO (setiembre/89) sobre Implementos eléctricos para el hogar, leemos:

" La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaces de afectar al órgano visual.

...Comunmente se tiene la idea de que la luz del día es blanca y de que la percibimos en forma sencilla y única, pero en realidad está compuesta por un conjunto de radiaciones electromagnéticas.

La luz se puede producir de varias formas: las más importantes con relación a las lámparas eléctricas son:

- a- calentando cuerpos sólidos hasta alcanzar su grado de incandescencia (fundamento de las lámparas incandescentes)
- b- provocando una descarga eléctrica entre dos placas o electrodos situados en un gas o vapor metálico (fundamento de las lámparas de descarga)

En cualquier caso, la producción de luz es una transformación de energía..."

Ah! entonces podemos decir que una fente de luz es un sistema que transforma algún tipo de energía en energía luminosa.

FUENTES DE LUZ. SOMBRAS

Parodia de poema gauchesco

Sobre el final - ya festivo - de una reunión de profesores de física, uno de los asistentes improvisó estos versos, que fueron festejados por la concurrencia:

En estos días leía
de Hernández el Martín Fierro
y al parecer hallé un yerro
del gran bardo nacional;
¿será un error conceptual
o nos ha metido el perro?

Se trata de un par de versos
que según mi cerebello
nos dicen que igual consuelo
recibe todo lo creado
"Hasta el pelo más delgado
hace su sombra en el suelo".

Pero dejando de lado
la metáfora del poema
la física tiene tema
pa' esta simple observación
del pelo y su proyección
con sol o la luna llena:

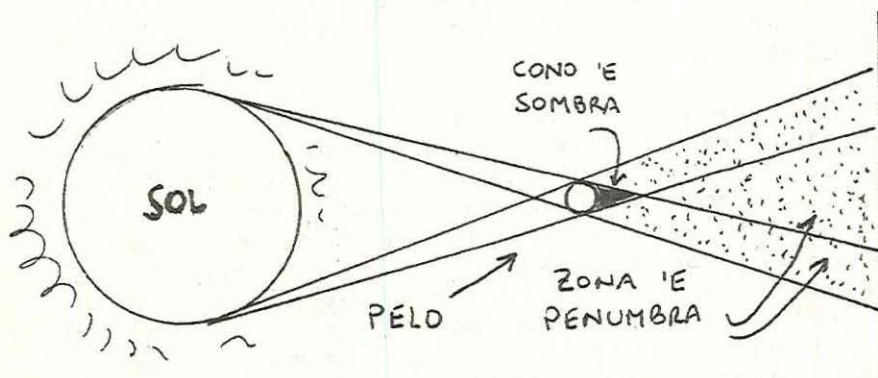
El sol no es fuente puntual,
y es debido a su grandor
que ilumina y da calor
a todo lo que se nombra
que no solo existe sombra:
¡hay penumbra alrededor!

Si levantamos al pelo
a más de un palmo de altura
proyecta penumbra pura
y no hay sombra en absoluto
(ver el cono diminuto
que se ilustra en la figura)

No olvido la difracción,
efecto de ondulación
por el cual hay invasión
de luz en la zona oscura
como olas que en agua pura
pasan postes de hormigón

Un profesor asociado
dice en forma más compacta
a sus alumnos de Exactas
con los que hace experimentos:
"Hasta el buey más corpulento
refleja, absorbe y difracta"

Esto afecta todo cuerpo
de escasa o gran dimensión,
aunque merece mención
que le oponga siempre al haz
mayor sección eficaz
el que nace barrigón.



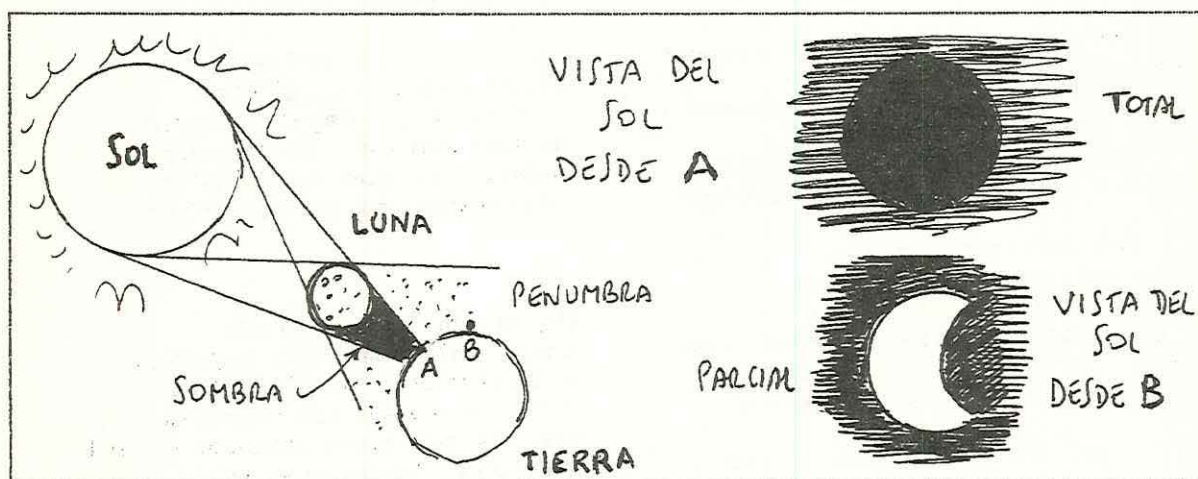
Cuestionario

R1: El refrán aludido parece querer decir que toda persona u hecho, aun el más insignificante, tiene en el fondo su importancia. Sin embargo, desde el punto de vista físico, no es cierto que los pelos (ni otros cuerpos grandes o chicos) hagan siempre sombra. Si la

fuente luminosa es suficientemente extensa, o el cuerpo bastante chico, o si la separación entre el objeto y la pantalla es grande, entonces podría ocurrir que todos los puntos de ésta resulten iluminados por alguna parte de la fuente. Se han agregado, además, consideraciones acerca de que no habrá una sombra geométrica ni siquiera para el caso de una fuente puntual, debido a los efectos de difracción, por los cuales el propio borde del objeto se vuelve un emisor de luz, cuando es alcanzado por la onda luminosa. (Con esto no estamos negando los derechos de las minorías ni los de los débiles o pequeños; sólo hablamos de física.)

2 - Realice un esquema de eclipse total y parcial de sol, y marque los conos de sombra y de penumbra.

R2:



Observaciones

- Notemos, en una radiografía ordinaria de uso médico, por ejemplo una de tórax, que los contornos de las sombras de los huesos no son bien nítidos. Esto obedece a que la fuente de rayos X no es puntual, sino que posee cierta extensión. Si se desea una radiografía nítida, el paciente debe ponerse muy cerca de la placa, y la fuente muy alejada, aunque para obtener la dosis adecuada deba aumentarse el tiempo de exposición.

- Pueden construirse fuentes de luz de diferente tamaño y extensión, por ejemplo una lámpara incandescente esmerilada, una clara, otra opalina, un tubo fluorescente largo, uno corto, y hasta hay artefactos que poseen tubos fluorescentes en forma de aro. Sugerimos proponer a los estudiantes la destreza de adivinar, sin mirarla, la forma de la fuente luminosa, sólo mediante el examen de las sombras proyectadas sobre la pared, de objetos que el estudiante puede elegir. Un sujeto avezado puede, por ejemplo, extender su dedo o su brazo en diferentes direcciones, y observar en cuál de ellas la sombra aparece más nítida: ésa será la orientación del tubo fluorescente.

Existe un truco infalible para saber la forma exacta de una fuente de luz, sin mirarla directamente: se obtiene la sombra de un objeto muy grande que tenga un pequeño agujero. La fuente quedará fielmente retratada (aunque invertida) por el principio de la cámara oscura.

- Es de interés comparar la puntualidad o extensión de diversas fuentes luminosas: estrellas, el Sol, la Luna, lámparas de empleo doméstico y callejero, y los arcos eléctricos de las soldaduras. Conviene no mirar éstos directamente, pero observar qué nítidas que son las sombras que proyectan contra una pared.

- En el caso de un láser, la puntualidad de la fuente es tan notoria, que aparecen efectos de difracción aunque no se interponga ningún obstáculo.

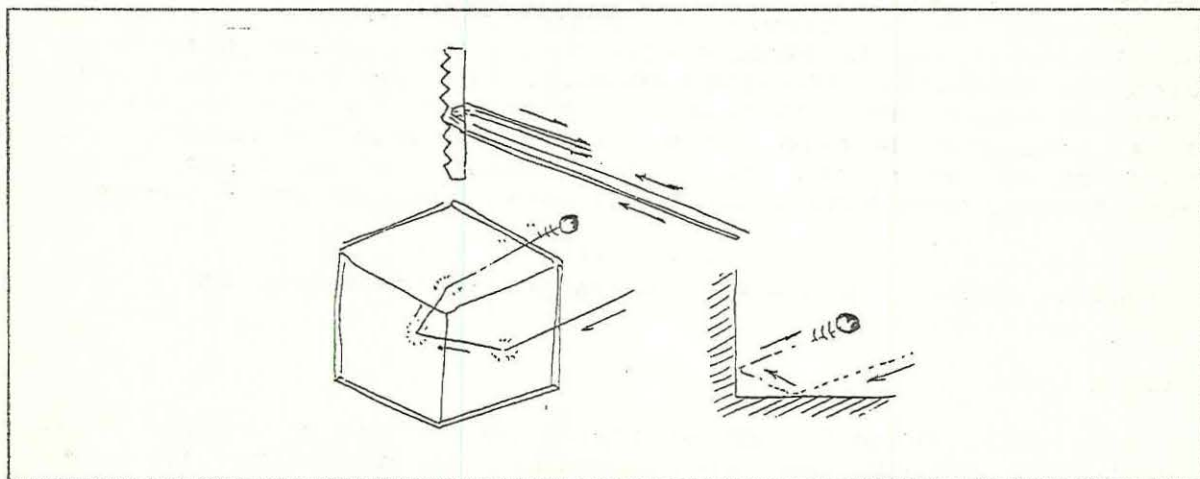
Heliógrafo

Los indios de América del Norte empleaban desde mucho antes de la Conquista diversos y eficientes medios de comunicación para grandes distancias, entre ellos las muy conocidas señales de humo. Menos famoso es el heliógrafo: una placa de placa pulida de ambos lados hasta servir de espejo, con un pequeño orificio en el centro.

El emisor de señales se colocaba frente al Sol y se miraba en el lado del espejo que daba hacia él mismo. En un punto de su rostro aparecía la manchita luminosa del rayo de sol que se filtraba por el agujero. El sujeto hacía coincidir la imagen reflejada de la mancha con el agujero. En ese momento, del lado opuesto, el sol era reflejado hacia adelante, y podía ser recibido como un brillo considerable por la persona que el emisor estuviese viendo a través del orificio. Con pequeños movimientos, podía transmitir mensajes en código, aunque no fuera el Morse.

Generalmente se oyen con incredulidad las referencias a la muy avanzada cultura de los pueblos aborígenes. Los indios americanos no solamente conocían el fuego y la rueda: tenían muy sólidos conocimientos de astronomía, cálculo y mecánica, y sus idiomas eran complejos y elaborados, muy aptos para su escritura o para su transmisión por diversos sistemas de señales.

Ojo de gato



Un objeto que rebote elásticamente contra dos paredes perpendiculares, volverá en la misma dirección en que había sido lanzado. Lo mismo vale para tres superficies perpendiculares, como las que forman el piso y dos paredes contiguas (un triedro

rectangular).

Este principio se emplea en los llamados ojos de gato que tienen las balizas reflectantes de los coches, las cubiertas de las luces traseras, y adminículos que conviene ponerles a las bicicletas para que se reflejen en ellos los faros de los coches que se aproximan.

Si se examina por atrás un ojo de gato de bicicleta, se verá que está compuesto por una multitud de pirámides triédricas rectas que le dan el aspecto de un rallador de manzanas. No es necesario espejar esas superficies; un sencillo cálculo nos muestra que la reflexión de la luz se producirá por el efecto llamado de reflexión total que se aplica también en los anteojos binoculares prismáticos.

Los ojos de los gatos y de otros animales, aunque no están compuestos por prismas triédricos, reflejan la luz incidente de manera muy direccional, con ángulos algo selectivos con respecto al color. Podemos comprobar esto cuando llegamos a una casa de campo con el coche, y un perro mira de lejos a los faros encendidos de nuestro vehículo. Los bebés de pocos días presentan un efecto semejante, que va disminuyendo con la edad. Sin embargo, cuando se le saca una foto a un adulto con un flash, y éste está muy cercano al objetivo de la cámara, en la foto el sujeto aparecerá con sus pupilas rojas y brillantes, lo que le dará un aspecto diabólico e indeseable (el Departamento de Policía tomaba en una época las fotos del pasaporte y cédula con ese defecto). Para evitarlo, algunas cámaras actuales encienden una lucecita lateral una fracción de segundo antes del disparo; esto llama la atención de las personas que están por ser fotografiadas, desvían automáticamente la mirada y después salen bien, sin que les brillen los ojos más de lo que les brilla a simple vista.

Alarma contra hielo

Si se moja por detrás un ojo de gato o una baliza reflectante, se alterará el índice de refracción relativo de las dioptras (*), y se perderá el efecto direccional en el que se basa su principio de funcionamiento. Ahora bien: el índice de refracción de los materiales varía con la temperatura. Es posible emplear plásticos y líquidos de índice de refracción adecuado para que cuando se llega a determinada temperatura ambiente (por ejemplo + 0,5 °C), comiencen a reflejar como ojos de gato y den así una muy útil indicación a los conductores de vehículos, para que moderen su velocidad en las curvas, de otro modo patinarían en el hielo que está por formarse.

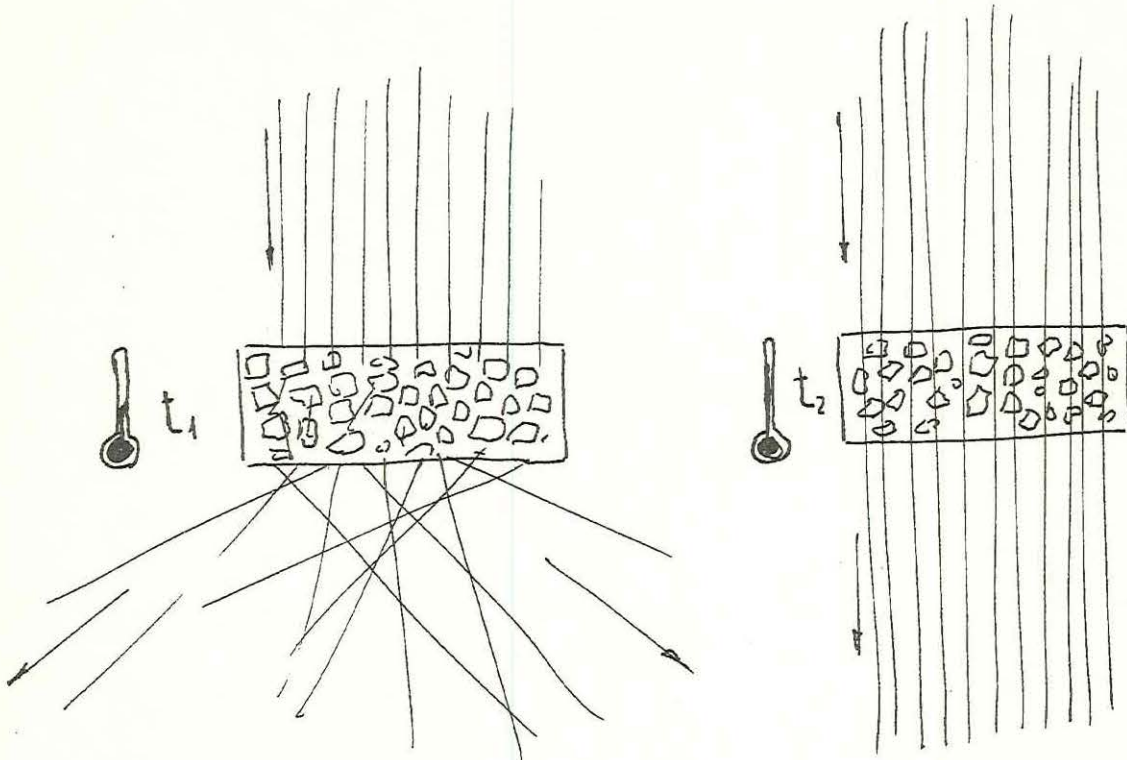
(*) Dioptra; superficie que separa dos medios transparentes.

El filtro Lyot

Conocido el hecho de que el índice de refracción depende de la temperatura (y el de que esa variación es diferente para cada sustancia), es posible mezclar un líquido transparente (generalmente un aceite) y cierta clase de vidrio en polvo, de modo que esa mezcla heterogénea sea completamente diáfana sólo a una determinada temperatura: aquélla en la que coinciden los índices de refracción del aceite y del vidrio. Para otras temperaturas, el cuerpo conjunto será completamente opaco.

Ahora bien: esa igualdad de índices de refracción no se

verifica de manera simultánea para todos los colores que componen la luz blanca. A una dada temperatura, el cuerpo será transparente al rojo; a otra temperatura, al verde, etc. Con un control termostático puede entonces construirse un filtro de muy estrecho ancho de banda, o sea que es capaz de separar colores muy puros, como los de las líneas espectrales de los gases, y estudiarse efectos que ocurren en el Sol y en las estrellas por separado para cada uno de los elementos químicos que los componen.



LASER

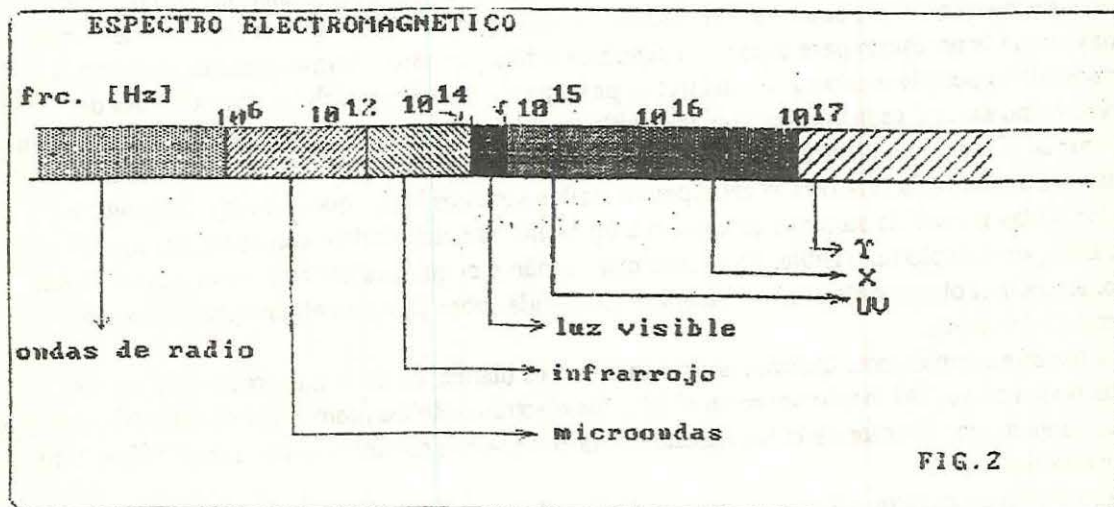
QUÉ ES LA RADIACIÓN LÁSER

La luz que podemos percibir con nuestros ojos; las ondas de radio ó TV que captamos con aparatos; las microondas que se utilizan para comunicación vía satélite o para cocinar y los rayos ultravioletas que nos tuestan, no son más que distintas variantes de un mismo tipo de ondas, las llamadas ondas electromagnéticas (en adelante ondas EM).

De la misma manera que los sonidos, podemos decir que estos fenómenos se propagan desde su fuente en forma de onda con la diferencia que el sonido requiere de un medio mecánico para viajar y las ondas EM se propagan sin necesidad de un medio.

Como toda onda tienen asociada una frecuencia, una longitud de onda y una velocidad de propagación que es constante para cada medio en que viaje. Tienen además un campo eléctrico y un campo magnético asociado. La velocidad de propagación de la onda EM no puede ser alcanzada por ningún cuerpo que tenga masa en reposo y se la representa con la c . Su valor es de 300.000 Km./s en el vacío, lo suficientemente rápida para suponer que cualquier fenómeno de ondas EM es instantáneo, pero así y todo por ejemplo la luz del sol tarda casi ocho minutos en llegar a la tierra.

Siguiendo la analogía no del todo exacta con las ondas sonoras, decimos que un sonido es agudo cuando la frecuencia es alta y grave cuando es baja. De la misma manera en las ondas EM la frecuencia asociada es la que nos dice de que tipo de onda se trata; una onda luminosa de frecuencia alta es un color azulado o violáceo y una de frecuencia baja es un color rojizo. Al igual que hay frecuencias de sonido que no alcanzamos a escuchar, existen frecuencias de ondas EM que no podemos ver con nuestros ojos. Estas frecuencias y sus denominaciones forman lo que se conoce como espectro electromagnético. Con frecuencias menores a la luz visible se hallan el infrarrojo, las microondas y las ondas de radio; y con frecuencias mayores el ultravioleta, los rayos X los rayos γ y la radiación cósmica. A mayor frecuencia la radiación es más poderosa, de ahí que la luz visible no nos traspase, los rayos X sí y una sobreexposición de rayos γ puede ser letal.



LA LUZ MONOCROMÁTICA

El láser que utilizamos en nuestras prácticas de clase da una frecuencia de onda visible al ojo humano, pero existen láseres que emiten en la zona del infrarrojo. Los láseres que emiten en las frecuencias asociadas a las ondas de radio se llaman Máseres y suelen fabricarse para emitir microondas. Veamos que tiene de particular la luz Láser: una vez encendido nuestro aparato emitirá una luz roja que

se concentra en un punto. A un haz de luz que no se dispersa se lo llama coherente, y con la ayuda de una red de difracción o un prisma podemos comprobar que la luz de un láser no se descompone en otros colores, por lo que decimos que es monocromática.

Como vimos, el color de la luz está dado por la frecuencia de la onda EM. Las lámparas que utilizamos para iluminación emiten varias frecuencias al mismo tiempo, dan luz policromática, cosa que se puede comprobar con una rejilla de difracción o un prisma. En las lámparas incandescentes la mayor parte de la radiación se da en la zona infrarroja a tal punto que en una lámpara común de 100 W el 95% de energía emitida es calor (infrarrojo) y solo el 5% es luz blanca. En un tubo fluorescente el rendimiento es mayor pero también emiten un poco de infrarrojo y bastante ultravioleta.

Para obtener luz monocromática es indispensable que la onda EM que emita el aparato tenga una sola frecuencia (En la práctica es casi imposible obtener luz 100% monocromática).

No solamente el láser da luz monocromática, la luz de sodio de las calles y la luz de los LEDs (esas lucecitas que se utilizan en aparatos electrónicos) es prácticamente monocromática a tal punto que por ejemplo los LEDs dan luz más monocromática que algunos láseres.

CÓMO FUNCIONA EL EMISOR LÁSER

Para entender cómo funciona un láser conviene revisar el mecanismo por el cual un cuerpo emite luz. Recordemos que los cuerpos están hechos de moléculas, éstas a su vez formada por átomos y éstos por un núcleo (Protones y neutrones) y electrones orbitando a su alrededor. Los electrones solo pueden orbitar a distancias preestablecidas del núcleo, y además, en cada nivel puede haber a lo sumo dos electrones. Éstos pueden cambiar de nivel si de alguna forma se les suministra energía pero recordando que solo existen ciertos niveles posibles. Un electrón cambiará de nivel solo si la energía suministrada es igual o mayor que la necesaria para pasar a la siguiente órbita permitida. Suministrando energía a un átomo es posible excitar a los electrones para que se muevan en órbitas más alejadas del núcleo, pero como ésta no es la condición más estable para el átomo, finalmente los electrones volverán a su estado inicial. Cuando un electrón cae hacia una órbita más baja emite energía en forma de onda EM, si la frecuencia de esa onda está dentro del espectro visible veremos la luz que el cuerpo ha emitido.

Una de las formas de suministrar energía a un átomo es iluminándolo con cualquier tipo de radiación EM, por ejemplo luz visible. Es el caso más común y el que nos permite ver cualquier objeto iluminado: es decir el objeto refleja parte de la luz que incide sobre él, luego algún rayo de luz llega a nuestra retina y lo vemos.

La luz que normalmente utilizamos para iluminar es blanca, es decir que contiene todos los colores que podemos ver. Al incidir sobre un objeto, los electrones de los átomos del objeto se excitan y al desexcitarse emiten luz. El color de la luz depende de la energía que devuelve el electrón al volver a su órbita más estable.

Otra forma de excitar electrones es suministrándoles calor. Es el caso típico de las lámparas incandescentes donde el filamento se calienta hasta casi 3000 °C al circular corriente en él. Los átomos se excitan y emiten radiación EM, la mayor parte como infrarrojo y el resto como luz blanca.

Las lámparas incandescentes emiten luz policromática debido a que no todos los electrones se excitan y desexcitan de la misma manera, es decir no caen todos desde las mismas órbitas y mucho menos al mismo tiempo por lo que emiten distintas frecuencias de radiación EM.

EMISIÓN ESTIMULADA

El proceso visto anteriormente describe lo que los físicos llaman "emisión espontánea". Sin embargo, el proceso de emisión de luz coherente es un poco distinto y es el denominado "emisión estimulada".

Es posible que la radiación espontáneamente emitida por un átomo alcance a otro átomo excitado de la misma especie, es decir a uno cuyo electrón se encuentre ya en una órbita más alta de la que le corresponde. Notemos en la figura que las órbitas de ambos electrones excitados son las mismas (E_2) y que descienden al mismo nivel (E_1).

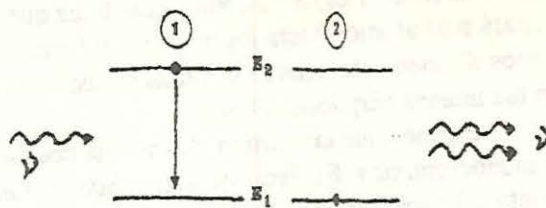


Fig. 2. Emisión estimulada.

Al descender emiten radiación EM (graficada con vivoritas con flechas). Del segundo átomo salen dos flechas, una correspondiente a la radiación emitida por el electrón al desexcitarse, la otra corresponde al primer átomo excitado. Lo importante es que ambas tienen la misma energía y por lo tanto la misma frecuencia. Si tenemos muchos átomos de la misma especie excitados de la misma forma conseguiremos una "avalancha" de radiación EM de la misma frecuencia dado que cada átomo emitirá radiación que a su vez excitará al átomo vecino y este último a otros dos y así sucesivamente.

Podía decirse que cada átomo espera que le llegue la energía de un átomo vecino para desexcitarse de la misma forma que todos los demás. Esto hace que la emisión de todos los átomos involucrados esté en fase, es decir hemos conseguido un emisor de luz coherente. Si el primer átomo que se excita emite radiación monocromática, por el efecto de avalancha tendremos que los demás de su misma especie se desexcitarán emitiendo radiación monocromática y coherente: hemos conseguido luz láser.

EMISIÓN LÁSER

Básicamente un Láser es un emisor de luz coherente, las ondas EM que emite se amplifican ordenadamente dentro del equipo Láser, guardando una estricta relación de fase entre sí. Las características constructivas del aparato darán como resultado un haz de luz intenso, coherente direccional y monocromático:

Intenso: debido al efecto de avalancha de la emisión estimulada es posible concentrar mucha energía luminica en un área muy pequeña.

Coherente: Dado que la radiación de los átomos sale en fase, sin interferirse.

Direccional: Al ser coherentes las ondas EM no se interfieren por lo que el haz se abre muy poco. El ángulo de divergencia es muy pequeño.

Monocromático: La emisión estimulada hace que la radiación que se emite sea de la misma frecuencia que la que estimuló la emisión. Si se dispone del equipo para amplificar un solo tipo de onda, la radiación emitida será monofrecuente (monocromática).

Por lo visto, es obvio que para conseguir un láser hace falta algo más que una linterna y un celofán rojo. Es necesario construir algún dispositivo que se valga de la emisión estimulada para dar luz, ya que ésta origina luz coherente. Para la emisión estimulada y su efecto de amplificación ("avalancha") se necesita un medio (sólido, líquido o gaseoso) en cuyo interior se lleve a cabo el proceso de amplificación. A éste se lo llama medio activo y se lo dispone para lograr una cavidad resonante.

Para entender lo que significa cavidad resonante volvamos a la analogía con el sonido. Para amplificar el sonido de un instrumento existen lo que llamamos caja de resonancia. En las cajas de resonancia se crean ondas estacionarias, es decir ondas que viajan, llegan al extremo de la caja y se reflejan sumándose a la onda que viene.

En la generación de luz Láser, el equivalente es la cavidad resonante. Dicha cavidad está compuesta por el elemento activo y algún dispositivo (por ejemplo espejos) que haga que las ondas EM se reflejen en su interior. Si hacemos que la luz que quiere salirse del elemento activo vuelva a entrar en el, excitará más átomos hasta lograr la amplificación deseada. Se necesita además algo que mantenga a los átomos del elemento activo convenientemente excitados, esto se logra con electricidad (equipos gaseosos) o con luz intensa (Equipos sólidos)

Dijimos que la emisión estimulada nos da luz coherente pero no vimos hasta ahora como obtener luz monocromática. El elemento activo que se utiliza genera siempre varias (no muchas) frecuencias distintas al excitarse, generalmente próximas entre sí (parecidas). Si la emisión estimulada amplificara a todas por igual tendríamos un haz intenso pero de gran dispersión y además no monocromático.

De la misma forma que con el sonido la caja de resonancia amplifica aquellas frecuencias que son múltiplo del largo de la caja, en el láser la distancia que separa los espejos es crítica y se calcula con el propósito de amplificar sólo una frecuencia de la onda de luz.

En la práctica no resulta tan sencillo obtener un Láser como pareciera por lo visto hasta aquí. Tomemos como ejemplo el láser gaseoso de He-Ne. En él la proporción de los mismos (5 a 1), el material reflectante (Cuarzo o mica), la curvatura de los espejos, la distancia y alineación de los mismos, etc. tienen que ser calculados en forma muy precisa y cualquier diferencia por pequeña que nos parezca hace que el equipo no funcione. Basta con mencionar como ejemplo que las distancias de los espejos deben calcularse a temperatura de trabajo, pues con la sola dilatación producida por el calor propio del equipo (milésimas de mm.) no funcionaría correctamente.

TIPOS DE LÁSER

Tipo de Láser	Medio Activo	Forma de Excitación	Régimen de Operación	Pot. típica de emisión	Longitud de onda de emisión (nm)	Región de Emisión
Excímeros	Gas	Eléctrico	Pulsado	Media/Alta	152 - 351	Ultravioleta
Neodimio (Nd-YAG)	Sólido	Óptico	Pulsado Continuo	Media/Alta	266 ; 355 532 1064 ; 1320	Ultravioleta Verde Infrarrojo
Helio-Cadmio (He-Cd)	Gas	Eléctrico	Continuo	Baja	325 442	Ultravioleta Azul
Nitrógeno (N ₂)	Gas	Eléctrico	Pulsado	Baja/Media	337	Ultravioleta
Rubí	Sólido	Óptico	Pulsado	Media/Alta	347 694	Ultravioleta Rojo
Colorantes	Líquido	Óptico	Pulsado/Cont.	Baja/media	205-1000	Desde el Ultravioleta al Infrarrojo
Iónicos de Gases Nobles (Ar,Kr,Xe)	Gas	Eléctrico	Pulsado/Cont.	Media/Baja	350 457;488;514;540	Ultravioleta Azul-Verde Rojo
Vapores Metálicos (Oro-Cobre)	Gas	Eléctrico	Pulsado/Cont.	Media	510;578 628	Verde Rojo
Helio-Neon (He-Ne)	Gas	Eléctrico	Continuo	Baja	543;594 611;632 1152;1524;3392	Verde Rojo Infrarrojo
Diodos	Sólido	Eléctrico	Pulsado/Cont.	Baja	635-900 1100-1600 2700-3000	Rojos a Infrarrojo
Alexandrita	Sólido	Óptico	Pulsado	Media	700-800	Infrarrojo
Titanio Zafiro	Sólido	Óptico	Pulsado/Cont.	Media/Alta	670-1100	Rojos a Infrarrojo
Erbio/Holmio	Sólido	Óptico	Pulsado	Baja	850;1730;1540;2060	Infrarrojo
Centros de Color	Sólido	Óptico	Continuo	Baja	1400-1600 2300-3300	Infrarrojo
Químicos (DF,H,F)	Gas	Óptico	Pulsado/Cont.	Alta	1300;2600-3000 3600-4000	Infrarrojo
Monóxido de Carbono (CO)	Gas	Eléctrico	Continuo	Media/Alta	5000-6000	Infrarrojo
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Gas	Eléctrico	Pulsado/Cont.	Alta	9000-11000	Infrarrojo

SOBRE LAS MARAVILLAS Y DESGRACIAS DE LO QUE SE PUEDE HACER CON UN LÁSER

"Y sigue siendo así. Hoy a más de 30 años de su invención el láser es una fabulosa herramienta cuyos límites de aplicación están dados solo por la imaginación. Claro, como era fácil de prever en este corto tiempo ha encontrado infinidad de problemas y las soluciones que aportó no dejaron de significar muy buenos negocios. O sea que, en otras palabras Don Maiman estaba acertado. De paso vale la pena decir que al tipo no le fue nada mal: si bien no ganó el Premio Nobel se convirtió en millonario, cosa no muy común entre los científicos. El asunto es que, desde 1960 a esta parte el desarrollo de los láseres y sus aplicaciones ha sido tan fenomenal que se podría escribir un libro para cada una de ellas. Y de hecho es así, una propaganda, que apareció con motivo de uno de los cumpleaños del láser en varias revistas especializadas constituye un buen resumen de situación. La idea era mas o menos como sigue:

CON POCO MÁS DE 30 AÑOS DE EXISTENCIA EL LÁSER HOY ES USADO...

- Para soldar, fundir, reparar fisuras, perforar y cortar desde dispositivos microelectrónicos hasta partes de aviones, cohetes y automóviles.
- Para soldar, fundir, perforar y vaporizar elementos encapsulados en una cubierta protectora de vidrio o plástico sin alterar estos materiales.
- Como reemplazo del bisturí en operaciones quirúrgicas; para eliminar tumores, quistes y cálculos de lugares difíciles; corregir defectos de la visión; cauterizar tejidos, eliminar manchas de nacimiento y tatuajes de la piel y fortalecer el esmalte de los dientes.
- Para grabar, leer y transmitir información de un punto a otro del espacio como: llamadas telefónicas, señales de radio y TV, datos de computadora, señales de satélites, etc.
- Para medir distancias, alinear estructuras y tuberías, emparejar caminos, detectar deformaciones en materiales y objetos, escribir sobre cerámica y vidrio y hasta esterilizar leche.
- Para controlar la contaminación del medio ambiente, medir concentración de sustancias tóxicas en aguas, sensar a grandes distancias moléculas de pesticidas y gases tóxicos y monitorear gases volcánicos.
- Para cortar prendas de tela y soldar materiales plásticos.
- Para verificar tarjetas de crédito, reconocer símbolos en un producto comercial y detectar obras de arte falsas.
- para grabar, guardar y leer música y cualquier otro tipo de información en discos (compact-disc).
- Para formar las haces de Luz de los principales colores en los tubos de TV color.
- En técnicas de espectroscopía, interferometría y en análisis químicos.
- Para producir, controlar y estudiar reacciones químicas y comportamientos moleculares.
- Para sacar fotos en la oscuridad iluminando con luz infrarroja (cámaras de visión nocturna).
- como detector de fuego en alarmas contra incendio. En alarmas de seguridad en general.
- En aplicaciones militares para destruir blancos y guiar armas; en entrenamiento, logística y comunicaciones; en el seguimiento y detección de objetos (L.I.D.A.R.).
- En técnicas holográficas (fotografía tridimensional) en análisis no destructivo de esfuerzos y tensiones de materiales; en arte y diseño; en el procesamiento óptico de imágenes.
- para medir la distancia Tierra-Luna: detectar sismos; estudiar los movimientos de la corteza terrestre, la deriva de continentes y cambios en los polos.
- Para determinar calidad de vinos, perforar, grabar e identificar diamantes y otras piedras preciosas; realizar análisis de huellas digitales y marcar dinero.

- Para guiar satélites y estabilizar barcos y aviones (giroscopio láser).
- Para mandar fotos vía satélite; proyectar imágenes tridimensionales en pantallas y en espectáculos de luz y sonido.
- En impresoras, fotocopadoras y otros sistemas de registro y procesamiento de información.
- En laboratorios de investigación en física, química, biología y demás ciencias.

Y estas son solo algunas aplicaciones!. Se pueden imaginar lo que serán los próximos treinta años. De todos modos, y aunque esto parece estar cambiando, los láseres todavía son, en su mayoría, instrumentos caros y bastante complicados desde el punto de vista de su construcción y mantenimiento. Una gran parte del dinero que se invierte en desarrollos y aplicaciones del láser está relacionada con trabajos orientados o financiados por la industria militar, uno se imagina entonces al famoso "rayo de la muerte" de las historias de ciencia-ficción. Un arma capaz de destruir cualquier cosa que se interponga en su camino. Sin embargo, no es exactamente así.

EL RAYO DE LA MUERTE

Corría 1959. El láser todavía no había sido inventado, pero ya el departamento norteamericano de Defensa y la Hughes Aircraft Company negociaban las aplicaciones militares del láser que Maiman estaba desarrollando.

En 1971 la revista de la Fuerza Aérea Norteamericana mencionaba al pasar que el empleo militar del láser era uno de los secretos nacionales mejor guardados. De lo que hacían los rusos, ingleses y demás, se sabía menos que menos. En abril de ese mismo año, el mundo se enteró por primera vez de que bombas guiadas por láser estaban siendo empleadas por el "Tío Sam" (o sea los EE.UU.) en Vietnam. Durante la reciente Guerra del Golfo, casi veinte años después, el mismo Tío Sam, se encargó de mostrarnos por TV el nivel de sofisticación y precisión alcanzada en este tipo de uso. Sin embargo, como es obvio aclarar sobre las aplicaciones militares del láser se habla muy poco: son un gran secreto, un gran negocio en todos los países que poseen fuertes desarrollos tecnológicos en esta área. Además de los EE.UU., se sabe hoy que la ex U.R.S.S. poseía programas desarrollados en el tema y que realizó grandes inversiones en proyectos militares; y que Canadá, Japón, Inglaterra, Alemania y Francia son socios activos de este "Club".

En cuanto a la existencia de "rayos de la muerte" como los de las películas, se conoce menos aún.

Apenas algunos resultados experimentales desde 1912 en adelante y el gran show de la "Guerra de las galaxias" de la época de Reagan en los EE.UU. que, aparentemente, no fue más que eso: un gran verso. De todos modos ya han sido probados láseres gaseosos de cientos de kilovatios de potencia capaces de destruir pequeños cohetes y aviones a más de 3 km. Y alguna otras "cositas" por el estilo, como voladuras de destilerías de petróleo con láseres químicos.

La posibilidad de destruir instalaciones y objetivos militares con satélites armados con este tipo de láseres tampoco es de información pública y las versiones que se conocen son muy limitadas y confusas. De lo único que uno puede estar seguro es de que en muchos países hay grandes cantidades de dinero involucradas en estos temas. Otra área donde la información es "Top secret" es la relacionada con los proyectos de FUSIÓN NUCLEAR en los que intervienen láseres monstruosos. La fusión nuclear aparece como una alternativa para proveer energía eléctrica barata e ilimitada. Naturalmente, también bombas de hidrógeno más baratas. Una línea en la que el láser ha intervenido activamente en la industria militar es en lo referido a comunicaciones y logística, dando lugar toda un área de desarrollo tecnológico denominada "fotónica", que además de resolver muchos problemas de la tecnología militar y civil, es también un gran negocio. Lo verdaderamente lamentable es que de todo esto se conoce y se habla muy poco, no solo entre el público en general, sino aun dentro de la comunidad científica internacional.

Muchos investigadores se han negado sistemáticamente a intervenir en proyectos militares con láseres por diversas razones. Arthur Schawlow por ejemplo, (Premio Nobel de Física 1981 por sus trabajos sobre láser y espectroscopia y uno de los padres de la criatura) omitía sistemáticamente este tema

en sus innumerables disertaciones. Una vez, en un congreso, se le cuestionó esta actitud. El contestó entonces: "Ignoro cuales son las aplicaciones militares de los láseres y no deseo saberlas"

Impotencia?, Miedo?, Hipocresía?, Comodidad?, Ironía?.

Quién lo sabe. Lo cierto es que Schawlow, como muchos otros científicos que pueden saber, no quieren saber. Dejan en manos de "otros" la responsabilidad social por los productos que ellos mismos contribuyen a crear. Otros científicos, en cambio, piensan que de esta manera se es cómplice de la desinformación y la manipulación de la opinión pública y que su responsabilidad ante la sociedad no se puede delegar. Lamentablemente, las motivaciones militares, ya sea como excusa, o por sus productos concretos, han absorbido sistemáticamente a una gran parte de los recursos humanos vinculados con el láser. Por ejemplo en Los EE.UU. desde 1971, la mayor parte de los cargos propuestos a los investigadores jóvenes en el área del láser han provenido de laboratorios financiados por el departamento de defensa, por las Fuerzas Armadas o por los Laboratorios Nacionales de Estudios de Armamento Nuclear. Aunque la información es menos conocida lo mismo ocurría en la ex U.R.S.S. y en otros países.

En la Argentina, sin ir mas lejos, uno de los laboratorios mas antiguos e importantes dedicado a los láseres depende, desde su creación, del Centro de investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA).

EL RAYO DE LA VIDA

Pocos meses después de que el láser hiciera su aparición, el ambiente medico-científico fue conmovido por una importante noticia: la utilización experimental del láser de Rubí en tratamientos de lesiones de piel y en operaciones de retina por fotocoagulación había dado excelentes resultados. Se abría un rumbo nuevo, donde la direccionalidad, la monacromaticidad y la intensidad del láser ofrecían insospechadas posibilidades. El rayo de la vida empezaba a competir con el rayo de la muerte y hasta podía sacarle ventaja.

El desarrollo fue vertiginoso y las aplicaciones se fueron sumando una tras otra. La medicina, la Biología, la bioquímica y las demás ciencias que se ocupan de los seres vivos, recibieron al láser como a una poderosa herramienta de la que se podía sacar muchos beneficios, Y así lo hicieron. A pesar de ella, muchos médicos e investigadores

36

están convencidos de que todavía hoy estamos en los principios, la interacción de la luz con sistemas vivos da lugar a una gran variedad de fenómenos y sus efectos pueden ser estudiados en distintos niveles. Por ejemplo: reacciones moleculares, cambios y alteraciones celulares, o procesos que tienen lugar a nivel de los tejidos.

La mayoría de estos fenómenos son fuertemente dependientes de la energía de excitación y del tipo de radiación que se use. Es decir no se producen con cualquier luz.

El láser es una herramienta capaz de actuar en cada uno de estos niveles, proporcionando las energías adecuadas, la monocromaticidad requerida y la posibilidad de una interacción local o puntual.

Pero hay más: el láser puede reemplazar otras herramientas, como el bisturí y el tomo del dentista...

De la gran variedad de aplicaciones en las "Ciencias de la Vida" veremos por un lado las que se refieren al uso del láser en las investigaciones biológicas y médicas y por otro lado las que involucran directamente tratamientos médicos con láser.

EL LÁSER EN LAS INVESTIGACIONES MÉDICAS Y BIOLÓGICAS

Las aplicaciones del láser en el campo de las investigaciones biomédicas tiene especial importancia para entender los procesos que ocurren en los "ladrillos de las células", los llamados aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y membranas biológicas.

Estas aplicaciones son esencialmente de tres tipos:

- Estudios de procesos biológicos en los cuales la luz es un ingrediente natural. Por ejemplo en la visión, en la fotosíntesis, en el crecimiento y desarrollo de bacterias activada con luz, etc.

- Determinación de estructuras de sistemas biológicos. Por ejemplo: la "forma" de ciertas moléculas, de proteínas, etc. Este tipo de estudios se hace por métodos llamados "técnicas espectroscópicas con láser".

- Generación de desequilibrios en sistemas biológicos para poder estudiar como recuperan el equilibrio y de ahí obtener información de como funcionan. Normalmente en estos casos se trabaja en sistemas que contienen moléculas que absorben luz. un buen ejemplo de esto son las llamadas hemoproteínas, como la hemoglobina, relacionadas con el transporte, almacenamiento y fijación del oxígeno en el organismo.

Como para este tipo de estudios no alcanza con el enfoque que pueda darle una disciplina en particular en los grupos de investigación que trabajan en estos temas intervienen habitualmente químicos, biólogos, bioquímicos y físicos que trabajan en forma conjunta para resolver problemas que se encuentran muchas veces en las fronteras del conocimiento.

TRATAMIENTOS CON LÁSER

En los tratamientos médicos con láser el efecto más utilizado es el calentamiento. Para hacerse una idea más clara, cuando un tejido es sometido a una temperatura entre 37° y 44°C se desordenan e interrumpen las actividades enzimáticas y eléctricas de las células; a los 60°C se produce lo que se llama "desnaturalización de proteínas" y a los 100°C se destruyen los tejidos por vaporización.

Si bien existen más de 20 tipos de láseres que son actualmente utilizados en tratamientos médicos, los cuatro más usados son el de Dióxido de Carbono (CO), el de Argon (Ar), el de neodimio (Nd-YAG) y el láser de Excímeros.

CIRUGÍA SIN SANGRE?

El empleo del láser como bisturí en cirugía, presenta ventajas muy importantes para cierto tipo de operaciones, ya que permite cortar tejidos y al mismo tiempo coagular la sangre. En este tipo de bisturí se emplean láseres de CO₂ o de Nd-YAG tanto en régimen continuo como pulsado. En tejidos blandos actúan concentrando localmente una gran cantidad de calor que vaporiza el agua de las células, produciendo así la incisión. (Los tejidos blandos del cuerpo humano están compuestos en un 80% a 90% por agua.). Simultáneamente durante el calentamiento los vasos sanguíneos se sellan evitando así las hemorragias.

Las operaciones de tumores, quistes y nódulos con este tipo de bisturíes son rápidas, reducen significativamente las pérdidas de sangre, evitan el contacto mecánico y la

dispersión de tejidos cancerígenos por el organismo y aseguran una mayor esterilidad.

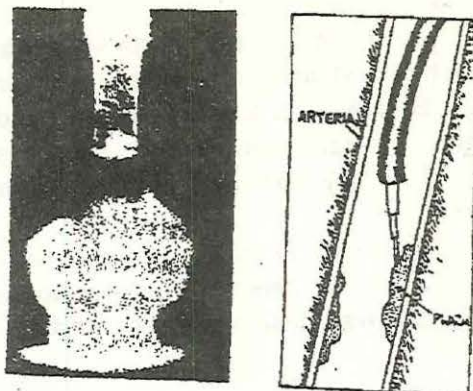
Estos láseres también se han probado con éxito en operaciones de hígado, corazón y estómago.

En todas estas aplicaciones el láser se utiliza en combinación con un sistema que permite al médico manipularlo adecuadamente. Se trata de una especie de brazo mecánico articulado, liviano y con movimiento en todas direcciones. La luz atraviesa el brazo reflejándose en espejos que están en su interior y sale por una punta.

Otra forma de manipular la luz láser es por FIBRAS ÓPTICAS. Estas son paquetes de fibras de vidrio, plástico o cuarzo que actúan como cañerías para llevar la luz de un lugar a otro. Son flexibles y lo suficientemente finitas como para introducirlas dentro del organismo y llegar a lugares que de otra forma serían inaccesibles. A estos dispositivos se los denomina endoscopios. Una de las aplicaciones médicas más desarrolladas del láser es la fotocoagulación. En este caso la luz emitida es absorbida "selectivamente" por algún pigmento de los tejidos, como por ejemplo la hemoglobina de los glóbulos rojos. Al absorber radiación, esa parte del tejido se calienta evaporando el agua y coagulando la sangre.

Esta aplicación es selectiva porque sólo interviene el tejido que contiene los pigmentos que absorben la luz del láser. El resto del material orgánico circundante se comporta como si fuera transparente a esa radiación y no es afectado. Las ventajas de la absorción selectiva se aprovechan al máximo en cirugía de ojos. El láser más utilizado en estos casos es el de Argon, especialmente en los tratamientos de desprendimiento de retina, llamados retinopatías muy comunes en enfermos diabéticos. El médico hace incidir el láser sobre el ojo del paciente por medio de un microscopio. El haz atraviesa prácticamente todo el ojo hasta llegar a la retina, que se encuentra en el fondo, sin producir ninguna alteración. El cristalino del ojo enfoca el haz sobre la retina la que al absorber la radiación se suelda en el lugar donde está afectada. Cuando es posible, esta operación tiene la ventaja de que no requiere anestesia y es mucho más rápida que la cirugía tradicional.

Otro ejemplo es la utilización de láseres de Nd-YAG y de excímeros en la eliminación de cataratas, otra enfermedad del ojo en la que se forma una membrana opaca detrás de la lente que impide la visión, y en la corrección de miopía, astigmatismo y otras deformaciones oculares. Este tipo de operaciones son más sencillas, indoloras y no requieren postoperatorios en comparación con las cirugías convencionales. Las operaciones de úlcera con bisturíes láser combinan las ventajas de la fotocoagulación con el hecho de que el láser puede introducirse por medio de un endoscopio hasta la zona afectada evitando así la complicación de una operación de cirugía mayor. En dermatología una de las aplicaciones más comunes es la eliminación de manchas en la piel (por ejemplo las manchas rojas de nacimiento) y tatuajes. El láser atraviesa las zonas no pigmentadas de la piel como si fueran



**VAPORIZACIÓN DE MATERIA
ORGÁNICA CON UN LÁSER DE
EXCÍMERO**

transparentes y ^{se}absorbido solo por las células de los tejidos coloreadas, las cuales se calientan, se vaporizan y destruyen posibilitando así un nuevo crecimiento del tejido.

Para tratamientos dentales el láser de CO ha sido empleado entre otras cosas en experimentos de cirugía de encías, infecciones y tratamientos de caries con muy buenos resultados.

EL LÁSER Y EL SIDA

Científicos del laboratorio de Electrónica de la Compañía de Teléfonos japonesa (NTT) y del Instituto Nacional de Salud de Tokio han logrado desarrollar un método, empleando láseres, que permitiría detectar el virus del SIDA con una precisión cien veces mayor que la lograda por las técnicas habituales.

El método detecta el denominado antígeno viral en muestras de sangre infectadas. El antígeno es un tipo de molécula que caracteriza al virus y que se ubica en su superficie. El procedimiento consiste en mezclar la sangre infectada con partículas magnéticas ultrapequeñas que se "pegan" al antígeno. Luego las muestras son colocadas en un campo magnético que las ordena y se iluminan con un láser. Las partículas metálicas dispersan la luz del láser la que es detectada y procesada por medio de un sistema que puede contar el número de partículas que la dispersaron y determinar así la cantidad de virus que contiene la muestra de sangre. Una de las ventajas más importantes de este método respecto de los usados hasta el momento es que permite detectar la presencia del antígeno y no del anticuerpo, como se hace en la mayoría de los casos. de este modo puede ser usado en las primeras etapas de la infección posibilitando una detección mas temprana de la enfermedad, ya que el anticuerpo tarda varios meses en producirse.

Estos experimentos fueron realizados con muestras artificiales y actualmente(1992) el método está en la etapa de evaluación clínica. Más allá de sus resultados, este tipo de experimentación da una idea de las posibilidades que brinda el láser y de la permanente actividad que desarrollan los científicos y tecnólogos en los mas diversos campos de aplicación.

BREVE INFORME DE SITUACIÓN:

"Si no necesita un láser no lo use"

Quien no se ha encontrado alguna vez con alguna propaganda de radio, un aviso en un diario, o algún comentario en TV como el de la página siguiente?

Hay algo de cierto en eso de la laserterapia o bioestimulación con láseres de baja potencia? todas esas cosas que se mencionan, se solucionan realmente con el láser?. Empecemos por decir que en todas estas situaciones se utilizan láseres de baja potencia de diodo o de He-Ne denominados también "soft láseres". Claro, cuando dentro de la caja del aplicador hay realmente un láser porque muchas veces se ha visto que lo que se emplea en el "tratamiento láser" no es más que una lamparilla con un vidrio coloreado. Y en cuanto a la idea de baja potencia, yo me cuidaría de que me irradien.

Los defensores de este tipo de tratamientos suelen atribuir a alguna de las propiedades de la luz láser sus efectos curativos. En otras palabras y usando términos médicos habría un "efecto específico" del láser sobre los tejidos vivos, distinto de los conocidos. "Efecto específico" quiere decir en este caso que es algo que sólo es producido por la luz láser y que no es posible lograr de otra forma, por ejemplo, con luz común, con drogas o con instrumentos de otro tipo.

El problema es que a la hora de explicar los orígenes y razones de esos particulares efectos, los argumentos no son nada claros. No hay hasta el momento una fundamentación referida a algún principio o fenómeno explicable o controlable y la mayoría de las veces los argumentos están basados en estadísticas clínicas de dudosa validez. En cuanto a la potencia de los láseres empleados, hay que tener mucho cuidado. Pueden resultar inofensivos para ciertos tejidos como los de la piel, pero producir daños

irreparables en otros, como la retina del ojo. Recordemos que el efecto destructivo de la luz sobre los tejidos es una combinación de potencia por unidad de superficie y de la capacidad de absorción de esa energía por el tejido.

Lamentablemente en nuestro país no existe una reglamentación que controle las especificaciones y condiciones de uso de los láseres y todo esto queda al buen o mal criterio del usuario. Por otro lado, grupos de investigadores de diversos países han abordado el problema estudiando sistemáticamente la influencia de las propiedades de los "soft láseres" sobre los tejidos vivos.

**ESTIMADOS LECTORES, GUARDEN ESTE
AVISO POR EL BIEN DE SU SALUD.**



**¿ALCOHOLISMO? ¿OBESIDAD?
¿CAIDA DEL CABELLO?
BIOESTIMULACION CON LASER
SU SOLUCION
¿IMPOTENCIA? ¿CELULITIS?
¿DOLORES DE CABEZA?
¿ARTROSIS? ¿RESFRIOS?
NO ESPERE MAS,
EL TRATAMIENTO
CON LASER DE GALIO
ES LA RESPUESTA A SUS PROBLEMAS
¿QUIERE DEJAR
DE FUMAR Y NO PUEDE?
LA AURICULOTERAPIA LASER
LE PERMITIRA LOGRARLO**

**LLAMENOS YA MISMO O PASE POR NUESTRO
CONSULTORIO ESPECIALIZADO**

Dr. J.J. CURRINI

*Miembro de la Sociedad Intergaláctica para el
Tratamiento de Todos los Males con Láser.*

*Reconocida por el Superior Gobierno de la Nación
y la American Academy of Chantology de los
Estados Unidos.*

**Avda. del Curro 33
Tel: 55-0000 / 011**

Las conclusiones hasta el momento son las siguientes:

- No se han obtenido resultados que demuestren que la coherencia del láser tenga alguna influencia sobre los tejidos vivos.

- No hay evidencias de que el alto grado de monocromaticidad del láser juegue un rol específico. En muchos tratamientos en los que se han observado mejoras o resultados positivos, se ha comprobado que los mismos efectos se logran irradiando con luz común (por ejemplo el Sol). Un ejemplo conocido por la medicina desde hace mucho tiempo es como la luz roja acelera los procesos metabólicos.

- En cuanto a utilizar la acción localizada del láser en reemplazo de las agujas de acupuntura

(por ejemplo en la Llamada "auriculoterapia") surgen poderosas dudas sobre la seriedad de ese tipo de tratamientos. Sin abrir juicio sobre la acupuntura y su efectividad, un aspecto que estimula estas dudas es que los "laserpunteristas" irradian con el láser en zonas de mucha mayor área que los puntos sobre los que se actúa cuando se utilizan agujas. El láser estaría influyendo entonces sobre varios puntos de acupuntura simultáneamente. Por lo tanto lo menos que puede decirse es que la "laserpuntura" es poco específica. Sin embargo hay gente que asegura que se ha curado, que ha dejado de fumar, que le han dejado de doler cosas, que le ha crecido el pelo y otros "milagros" gracias al láser. Yo no dudo que eso haya ocurrido, de lo que dudo es que eso se deba al láser. Probablemente la sugestión, el deseo de curarse, y el propio "misterio" del tratamiento tengan mucho que ver en estos casos. De lo que si estoy seguro es de que las actividades del Dr. Currini son un gran negocio.

Dr. Cito

MÁS POTENTE QUE EL RAYO: EL LÁSER EN LA INDUSTRIA

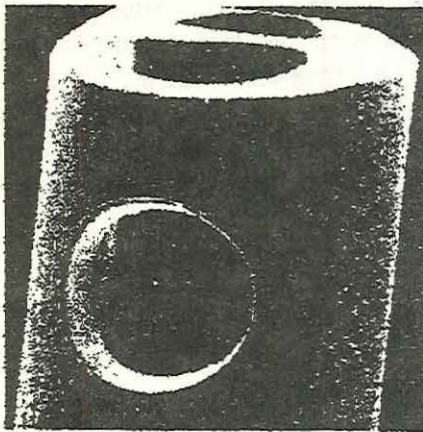
Una de las fantasías de la ciencia ficción que se ha echo realidad con el láser es la de tener un rayo capaz de perforar y pulverizar materiales. Se cuenta que ya en los primeros tiempos del láser, un grupo de investigación de los EE.UU. medía la potencia de los láseres que construían enfocando el haz por medio de lentes y contando el número de hojitas de afeitador que eran capaces de perforar. Para tener una idea de las potencias de las que estamos hablando basta pensar que si concentramos en un experimento parecido la luz del sol con una lupa apenas si podremos perforar una hoja de papel más o menos gruesa. La intensidad y la direccionalidad de la luz láser permiten concentrar una gran cantidad de energía en una región muy pequeña. Para poder causar algún efecto, esa energía debe ser absorbida por la materia con la que interactúa. Cuando esto ocurre se producen diversos fenómenos. Por ejemplo la región iluminada se calienta muy rápidamente

pudiéndose generar temperaturas de mas de 30.000 grados centígrados. A éstas temperaturas cualquier material se vaporiza, inclusive el diamante. Controlando adecuadamente la potencia y el enfoque, un láser puede calentar fundir, soldar grabar vaporizar, perforar y cortar cualquier tipo de material. Actualmente, varios miles de sistemas láser que realizan este tipo de tareas se encuentran instalados en diversas fábricas de todo el mundo. Más del 80% se usa en trabajos de corte y perforación, el 20% restante se reparte entre trabajos de soldadura, tratamientos térmicos de superficies, grabado, etc. La industria automotriz, la producción aerospacial, la fabricación de componentes electrónicos, la producción de papel, goma, tabaco y la industria farmacéutica son las áreas donde estos sistemas están más desarrollados, el procesamiento de materiales con láser es en estos casos, más preciso, barato y rápido que el realizado por técnicas convencionales y posee las siguientes ventajas: al no haber contacto mecánico entre partes se minimizan distorsiones y deformaciones del material. Como el láser se puede enfocar en áreas muy pequeñas, se logra mayor precisión que con herramientas convencionales. Además con un mismo láser se pueden tratar térmicamente superficies, soldar, perforar y cortar.

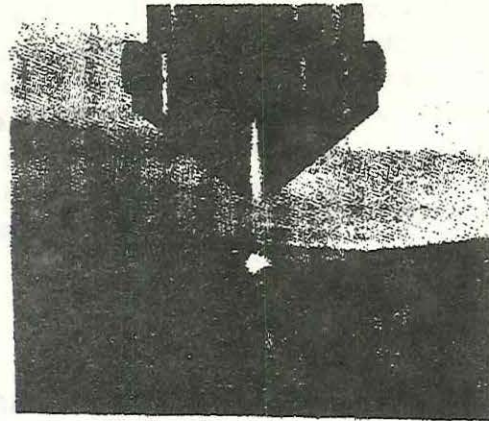
Los láseres mas comúnmente empleados en aplicaciones industriales son : el láser de CO (continuo o pulsado), el láser de Nd-YAG pulsado y en menor medida el láser de excímeros. En casi todos los casos se utilizan integrados a robots o en combinación con sistemas que controlan el movimiento del haz por medio de una computadora. Los robots láser pueden realizar múltiples operaciones, manipulando el haz con gran flexibilidad y precisión.

Por si el tema te interesa acá van algunos ejemplos de este tipo de aplicaciones:

CORTES Y AGUJEROS



Agujeros de 30 micrones realizados en un cabello humano por medio de un láser



CORTE DE METALES CON UN LASER CO₂

Por medio del láser se pueden realizar agujeros y canaletas en cualquier tipo de material, más pequeñas y precisas que los que se obtienen por cualquier método mecánico.

Si se trata de materiales fibrosos o flexibles como plástico, tela o papel, la terminación de los bordes es muy superior a la de cualquier procedimiento mecánico donde normalmente los orificios se deforman y tienden a cerrarse.

Para cortar o hacer agujeros en metales, el haz del láser se enfoca sobre la superficie del material a trabajar. Este absorbe la radiación y se calienta; al principio la mayoría de la luz es reflejada por la superficie, pero a medida que el calentamiento aumenta, la reflexión va disminuyendo y el metal absorbe cada vez más luz; la temperatura en la superficie irradiada aumenta entonces muy rápidamente y cuando es suficientemente alta, el metal se funde primero y luego se evapora. El haz continúa avanzando por capas repitiéndose el proceso hasta lograr la perforación completa. Lo habitual es realizar este tipo de operaciones en metales con espesores que van desde fracciones de milímetros hasta algunos milímetros.

Rara vez se usan láseres para cortar o perforar espesores de más de un centímetro. El corte con láser resulta útil especialmente en aquellos casos en los que la forma de las piezas a producir es complicada. Un ejemplo es la fabricación de hojas de sierra circulares. Para producir una sierra con todos sus dientes a partir de una plancha de metal, se necesitan, empleando métodos convencionales, más de 12 operaciones de manufactura y cada diente de la sierra requiere una operación especial. Empleando un láser de CO la hoja completa se fabrica en un sólo paso reduciendo en un 65% el tiempo de producción.

SOLDADURAS

Las ventajas más destacables de la soldadura con láser son: no hay contacto mecánico con las piezas a soldar; en la mayoría de los casos no hace falta agregar material externo; se puede lograr un calentamiento controlado y muy focalizado de los materiales a unir; es posible soldar materiales con propiedades muy diferentes que resultan imposibles de unir por otros métodos y se puede trabajar en lugares inaccesibles para una soldadora común; el proceso puede hacerse en forma automática sin necesidad de una terminación mecánica posterior. Por ejemplo un láser de CO de potencia media puede soldar planchas de acero de 7.5 centímetros de espesor a un ritmo de 2 metros por segundo.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Las propiedades físicas de un metal y de algunos otros materiales pueden ser controladas y modificadas calentándolo o enfriándolo en determinadas condiciones. Este proceso se denomina tratamiento térmico. Estos tratamientos se realizan por ejemplo para aumentar la dureza o para modificar las tensiones en una pieza. También se pueden realizar empleando láseres desenfocados de modo de generar las temperaturas adecuadas y cubrir lo más homogéneamente posible la región a tratar. Una ventaja importante en estos casos es que como el calentamiento es local, la pieza en su conjunto no sufre las deformaciones que son habituales en los tratamientos realizados por otros métodos.

MEDIR CON LÁSER

El empleo del láser en sistemas de medición, inspección y control abarca un espectro muy amplio de aplicaciones. Por ejemplo:

- En la determinación de parámetros físicos tales como tamaño, forma, peso, longitud, posición, rugosidad, temperatura y velocidad.
- En la identificación de sustancias químicas y mezclas de sustancias.
- En la medición de intervalos de tiempo en los que ocurren ciertos procesos.
- En la medición de vibraciones, distancias, estructuras topográficas.

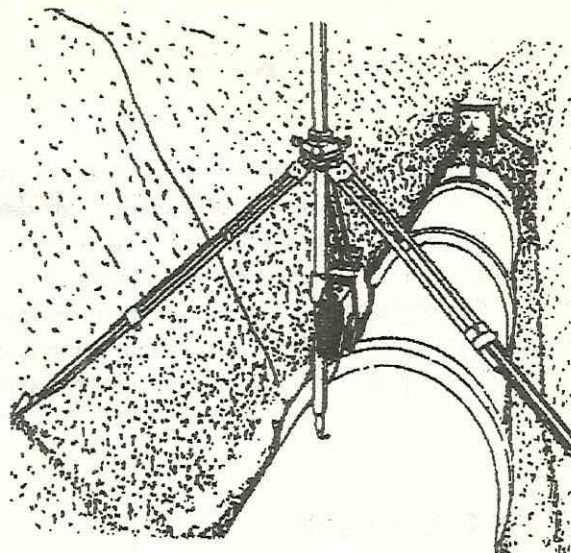
Para muchas de estas aplicaciones hay instrumentos comerciales y técnicas específicas. En otros casos ya sea por razones económicas o porque el tipo de aplicación no es de uso masivo, las realizan los laboratorios de investigación que cuentan con el instrumental y los profesionales adecuados. Muchas veces es en estos mismos laboratorios donde se inventan técnicas y procedimientos novedosos para resolver viejos y nuevos problemas. Algunas de esas aplicaciones tienen un interés puramente académico, pero la gran mayoría están relacionadas con el desarrollo tecnológico y la producción industrial.

Especialmente en el control de calidad de productos y en el mejoramiento y abaratamiento de procesos de fabricación. Sin duda, esta es un área donde claramente se puede apreciar la importancia que tiene que un país cuente con una sólida estructura científico-tecnológica: sólo con profesionales que posean una alta formación académica un adecuado entrenamiento en tareas de investigación y desarrollo se puede lograr una efectiva inserción de este tipo de tecnologías en la producción industrial.

Claro, además debe existir el interés, la voluntad política y los recursos. Lo que sí es seguro es que posibilidades sobran y así lo han entendido la mayoría de los países que verdaderamente desean salir del atraso y la pobreza.

Quizás convenga destacar que la METROLOGIA con láseres ha alcanzado niveles de precisión tan grandes, especialmente en la medición de pequeñas distancias, que se encuentran en los límites dados por las leyes físicas. ¿Que quiere decir esto? Que cuando, por ejemplo, uno mide cosas cada vez más chiquitas se encuentra con un límite donde a partir de ahí el instrumento de medición perturba la medida de tal forma que se pierde toda precisión. Este límite está dado por una ley que los físicos llaman principio de incertidumbre. Por otra parte la direccionalidad del láser permite generar "líneas rectas perfectas" para alinear objetos, determinar paralelismo, generar planos, nivelar superficies, controlar desplazamientos, etc. Con los sistemas más comunes se puede lograr una precisión en las medidas de hasta un milímetro en un kilómetro. En la mayoría de estas aplicaciones se utilizan láseres gaseosos y especialmente el láser de He-Ne. En muchos casos como parte de métodos ópticos y técnicas tales como la INTERFEROMETRIA y la HOLOGRAFÍA.

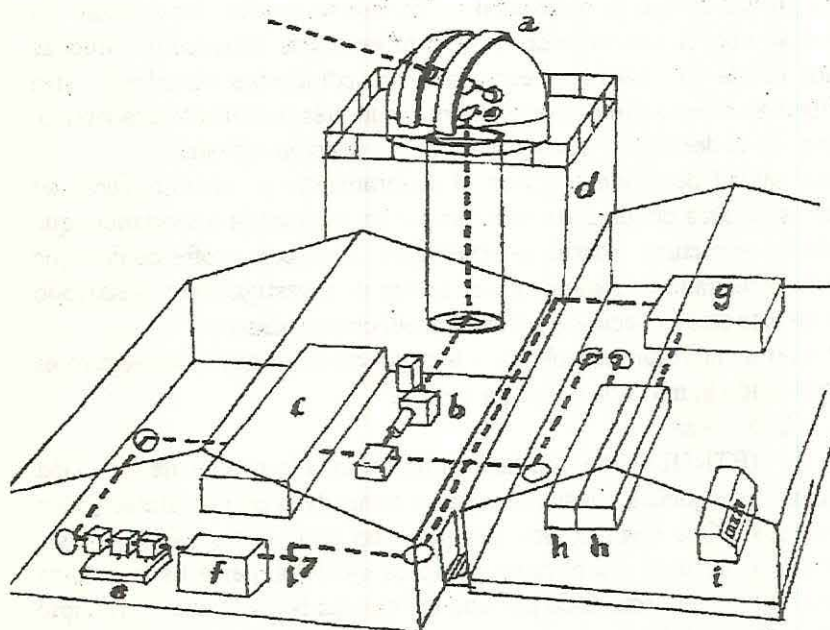
Algunos ejemplos de estas aplicaciones metrológicas se encuentran en: la alineación de tuberías, la construcción de túneles, la medición de vibraciones en turbinas y grandes máquinas, la determinación de planos en agrimensura y en topografía. Un típico instrumento para este tipo de aplicaciones consta de un láser continuo de He-Ne que se encuentra montado en una plataforma sobre un trípode. El operador hace incidir el haz del láser sobre el blanco (una simple pantalla) situado en el otro extremo de lo que se desea medir y lo ajusta con un anteojo de aumento que está montado sobre el láser. Hay sistemas en los que el blanco es un espejo con un detector de luz electrónico. Si la luz "rebota" en un espejo, vuelve al operador que controla la alineación visualmente o con un detector montado en la plataforma. En el caso de detección electrónica, una señal luminosa se activa cuando el láser da en el centro de la pantalla. En cambio cuando está desalineado suena una alarma.



La determinación de distancias, la detección y seguimiento de objetos lejanos y el sondeo ambiental son otro tipo de aplicación de gran importancia. En los primeros dos casos el método empleado se basa en medir el tiempo que tarda la luz del láser en recorrer la distancia a medir. Esto no es nuevo ya que la idea es la misma que se emplea en el Radar. Como la radiación electromagnética viaja a una velocidad constante de aproximadamente 300.000 km. por segundo, midiendo cuidadosamente el tiempo,

se pueden obtener medidas de longitud muy precisas. En el caso del láser estos sistemas se llaman LIDAR (del inglés Light Detection And Ranging) y funcionan en general más o menos así: una estación operadora envía un pulso láser hacia el espacio en diferentes direcciones "barriendo" una determinada región. Si el láser encuentra en su camino un objeto, rebota en el mismo y, regresa a la estación donde es detectado. Midiendo el tiempo que tarda la luz en ir y volver se logra determinar la posición del objeto. Esto lo realiza directamente una computadora y la información aparece en una pantalla.

Comparado con el radar (que utiliza ondas de radio) en el caso del LIDAR se aprovecha la direccionalidad del láser y la menor longitud de onda de



a) Telescopio, b) láser de Argón, c) Amplificador, d) Edificio de Cómputo y registro, e) Modulador, f) Amplificador láser, g) Estabilizador, h) Láseres de CO₂, i) Sistema de Control del radar.

ESTACION DE RADAR LASER.
PROTOTIPO EXPERIMENTAL PARA FINES MILITARES

operación para lograr una mayor precisión en las medidas. En tareas de seguimiento de objetos, se pueden utilizar espejos reflectores especiales (ojos de gato) de tamaño reducido, fáciles de colocar en el objeto a

seguir. Uno de los problemas del sistema LIDAR es que no se lo puede operar en condiciones de niebla, lluvia o nieve y que la luz del sol, cuando ilumina, interfiere las señales. Naturalmente, la mayor aplicación de este tipo de sistemas se encuentra en el área militar y aeroespacial. Por ejemplo, la NASA los ha utilizado para controlar el acoplamiento de naves espaciales y el seguimiento de cohetes y misiles.

Sin duda, una aplicación bastante espectacular ha sido la determinación más precisa con que se cuenta, de la distancia Tierra-Luna. Para ello tanto soviéticos como norteamericanos instalaron espejos en la superficie de la Luna, orientados de modo de reflejar el haz de un láser enviado desde la Tierra. Al llegar a la Luna el haz alcanza un diámetro de un kilómetro. Ese tipo de medidas se realiza regularmente, ya que las pequeñas variaciones que se producen en dicha distancia sirven para conocer mejor los movimientos de nuestro satélite y comprobar diversas teorías sobre los efectos de la gravedad. Otro uso importante de los LIDAR es en el "mapeo" de superficies realizado por aviones y satélites: mapas de superficie de la Tierra, ciudades, fosas marinas y topografías de los planetas y satélites del sistema Solar.

También se utiliza este tipo de sistemas para el sondeo y detección de contaminantes ambientales. En estos casos los objetos con los que interactúa el láser pueden ser partículas, aerosoles, gotas de lluvia, nubes, humo, etc. que dispersan o absorben la luz. El análisis de la luz recogida por diversas técnicas, permite determinar niveles de contaminación ambiental o de concentración de un determinado elemento químico en la atmósfera. En estos casos suelen usarse láseres de Nd-YAG, CO₂, excímeros y de colorantes. La determinación de la densidad de ozono en la capa atmosférica, la concentración de Dióxido de sulfuro, Dióxido de carbono y otros contaminantes son algunos ejemplos de este tipo de mediciones.

Finalmente, podemos mencionar que existe además una gran variedad de técnicas de medición de laboratorio en el área de la Química, la Física y la Biología en las cuales el láser se ha instalado como una herramienta de uso corriente en las actividades de investigación.

UN RELOJ MUY PARTICULAR

Uno de los aspectos que siempre ha inquietado a los hombres y muy especialmente a físicos y a astrónomos es cómo controlar de alguna forma el tiempo: Ustedes ya se estarán imaginando cosas tales como ir al pasado o al futuro, pero no me estaba refiriendo a esa, más bien a como medirlo, o lo que es lo mismo pero no es igual, a medir la duración de ciertos fenómenos y saber como éstos evolucionan a medida que pasa el tiempo. Ustedes dirán: bueno, para eso se inventaron los relojes. Es cierto y éstos fueron aumentando su precisión hasta hacer posible medir intervalos de tiempo cada vez más chicos. En la vida cotidiana es difícil encontrarse con situaciones donde sea necesario emplear "relojes" para medir sucesos que ocurren en fracciones muy pequeñas de segundo. A lo sumo en una carrera. Bueno, ahí podríamos hablar de décimas, centésimas y hasta milésimas de segundo. Sin embargo, en la naturaleza existen fenómenos que duran algo así como una mil millonésima de segundo o menos aún: la mil millonésima de la millonésima de segundo. Y ahí sonamos con los relojes tradicionales. Se pueden medir esas cosas? Sí, y el láser es el único instrumento que hasta el momento ha ido tan lejos. Sucede que con los láseres se pueden fabricar pulsos de luz ultrarrecontracortos, que duran algo así como $1/1000000000000000$ de segundo. A este número que parece tan insólito se lo llama un femtosegundo.

Los láseres de "pulsos ultracortos" son hasta el momento los únicos "relojes" inventados por el hombre que permiten medir directamente sucesos tan extremadamente cortos.

Ustedes se preguntarán dónde ocurren estos fenómenos. Pues aquí nomás, en nuestro propio cuerpo, en procesos biológicos como la fotosíntesis, en los mecanismos relacionados con reacciones químicas que se producen entre moléculas, o en la forma en que ciertas moléculas que reaccionan con la luz se relacionan con otras moléculas y con el medio que las rodea; o por ejemplo en ciertos procesos que ocurren en los materiales semiconductores. En fin, en muchos casos no lo sabemos porque hasta hace poco menos de 20 años no teníamos como medir estas cosas.

Además, a los físicos que trabajan e investigan en estos láseres y que buscan lograr pulsos cada vez más cortos, les siguen preocupando preguntas fundamentales como: hasta dónde se puede llegar? Hay

un limite impuesto por ciertas Leyes de la Naturaleza a nuestra capacidad de medir? Existirán fenómenos que ocurren por debajo de ese límite? Si es así, como podremos conocerlas?. Lo fascinante es que -en el fondo- contestar éstas preguntas es saber como funciona nuestro Universo. O sea que aquí tienen un buen ejemplo donde se mezclan las fronteras del conocimiento con instrumentos de impredecibles consecuencias tecnológicas.

Y esta historia recién ha empezado...

LÁSERES EN EL SUPERMERCADO?

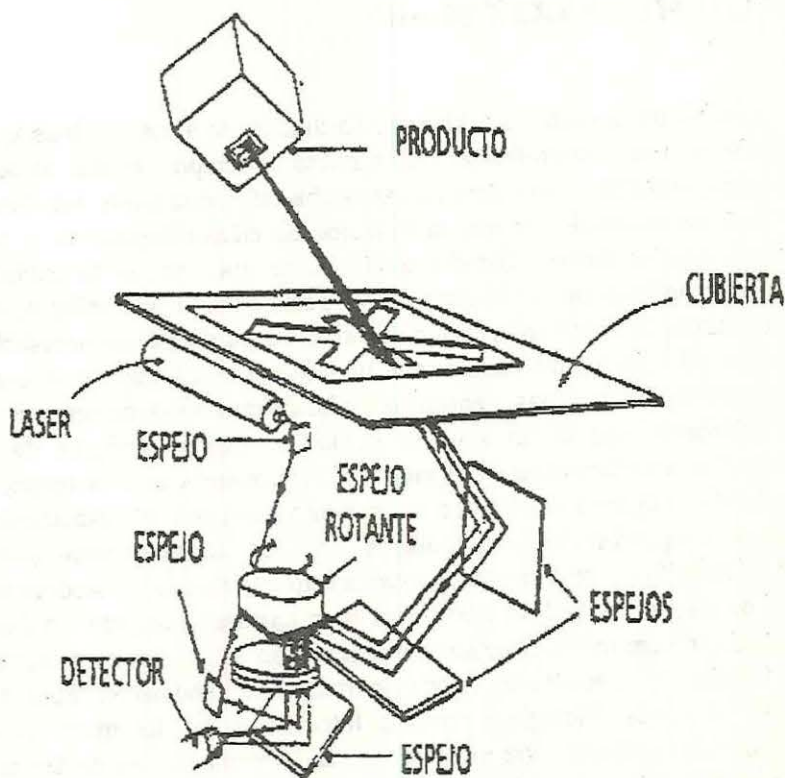
Quién no se topó alguna vez en un negocio con una mercadería que tenía un dibujo mas o menos así:



Bueno, eso se llama código de barras. Son un montón de barras oscuras impresas en un fondo claro. El ancho de las barras y el espacio de separación entre ellas varía según cada mercadería. Se llama código porque cada uno de esos dibujos representa al producto, su precio, marca, peso, etc. En algunos supermercados cuando uno llega a la caja, la empleada agarra el paquete, la bolsista o lo que sea que hemos comprado y lo pasa por una parte de la mesa que tiene un vidrio, siempre con el código de barras para abajo y un "beep" le avisa que la máquina ya lo registró. Bueno, te cuento como hace. Resulta que debajo de la mesa hay un sistema más o menos así:

Un láser continuo de He-Ne o uno de diodo, de esos que emiten en el rojo, atraviesa varias veces, muy rápido y de punta a punta el código. Para eso, un espejo especial que gira continuamente va cambiando la posición de salida del rayo (barra) de modo de producir sobre la superficie de la mesa como una colección de líneas que cambian continuamente de dirección (Lo que uno ve debajo de la cubierta de vidrio son varios rayos rojos entrecruzados).

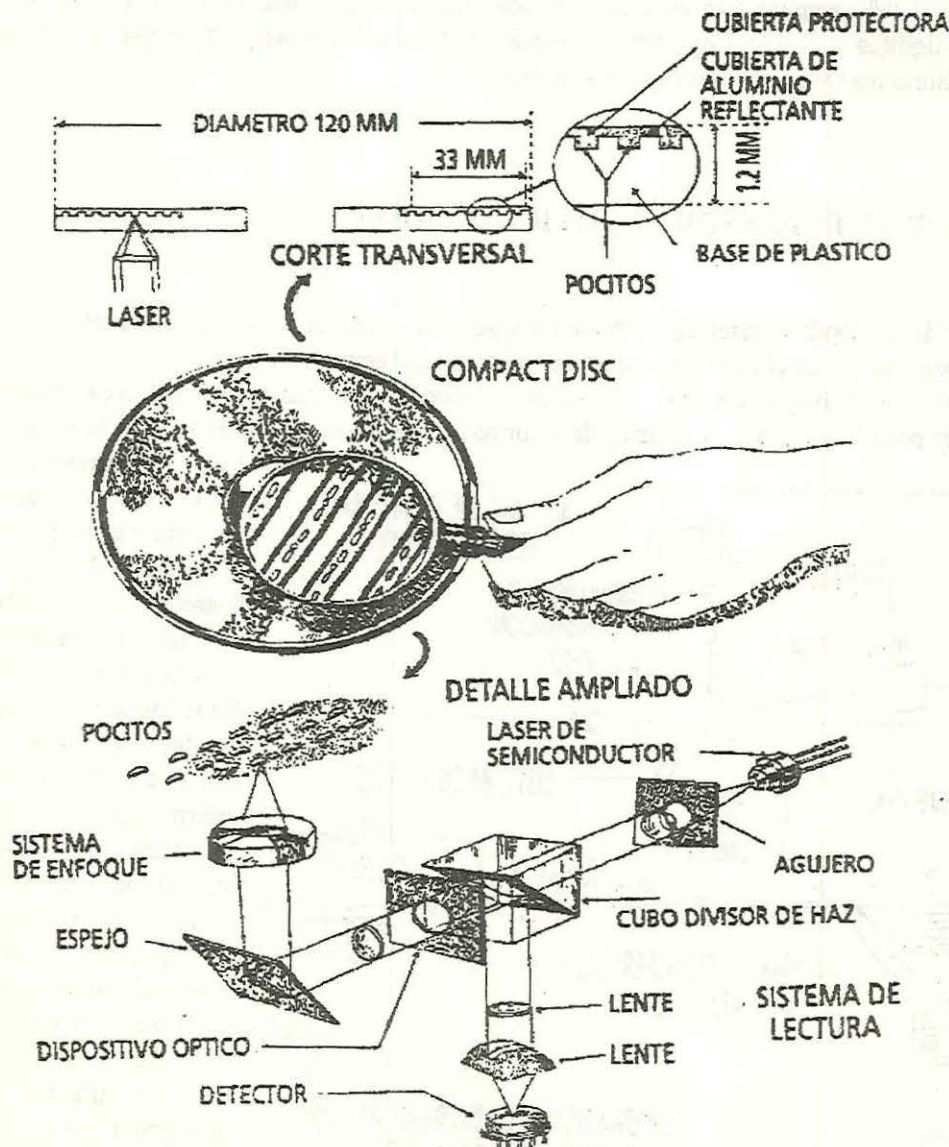
Cuando una de esas líneas atraviesa punto a punto el código, cada barra dispersa la luz de diferente manera según sea oscura o clara. Una parte de la luz dispersada vuelve por el mismo camino, pero en vez de regresar al láser es desviada por el espejo especial



y va a parar a un detector que la convierte en una señal eléctrica. Estas señales son distintas dependiendo de si provienen de una zona clara o de una oscura del código. Una vez detectadas son procesadas electrónicamente y comparadas con la información que la registradora tiene guardada en su memoria sobre cada producto. El resultado es impreso en una tira de papel. Existen también lectores de código de barras manuales que son como una pistola láser, pero tranquilos que no pasa nada, salvo que quién lo esté usando te lo ponga en un ojo. En estos aparatos el espejo rotante produce solo una línea de barrido que sale por una ventana horizontal. Para leer la información se coloca la ventana perpendicular al código y se aprieta un botón que prende el láser y activa el espejo rotante. Lo demás es como en los de mesa.

CÓMO FUNCIONAN LOS COMPACT-DISC ?

Los discos compactos, también llamados discos digitales, pueden ser de diferente tipo: Están los videodiscos, que reproducen música e imagen, los compact-disc más chiquitos y que sólo reproducen música y los que almacenan información para computadoras y esas cosas. En el caso de los compact para audio, el sistema mas usado hasta el momento es grabar primero un disco maestro y después sacar copias.

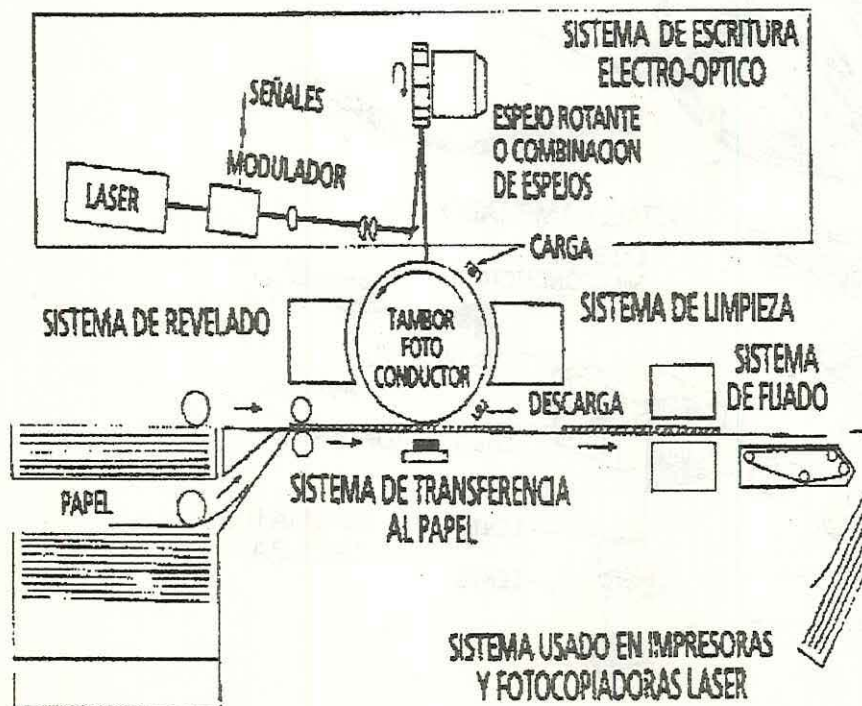


La información (música, por ejemplo) se graba en el disco maestro mediante un láser de potencia, cuyo haz se mueve radialmente sobre el disco mientras este gira. La intensidad del láser esta controlada (modulada) por las señales de audio captadas por los micrófonos. La superficie del disco es de una sustancia fotosensible que modifica sus propiedades de acuerdo con esta modulación. De ésta forma el disco queda grabado según una línea espiral formada por millones de pocitos (llamados PITS). El ancho y la profundidad de estos pocitos es constante, pero la longitud está controlada por la señal de audio digital que modula el láser. Un compact como la gente suele tener del orden de 2.5 billones de pocitos. A partir del disco maestro, se realizan copias en un material que es como plástico transparente. Cada copia se cubre primero con una película de aluminio muy fina y encima con una capa de plástico protector, duro y resistente. Esto les da una resistencia muy grande al manoseo, a la mugre, al rayado y esas cosas. Hay otros sistemas, la mayoría todavía en una etapa experimental, que permiten grabar borrar y volver a grabar en el mismo disco con un único equipo. Por ahora, no son de consumo masivo, pero es una cuestión de tiempo. Los reproductores de compact tienen una cabeza lectora en la que hay un láser de semiconductor de mucha menos potencia que el que se usa para grabar. La luz del láser barre el compact radialmente a medida que el disco va girando. La superficie del compact refleja la luz, que es recogida por un detector y procesada electrónicamente. Como la superficie esta formada por pits y espacios entre pits, la intensidad de la luz detectada proveniente de los pocitos, es menor que la reflejada por un espacio entre pits. Esto da como resultado una señal eléctrica variable que el aparato descifra y convierte de nuevo en sonido. La genialidad del compact está en que se puede guardar muchísima información en muy poco espacio, que son chiquitos y que no hay contacto mecánico (como las púas y otras yerbas) se lee mas rápido, dura muchísimo más y podés escuchas el silencio.

FOTOCOPIADORAS, IMPRESORAS y OTRAS YERBAS

Otra de las áreas dónde el láser ha contribuido a generar profundos cambios es la relacionada con los métodos de impresión y con el registro y procesamiento de imágenes.

Gran variedad de técnicas, métodos y procesos han sido revolucionarios al incorporar dispositivos que emplean láseres para la lectura o el registro de información. Buenos ejemplos se pueden encontrar en



las impresoras y fotocopias láser, en los aparatos de Fax en arte y diseño gráfico y en los sistemas de registro de imágenes de microscopios y ciertos aparatos médicos. En todos estos dispositivos el haz del láser lee o imprime punto a punto la información, con un nivel de resolución, rapidez y calidad muy superior al de cualquier otro método. En la impresión y escritura láser, el área que más expansión y crecimiento ha tenido, el principio básico que se utiliza es la exposición de un material fotosensible al haz de luz

láser que contiene (está "modulado") la información que se quiere imprimir. El procesamiento de la "imagen Latente" generada en el material fotosensible se realiza, en la mayoría de los casos, como en las fotocopiadoras convencionales. Los dos elementos claves en estos dispositivos son el sistema electroóptico de escritura y el elemento fotosensible. El sistema de escritura, consta de un láser que puede ser de cualquier tipo, aunque los más comunes son de He-Ne y últimamente de diodo, cuya intensidad se varía mediante un modulador "que responde" a las señales generadas por la información que se desea imprimir. Si se trata de una impresora Láser, por ejemplo, estas señales son las que vienen directamente de la computadora. El haz del láser "modulado" con la información "barre" el material fotosensible, mediante un espejo rotante, o un sistema mas sofisticado. Si el material fotosensible está fijo, una combinación de espejos mueve el haz sobre toda su superficie. En el caso de la mayoría de las fotocopiadoras, el haz se mueve por líneas produciendo una imagen latente sobre un tambor cilíndrico fotoconductor a base de Selenio. Esta imagen se convierte en "real" al revelarla aplicándole al cilindro un polvo negro conocido como toner, que se pega por atracción electrostática. A este proceso se lo llama ELECTROFOTOGRAFÍA. La transferencia del toner del cilindro al papel se realiza también por contacto electrostático. Luego es fijado con calor o por vaporización de un solvente químico (fijado en frío). Las impresoras láser mas comunes pueden imprimir a un ritmo de entre 6 y 200 páginas por minuto.

A MODO DE CRONOLOGÍA

Breve historia del láser....

1916/17: Albert Einstein propone por primera vez el principio físico en que se basa el Láser: la Emisión Estimulada de Radiación.

1924: Un grupo alemán dirigido por R. Landeburg obtiene la primera evidencia experimental de emisión estimulada de radiación.

1949: El soviético Fabrikant propone un método para amplificar la radiación estimulada. Lo patenta en 1951, pero no obtiene ningún resultado.

1953/54: Charles H. Townes, Herbert Zeiger, James P. Gordon en los EE.UU. y Alexander M. Prokhorov y Nicolai Bassov en la URSS desarrollan el MASER: Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificación de microondas por emisión Estimulada de Radiación).

1957/58: Gordon Gould por una parte y Charles H. Townes y Arthur L. Schawlow por otra, desarrollan en los EE.UU. las principales ideas para la construcción del láser, sin embargo son los dos últimos quienes obtienen -en 1960- la patente del invento. Gould deberá esperar 30 años y un montón de trámites judiciales para que se le reconozca su aporte.

1960: En los EE.UU. Theodore H. Maiman hace funcionar el primer láser de la historia: una barra de rubí sintético con los extremos espejados rodeada por una lámpara de flash. Cuando la lámpara se disparaba, un pulso de luz roja salía de una de los extremos de la barra.

Pocos meses después de la aparición del láser de rubí, el grupo de Ali Javan, un científico indio radicado en los EE.UU. desarrolla el primer láser de gas de emisión continua.

1951: Se desarrollan los primeros láseres de Neodimio.

1962: Se inventan los primeros láseres de semiconductores.

Se construye el primer láser continuo de He-Ne con emisión en el rojo.

1964: En los EE.UU., C.K.N. Patel, otro indio, desarrolla el láser de dióxido de carbono (CO) y W. Bridges prepara el de Argon iónico.

H. Townes, N. Bassov y A. Prokhorov obtienen el Premio Nobel de Física por sus contribuciones y trabajos en máseres y láseres.

1965/66: P.P. Sorokin y J.R. Lankard desarrollan los primeros láseres líquidos de colorantes orgánicos.

1976: Se construyen los primeros láseres de excímeros.

1977: Se desarrollan los primeros láseres de electrones libres.

1980: Primeros resultados experimentales en la búsqueda del láser de rayos X.

1981: Nicolas Bloembergen y Arthur L. Schawlow obtienen el premio Nobel de física por sus trabajos en máser, óptica no lineal y espectroscopia láser.

1987: Se construyen los primeros láseres de estado sólido excitados por láseres de diodo. 1988 Aparece en escena el láser de Titanio-Zafiro.

1990: Los láseres de diodo con emisión en la región visible del espectro comienzan a ser empleados en forma masiva. "

BIBLIOGRAFÍA

"El Láser" Mario Garavaglia - Monografía N°12 - Serie de Física - O.E.A.

"Láser" Gabriel M. Bilmes - Colección Sin Careta - Ediciones Colihue."

"Los Rayos Láser y la Holografía" Winston E. Kock - Eudeba.

LÁMPARAS DICROICAS

Probablemente hayamos oído nombrar a este tipo de fuentes de luz (en rigor, lo que es dicróico es el reflector y no la propia lámpara). Son de uso muy común en vidrieras, exposiciones, viviendas y en cualquier ambiente que se precie de estar bien decorado. Son pequeñas lámparas incandescentes de tamaño no mucho mayor que los foquitos de linterna, que se montan en unos reflectores parabólicos de unos cinco centímetros de diámetro que suelen tener reflejos coloreados.

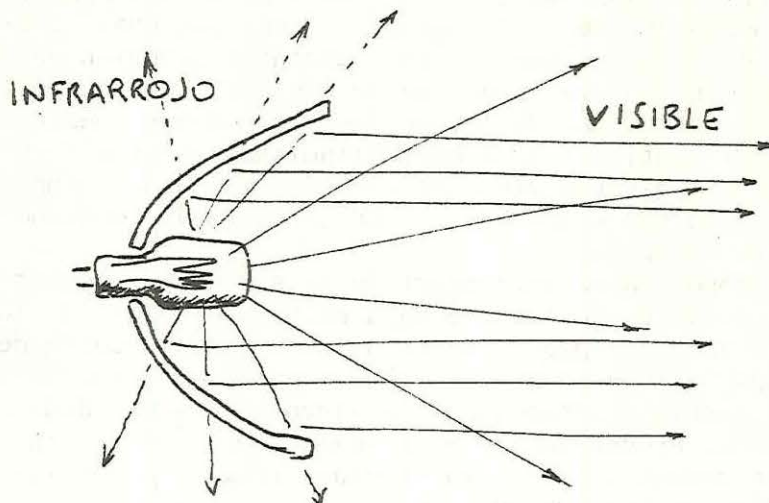


Fig.: El reflector dicróico deja pasar la radiación infrarroja, y refleja sólo la visible. Por razones de durabilidad y rendimiento, las lámparas incandescentes son de pocos voltios, y necesitan de un transformador.

La palabra dicróico se empleó por primera vez para referirse a los cristales que poseen dos índices de refracción en vez de uno solo, y por ello generan dos haces refractados para un único haz incidente. En el caso de la iluminación dicróica, se aplica a los reflectores de los artefactos que están tratados con la deposición de una lámina de plástico muy delgada, cuyo espesor es de fracciones de micrón, que poseen diferente transmisión de la luz visible e infrarroja. Se produce en esta lámina el efecto de reflexión selectiva en láminas delgadas, semejante al que vemos en las pompas de jabón.

Cuando la luz llega a la superficie anterior de la lámina, una parte se refleja y otra sigue su viaje a través del medio transparente. Cuando llega a la superficie posterior, vuelve a reflejarse parcialmente, y el resto sigue su viaje. Tenemos así dos haces reflejados con una muy pequeña diferencia de camino óptico, que si es de una fracción semientera de la longitud de onda de la luz, generará una interferencia constructiva o de refuerzo, y de anulación o destructiva si es entera. Puede hacerse que el espesor de esa lámina sea el adecuado para reflejar con gran eficiencia la región central del espectro visible, y dejar pasar afuera a la molesta radiación infrarroja. Tenemos así una fuente de luz térmicamente fría, pero de un color de los llamados cálidos (propio de la iluminación incandescente), muy agradable a la vista, en comparación con el de las luces de mercurio.

Hay quienes cubren el reflector con diversa clase de artefactos que, supuestamente, dan más vista y elegancia a la luminaria. Pero con ello sólo consiguen detener en él a la radiación infrarroja. El artefacto comenzará a irradiar un calor muy molesto sobre las cabezas de las personas que se aproximen; las lámparas dicróicas deben usarse desnudas, o sea con el reflector a la vista.

Peor aun: algunos fabricantes simplemente rocían tinta coloreada sobre reflectores comunes, imitan así malamente el aspecto de las verdaderas lámparas dicróicas, y las venden como tales. Y la gente las compra, seguramente atraída tanto por su bello aspecto, como por el nombre imponente cuyo significado no se ocupa de averiguar. 52

Fusión de imágenes en un vidrio

Se emplea un vidrio o acrílico vertical que sirve para verse en él como en un espejo, y también para mirar a su través. Se sientan dos participantes uno frente al otro, separados por el cristal e iluminados por sendas lámparas cuya intensidad puede manejar cada uno con una perilla. En las casas de electricidad venden esos mandos, que se conocen como atenuadores de luz, o dimers. Con pequeñas correcciones de la posición de sus cuerpos los participantes procuran hacer coincidir la propia imagen con la figura de su compañero de juegos; logrado esto, manejan la intensidad de la luz hasta que ambas imágenes estén - en su percepción subjetiva - igualmente iluminadas. Durante un breve intervalo no saben si se están viendo a sí mismos, o a sus compañeros, pues los rasgos se combinan y desdibujan, en un complejo fenómeno de superposición óptica y psicológica.

El propósito de esta práctica es sólo experimentar esa sensación, extraña, nueva e inquietante para muchos de nosotros. No se procura con esto ilustrar principios físicos ni desarrollar puntos del programa; sólo es una muestra de un contacto operacional y directo con el fenómeno de la reflexión parcial, apropiado para alumnos de toda edad, especialmente los muy pequeños. Probablemente el rechazo proverbial hacia la física que se observa en muchas personas ya crecidas tenga algún origen en la falta de oportunidad de haber jugado con ella en su niñez.

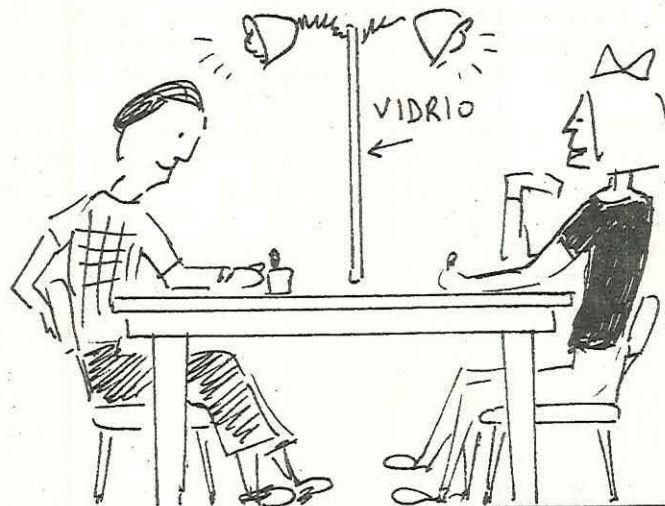


Fig.: La fusión de imágenes. Los participantes regulan la luz que los ilumina hasta fundir en una sola imagen su propio reflejo y la figura de su compañero, vista a través de la pared transparente. Produce una sensación muy curiosa.

Vidrios polarizados

La luz se polariza por reflexión, tanto en la superficie de un lago como en un pavimento húmedo o seco (el pavimento es transparente en espesores de hasta cien micrones). Si se coloca como parabrisas un vidrio polarizado en dirección perpendicular a la de la polarización de la luz reflejada, entonces veremos a través de él perfectamente a los otros vehículos, transeúntes y al resto del paisaje, pero dejará de molestarnos el reflejo de la calle, que quedará filtrado casi totalmente.

Los fotógrafos emplean a menudo filtros polaroides para eliminar reflejos de anteojos o de la piel sudorosa o maquillada en exceso. También se han visto casos en los que se hizo lo contrario y se exageró a propósito ese antiestético efecto, para denigrar la figura de un ministro que usaba lentes de gruesos cristales.

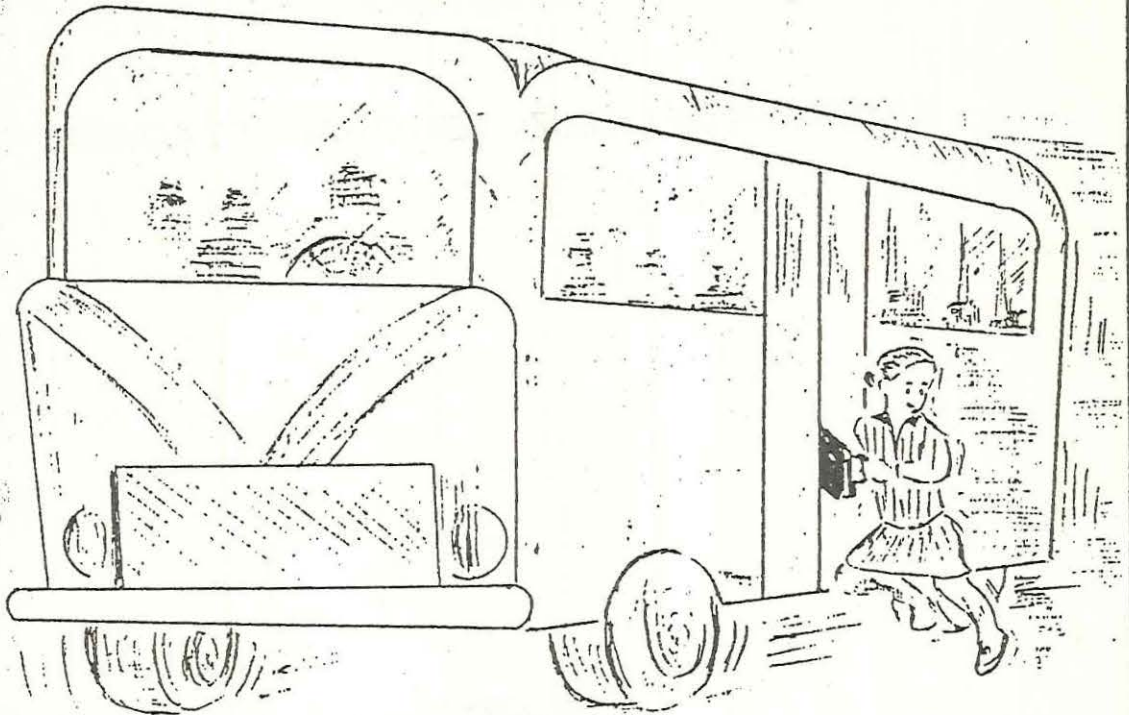
Pero debe aclararse que los que se conocen comúnmente como vidrios polarizados para automóviles, no polarizan absolutamente nada de la luz que los atraviesa. Se les da ese nombre por la semejanza que tienen con vidrios que antiguamente sí lo eran, pero que dejaron de usarse por ser muy costosos y por quedar sin efecto el plan de hacer que los faros de los vehículos emitiesen luz polarizada en la otra dirección. Los vidrios para coches que todos llaman polarizados en realidad están simplemente oscurecidos, a veces semiespejados. Con esto se consigue que ingrese menos luz al vehículo, que de otro modo deslumbraría al conductor.

También se recalienta menos la cabina por la radiación solar. Y un efecto adicional es que desde afuera no se ve quiénes están dentro del vehículo; esto en algunos casos es una ventaja para la privacidad y la seguridad. Hay países en que está prohibido usar vidrios oscurecidos, precisamente porque facilitan la comisión de actos ilegales y anónimos. La reglamentación dice, ingenuamente, polarizados, y daría a los infractores la posibilidad de interponer algún alegato físico en su defensa.

REFLEXIÓN DE LA LUZ: TEXTO PARA EL ALUMNO

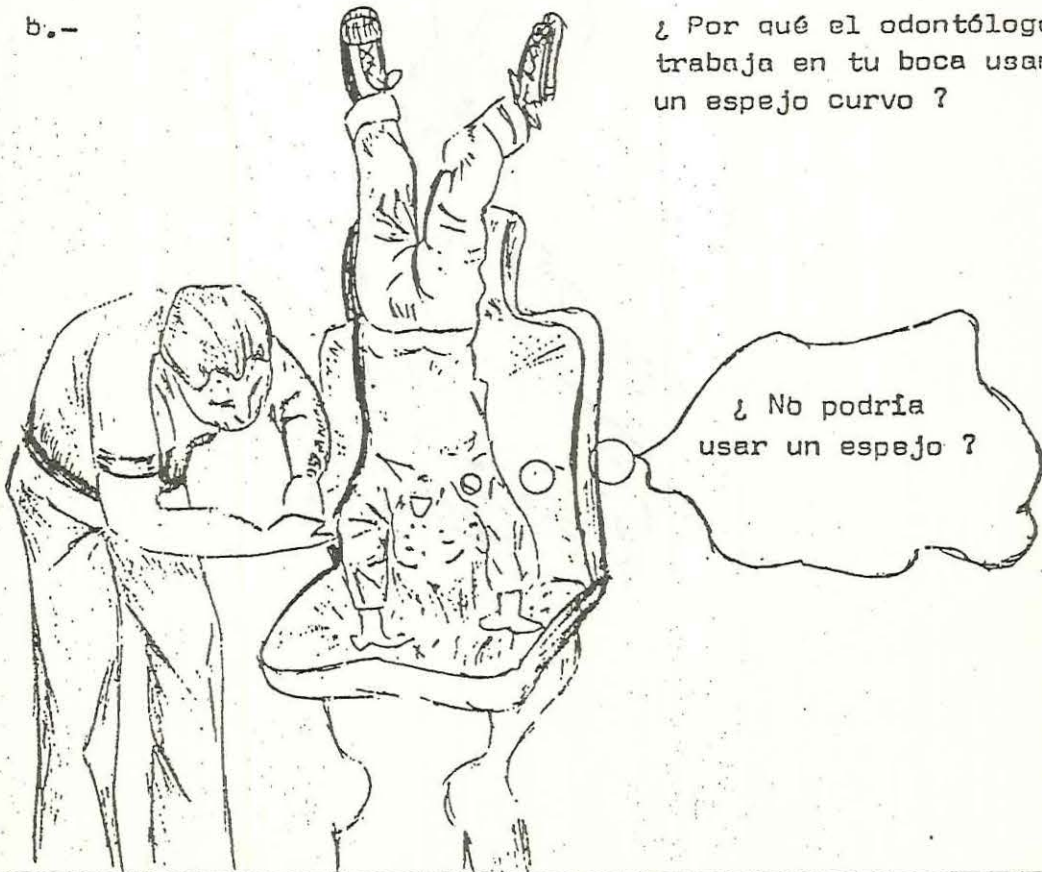


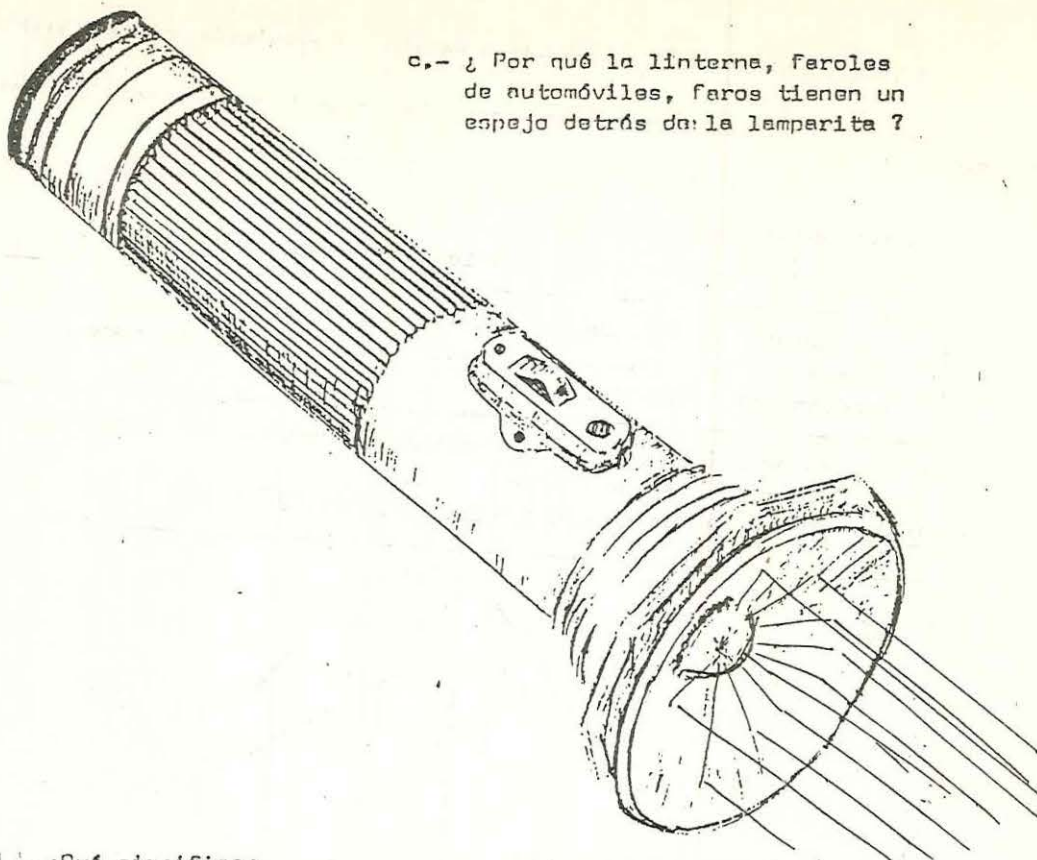
a.- ¿ Observaste cuando se produce el descenso de pasajeros, cómo el conductor mira el espejo interior antes de proseguir la marcha ?



b.-

¿ Por qué el odontólogo trabaja en tu boca usando un espejo curvo ?





c.- ¿ Por qué la linterna, faroles de automóviles, faros tienen un espejo detrás de la lamparita ?

d.- ¿Qué significa:

AMBULANCIA

POLICIA

Te guiaremos en la realización de algunos experimentos que te permitirán describir y justificar en parte las anteriores situaciones.

1.- Usarás un proyector, espejos y bloques (ver apéndice sobre construcción del proyector).

1.1.- Coloca el proyector sobre papel blanco y haz incidir un rayo de luz oblicuamente sobre un espejo plano ubicado perpendicularmente al papel. Marca con un lápiz el rayo que llega al espejo y el que vuelve de él. Indica con una flecha el sentido de marcha del rayo.

Identicamente a lo hecho en este experimento. HAZ UN ESQUEMA en los sucesivos.

1.2.- Repite la experiencia anterior cambiando la posición del espejo y haz lo mismo que en 1.1.

1.3.- Repite la experiencia 1.1 con luz roja.

1.4.- Repite la experiencia 1.1 con luz verde.

1.5.- Repite la experiencia 1.1 usando un espejo convexo.

1.6.- Repite la experiencia 1.1 usando el espejo cóncavo.

1.7.- Coloca el proyector sobre la hoja y con un lápiz marca la trayectoria del rayo de luz.

1.8.- Coloca sobre la hoja un bloque transparente de acrílico y haz incidir sobre la cara plana un rayo de luz. Marca con un lápiz la trayectoria del rayo que llega al bloque y el que atraviesa el mismo.

1.9.- Repite la experiencia 1.8 con luz roja.

1.10.- Repite la experiencia 1.8 con luz verde.

1.11.- Repite la experiencia 1.8 pero haciendo incidir el rayo de luz sobre la cara curva.

1.12.- Repite la experiencia anterior 1.11 apoyando la ranura del proyector directamente en la cara plana del bloque transparente. Marca con un lápiz la trayectoria del rayo que atraviesa el bloque y el que emerge de él por su cara curva.

El color del rayo de luz, ¿modifica en algo el resultado del experimento?

Observa atentamente los gráficos que efectuaste después de realizar los experimento.

¿Son similares?, ¿Todos entre sí?, ¿En que se diferencian?

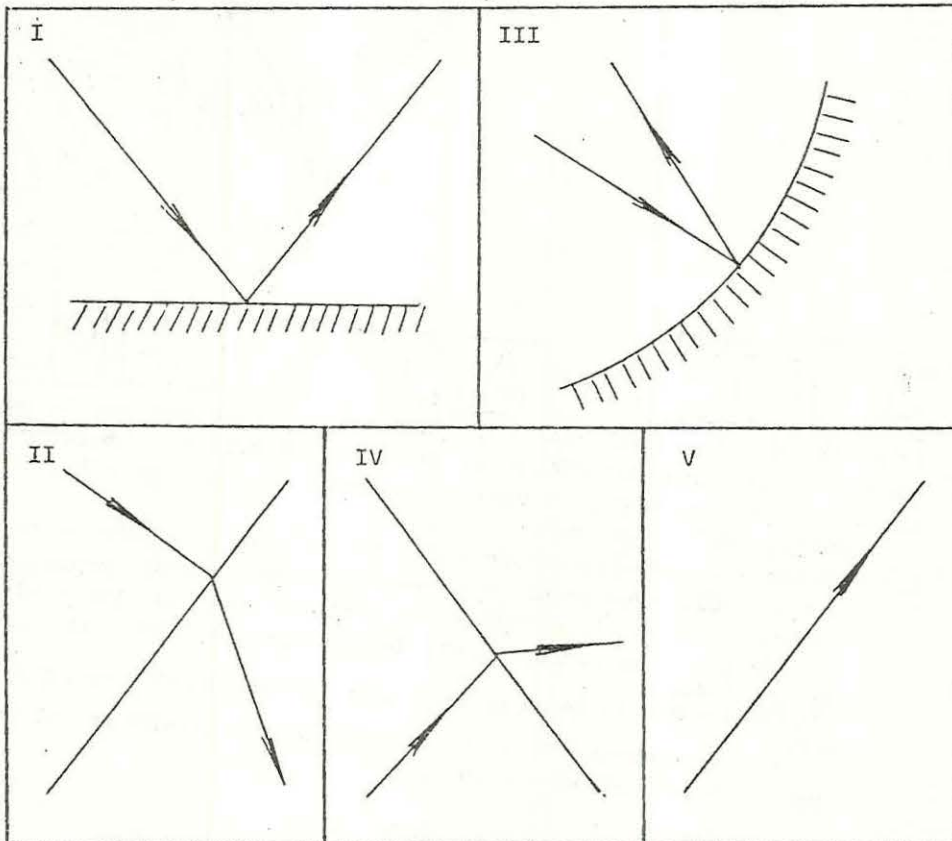
¿Podrías decir cuando se produce reflexión?

Contesta completando los espacios en el siguiente recuadro.

Cuando el rayo de luz que llega a la superficie de un espejo al medio se produce el fenómeno de reflexión.

" Toda superficie en la que se produce el fenómeno de reflexión puede considerarse un espejo".

Indica en los siguientes esquemas donde hay reflexión

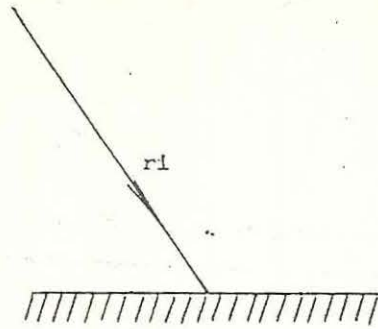


Explica en cada caso porque hay o no hay reflexión.

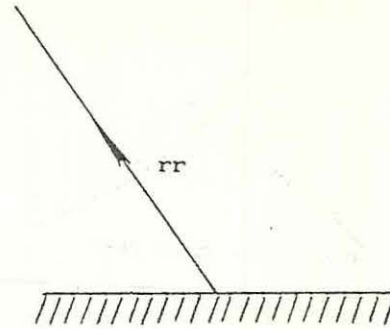
- I.....
.....
.....
- II.....
.....
.....
- III.....
.....
.....
- IV.....
.....
.....
- V.....
.....
.....

2.-Observa los siguientes esquemas, extrae tu conclusión y completa el recuadro correspondiente a cada caso:

2.1.a

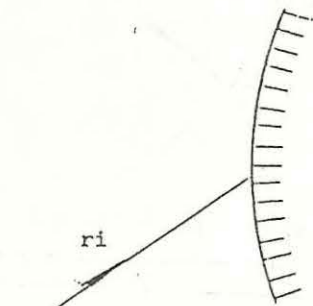


ri es rayo incidente

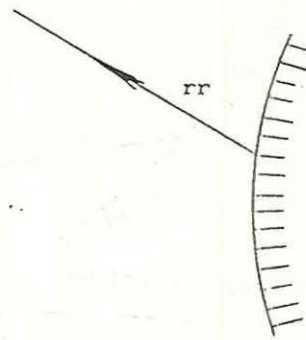


rr no es rayo incidente

2.1.b

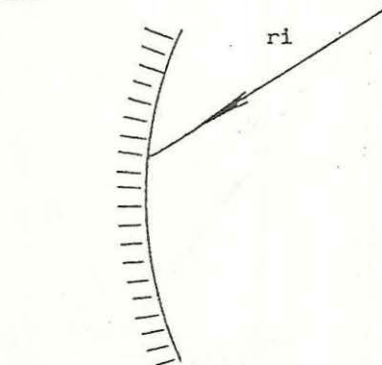


ri es rayo incidente

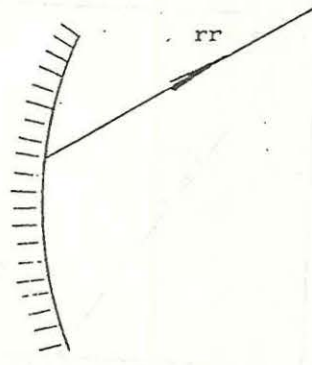


rr no es rayo incidente

2.1.c



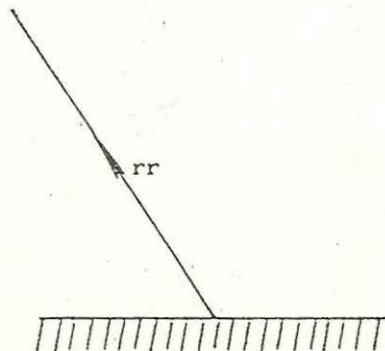
ri es rayo incidente



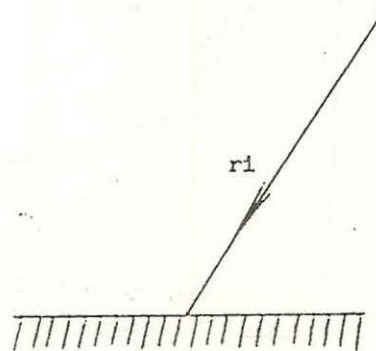
rr no es rayo incidente

El rayo incidente es:.....

2.2.a

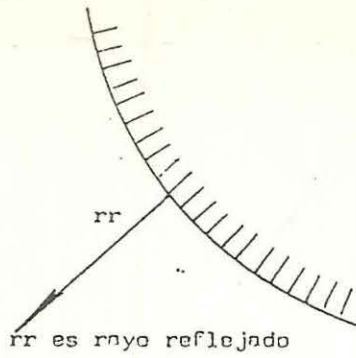


rr es rayo reflejado

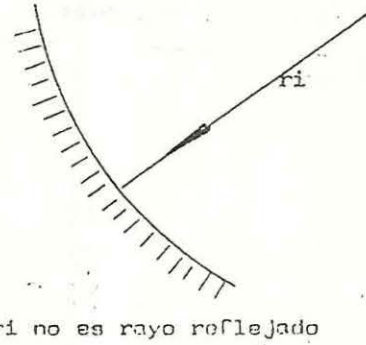
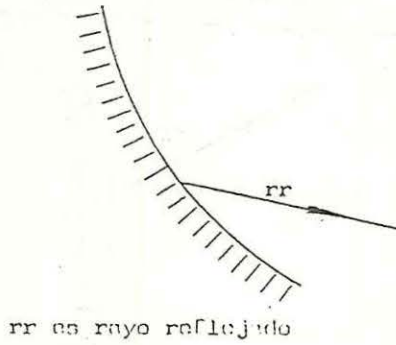


ri no es rayo reflejado

2.2.b

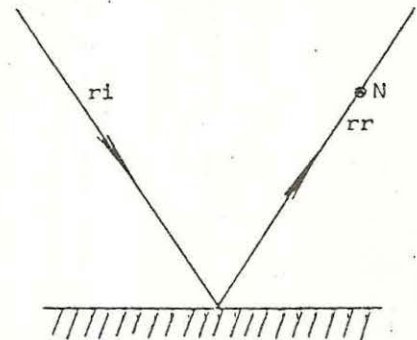
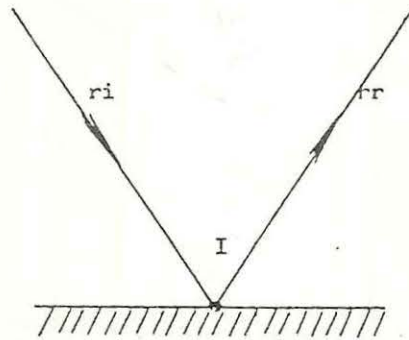


2.2.c

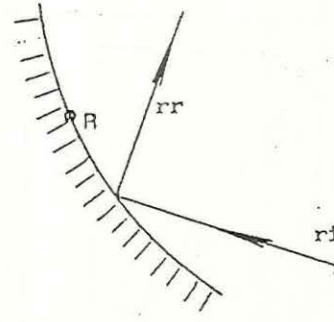
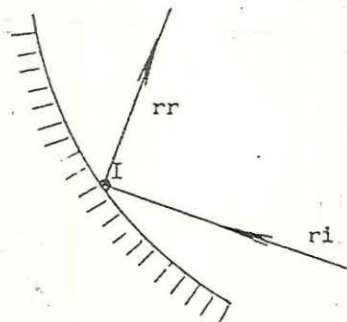


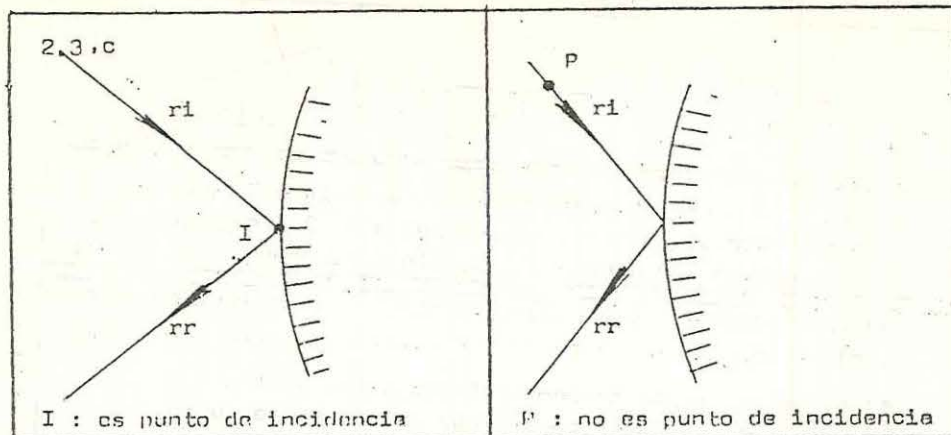
El rayo reflejado es:.....

2.3.a



2.3.b



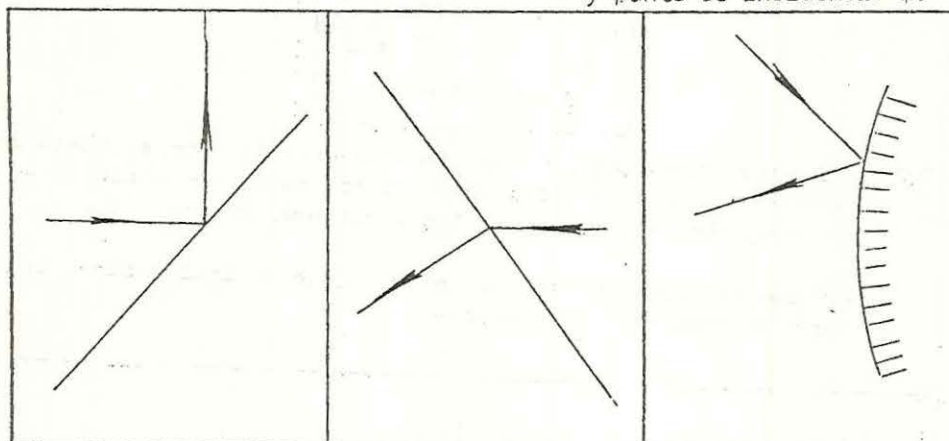


El punto de incidencia es:

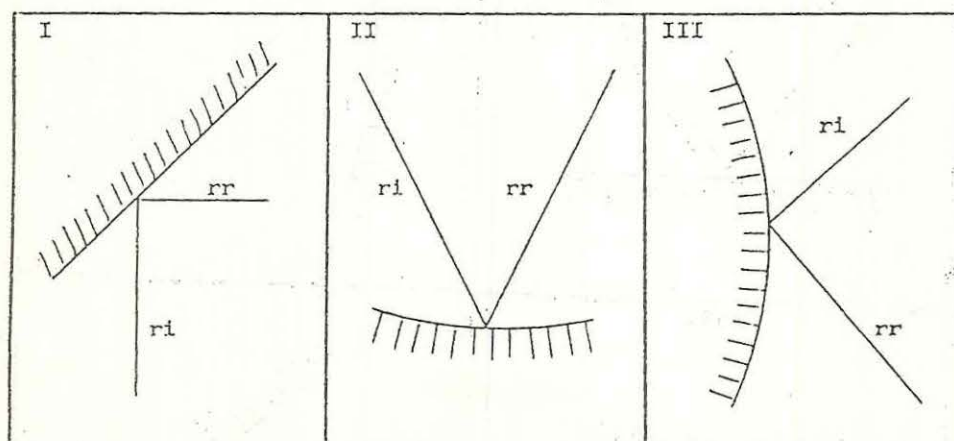
.....

.....

2.4 -En los siguientes ejemplos indica : rayo incidente (ri), rayo reflejado (rr), y punto de incidencia I.



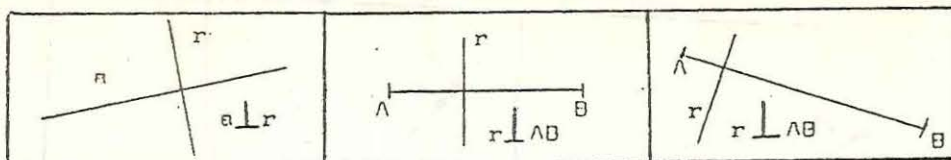
2.5 -Coloca el sentido a los rayos de los siguientes esquemas de acuerdo con las convenciones anteriores:



3.1 -Resulta útil para trabajar posteriormente con el fenómeno de reflexión que recuerdes: a que llamamos normal, a una recta o segmento en un punto. Piensa un poco... y luego elige una de las alternativas para completar el espacio en blanco :

Se llama normal a una recta o segmento en un punto a la recta que es..... en dicho punto.-
(PARALELA, PERPENDICULAR, OBLICUA)

-Realmente la normal a una recta o segmento en un punto es la recta perpendicular en dicho punto
Te lo confirmamos con el siguiente esquema:



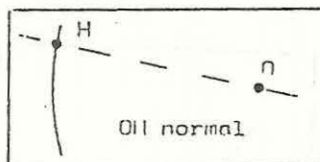
-¿Recuerdas a qué llamamos normal a una circunferencia (o arco de circunferencia), en un punto ? -Reflexiona . . .
elige una de las opciones y completa el espacio en blanco:

Se llama normal a una circunferencia (o arco de circunferencia) en un punto a la recta que

- Contiene al radio correspondiente a ese punto.
- Contiene a cualquier cuerda que pasa por ese punto.
- Es tangente en ese punto.

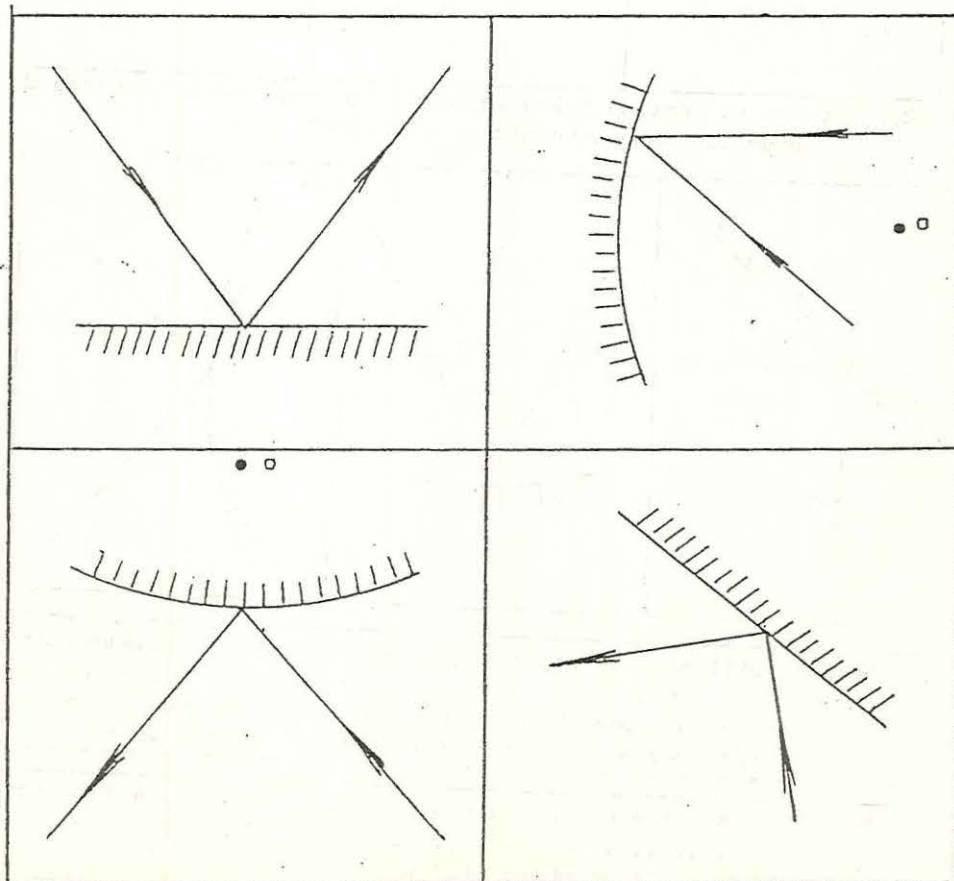
La normal a una circunferencia (o arco de circunferencia) en un punto es la recta que contiene al radio correspondiente a ese punto.

Te lo confirmamos con el siguiente esquema:



3.2 -Ahora que recordaste, a qué llamamos normal: a un segmento o un arco de circunferencia en un punto, están en condiciones de dibujarla en cada uno de los siguientes casos:

-Dibuja la normal al espejo, en el punto de incidencia y coloca el nombre de cada rayo.-



-NOTA: "O" es el centro de la circunferencia, también llamado centro de curvatura.-

4.1 -Observa con atención los siguientes esquemas. Con ellos esperamos puedas completar el recuadro.

1.1 α es ángulo de incidencia	α no es ángulo de incidencia
1.2 α es ángulo de incidencia	α no es ángulo de incidencia
1.3 α es ángulo de incidencia	α no es ángulo de incidencia
1.4 α es ángulo de incidencia	α no es ángulo de incidencia

El ángulo de incidencia es el que tiene por lados.....

4.2.- Realiza una tarea similar a la anterior con los siguientes esquemas:

2.1 α es ángulo de reflexión	α no es ángulo de reflexión
2.2 α es ángulo de reflexión	α no es ángulo de reflexión
2.3 α es ángulo de reflexión	α no es ángulo de reflexión
2.4 α es ángulo de reflexión	α no es ángulo de reflexión

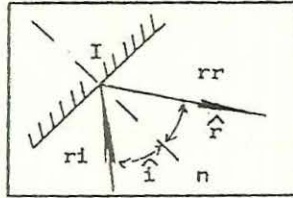
El ángulo de reflexión es el que tiene por lados.....

5.1.1 -Con tu proyector y el espejo plano ubicada perpendicularmente sobre una hoja de papel blanco, haz incidir un rayo oblicuamente al espejo.

-Dibuja en la hoja de papel la posición del espejo, los rayos incidente y reflejado.

Retira la hoja y traza la normal en el punto de incidencia.

Obtendrás un esquema similar a este:



Mide los ángulos de incidencia y reflexión.

Repite este procedimiento seis veces para distintos ángulos de incidencia ($\hat{i}$).

5.2.2.- Vuelca los valores anteriores en el siguiente cuadro:

n	$\hat{i}$	$\hat{r}$	$\hat{i}/\hat{r}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			

En una hoja milimetrada traza un sistema de coordenadas cartesianas ortogonales.

Representa en el eje de las abscisas (x) el valor de los ángulos de incidencia ($\hat{i}$) y en el eje de ordenadas (y) el valor de los ángulos de reflexión ($\hat{r}$).

5.3.1.- Como consecuencia de los valores obtenidos en la tabla y de la representación gráfica, ¿Qué tipo de proporcionalidad puedes establecer entre $\hat{i}$ y $\hat{r}$?

$\hat{r}$ es proporcional a $\hat{i}$

¿Cuánto vale la constante de proporcionalidad?

La constante de proporcionalidad vale

¿Cómo son $\hat{i}$ y $\hat{r}$?

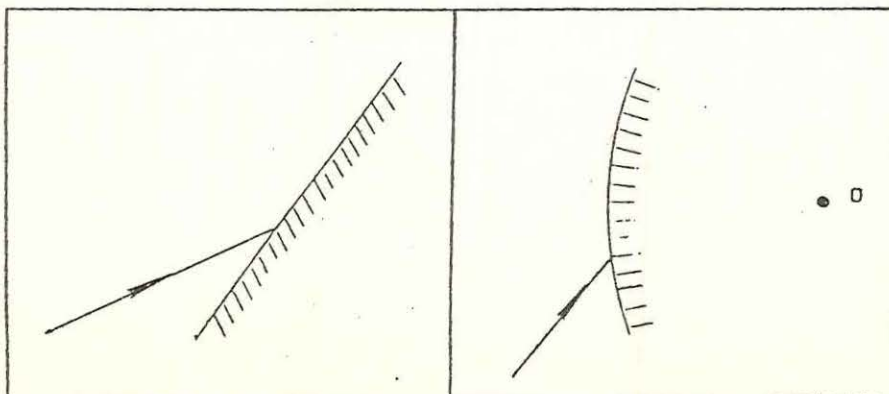
$\hat{i}$ y $\hat{r}$ son

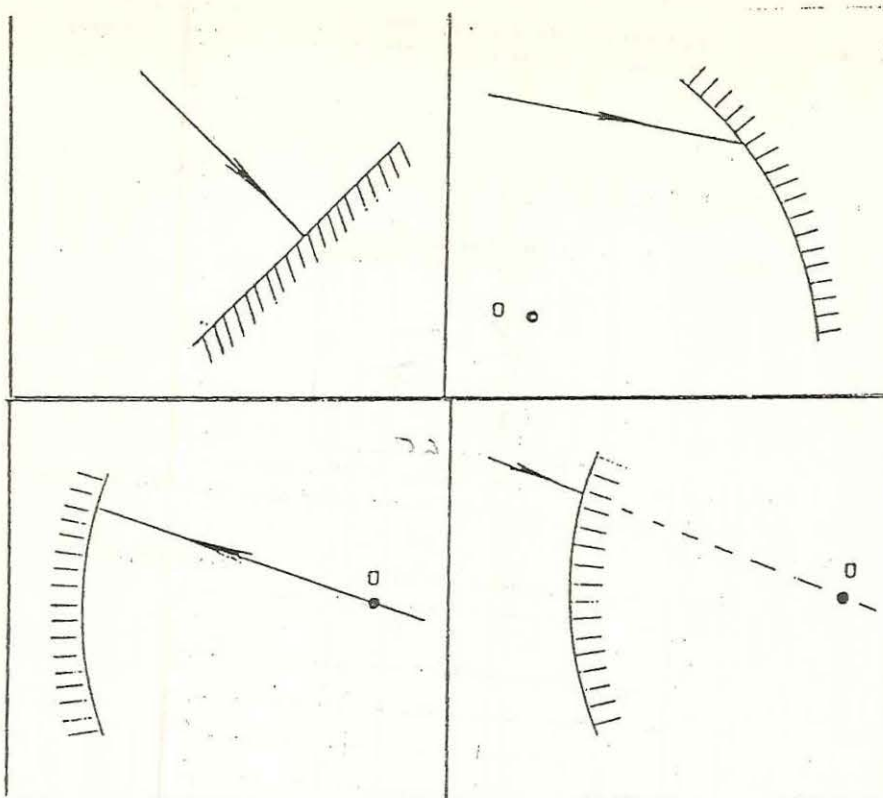
6.1.1.- Esta conclusión a que has arribado es la ley de la reflexión, enúnciala completando el recuadro siguiente:

Los ángulos de y de son

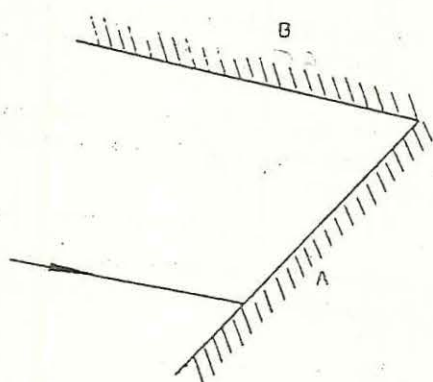
Esta ley es válida para cualquier superficie reflectora. Puedes comprobarlo experimentalmente con los espejos curvos.

7.- 1.- Utilizando la ley de la reflexión traza el rayo reflejado y justifica la construcción:

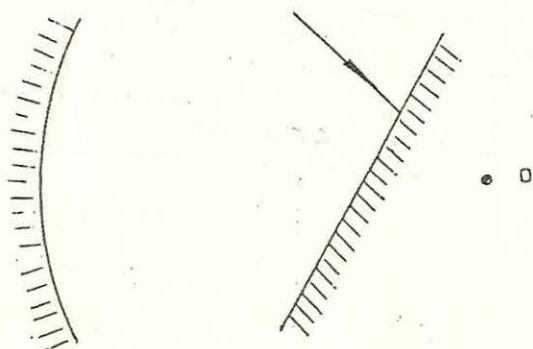




2.- A y B son espejos planos. El rayo incidente en A se reflejará e incidirá en B, donde se reflejará nuevamente. Dibuja la marcha de rayos. Justifica la construcción.



3.- Traza los rayos reflejados en las distintas superficies:



Al comenzar este trabajo te planteamos algunas cuestiones.

¿Puedes justificar a, b y c?

.....
.....
.....

En cuanto a d, coloca el espejo plano perpendicularmente al papel, de tal manera que en el espejo observes la imagen

¿Qué lees?

.....
.....

Para orientarte en este trabajo, te plantearemos algunas cuestiones.

Si te peinas con raya, ¿en que costado de la cabeza te la haces?

Si te miras en el espejo, ¿En qué lado tiene la raya "el que está detrás del espejo"?

Cuando miras una foto de un grupo de gente conocida, ¿Ves a los demás "como siempre"?

Y tú ¿Cómo te ves?

Pregúntales a los demás integrantes del grupo, que opinan acerca de "los otros" y que piensan respecto de ellos..

¿Coinciden las respuestas?

Investiga ahora, leyendo textos y preguntando a todos los que puedan brindarte información.

¡SUEPTE!...

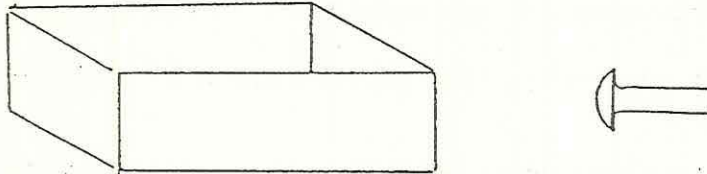
61

A P E N D I C E

Te daremos algunas sugerencias para que puedas armar un sencillo equipo para realizar algunos experimentos de OPTICA.

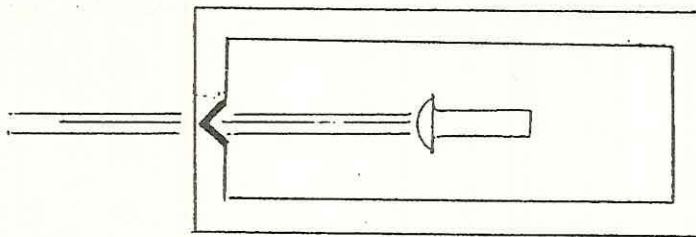
a.- Construcción del proyector

Para construir el proyector con el que realizarás las experiencias pedidas necesitarás una caja de lata o de cartón (tipo caja de zapatos), una linterna y papel celofán rojo y verde.

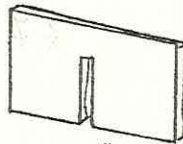


Efectúa un corte de aproximadamente 1 cm x 1 cm en una de las caras menores de la caja.

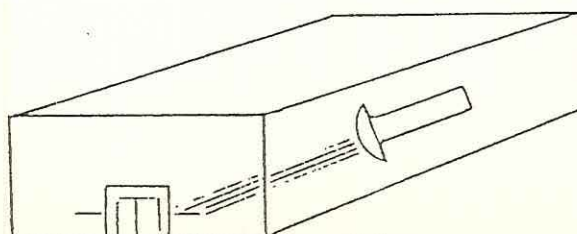
Coloca la linterna sobre la mesa y sobre ésta la caja invertida de tal manera que la luz de la linterna salga por el orificio efectuado



Prepara una pieza de cartón o plástico que tape el orificio anterior y efectúale un corte con una sierra (si es posible)



Fija esta pieza con cinta Durex a la caja y obtendrás un rayo de luz que sale de la ranura.
(*Son las cintas transparentes, también llamadas Scotch)



Cuando avances en el estudio de la OPTICA, necesitarás obtener tres rayos de luz que sean paralelos entre sí.

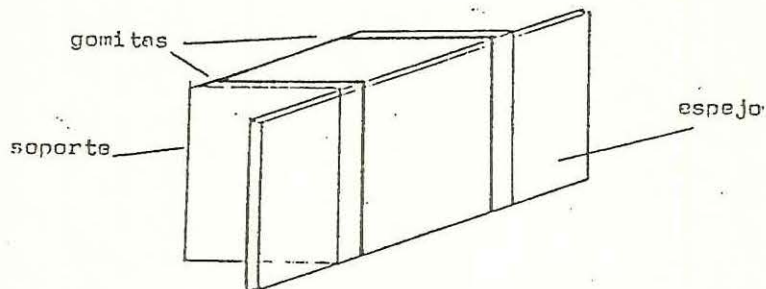
Para ello recorta una pieza como la anterior, y efectúale tres cortes con la sierra, de tal manera que queden tres ranuras paralelas e igualmente espaciadas. Obtendrás así tres rayos "bastante paralelos". (Notarás que a la salida del proyector "se van abriendo" un poquito). Esto puede corregirse colocando delante del proyector una lente convergente (las que conoces como linternas) que hace paralelos a los rayos. (ESTO SOLO-LO NECESITARAS CUANDO PROFUNDICES EL ESTUDIO DE ESPEJOS CURVOS).

Para obtener luz de distintos colores antepone a la ranura un papel celofán del color que necesitas.

b.- Construcción de los espejos

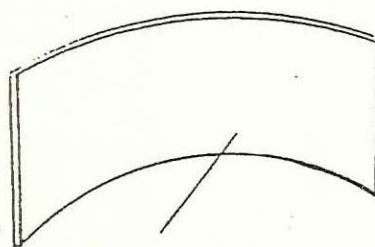
1.- El espejo plano puedes obtenerlo en cualquier farmacia o perfumeria (tipo espejo de cartera).

Para ubicarlo perpendicularmente al papel tendrás que conseguir un cubo de madera o cualquier otro material. El espejo puedes adosarlo a él mediante dos gomitas.

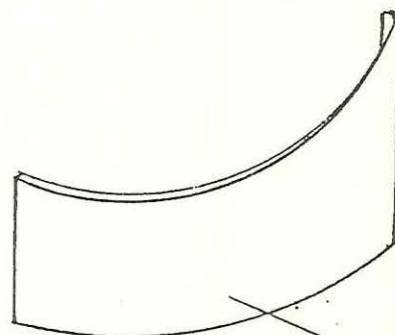


2.- El espejo esférico puedes obtenerlo al cortar una lata de aceite (facilmente obtendrás una en cualquier estación de servicio) o cualquier otra lata.

Antes de cortar la lata mide el diámetro de la base. De esa manera puedes calcular el radio de curvatura del espejo.



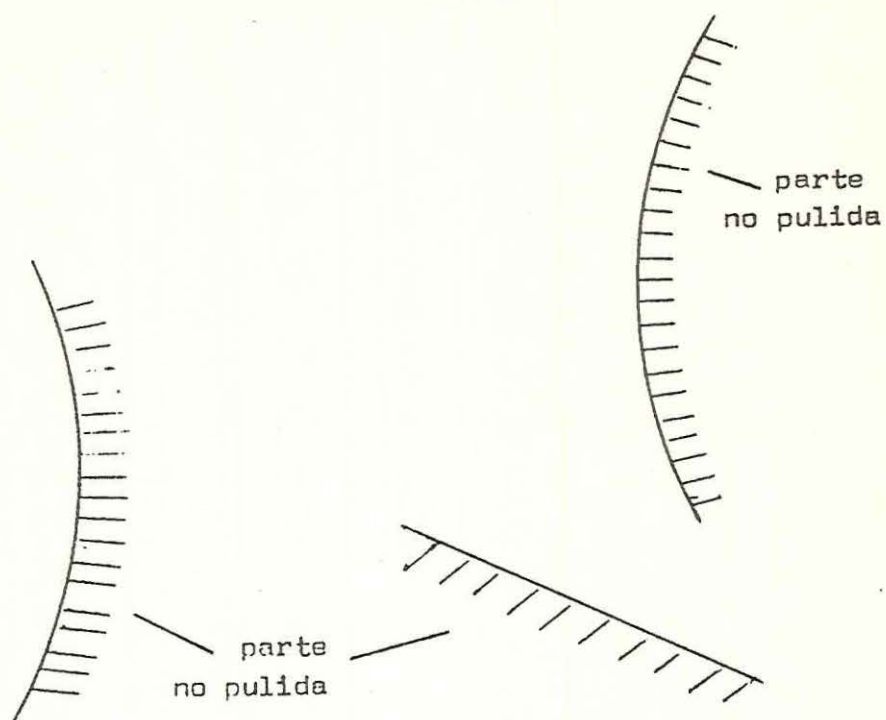
pulido interior
espejo cóncavo



pulido exterior, espejo convexo

Si la parte exterior de la lata estuviese pintada, puedes quitar la pintura cuidadosamente para no rayar la superficie. De esa manera un mismo espejo podrá usarse como espejo cóncavo y como convexo.

c.- Para representar en el papel los espejos dibujamos la línea que resulta de la intersección de ellos con el plano de la hoja. Esta línea se denomina traza del espejo.



ERRORES CONSAGRADOS

Se explican algunas cuestiones que muchas veces se explican erróneamente

* Cuando dos nubes chocan, llueve

Es posible que este error provenga de considerar que las nubes son algo así como bolsas cargadas de agua, que al chocar se rompen y liberan sus contenidos. En realidad, las nubes están formadas por pequeñas partículas de agua suspendidas en el aire. Cuando se dan las condiciones para que esas gotitas se junten y alcancen un tamaño suficiente se precipitan a tierra y eso es la lluvia.

* El rayo láser es un rayo de luz muy poderoso

Aunque muchas películas de ciencia-ficción muestra rayos láser capaces de provocar grandes daños, los verdaderos rayos láser no son capaces de efectos tan espectaculares ni impresionantes, aunque sí más útiles. La principal aplicación del láser en la actualidad es la transmisión de información: por ejemplo, en los aparatos para reproducir música grabada en discos compactos la información del disco es leída por un rayo láser; después esa información es transformada en sonidos en los parlantes. En esos equipos el láser cumple el papel que cumplía la púa en los viejos tocadiscos. Los rayos láser de potencias mayores se usan para cortes muy delicados, por ejemplo los usan los médicos para operaciones que requieren mucha precisión.

* Cuando una persona se electrocuta, se le ve el esqueleto y se le erizan los cabellos.

Esa fantasía fue popularizada por los dibujos animados y las revistas de historietas. No es más que una convención gráfica semejante a tantas o tras usadas en esos medios y que todos reconocemos de inmediato: espirales, víboras y estrellas para representar un insulto; gotitas para representar miedo, etcétera. La verdad es que cuando una persona está sufriendo electrocución no ocurre nada que llame la atención y que alerte sobre esa situación. La persona queda paralizada, pues sus músculos se contraen haciendo que sus manos se cierren y no pueda liberarse del cable o del objeto que provoca la electrocución. Tampoco puede pedir ayuda porque su boca no puede moverse. Frente a un accidente de esa naturaleza la solución es cortar la energía de inmediato; si en lugar de ello se intentara separar a la víctima del objeto electrificado se correría también el riesgo de electrocución.

Nunca deben tocarse partes peligrosas de artefactos eléctricos sin antes desconectar la energía. Si pese a todo, debe tocarse algún objeto sospechoso de producir descarga eléctrica, lo mejor es tocarlo con la parte exterior de la mano: de esa manera si la mano se cerrase por acción de una descarga eléctrica se apartaría del objeto que la produjo en vez de aferrarse a él.

* Cuando un equipo electrónico sufre una sobrecarga eléctrica comienzan a salir chispas, humo y termina estallando.

Esta es otra de las convenciones establecidas en las películas de aventuras, en las que en las secuencias finales el villano, por lo general miembro de una organización que pretende dominar al mundo, sucumbe en su centro de operaciones, víctima de sus maléficas

invenciones.

En verdad, cuando un equipo sufre una sobrecarga lo más probable es que deje de operar por arruinarse alguna de sus partes. En ocasiones puede llegar a fundirse por el calor generado en la sobrecarga.

* Para no escuchar el tic-tac de un reloj de cuerda hay que cubrirlo con un recipiente.

Esta estrategia puede dar como resultado una amplificación del sonido del reloj en vez de su eliminación. Lo que ocurre es que el recipiente actúa como caja de resonancia.

* La energía nuclear es un método peligroso y contaminante para producir electricidad.

Aunque se trata de un tema discutible, cabe decir que hasta tanto no se encuentre otro método para proveer energía eléctrica la energía nuclear es un recurso aconsejable. El mejor sistema para conseguir electricidad es el hidroeléctrico, que aprovecha las caídas de aguas para mover turbinas, pero ese recurso solo no alcanza para satisfacer las crecientes demandas de energía de nuestra sociedad. Las centrales que queman petróleo contaminan mucho el aire y además el petróleo se está agotando rápidamente. Hay otras fuentes como la energía solar, la de las mareas y la del viento, pero la cantidad de energía que puede extraerse de allí no es muy grande y son, en realidad fuentes complementarias de energía o bien fuentes apropiadas para lugares de consumo limitado. Los especialistas están tratando de perfeccionar la generación de energía por fusión nuclear que es el proceso que tiene lugar en el sol. Este proceso no deja residuos radiactivos y usa como combustible al hidrógeno que puede sacarse del agua. Sin embargo, esa tecnología es muy compleja y está lejano el día en que contemos con ese tipo de generación de energía eléctrica.

TEMAS DE ACTUALIDAD

* ¿Qué es la luz láser?

El sonido es una vibración de, por ejemplo, el aire. La luz también es una vibración, pero no una vibración del aire ni de ningún material, es una vibración de la electricidad y el magnetismo. La luz común, del sol o de una lamparita es una suma de luces emitidas por diferentes partes de manera independiente, y por eso es una suma de vibraciones que no están coordinadas entre sí. La luz láser es un tipo de luz formada por vibraciones ordenadas y eso le confiere propiedades muy especiales.

* ¿Qué son los superconductores?

Un conductor eléctrico, como el cobre y el estaño, es un material que permite el paso de la corriente eléctrica con facilidad. Sin embargo, todos los conductores presentan cierta dificultad (resistencia) al paso de la corriente y esa resistencia hace que el conductor se caliente y que la energía eléctrica se transforme en calor. Así funciona una plancha. Se han descubierto ciertos materiales que a temperaturas extremadamente bajas (unos 270 grados bajo cero) pierden completamente su resistencia eléctrica; en esas condiciones la corriente eléctrica pasa por ellos sin oposición alguna y por lo tanto sin pérdida de energía. A estos materiales se los conoce como superconductores. En la actualidad se está tratando de obtener materiales superconductores que lo sean a temperaturas más accesibles.

APLICACIONES COTIDIANAS

* ¿Por qué nuestra voz parece diferente cuando la escuchamos en una grabación?

Nos parece distinta a nosotros, pero no a los demás. Normalmente el sonido de nuestra propia voz nos llega a través del aire pero también a través de las vibraciones de nuestros huesos. Cuando el sonido viaja por el aire muchos de los sonidos más graves se pierden. Cuando nos escuchamos en una grabación nuestra voz nos parece más aguda (en verdad así nos escuchan el resto de las personas cuando les hablamos) y creemos que se debe al efecto de la grabación.

* ¿Por qué en los talleres en los que hay máquinas funcionando no se permite el uso de tubos fluorescentes comunes?

Los tubos fluorescentes se encienden y se apagan muchas veces en cada segundo; tantas que no notamos que eso ocurre. Sin embargo, esa iluminación parpadeante podría producir la ilusión de que una máquina en movimiento está quieta, y generar un accidente. Las lámparas incandescentes comunes también se prenden y se apagan muchas veces por segundo, pero a diferencia de los tubos el filamento no pierde la luminosidad y emite una luz continua.