

# LA FÍSICA EXPERIMENTAL EN MÉXICO

Héctor Riveros R., Elfege Ruíz S. y José  
Calvillo. Moderador: Raúl Gómez G.

## PRESENTACION

De todos es conocido que el desarrollo de la física experimental en nuestro país ha tenido una problemática particular, en especial en las épocas actuales en las que la inestabilidad económica repercute fuertemente en el aspecto de la adquisición del equipo y del instrumental necesario para mantener funcionando a un laboratorio (o para iniciar uno nuevo). Esto hace pensar en la necesidad de racionalizar los recursos existentes y los de adquisición futura, tanto los materiales como los humanos, pues cada día se ven más dificultades para poder mantener un trabajo competente en el panorama internacional.

La Sociedad Mexicana de Física, preocupada por estos problemas, organizó esta mesa redonda con el objeto de dar a conocer la problemática histórica del desarrollo de la física experimental en diferentes instituciones, y tratar de buscar salida a estos problemas.

Para ello, se invitó al Dr. Héctor Riveros R., investigador del Instituto de Física de la UNAM, para presentar la problemática propia de una institución dedicada profesionalmente al desarrollo de la física; al Fis. Elfege Ruíz S., investigador del Instituto de Astronomía de la UNAM, para que presentara los aspectos relacionados con una institución en la que aunque se hace investigación en física, ésta se encuentra enfocada solamente a la astronomía; por último, al Fis. José Calvillo, investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, para que presentara el punto de vista de una institución cuya investigación en física tiene una orientación fundamental aplicada a una rama particular.

Sabiendo de antemano que de ninguna manera quedaría cubierto un espectro amplio de este tema, no quisimos sin embargo aumentar el número de ponencias para permitir un tiempo de discusión amplio después de la

presentación, con el objeto de que se virtieran otros puntos de vista y problemas de interés general.

#### FOREWORD

It is well known that the development of experimental physics in our country has had special problems, in particular in the present times. The economical situation through which we are passing has made it difficult to obtain the necessary equipment to maintain the research work of the different laboratories, or to initiate new ones. This situation has lead us to think in the necessity of trying to rationalize the existing human and material resources (and the future ones). As time goes on, the arising difficulties to maintain a competitive international work will increase.

The Sociedad Mexicana de Física, truly concerned with these problems, has organized this panel discussion with the purpose of making clear the historical problems found in the development of experimental physics in different research centers of our country and to try to find some ways out of this situation.

Dr. Héctor Riveros, from the Instituto de Física of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), was invited to talk about the problems inherent with an institution directly involved with the development of physics; Elfege Ruíz, from the Instituto de Astronomía of the UNAM, was invited to talk about the related aspects arising in an institution in which research in physics is solely focused in astronomy. José Calvillo, from the Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, was invited to present the point of view of an institution in which the main research program is in applied physics.

Although we knew beforehand that the presentation made by the invited talkers wouldn't cover a wide spectrum of these topics, we didn't want to have more talks, in order to permit enough time for discussion after the presentations in which other points of view and problems of general interest could be presented by the audience.

## FISICA EXPERIMENTAL EN MEXICO

Héctor Riveros

Históricamente, la física en México comenzó gracias a los esfuerzos de diferentes investigadores, los cuales fueron centros de nucleación para los primeros grupos de investigación. Además de hacer ciencia, su función era formar más investigadores, dando origen a los centros de investigación asociados a las universidades. La fuerte correlación existente entre investigación y desarrollo tecnológico observada en los países industrializados, impulsa la creación de centros de investigación aplicada asociados a las industrias más desarrolladas del país. Con lo anterior cambian las opciones que se le presentan al físico en formación: el número de áreas o temas crece bastante y la separación entre física teórica y experimental tiende a desvanecerse apareciendo en cambio la pseudo-distinción entre física básica y aplicada. La llamo pseudo-distinción porque creo que no es posible hacer física aplicada sin buenas bases, o que la física básica no llegue a tener aplicaciones. Todos hemos visto el impacto que sobre nuestra sociedad ha tenido el comprender todas las aplicaciones de ciertos conceptos básicos. La síntesis de Maxwell de sus ecuaciones produjo muchos años después una revolución en los medios de comunicación, los cuales ahora usamos todos los días.

Lo importante no está en poder clasificar nuestro trabajo como teórico o experimental, básico o aplicado, lo cual, además, no es mutuamente excluyente. Lo importante es que consideremos relevante nuestro trabajo, y por lo tanto lo hagamos bien. Esta relevancia suele estar asociada a la pregunta que dio pie al trabajo. Esta pregunta cuya respuesta buscamos, es la que nos sirve de brújula en las diversas etapas del trabajo. Normalmente en el transcurso del trabajo se requiere obtener información experimental, ya sea porque ciertos valores no existen en la literatura o para verificar nuestras predicciones. Es la retroalimentación entre ecuaciones y experimentos la que nos hace avanzar en la comprensión del problema.

La planeación de un solo experimento nos hace ver la necesidad de tener información de muchas disciplinas, en cualquier situación real hay que tomar en cuenta la resistencia de los materiales, sus propiedades químicas y físicas, etc.; además de conocer qué se puede medir y con qué precisión. La planeación de ciertos experimentos ha dado origen a nuevos instrumentos, e inclusive ha abierto áreas de investigación como en el caso de la resonancia paramagnética electrónica. Esta multidisciplinariedad hace que el trabajo experimental requiera de trabajo en equipo, haciendo raros los casos de los "lobos solitarios".

En mi caso particular comencé estudiando propiedades básicas de sólidos como conductividad eléctrica, difusión y termoluminiscencia; propiedades que dependen de defectos estructurales y químicos de los cristales. Lo anterior me llevó a crecimiento de cristales. Para crecer un cristal "razonable" es necesario controlar contenedores y atmósferas, temperaturas y gradientes de temperatura, así como los movimientos relativos entre sólidos y líquidos. Para diseñar un proceso de crecimiento y los equipos correspondientes se requiere conocimiento de termodinámica, química, resistencia de materiales, etc.; haciendo con esto que los diseños sean interdisciplinarios. Finalmente, estoy tratando de aplicar todo lo aprendido en la obtención de un método barato en energía para purificar silicio, por considerar que éste es uno de los cuellos de botella para la utilización masiva de la energía solar.

Hemos podido ver que ya se manejan una gran cantidad de técnicas experimentales, y que ya se empiezan a ver las posibilidades que presentan, a pesar de que el número de centros de investigación e investigadores es insuficiente para satisfacer las necesidades del país. Es por esto que me permito recomendar la necesidad de publicar los resultados y posibilidades experimentales de los diversos grupos ya existentes, para incrementar la colaboración entre grupos, ya que el dominio de una técnica o instrumentación suele ser largo en tiempo y costoso.

Al difundir estos conocimientos propiciamos que otros investigadores les encuentren nuevas aplicaciones, incrementando las posibilidades de empleo para nuestros colegas y discípulos. Los ingenieros de los medios industriales, pueden encontrar nuevas posibilidades ayudando a ce-

rrar la brecha entre investigación y producción. En los países desarrollados es común que la industria busque asesoría entre instituciones de investigación. Esto es raro en nuestro país, pero hay que fomentarlo si queremos un desarrollo autónomo en el que los procesos de producción sean desarrollados localmente con material y maquinaria nacionales para satisfacer nuestras propias necesidades.



## PERSPECTIVAS DE LA FISICA EXPERIMENTAL

Elfego Ruiz S.

La astronomía es, posiblemente, la ciencia más antigua cultivada por la humanidad. Su crecimiento y desarrollo están basados críticamente en la precisión de las observaciones nocturnas de los diversos fenómenos del cosmos, que se realizan a través de grandes y sofisticados instrumentos.

Además en astronomía, hasta ahora, la única manera confiable de conocer tales fenómenos es a través de la detección de la débil radiación electromagnética que incide sobre nuestros instrumentos.

Los fenómenos astronómicos en general se estudian prácticamente en todo el espectro electromagnético, es decir, desde ondas de radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, hasta rayos X y gamma. No toda la radiación generada en el universo es observada desde la superficie terrestre; esto es obvio ya que la atmósfera terrestre es opaca en diferentes y extensas bandas espectrales. Para resolver este problema se utilizan satélites espaciales para las observaciones en ultravioleta y rayos X, fundamentalmente. Como todos sabemos, México no cuenta con los recursos económicos necesarios para realizar observaciones en radio, es decir, no tenemos aún radiotelescopios o arreglos interferométricos en microondas, y tampoco cuenta con satélites astronómicos o telescopios espaciales. Por este motivo, en la universidad nos vemos forzados a diseñar y desarrollar instrumentos astronómicos de competencia internacional, al menos para el pequeño intervalo espectral que la atmósfera terrestre nos permite analizar, esto es, desde ultravioleta cercano ( $3300 \text{ \AA}$ ) hasta infrarrojo ( $5 \mu$ ), pasando por el visible.

Ahora, a diferencia de otras ramas de la física experimental, en astronomía el fenómeno a estudiar existe casi siempre o casi nunca, no lo podemos provocar, ni repetir, ni perturbar. El laboratorio está en el universo mismo; lo más que podemos hacer es medirlo o constatarlo de la mejor manera posible para que la incertidumbre pueda ser despreciable.

Cabe hacer notar que, desde el punto de vista científico, en-

tre más tenue sea la radiación o el brillo de un objeto astronómico, más interesante y novedoso se vuelve éste. Esto implica tener una instrumentación cuya tecnología sea realmente avanzada para poder rescatar a las pequeñas señales de interés, que por lo general están sumergidas en ruido.

Para lograr estos objetivos en particular, el Instituto de Astronomía de la UNAM posee 4 telescopios distribuidos en dos observatorios: San Pedro Mártir, Baja California, y Tonanzintla, Puebla; además de tener nexos y de proporcionar apoyo científico a pequeños observatorios en Zacatecas y Guanajuato.



## FISICA EXPERIMENTAL EN MEXICO

José Calvillo G.

Los físicos experimentales en México encuentran para el desarrollo de su trabajo escollos que dificultan su labor y la hacen ineficiente. Algunos pueden ser resueltos por la comunidad científica, pero existen otros que están relacionados con el desarrollo tecnológico y económico del país. En esta plática me gustaría mencionar algunos de ellos.

Cuando se es pasante, se puede considerar que los conocimientos básicos de la física adquiridos en la escuela son aceptables, pero el entrenamiento experimental es pobre o casi nulo. Esto ocasiona que al iniciar su trabajo profesional, que en general comienza con la tesis, el pasante se enfrenta al problema de usar técnicas experimentales que desconoce. Si el trabajo se desarrolla dentro de un grupo de investigación ya establecido, el entrenamiento es rápido, pues encontrará a su alrededor los medios y la gente que domina la técnica por usarla cotidianamente; pero si el grupo se inicia o está en formación, deberá gastar tiempo, en algunos casos varios años, antes de lograr el dominio de la técnica. Una solución parcial a este problema podría ser que se promoviera que los estudiantes interesados en el trabajo experimental sean asociados de tiempo completo, durante el último semestre del ciclo de licenciatura, a un laboratorio que desarrolle investigación en forma cotidiana. Se podría incluir también a laboratorios fuera del sistema universitario.

Cuando el pasante ha resuelto el problema del conocimiento y manejo de las técnicas experimentales que necesita en su campo y empieza a desarrollarse profesionalmente, se enfrenta a problemas específicos. Por ejemplo, para atacar su problema tiene escrito en el pizarrón:

"Sea un campo magnético uniforme...";

mientras que para iniciar su experimento debe poder decir:

"Este es mi campo magnético uniforme...".

En la práctica, este paso no es sencillo, y en la mayoría de los casos se enfrenta a la decisión de construir y/o comprar; en ambos

casos, se convierte al individuo en dependiente. Dependerá de la existencia de un presupuesto en ese momento y del sistema de compras además, de manera que personalmente debe realizar: la investigación del mercado, presupuestar, elaborar el pedido y después esperar un tiempo la entrega.

Debemos recordar que México es un país con gran dependencia tecnológica del exterior; esto se refleja en que existe un 50% de posibilidades que la instrumentación y materiales provengan del exterior, o sea, que aunque exista presupuesto y un sistema de compras eficiente, tendrá con suerte un tiempo mínimo de espera de un año después de fincar el pedido.

Cuando se decide construir el equipo, éste será el producto, no sólo del trabajo del físico, sino en general de un grupo, donde habrá desde técnicos especializados hasta ingenieros. Cabe hacer notar que este proceso le proporcionará nuevos conocimientos al físico, y el éxito de su labor depende de la calidad de estos grupos.

No obstante las dificultades anteriormente citadas, el número de grupos experimentales establecidos y en desarrollo dentro del país ha aumentado en los últimos años; sin embargo, creo que muchos de ellos están en peligro de extinguirse en un futuro cercano por la inflación y limitación de presupuestos que se espera. Para evitarlo, debemos, como individuos en forma personal y dentro de la Sociedad Mexicana de Física como conjunto, luchar por hacer comprender que la investigación debe ser considerada como prioritaria para el futuro del país, ya que contribuye de manera significativa a la independencia tecnológica. Además, y aún de manera extraoficial, debemos organizarnos para obtener mayor eficiencia de los equipos de operación y ponerlos a disposición de la comunidad científica.

El aumento de los grupos experimentales existentes no se debió en su mayor parte a una planeación, sino al interés que en ciertas áreas de la física tuvieron algunos científicos que lograron, de manera personal, obtener fondos para establecer grupos experimentales. Una corroboración a esto se obtiene al leer el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del CONACYT, donde es posible identificar en muchas partes al investigador que escribió determinado párrafo con un interés —que hay que re-

conocer sincero para el desarrollo de su especialidad— pero ignorando al conjunto, que es necesario para el desarrollo global, por no existir ideas claras al respecto. La anterior crítica al CONACYT no es nueva y ya que este organismo se ha convertido en blanco de ataques de la comunidad científica, quiero aclarar que yo, así como la mayoría del personal del grupo en que trabajo, ha recibido ayuda, y en muchas circunstancias ha sido la pieza fundamental para el logro de las metas fijadas en los proyectos de investigación. La SMF debe dedicar esfuerzo y tiempo en esbozar un plan de desarrollo en ciencia. El objetivo no es fácil, pero sí fundamental para el desarrollo del país.

Existe una pregunta que se nos hace, o nos la planteamos nosotros mismos en muchas ocasiones. En física experimental, ¿cómo estamos respecto de otros países? Sinceramente, y en general, podemos decir que no muy bien. Muchos de los trabajos científicos son aceptados sin gran dificultad por revistas de prestigio internacional, pero sería utópico esperar que la física experimental en México, tan ligada al desarrollo tecnológico del país, esté muy por encima del mismo; sin embargo, lo que es alentador es que actualmente se puede hablar ya de una tradición en ciencias experimentales, lo cual nos da esperanzas para el futuro.