

U N A M

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS

BOLETÍN

DEL DEPARTAMENTO DE

M E C Á N I C A



SEMESTRE 99-1 No. 1 SEPTIEMBRE 1998

APRENDIENDO MECÁNICA CLÁSICA

Ing. Juan Ocáriz Castelazo
Profesor Definitivo de Estática,
Cinemática y Dinámica
División de Ciencias Básicas
Facultad de Ingeniería, UNAM.

Por *aprender* alguna disciplina puede tomarse gran variedad de acepciones. Por *aprender Mecánica* muchos alumnos estiman suficiente conocer las Leyes del movimiento de los cuerpos, memorizar unas cuantas fórmulas y poder resolver algunos problemas. Pero *aprender Mecánica Clásica* en la Facultad de Ingeniería significa mucho más. A continuación se desea proponer a los estudiantes algunas ideas sobre lo que pueden esperar de sus cursos de Estática, Cinemática y Dinámica y de los hábitos intelectuales que deben desarrollar simultáneamente. Se tratará de mostrar tales hábitos con ejemplos concretos, junto con algunos de los defectos que suelen presentarse durante los cursos.

Entre las cualidades que se requieren en la práctica de la ingeniería conviene resaltar la capacidad de traducir los problemas físicos de la realidad al lenguaje matemático, de resolver con instrumentos lógicos y matemáticos dichos problemas, y la de aplicar los resultados a la realidad práctica; pero, sobre todo, criterio para tomar decisiones y elegir los medios óptimos para conseguir un resultado. Su adquisición requiere una sólida inteligencia de la Física, un fuerte dominio de las Matemáticas, un gran ejercicio de resolución de problemas y un esfuerzo permanente por formarse hábitos intelectuales. Los tres cursos de Mecánica son centrales en la consecución de tales objetivos.

A pesar de que las evaluaciones que realizan los profesores con el fin de calificar a sus alumnos consistan esencialmente en la proposición de problemas, su resolución no debe considerarse ni la única ni la principal finalidad de los cursos. Sin duda la resolución de los problemas de los exámenes evidencia algunos de los conocimientos conseguidos por los alumnos, pero no garantiza la debida comprensión de los contenidos de las materias. El alumno, por su parte, no debe conformarse con la sola capacidad de resolver problemas. Recientemente un exalumno, colocado por cierto en un buen puesto, aseguraba que en la Facultad había aprendido a resolver todo tipo de problemas; que había resuelto cientos de ellos en todas las materias y que ahora era un experto. Sin duda es un buen logro, pero no es suficiente.

El estudiante de Mecánica ha de ser capaz de explicar los conceptos fundamentales relativos al movimiento de los cuerpos; distinguir la estructura de la teoría de Newton; identificar las limitaciones y las aproximaciones, tanto de la teoría como de la solución de un problema; obtener deducciones ciertas a partir de los principios; plantear el modelo matemático de los casos de la realidad y de interpretar los resultados; formularse preguntas; darse a entender con claridad, etc. Esencialmente, aprender significa implantar de modo estable en la inteligencia ciertos conocimientos de la Mecánica, de modo que puedan recordarse con facilidad para emplearlos en la resolución de problemas, comunicarlos a otras personas, aplicarlos en el ejercicio profesional, etc.; de aquí la importancia de conseguir especiales hábitos de razonamiento.

Conocimiento de los principios

Para poder implantar los conocimientos de Mecánica en la mente se requiere entender el contenido de los conceptos y comprender las Leyes de la Mecánica Clásica. Las Leyes de Newton, la Ley de la Gravitación universal y la del Paralelogramo de fuerzas son los principios en que se fundamenta nuestra ciencia. Se completan con las Leyes de Fricción en seco y con varias definiciones, como la de momento de una fuerza, momento estático, momento de inercia, velocidad, aceleración y pocas más. De tales Leyes y definiciones proceden algunos teoremas relevantes: el teorema de momentos o de Varignon, el teorema de Steiner o de los ejes paralelos, la fórmula del trabajo y la energía y, por último, el método del impulso y de la cantidad de movimiento.

Además, es necesario saber en qué condiciones son válidos estos principios y tener claras sus limitaciones. Pues sirven teóricamente en un sistema de referencia en reposo (o con traslación pura uniforme), para cuerpos macroscópicos que se mueven a velocidades muy inferiores a la de la luz.

El conocimiento de este aparato teórico no consiste en memorizarlo simplemente —aunque sin memoria no haya nada, absolutamente nada que aprender—, sino en comprender también su contenido y ser capaz de obtener las consecuencias inmediatas. Después de explicada la Segunda Ley de Newton podríamos preguntarnos qué efecto produce una fuerza constante aplicada sobre un cuerpo; en concreto, qué ocurre con la velocidad del cuerpo. Contestar que el cuerpo adquiere una velocidad constante, implicaría no haber entendido la Ley. De la Segunda Ley de Newton se sigue que las fuerzas constantes producen aceleraciones constantes: la velocidad del cuerpo en cuestión, por tanto, cambia uniformemente.

Es importante entender que se trata de principios universales, es decir, que todos los cuerpos los cumplen siempre. La Tercera Ley de Newton o Ley de la acción y la reacción, por ejemplo, establece que las acciones mutuas de los cuerpos son de la misma magnitud. Por tanto, si la Tierra atrae a un cuerpo hacia su centro con cierta fuerza, dicho cuerpo atrae también hacia sí a la Tierra con una fuerza de la misma intensidad.

Inteligencia de los conceptos

Desde luego, la comprensión de los principios exige el previo entendimiento de los conceptos que se utilizan. Los más importantes son los de cuerpo, movimiento, partícula, masa, fuerza, inercia y quizá otros pocos. Una fuerza, e.g., ha de entenderse como una acción de un cuerpo sobre otro, no como una sustancia que actúa por sí misma; menos, como una flecha lanzada por un sagitario misterioso.

Hablar como si tal cosa de la Ley de la inercia —nombre que también recibe la Primera Ley de Newton— desconociendo el significado de la palabra inercia, resulta hueco. Etimológicamente inercia (del latín *inertia*, *æ*) quiere decir incapacidad; pero hay que entender que en Mecánica es la medida de la oposición de un cuerpo a cambiar su estado de reposo o de movimiento uniforme y que es una propiedad de la masa de los cuerpos. Sería recomendable tener noticia de la génesis histórica tanto de los fundamentos como de los términos que se emplean.

¿Por qué, por ejemplo, si el enunciado original de la Segunda Ley habla de “cambio del movimiento”, en la actualidad se expresa mediante la palabra “aceleración”?

Es muy importante contar con las definiciones de todos los conceptos. Con excesiva frecuencia recurren los alumnos a vocablos tales como “energía”, “presión”, “impulso”, “esfuerzo”, “fuerza centrífuga”, “centro” y demás, cargadas de contenido técnico, cuando aún no han recibido su definición. Más grave es la utilización de palabras comunes como “principio”, “razón”, “polea”, “placa”, “barra”, “biela”, “árbol”, “volante” y muchas otras cuyo contenido desconocen.

Las definiciones han de formularse en términos positivos, señalando el género próximo y la diferencia específica. Volviendo al concepto de fuerza: definirlo exige señalar que es una acción y añadir, puesto que no es cualquier acción, que es capaz de alterar el movimiento de los cuerpos. Existe una tendencia generalizada de asimilar un concepto por sus notas negativas. Cuando se pregunta qué es un cuerpo rígido, los alumnos suelen contestar que es un cuerpo que *no se deforma*; pero tal respuesta nada nos dice acerca de la cualidad precisa que poseen los cuerpos rígidos, que consiste en que las partículas que los conforman mantienen siempre entre sí la misma posición relativa. Afirmar que el movimiento uniforme es aquel que *no cambia*, es lo mismo que no decir nada: el movimiento uniforme de una partícula tiene lugar cuando su trayectoria es recta y la rapidez permanece constante.

La claridad de las definiciones promueve la claridad de las ideas y, con ésta, la habilidad de discernir. Si se ha definido la velocidad angular como la razón de la desviación angular de una recta al tiempo, no se cometerá el error de predicar de una partícula una velocidad angular.

Indagación de las causas

Uno de los hábitos intelectuales, o patrones de razonamiento, que se debe adquirir es el de preguntarse por las causas. La esencia del conocimiento científico no radica en su organización ni en su importancia, ni siquiera en su universalidad y su necesidad; menos, en el uso de estadísticas o de métodos matemáticos, sino precisamente en que se refiere a las causas.

Demos dos ejemplos negativos ajenos a la Mecánica que ilustren la frecuencia de la incorrección en el razonamiento sobre las causas. Del hecho de que el cáncer se presente más frecuentemente en los fumadores no se sigue que fumar produzca cáncer; que el tabaco sea cancerígeno no puede afirmarse científicamente mientras no se determine cómo el cigarro *cause* la enfermedad. Hace poco viajábamos en un taxi un viernes por la tarde con un tráfico desesperante; le preguntamos al taxista si sabía por qué los viernes eran así; dijo que porque nadie quería placas con terminación 9 y 0...; el taxista no contestó, pues no señaló la causa, simplemente expresó un hecho producido por la misma causa acerca de la cual se le formuló la pregunta.

Preguntarse a uno mismo —si el profesor no lo hace en nuestro lugar— un porqué, significa buscar la causa. Generalmente a un porqué deba seguir otro hasta obtener la respuesta cierta. Y la respuesta cierta se apoya en los principios y en los teoremas deducidos de ellos.

El hábito de buscar las causas es necesario también en la resolución de problemas. Implica el discernimiento entre lo dado (los datos) y lo que nosotros suponemos. Pensemos en un problema en que aparece la fuerza de fricción y en la pregunta “¿por qué tiene tal sentido?”. La respuesta “porque la fricción se opone al movimiento” es completamente falsa. ¿Qué ley establece que la fuerza de fricción se oponga al movimiento? Muchas veces es precisamente la fuerza de fricción la que lo produce: un automóvil avanza gracias a la fricción entre las llantas y el pavimento; las botellas o las cajas que se transportan mediante bandas se mueven por la presencia del rozamiento, y en su mismo sentido. La fricción, eso sí, tiende a impedir el deslizamiento relativo entre las superficies en contacto.

Argumentación deductiva

La Mecánica Clásica es una ciencia deductiva. De sus principios, que son las Leyes y las definiciones, se obtienen lógicamente (se deducen) las demás afirmaciones relativas al movimiento de los cuerpos. Cuando una proposición o el resultado de un problema concuerda con los principios, entonces es cierto. No es necesaria, por tanto, ninguna comprobación física ni la aprobación de ninguna autoridad: muchas veces parece que los alumnos requieren que el profesor certifique la corrección de una respuesta, sobre todo en los primeros semestres. Pero hay que adquirir seguridad y confianza en los propios razonamientos y en los resultados a los que se llega. Sin duda es valiosa la ayuda de los profesores, mas es imprescindible conseguir la capacidad de estudiar por cuenta propia y recurriendo a los libros.

El empleo indiscriminado de fórmulas es una manifestación de esta tendencia. En ocasiones parece que los alumnos están esperando la aparición de una nueva fórmula para conservarla en la memoria —¿acaso en un acordeón?— como un hallazgo preciosísimo. ¿No hemos visto a tantos estudiantes con colección de fórmulas de tiro parabólico?: fórmula para el alcance, fórmula para la altura máxima, fórmula para la velocidad final, etc. Y basta que cambie una sola de las condiciones iniciales para que el elenco quede completamente inservible. Lo que verdaderamente importa saber del tiro parabólico es que la aceleración de la partícula en cualquier instante es la de la gravedad de la Tierra y que se dirige hacia su centro; con este conocimiento se pueden deducir fácilmente las ecuaciones del movimiento y, por supuesto, resolver cualquier problema. Algo semejante se podría afirmar de cualquier movimiento uniformemente acelerado.

Otro error frecuente es argumentar en clase o ante la resolución de un problema con intuiciones falaces y sospechas infundadas, o con razones que no tienen nada que ver con el contenido de las Leyes y de las definiciones de la Mecánica Clásica. Argumentar que, por ejemplo, sobre un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba tiene que actuar una fuerza en esa dirección “porque el cuerpo se mueve hacia arriba”, es una aberración; la dirección de las fuerzas guarda relación con la dirección de la aceleración, no con el sentido de la velocidad.

Razonamiento hipotético-deductivo

Junto con el hábito de argumentar lógica y deductivamente a partir de los principios, los estudiantes deben adquirir la capacidad de razonar partiendo de hipótesis personales. Consiste por un lado en saber qué consecuencias se siguen de cambiar las condiciones de un caso o de un problema. Por otro, qué significa un resultado obtenido a partir de cierta hipótesis o suposición. Y también en la capacidad de formularse preguntas a uno mismo.

Un alumno debe ser capaz de deducir qué pasaría con el centro de gravedad de un cuerpo si se considerara que es efectivamente distinta la atracción que la Tierra ejerce sobre las partículas más cercanas a ella que sobre las más alejadas, aunque de ordinario se considere igual. O qué ocurriría con las tensiones en los tramos de una cuerda de un lado u otro de una polea, si la masa de ésta no se desprecia, como suele suceder en los problemas de Estática.

Otro ejemplo de su necesidad se da cuando se obtiene una respuesta con signo negativo. Si se está investigando la magnitud de la componente de una reacción sobre un cuerpo, el signo significa que tal fuerza tiene sentido contrario al que se supuso y, si el cuerpo está en reposo, nada más. Pero si es un problema cinético, que la fuerza tenga sentido contrario al de la hipótesis implica seguramente tener que volver a resolver el problema sobre otro supuesto.

Cuando el alumno abúlico obtiene la respuesta de un ejercicio, la compara con la que aparece en su texto y, si ve que es correcta, da por concluida su tarea. Pero un estudiante serio tiene que formularse varias preguntas antes de terminar. Ha de considerar si la respuesta es aceptable, si está en el rango esperado: pretender, por ejemplo, que la altura a la que hay que separar un cuerpo de la superficie de la Tierra para que su peso se reduzca a la mitad sea de unos cuantos metros, resulta inadmisibile; cualquier persona ordinaria sabe que en un avión, volando a diez kilómetros de altura, los objetos pesan prácticamente lo mismo que al nivel del mar. En este tema el uso indiscriminado de las calculadoras se ha convertido en un lastre. También debe preguntarse sobre la posibilidad de comprobar el resultado, no mediante la comparación con el del libro, sino por medio de otro tipo de análisis: lograrlo puede ser definitivo para la correcta resolución de los exámenes. Otra pregunta fundamental se refiere a la existencia o posibilidad de obtener la solución de otra manera, en especial de una manera mejor, más directa y rápida. Esta pregunta, formulada sobre un resultado ya obtenido por uno mismo, suele producir una mejor comprensión del tema en estudio.

El desarrollo del razonamiento hipotético-deductivo debe conducir al estudiante al descubrimiento de las consecuencias *necesarias*, independientes de su comprobación física, que son las más propias de la Mecánica Clásica. Así, un alumno ha de tener la certeza de que la aceleración de un punto que se mueve en una curva posee una componente normal, es decir, perpendicular a la dirección de la velocidad.

Establecimiento de relaciones

La capacidad de establecer relaciones entre los conceptos y de poder ordenarlos es también un hábito intelectual muy importante. Se trata de relacionar los conceptos de estudio con lo esencial, los nuevos con los previamente adquiridos, y los relativos a una disciplina con los de otra. Así, por ejemplo, un estudiante de Mecánica debe incorporar a su esquema intelectual la relación entre la masa de un cuerpo y su inercia, entre un par de fuerzas y la rotación de un cuerpo, entre los momentos de las fuerzas y los efectos externos, etc.

La relación entre la masa de un cuerpo y su peso es especialmente importante. Con frecuencia se acercan subrepticamente al profesor alumnos de Dinámica a preguntar si cuando se compra un kilo de tortillas se compra un kilo de masa o un kilo de peso. Hay que tener claro que las dos cantidades son iguales y que se trata de un problema de la elección, arbitraria, de la *unidad fundamental*: si se utiliza el kilogramo como unidad de peso o fuerza, la unidad de masa no puede ya elegirse arbitrariamente, sino que tendrá que ser el *geokilo*, que es una unidad derivada. Si el kilogramo se emplea como unidad de masa, la unidad de fuerza tendrá que ser el *newton*. En el primer caso se está utilizando un sistema *gravitacional* (o *técnico*) de unidades, *absoluto* en el segundo.

La diferencia entre una mente cultivada y una primitiva radica precisamente en que en aquélla los conocimientos forman un conjunto armónico, en ésta un caos. De nada sirven los conocimientos aislados, independientes, como si estuvieran metidos en vasijas cerradas; deberían más bien ir como colocándose en anaqueles clasificados, de modo que se pueda recurrir a ellos sin dificultad. Se trata de construir una estructura intelectual mediante el estudio de las diversas asignaturas.

Un buen entramado de las ideas se manifiesta incluso exteriormente. Un examen bien resuelto suele estar elegantemente presentado. El orden mental de una persona se nota también en su guardarropa.

Adquisición de criterios

La palabra criterio (del griego *κριτηριον*, juicio) tiene la misma raíz etimológica de crítica y de crisis. Se refiere a la capacidad de juzgar, de discernir, de conocer la verdad. Tener criterio es un requerimiento de cualquier profesional. El ejercicio de la ingeniería exige habitualmente por su propia naturaleza la aplicación de criterios, pues no hay respuestas únicas ni predeterminadas para los problemas que se abordan. ¿Acaso existe una estructura ideal, óptima, para todas las necesidades? ¿Todas las curvas de las carreteras han de construirse con el mismo peralte? Las máquinas a emplearse en un proceso de fabricación, ¿en todos los casos han de ser las mismas? Y con el estudio de la Mecánica se presentan muchas oportunidades de ir generando criterios.

El movimiento curvilíneo de la partícula se aborda en el curso de Cinemática utilizando tres o cuatro sistemas de referencia. El alumno debe ser capaz de decidir si utiliza un sistema intrínseco o uno polar en la resolución de un problema determinado. También debe poder distinguir entre los datos necesarios y los superfluos; saber preguntar por los que faltan, o suponerlos, y preterir los que sobran (cuando se formula un problema a partir de la realidad la inmensa mayoría de los datos no sirve en absoluto). Ha de aprender a detectar cuándo es necesaria una demostración. Debe también acostumbrarse a estimar el orden de las magnitudes involucradas en un ejercicio y de las respuestas esperadas.

Un detalle aparentemente simple es el número de cifras con que se presenta una respuesta. Si se desea calcular el volumen de un árbol de tres pies de largo y dos pulgadas de diámetro, se ha de contestar con un número que sirva para el propósito deseado: la información se está dando en números gruesos y sería ridículo expresar el volumen del eje con las ocho cifras que aparecen en la pantalla de la calculadora, pues ordinariamente nada puede medirse físicamente con tanta precisión. El número de cifras con que debe escribirse un número depende de la precisión deseada. Como en la práctica habitual de la ingeniería se pueden admitir errores relativos de hasta el uno por ciento, en general basta escribir tres cifras significativas; cuatro, si el número comienza con 1. Para los ángulos expresados en grados sexagesimales es suficiente aproximar a la primera fracción decimal. O sea que para fines del ejercicio profesional, y desde luego para los cursos de Mecánica, el radio de la Tierra, por ejemplo, se puede considerar de 6370 km, la raíz cuadrada de dos, 1.414 y el ángulo cuyo seno es tres quintos, 36.9° . El volumen del árbol que propusimos como ejemplo, 113.1 in^3 .

Es verdad que la Mecánica Clásica puede aplicarse con bastante exactitud en el estudio del movimiento de los cuerpos celestes. Pero una manifestación del criterio de los alumnos es saber aplicar los desarrollos teóricos abstractos a los casos de la realidad circundante. Cuando se está trabajando con el movimiento uniforme es mejor pensar en un carro del metro transitando por una vía recta, que en un asteroide viajando en el espacio, alejado de la atracción de cualquier otro cuerpo.

Expresión verbal de los contenidos

Todo estudiante debería tener la capacidad de explicar las ideas con sus propias palabras. Cuando una persona afirma que entiende un concepto, pero no sabe cómo explicarlo, simplemente no entiende ese concepto. La inteligencia de una idea está necesariamente unida a su expresión: si no tenemos la palabra, no poseemos el concepto.

El entendimiento mismo de las Leyes y las definiciones implica la capacidad de expresarlas verbalmente. No nos referimos primariamente a tener que decirlas en voz alta, basta poder explicárselas a uno mismo, sabiendo que es imposible esto sin la capacidad de lograr aquello. Muy de agradecer resulta que el profesor lo exija en clase o por escrito. Pero conviene estar seguros de poder explicar nuestro pensamiento, no sólo a un compañero o a un amigo, sino también a un neófito o a una niñita de primaria.

En cualquier trabajo resulta imprescindible comunicarse con claridad y darse a entender con los demás: los clientes, los superiores, los colegas, los subordinados, etc.

Varias son las manifestaciones de la carencia de la idea que se quiere expresar, como el exceso de ademanes y el proferir un galimatías. También, el empleo de palabras de contenido indefinido como "cosa" y "hacer". Insufrible resulta el uso de vocablos extranjeros vacíos, como "okay" y "checkar" que, además de ser contrarios a la índole de nuestra lengua, son superfluos, ya que existen muchas palabras castellanas que pueden expresar con precisión lo deseado. Nada tiene que ver la capacidad de expresión verbal con la memorización, y poco con la riqueza de vocabulario; cuando se ha entendido un concepto se puede explicar sencillamente con palabras propias. Es imprescindible cierta corrección gramatical, en particular la buena ortografía y la debida concordancia, tanto de los sustantivos con los adjetivos y de los sujetos con sus predicados: se dice, e.g., "un punto cualquiera" y "dos puntos cualesquiera."

Tener almacenada cantidad de fórmulas incomprensibles, ya simbólicas, ya verbales en la memoria es completamente inútil. Es necesario entender el contenido de las deducciones matemáticas y, por tanto, poder expresar verbalmente su significado. Pensemos en tres casos. Si una de las condiciones que requiere un sistema de fuerzas para estar en equilibrio es que $\Sigma F_x = 0$, significa, y debe poder expresarse oralmente, que "la suma de las componentes horizontales de las fuerzas del sistema es nula." Al terminar la demostración del teorema de Varignon se obtiene $M_o^F = M_o^{C1} + M_o^{C2}$. Estos símbolos carecerían de sentido si no se pudiera decir con palabras que "el momento de una fuerza respecto a un punto cualquiera es igual a la suma de los momentos de las componentes de la fuerza respecto al mismo punto." De modo semejante, el teorema de los ejes paralelos, o de Steiner, establece que $I_x = I_G + my^2$, y se requiere poder interpretar que "el momento de inercia de la masa de un cuerpo respecto a un eje cualquiera es igual al momento de inercia respecto a un eje centroidal, paralelo al primero, más el producto de la masa por el cuadrado de la distancia entre los ejes."

Esta capacidad de traducir los símbolos matemáticos al lenguaje verbal es, por otro lado, el primer paso para aprender a traducir al lenguaje matemático los problemas expresados verbalmente.

Revisar lo aprendido después de una sesión de estudio o durante la preparación de un examen, junto con la resolución de algunos problemas, debe incluir preguntas tales como “¿qué puedo decir acerca de este tema?”, “¿qué dificultad especial puede presentarse?”, “¿qué relación tiene con los temas anteriores?”, etc.

Para conseguir una mayor facilidad de expresión es aconsejable recurrir con frecuencia a la literatura, en especial a la española.

Conclusión

Hemos querido mostrar cómo puede mejorarse el aprendizaje de la Mecánica Clásica mediante el desarrollo del razonamiento lógico formal. El conocimiento de los principios, el entendimiento de los conceptos, la interrogación acerca de las causas, la argumentación deductiva y el establecimiento de relaciones son procesos que proporcionan los elementos para la adquisición de un pensamiento crítico. Y la expresión verbal de los contenidos en cierto modo los envuelve a todos y garantiza su existencia.

Nos hemos referido a los que consideramos más importantes. Seguramente lo son incluso para otras muchas disciplinas, tanto de la ingeniería, como de otros estudios. Están íntimamente entrelazados y la distinción que hemos elaborado puede mejorarse, sin duda. No son todos los procesos que intervienen en el aprendizaje; hemos dejado a un lado, por ejemplo, la memorización.

Puesto que se trata de procesos que deben implantarse como hábitos intelectuales, se requiere un esfuerzo continuado, participando activamente en las clases, estudiando el tiempo necesario, planteándose problemas propios, elaborando preguntas para uno mismo y para el profesor, consultando textos, buscando la colaboración de un compañero... Si nos hemos extendido en mostrar los defectos que suelen presentarse, ha sido por un doble motivo: para resaltar más su naturaleza, por un lado, y porque el primer paso para conseguir los hábitos deseados es erradicar sus vicios contrarios.

BIBLIOGRAFÍA

Arons, A. B.
Evolución de los Conceptos de la Física.
Editorial Trillas.
México, 1970.

Arons, A. B.
Teaching Introductory Physics.
John Wiley & Sons.
New York, 1997.

Beer, F. y Johnston, E. R.
Mecánica Vectorial para Ingenieros.
Mc Graw Hill.
México, 1990.

Inhelder, B. y Piaget, J.
De la Lógica del Niño a la Lógica del Adolescente.
Paidós.
Buenos Aires, 1972.

Se invita a toda la comunidad a asistir a la exposición del tema: "Aplicación de conceptos estudiados en nuestra División de Ciencias Básicas, en el Diseño Profesional de Máquinas", que estará a cargo del Ing. Jorge Eduardo Guillén de la Serna, profesor de dicha División.

Tal exposición se llevará a cabo en el Auditorio Sotero Prieto, tanto el martes 27 de octubre de 13:15 a 14:30 horas, como el viernes 30 del mismo mes, de 19:15 a 20:30 horas.