

Cómo estudiar Física

Traducido por: Alejandro Clocchiati (Astronomía, PUC)

1998

Notas al pie y énfasis por Roberto Rondanelli, 2010

1. Prólogo

Este documento es una traducción y adaptación del manuscrito *How to Study Physics* publicado por el Learning Skill Center de la University of Texas at Austin, en 1977. El manuscrito original fue escrito por David R. Hubin y Charles Riddell. La traducción fue hecha usando la revisión mas moderna del mismo hecha por Lawrence C. Shepley, también de la Universidad de Texas con sede en Austin, en 1995.

El texto original probablemente estaba dirigido a estudiantes de carreras no científicas que debían tomar algunos cursos de física como requisito de formación adicional en ciencias. Desde este punto de vista, los consejos que van a encontrar aquí probablemente son redundantes para la mayoría de ustedes, estudiantes de Astronomía, Física o Ingeniería de la PUC, ya que los filtros que han tenido que pasar para llegar a tomar este curso implican, casi seguramente, que han descubierto por si mismos formas efectivas de estudiar esta asignatura. De todas maneras, es posible que alguna de las ideas que acá se resumen les resulten de utilidad a algunos de ustedes, y les ayuden a incrementar la facilidad con que aprueben el curso, o la nota final que obtengan.

El tono del texto resulta a veces muy normativo (tipo haga esto, proceda así, etc.). Esto es, simplemente, un recurso de escritura que simplifica la exposición. **Todo este manuscrito tiene que ser tomado como una sugerencia, para que aquellos de ustedes que piensen que podrían beneficiarse con su lectura así lo hagan.**

Alejandro Clocchiatti Departamento de Astronomía y Astrofísica Facultad de Física Pontificia Universidad Católica de Chile Febrero de 1998

2. Introducción

La física de nivel universitario es típicamente percibida por los estudiantes como uno de los cursos (ramos) mas difíciles. Hay una tendencia general de los estudiantes de física a dejarse aplastar por el peso de los nuevos términos, conceptos y ecuaciones que los cursos presentan. En particular, aquellos estudiantes no han tenido una experiencia fuerte en resolver problemas tienden a perderse cuando tratan de aplicar la información que se da en el texto o en las clases a los problemas reales que se proponen en las guías de trabajo. Estas dificultades se acentúan en los estudiantes que tienden a pensar en pequeño, y

dedican su atención y energía a memorizar fórmulas y detalles específicos de los problemas, sin entender los principios subyacentes o sin percibir como aplicar el conocimiento específico a los problemas.

El presente manuscrito intenta contribuir a mejorar la efectividad con que los estudiantes siguen sus cursos de Física a partir de cuatro recomendaciones generales. Durante el curso, trataré de dar ejemplos de aplicación de estas recomendaciones en la resolución de problemas particulares.

La organización de esta monografía es la siguiente: En la sección 3 enfatizamos la importancia de adquirir una visión general. En la sección 4 indicamos como el estudiante puede hacer mas efectiva su participación en las clases de Física. En la sección 5 damos consejos acerca de como aproximarse al estudio de los textos de Física. En la sección 6, sugerimos una serie de pasos para encarar la solución de los problemas de Física. Finalmente, en la sección 7, damos consejos acerca de como prepararse efectivamente para los exámenes del curso.

3. Adquiriendo una visión General

Es extremadamente importante reconocer que la Física es una disciplina que resuelve problemas¹. Un profesor de Física usualmente va a enfatizar temas importantes y principios generales, y uno de sus objetivos principales será que tú (el estudiante) seas capaz de entenderlos y usarlos para resolver problemas particulares. **Tu aproximación al estudio de la Física, durante el tiempo que pases en las clases, o leyendo el libro de texto, o repasando para un examen, debe estar enfocada claramente en el hecho de que se espera que puedas hacer uso de principios generales para resolver problemas.**

Una visión general del curso te va a ayudar a organizar tus esfuerzos y mejorar tu eficiencia. Una parte importante de entender datos específicos o fórmulas, es el percibir los principios subyacentes y/o la conexión entre los distintos temas. **Más aun, es casi seguro que algunas veces te vas a olvidar de alguna fórmula, y es en estos casos que la comprensión de los principios generales que la fórmula tiene forzosamente que representar puede ayudarte a generar la fórmula por ti mismo.**

Hay varios pasos a seguir para obtener una visión general del material en un curso de Física. Estos pasos deben ser tomados a poco de comenzar el curso de manera que el material que aparezca a continuación pueda ser integrado en esta visión general.

- 1.Examina cuidadosamente la información dada en el programa. Trata de encontrar los temas recurrentes, el patrón de desarrollo del curso, y como el mismo se integra con otros cursos que puedes estar tomando, o haber tomado anteriormente.

2. Reconoce los apuntes del curso. Lee la introducción, la tabla de contenidos, y las notas para los estudiantes (o profesores) que los apuntes incluyen en la sección Información General. Compara el indice temático del libro con el

¹Esto es probablemente una sobresimplificación. En realidad la resolución de problemas está más relacionada con la ingeniería (o con las ciencias aplicadas) que con la Física. El objetivo de la física es proveernos de una representación cuantitativa de la realidad, es decir, de modelos matemáticos que nos permiten entender nuestra realidad sensible. Las leyes físicas nos permiten resolver problemas ideales que están conectados con la realidad y por eso la Física es parte central del currículo de una Escuela de Ingeniería.

Programa del curso para ver que capítulos son incluidos en el curso y cuales no. Si el orden de los temas del curso no corresponde al orden de los capítulos del libro: ¿Puedes pensar en que razón tendría el profesor para escoger un nuevo orden de presentación?

3. Reconoce los temas centrales. Durante este ejercicio de reconocimiento que debes hacer durante los primeros días del curso, busca los temas centrales y los principios generales, a medida que estos son desarrollados en el texto. Hecha una mirada a algunos de los problemas. ¿Puedes descubrir como estos temas centrales y principios son ilustrados por los problemas?

4. Participación efectiva en la clase

En Física, como en la mayoría de los cursos de ciencia, las clases dan una buena indicación de los temas del curso donde los profesores ponen mas énfasis. Es importante asistir a las clases, pero, mejor aún, es importante prepararse para que esta asistencia redunde en el mayor beneficio posible.

* Antes de cada clase, revisa el programa del curso y/o las lecturas asignadas para ver de antemano cual es el material que va a ser cubierto durante la clase. Da una rápida leída a las secciones del libro que tienen relación con el tema a tratar en la clase. Estas actividades mejoran tu capacidad para seguir la clase porque te familiarizan con la nueva terminología que va a ser usada y te proporciona puntos de apoyo mental que te permitirán integrar la clase en el panorama general del curso.

1. Lee la introducción y el resumen del capítulo relevante, y revisa los títulos de las secciones y subsecciones. Trata de pensar preguntas acerca de los temas que serán cubiertos. Este ejercicio te ayuda a manipular y ganar confianza con los temas, y te predispone a entender mejor el material a estudiar.

2. Revisa y trata de entender los dibujos y diagramas. Trata de determinar cuales principios están tratando de ilustrar.

3. Toma nota de las nuevas palabras, nuevas unidades de medida, enunciados de principios generales y otros conceptos nuevos que puedan aparecer.

4. No subrayes o enfatices el texto en este momento, ya que todavía no conoces qué es lo que va a ser priorizado por el profesor.

* Otro buen ejercicio de preparación para la clase es usar los minutos previos a la misma, ya en el aula, para revisar rápidamente las notas de la clase anterior. Excepto en los casos en que la clase presente sea la primera de un tema completamente nuevo, leer las notas previas te ayudará a pensar en la clase presente como parte de un curso integrado. Si se trata de un tema nuevo, el repasar la clase anterior te ayudará a reconocer el desarrollo global de los distintos temas del curso.

* Trata de llegar a clase antes de que el profesor la comience, y de irte luego de que la termine. Muchas veces los comentarios mas importantes de la clase son expuestos al principio y al final... cuando muchos alumnos pueden no estar prestando atención.

* Trata de tomar buenas notas. Suele ser útil preparar una serie de abreviaturas y usarlas consistentemente en las notas. Prepara un índice explicativo de las mismas, pues en general vas a olvidarlas luego de unas pocas semanas de terminado el curso (caso en el cual las notas se tornarán inútiles). Incluso si el profesor reparte sus propias notas de clase, es bueno que tu tomes tus

propias notas. Puede ser que lo que al profesor le sirva como guía para exponer un tema no sea lo que a ti te resulta más apropiado para comprenderlo en tus propios términos. Además, los comentarios del profesor pueden enriquecer substancialmente sus propias notas de clase, que en general van a ser tan sólo esquemáticas.

* Cuando copies diagramas o dibujos trata de ser exhaustivo, y si es necesario sacrifica la prolijidad. Trata de incluir, además de lo que ha sido expuesto en la pizarra, los puntos importantes que el profesor pueda haber enfatizado verbalmente.

* Si te quedas atrás en la toma de notas es mejor dejar un espacio en blanco y tratar de recomponerlos luego con la ayuda de un compañero, el libro, o las propias notas del profesor.

*** No tengas vergüenza de hacer preguntas. El profesor depende de las preguntas y los comentarios de los estudiantes para establecer el ritmo apropiado de clase. Además, puede suceder que se olvide de explicar un paso, o que cometa un error. Seguramente va a estar conforme de ver que los estudiantes están realmente prestando atención al tema que se está desarrollando.**

* Tan pronto como puedas, luego de la clase, revisa y edita tus notas. No es necesario que las re-escribas (incluso puede ser contraproducente por lo desgastante). Busca, una vez más, las ideas importantes y las relaciones entre los diferentes tópicos. Escribe tus comentarios en los márgenes, y, si has llegado a obtener una visión global de la clase, trata de escribir un esquema o resumen de la misma.

* Durante este ejercicio de revisar la clase, podrían surgirme preguntas acerca de la misma. Cualquiera sea la forma de tomar notas que prefieras, deja espacio para anotar estas cuestiones posteriores. Luego plantéalas al instructor, o, mejor aún, trata de responderlas tu mismo, con la ayuda del libro o de algún compañero.

5. Estudiando del libro de Física

Leer el libro de Física y resolver los problemas de las guías es un ciclo iterativo. Las preguntas de los problemas llevan a respuestas que conducen a nuevas preguntas. Un capítulo entero del texto puede estar dirigido a las consecuencias de un solo principio general básico. Debes buscar y entender estos principios básicos. Son estas Leyes de la Naturaleza las que dan orden al universo, desde el punto de vista físico. Mas todavía, casi todos los problemas que vas a encontrar en un curso de física pueden ser analizados por medio de una o mas de estas leyes.

Podrás notar que a veces, durante la introducción de un nuevo tema, lo primero que se hace es analizar un problema específico en mucho detalle. A posteriori, el contexto del problema es generalizado en un resultado mas abstracto, del cual se desprende una ley general. Cuando esta ley general queda enunciada, debes volver a revisar el caso particular que sirvió para presentarla y asegurarte que entiendes bien la forma en que esta nueva teoría aplica a este caso específico. Luego, es muy instructivo tratar de pensar otros problemas a los cuales este mismo principio podría ser aplicado. Otras sugerencias para encarar la lectura del libro de texto son:

* Primero, repite la revisión previa que habías hecho antes de la clase. Repasa superficialmente los puntos más importantes del capítulo. Piensa en cuáles fueron los ítems enfatizados en la clase y en las preguntas que puedas haber formulado luego de la misma.

* Segundo, lee los problemas de la guía, antes de comenzar a estudiar el texto en profundidad. Si todavía no tienes una guía de problemas asignada, selecciona algunos de los que el texto propone y léelos con mayor profundidad. A partir de las preguntas, trata de definir cuáles parecen ser los principios más significativos en el capítulo asignado. Basándote en el trabajo previo a la clase y las preguntas de los problemas, trata de pensar en cuáles son las grandes preguntas que quieres que el capítulo te conteste.

*** A continuación, lee el texto activamente, con las preguntas en mente. Esto es importante: Una aproximación pasiva a la lectura del texto de física es una pérdida de tiempo. Si descubres que estás des-concentrado y no leyendo activamente, detente, mira una vez más los problemas y las notas de clase, y luego continúa la lectura. Tienes que leer para aprehender los contenidos, no para cubrir el material.**

* Detente periódicamente, y revisa el material que has leído. Hay diversas técnicas para aprehender los contenidos: Repetir partes críticas del texto en voz alta, añadir explicaciones del libro en los márgenes de las notas de clase, y, especialmente, **rehacer por ti mismo las derivaciones de las fórmulas a partir de primeros principios. También puedes tratar explicando los contenidos a un compañero, o dando clase a un público imaginario usando tu propia pizarra.**

* Durante este análisis en profundidad de los contenidos, vas a encontrar secciones, ecuaciones o ideas que tienen aplicación directa a los problemas a resolver. Cuando encuentres estas pistas, detente y analiza cuidadosamente como se aplica la sección, ecuación o idea al problema identificado.

La interacción entre la lectura y la resolución de problemas es la parte central del ciclo Pregunto \rightarrow Respuesta \rightarrow Pregunto. Este ciclo te ayuda a obtener una perspectiva y profundidad en los distintos temas que no sería posible obtener solamente por una lectura. Leer pasivamente es, simplemente, seguir la cadena de razonamiento tal como está descrita en el texto. Es muy difícil pasar de este nivel de comprensión al de resolución de problemas que, necesariamente, van a proponerte diferentes cadenas de razonamiento basadas en los mismos principios generales. Leer activamente involucra, además, explorar las posibilidades de lo que está siendo incorporado a tu conocimiento. Combinando activamente las preguntas que son inherentes a la resolución de problemas con la lectura del texto, incrementas tu concentración en la lectura y tu habilidad para recordar y aplicar el material en otras situaciones relacionadas.

6. Resolución de Problemas en Física

Al enfrentar un problema de Física es importante recordar dos cosas. Primero, un físico buscará problemas que pueden ser modelados o representados pictóricamente, o esquemáticamente. Por lo tanto, casi todos los problemas que vas a encontrar en un curso de física pueden ser descritos por un dibujo. La mayor parte de las veces, este dibujo contendrá o sugerirá la solución del problema. Segundo, un físico buscará principios unificadores que puedan ser expresados

matemáticamente y que puedan ser aplicados a una clase amplia de situaciones físicas. El texto de física y las notas de clase contendrá muchas fórmulas, pero tu debes tratar de entender las Leyes Naturales mas amplias para poder adquirir la visión general de la física. Esta conceptualización amplia es vital en el momento resolver problemas que pueden incluir diversos principios generales y requerir el uso de muchas fórmulas diferentes. La mayor parte de las fórmulas de la física son combinaciones de leyes generales. La siguiente, es una receta para encarar la resolución de un problema de física. Aunque ésta es tan sólo una de las formas posibles de encarar la solución de problemas, algunos de sus elementos te podrían ser de utilidad.

1. Lee el problema. Debes leer el problema incluso antes de haber leído el capítulo o sección del libro a la que el problema pertenece. Busca el significado de los términos que no conoces.

2. Haz un dibujo del problema. Incluso un dibujo rudimentario puede ser de gran ayuda. Un dibujo realmente bueno debería incluir lo siguiente ²:

* Un título que identifica la cantidad o incógnita que estás buscando en este problema. * Títulos que identifican los parámetros o variables de las cuales depende la incógnita que estás tratando de encontrar y que son dadas como datos. Anota los valores de estos parámetros o variables en el dibujo. * Identifica y anota cualquier parámetro o variable desconocido que debas calcular en el camino, u obtener de otra manera del texto, para poder calcular tu incógnita final. * Siempre anota las unidades de medida de todas las cantidades que usarás en el problema. Si el dibujo es un gráfico, asegúrate de anotar las unidades y la escala (marcas) en ambos ejes.

3. Encuentra el principio general que relaciona los distintos parámetros y variables del problema con las incógnitas que estás tratando de encontrar. En general, el diagrama va a sugerir cuales son las técnicas y fórmulas que debes aplicar. En algunos casos, puede ser necesario extraer información adicional del enunciado del problema antes de definir las fórmulas apropiadas. Esto es generalmente cierto en aquellos casos en que la solución del problema debe ser encontrada indirectamente a partir de los datos dados. Cuando esto sucede, es necesario a veces dibujar una segunda figura donde estas cantidades intermedias estén claramente identificadas. Esta segunda figura podría ser un gráfico, o un diagrama de vectores, y no necesariamente un dibujo adicional describiendo objetos físicos.

4. Calcula la solución haciendo todos los pasos posibles sin reemplazar las variables y parámetros por sus valores numéricos. Este camino se llama el método formal, o algebraico. Es el mas indicado para problemas largos y complicados.

5. Repite el cálculo usando los valores numéricos desde el principio, de manera que los diferentes pasos te iran proporcionando valores numéricos intermedios. Este método tiene como desventaja que, dada la mayor cantidad de cuentas involucradas, es mas probable que se cometan errores numéricos. Tiene la ventaja de que verás como la parte numérica del problema progresa en los diferentes pasos, y como los órdenes de magnitud se combinan para llegar a la respuesta final. A veces, es mas fácil encontrar donde se puede haber cometido un error

²Acá uno debiera agregar que un buen dibujo debe incluir una representación del eje de coordenadas a ser utilizado en el problema. Es posible que uno requiera cambiar el eje de coordenadas luego de haber empezado a resolver el problema. Es bueno recordar a esta altura que en general uno debiera usar lápiz gráfico mientras resuelve los problemas.

siguiendo este método, cuando números inverosímiles aparecen en algún paso.

6. Haz una crítica de tu solución para ver si tiene sentido. Compara esta solución con la de otros problemas similares que puedas haber resuelto, o pueda haber como ejemplos en el texto o las notas de clase. Muchas veces es posible hacer un control independiente simplemente haciendo un cálculo aproximado. Un cálculo aproximado debe dar una respuesta similar a la del cálculo más preciso. Si las respuestas difieren obviamente, esto será indicación de que hay un error en alguno de los caminos.³

7. Controla las unidades del resultado. Esto es fundamental. Las unidades del resultado, luego de combinar todas las variables, parámetros y constantes que entren en las ecuaciones, tienen que ser las que se espera que la incógnita posea. Este control te ayudará a desarrollar tu intuición física acerca de lo que es una solución correcta. Esta intuición te será extremadamente útil en otros problemas y, en particular, en los exámenes.

8. Si tienes tiempo, trata de repetir la solución haciéndola más rápido. En los exámenes vas a tener que resolver problemas con la presión de tener un límite de tiempo. Esta clase de “entrenamiento” podría ser de utilidad para mejorar tus calificaciones.⁴

Un excelente ejercicio es volver a revisar las soluciones de los problemas luego de un cierto tiempo (unos pocos días). Debería ser posible leer la solución y entenderla sin hacer ninguna referencia al texto o las notas de clases. Por lo tanto, la solución debería incluir una descripción de los pasos, los objetivos buscados con cada uno de ellos y los principios que se aplicaron. Estas notas y explicaciones, que podrían ser incluso substancialmente más extensas que las propias ecuaciones y derivaciones estrictamente necesarias para la resolución del problema, te serán de mucha utilidad en el momento de repasar el material para un examen. Más importante todavía, el proceso de elaboración de las explicaciones al problema te dará la seguridad de que no has pasado por alto ninguna información esencial para comprender el problema.

7. Preparación de Exámenes

Si se han seguido los pasos previos en el estudio y práctica del material del curso, la preparación de los exámenes no resultará terriblemente complicada. Si no se ha seguido un estudio activo durante las semanas previas, la preparación será forzosamente más difícil, pero los mismos principios de estudio todavía deberían ser de utilidad. Recuerda, siempre: Resolver problemas es el objetivo principal de los cursos de física elemental. El objeto fundamental de las leyes

³Esta es quizás la parte más importante en el proceso. Acá uno también debiera estudiar algunos casos sencillos o variantes del problema. Dependiendo del problema uno trata de encontrar soluciones particulares al problema y que sean fáciles de comprobar. Por ejemplo, si uno tiene una polea desde donde cuelgan masas M y m lo natural es estudiar los casos $M = m$ y $M, m = 0$.

⁴Más que repetir la solución yo en este punto trataría de resolver el problema de otra manera. Si lo calculé usando dinámica, puedo hacerlo por Energía? ¿Puedo tomar torque en otro punto?. ¿Puedo suponer otra geometría?. Resolver el mismo problema por caminos distintos, es útil no sólo para entender el problema sino para desarrollar intuición y rapidez al resolverlos.

generales, principios y ecuaciones que has aprendido a manejar es ser aplicados a problemas concretos que, con cierto grado de idealización, representan situaciones del mundo real. Una aproximación posible a la preparación previa al examen podría ser la descrita debajo:

* En la semana previa al examen sigue los siguientes pasos. Te darán una reafirmación razonable de los puntos que han sido escogidos y que seguramente recibirán mayor atención en el examen.⁵

1. Revisa rápidamente las notas de clase, y lee una vez más el programa del curso. Recuerda así cuales temas fueron enfatizados.

2. Repasa rápidamente los problemas y tus soluciones explicadas de los mismos. Las explicaciones que tu mismo has escrito te servirán para recuperar los principios fundamentales y la aplicación de los mismos.

3. Repasa otra vez los capítulos relevantes del texto, buscando la fundamentación de los principios generales.

Recuerda que en este estadio temprano de estudio para el examen, el objetivo es recuperar las leyes generales y las formas en las que éstas aparecen y son usadas en los problemas.

* A partir de este repaso, genera una lista de temas, principios y tipos de problemas que te parece que deberías cubrir para llegar bien preparado al examen. Si tienes ejemplos de exámenes similares que se han tomado previamente, repásalos, pero no asumas que tu examen va a incluir necesariamente problemas del tipo de los del examen anterior.

* Finalmente, repasa activamente. No te satisfagas simplemente con reconocer un principio. Busca nuevos problemas de práctica, y piensa por ti mismo en qué otras formas las mismas leyes generales podrían aparecer en ejemplos y problemas.

Una preparación efectiva para el test incluirá una interacción constructiva entre las notas de clase, los problemas, y el texto. Trata de llegar al punto en que puedes generar por ti mismo problemas que involucren una combinación de principios. Esto te dará la seguridad de que puedes desarrollar la solución de los problemas típicos sin buscar el apoyo del texto o las notas de clase. Recuerda que las pruebas incluirán posiblemente problemas que combinen distintos temas, y que quizás los principios básicos que es necesario aplicar no serán simplemente requeridos en el enunciado, sino reconocibles indirectamente a partir del contexto en que el problema está planteado.

Finalmente, en el momento de escribir tus soluciones a los problemas de las pruebas trata de detallar todos tus pasos. Eso te facilitará encontrar y corregir cualquier error que puedas haber cometido, si es que tuvieras tiempo de revisar los problemas. Asimismo, le dejará en claro a la persona que se encargue de la evaluación de tu examen la seriedad con la que resolviste el problema, y el hecho de que no copiaste tu solución de la de un compañero (en cuyo caso solo habrías escrito unos pocos puntos críticos, sin mucha conexión entre si).

⁵En el caso de nuestro curso en que el énfasis es en los experimentos, la preparación para los controles no estará completa si no se repasan los resultados de los experimentos: ¿Qué principios fueron los ilustrados por las experiencias y cuáles intuiciones fueron desarrolladas a partir de los resultados?. ¿Cuáles eran las conclusiones esperadas? ¿Pudimos realmente llevar a cabo un diseño experimental controlado que nos permita probar la teoría? ¿Qué nuevos experimentos podrían llevarse a cabo para mejorar la comprensión de la materia?