

TEXTOS DE FÍSICA UNIVERSITARIA PARA NO-FÍSICOS

TEXTBOOKS OF UNIVERSITY PHYSICS FOR NON-PHYSICISTS

A. GONZÁLEZ ARIAS^{a†}, A.F. HORTA RANGEL^b

a) Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba. arnaldo@fisica.cu[†]

b) Facultad de Ingeniería, Universidad de Guanajuato. anthort@hotmail.com

[†]autor para la correspondencia

Trabajo presentado en el IV Coloquio internacional en Filosofía y Aprendizaje de las Ciencias, 4-5 Nov. 2016, Hotel Cayo Santa María, Univ. Central de Las Villas, Cuba.

Al impartir física en otras especialidades es usual encontrar, por causas diversas, conductas que van desde el pobre interés del estudiante hasta un rechazo total de la asignatura. A nuestro entender, algunas de estas conductas se pueden soslayar, o al menos suavizar, escogiendo textos básicos adecuados que tiendan a evitar los siguientes aspectos negativos: a) Desactualización o matematización de la física; b) Obviar o no resaltar el papel de las mediciones, los patrones y la incertidumbre en cualquier ciencia; c) Muchos estudiantes se cuestionan: ¿para que necesito la física si yo no quiero ser físico? d) El poco tiempo de que usualmente se dispone en comparación con la extensión de la asignatura y, e) Previsiones sobre la necesidad de recordar demasiados conceptos y fórmulas sin lograr interiorizar la importancia de cada cual.

Una versión digital preliminar de los textos elaborados acorde a estos criterios se encuentra accesible en el sitio www.geocities.ws/fisica1y2

Due to several reasons, when teaching physics in other careers is usual to find behaviors ranging from a poor interest of the students to a total reject of the subject. To our minds, some of these conducts can be avoided, or at least softened, when choosing

the adequate basic texts who could be apt to circumvent the following negative features: a) Overriding physics with mathematics. b) Not taking into account measurements, standards and uncertainty. c) The worries of students who ask: ¿Why do I need physics if I do not want to be physicist? d) The scarce time usually available when compared to the extension of this subject, and: e) the concern of many students about the need of remember too much concepts and formulas without being able to grab the significance of each one.

A digital preliminary version of the written texts, based on these criteria, may be found at www.geocities.ws/fisica1y2.

Palabras clave. Textbooks for undergraduates, 01.30 mp. General physics (physics education), 01.55+b. Books of general interest to physics teachers, 01.30.Os.

ANTECEDENTES

Son conocidas las dificultades que presenta la enseñanza de la física a nivel universitario en diversas especialidades, donde es usual encontrar conductas que van desde el pobre interés del alumno hasta el rechazo total de la asignatura. Es común encontrar bajas promociones e índices mínimos de aprovechamiento de quienes logran aprobarla.

Nuestra experiencia indica que a veces el rechazo se extiende, de forma más o menos velada, a profesores de otras asignaturas que en lo habitual obtienen promociones de mejor calidad.

Cuando se analizan las posibles causas muchas veces se menciona la falta de conocimientos básicos de matemáticas y física entre los estudiantes. El problema se acentúa cuando los programas de las asignaturas se recargan de temas y se les asigna un número de horas que a todas luces resulta escaso. Aunque el profesor se las arregle para impartir el curso tal

como está programado, eso no quiere decir que ese tiempo sea suficiente para que el estudiante pueda asimilar toda la información que se le transmite.

Las dificultades asociadas a la preparación previa del estudiante, los planes de estudio o los contenidos de las asignaturas no se pueden solventar por la sola decisión de escoger tal o más cual libro de texto. Por esta razón no serán analizadas en lo que sigue. Sin embargo, existen otras posibles causas para la falta de motivación y el rechazo a la asignatura que, a nuestro entender sí se podrían evitar, o al menos allanar notablemente, al escoger textos con los contenidos adecuados. En el entorno educativo estas causas –que no son totalmente independientes- son:

1. La desactualización o matematización de la física [1].
2. Obviar o no resaltar el papel de las mediciones, los patrones y la incertidumbre [2].

3. ¿Para que necesito la física si yo no quiero ser físico?
4. Poco tiempo: mucha física.
5. Demasiados conceptos y fórmulas a recordar sin lograr interiorizar la importancia de cada cual.

A continuación se analizan en detalle los puntos anteriores, de acuerdo a las experiencias adquiridas al escribir textos de física general para estudiantes de otras especialidades. Una versión previa de los mismos, que incluye mecánica, termodinámica, electromagnetismo y óptica, se encuentra accesible en la WEB en formato pdf [3]. Cada asignatura se ha editado por separado para reducir lo más posible el volumen impreso y facilitar su manejo y acarreo por parte de los estudiantes. No está de más añadir que, al igual que cualquier otro texto, el contenido debe cumplir las normas básicas de la redacción científica [4].

1. MATEMATIZACIÓN DE LA FÍSICA

La física es una ciencia factual. A diferencia de las ciencias formales como las matemáticas y la lógica, se basa en hechos, no en ideas (figura 1). Las ciencias formales se basan esencialmente en ideas; las factuales en objetos materiales. Los postulados de las ciencias formales son racionales y verificables, pero no son objetivos; por sí solas estas ciencias no son capaces de proporcionar información sobre la realidad, aunque es usual que construyan sus propios objetos de estudio haciendo abstracción de los objetos reales, tanto naturales como sociales. No obstante, su 'materia prima' fundamental no es lo material, sino lo ideal [5,6,7].

Además de acumular conocimientos, tanto las ciencias formales como las factuales persiguen un objetivo común; el de

encontrar las leyes o relaciones forzadas de causa y efecto entre diferentes eventos o sucesos. Develar las leyes que rigen la interacción entre sucesos ideales o materiales es justamente lo que permite encontrar relaciones adicionales entre ellos –o con otros eventos– aún no descubiertas. También posibilita el hacer predicciones válidas para el comportamiento futuro, posiblemente la característica más importante del conocimiento científico: si tal cosa sucede, invariablemente tal otra tendrá (o no tendrá) lugar.

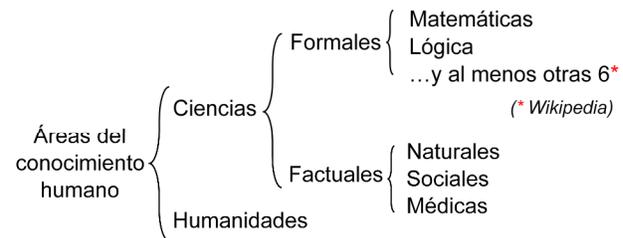


Figura 1. Áreas del conocimiento

Pero mientras que a las ciencias formales les basta la lógica para demostrar sus teoremas con rigurosidad, las factuales requieren de la observación y el experimento para confirmar sus conjeturas. De aquí que resulta apropiado tener siempre en mente que las ciencias formales son herramientas cuantitativas de las factuales, y no lo contrario.

Las ciencias sociales y médicas se diferencian de las naturales en que las personas intervienen como objetos de estudio; sus leyes son esencialmente estadísticas.

Las humanidades no son ciencias; se dedican a recopilar información sin

pretender predecir el futuro ni buscar relaciones de causa-efecto entre los eventos o procesos que estudian.

Hay muchas leyes y principios, tanto en las ciencias naturales como en las sociales; baste citar entre las primeras las de gravitación universal (Newton, física), la de las proporciones definidas (Proust, química) y las de la herencia (Mendel, biología). Ejemplos de las segundas son el principio de Pareto o del 80/20 y la ley de Gresham (“el dinero malo expulsa al bueno de la circulación”) en economía. A veces el concepto ‘principio’ se identifica o superpone indistintamente con el concepto ‘ley’. Así, es usual hablar del *principio de Arquímedes*, y no de la ley de Arquímedes, cuando en realidad este principio es una ley de la naturaleza.

¿A qué llamamos *matematización*?

En considerables cursos de física, ya sea por las preferencias del profesor, ya sea por la carencia de recursos, se da prioridad al enfoque matemático por encima del enfoque experimental. En eso consiste precisamente la *matematización* o *desfactualización* de la enseñanza de la física. Se presentan fórmulas matemáticas sin explicar claramente cómo surgen, y se aplican para deducir resultados puramente matemáticos, con poca o ninguna física presente. En los casos extremos se obvia incluso el esencial trabajo de laboratorio, o se intenta sustituirlo por técnicas de computación, negando la esencia factual de la asignatura. La física se convierte así en una asignatura teórico-formal, aislada

de la realidad que pretende describir. Veamos algunos ejemplos.

1ra ley de la Termodinámica

En ocasiones sólo se plantea el enunciado y su expresión analítica: “La energía no se crea ni se destruye; sólo se transforma”; $Q = \Delta E + W$, pero se dice muy poco o nada de que fue establecida, entre otros, por Sadi Carnot y Julius von Mayer alrededor de 1842, sobre la base de muchos resultados previos. Algunos de ellos son el decreto de la Academia de Ciencias francesa en 1775 referente a no aceptar más propuestas de móviles perpetuos (figura 2), y la demostración experimental de la equivalencia entre el calor y el trabajo en 1840 por parte de James Prescott Joule (figura 3) [8]. La imposibilidad de crear un móvil perpetuo de 1ra especie a veces ni siquiera se menciona.

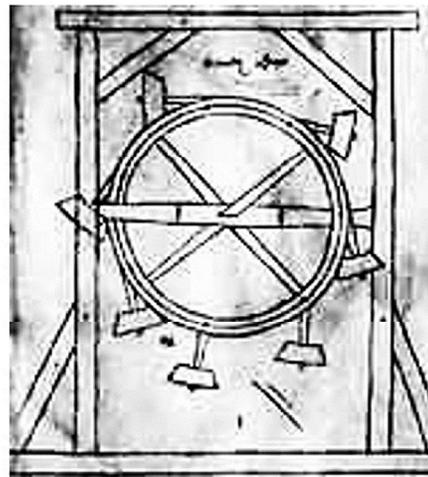


Figura 2. Móvil perpetuo de 1ra especie

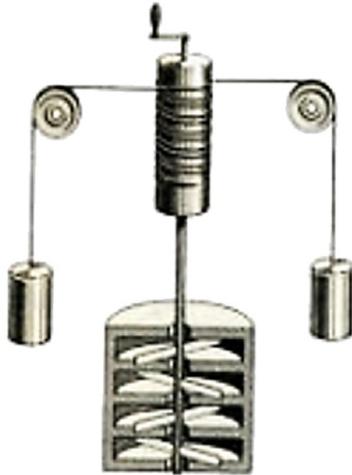


Figura 3. Experimento de Joule

2da ley de Newton.

Otro ejemplo que ilustra la posible matematización de la física lo constituye la 2da ley de Newton cuando se imparte omitiendo la mayor parte de sus atributos factuales. Para no matematizar la física, cualquier texto de mecánica debe dar una respuesta clara a las interrogantes que aparecen en la figura 4.

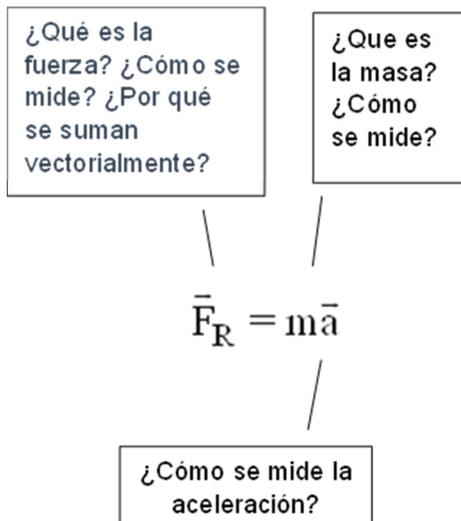


Figura 4.

2. MEDICIONES E INCERTIDUMBRE

Esta parte de la física es indispensable en un texto básico, ya que refleja la esencia misma de cualquier ciencia natural (y las ingenierías, como ejecutoras de conocimientos). La relación de las ciencias factuales con la incertidumbre se muestra en el siguiente diagrama de flujo.



Para citar sólo un ejemplo de la importancia del tema, en Cuba las magnitudes fundamentales y su nomenclatura están reguladas por ley (figura 5).

Las magnitudes de la figura 5 son también los estándares o patrones universales a partir de los cuales se definen todas las demás unidades de medida. Por su parte, las magnitudes patrones no se pueden definir a partir de otras; en su caso hay que aplicar el criterio operacional, que consiste en especificar la manera en que se miden.

GACETA OFICIAL

DE LA REPUBLICA DE CUBA

ESPECIAL LA HABANA, JUEVES 30 DE DICIEMBRE DE 1982 AÑO LXXXI
 Imprenta - Zanja N° 352, Esq. a Escobar - Habana 2

Número 9

Página 19

FIDEL CASTRO RUZ, Presidente del Consejo de Estado de la República de Cuba

HAGO SABER: Que el Consejo de Estado ha aprobado lo siguiente:

DECRETO-LEY NUMERO 62

DE LA IMPLANTACION DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

CAPITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

ARTICULO 2. -Las unidades de medida básicas del SI son, las siguientes:

Magnitud física	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de la corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mole	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

ARTICULO 3. -Las unidades de medida suplementarias del SI son las siguientes:

Figura 5. Extracto del decreto-ley 62 de 1982

No hay suficiente lugar para abundar sobre este amplio tema. Más información sobre mediciones, patrones e incertidumbres se puede encontrar en <http://ww.geocities.ws/fisica1y2/mediciones/mediciones.htm>.

3. ¿PARA QUÉ NECESITO LA FÍSICA?

Para que un estudiante pueda encontrar respuesta a esta pregunta en un libro, es necesario que en el texto aparezcan ejemplos *actualizados* lo más posible sobre manifestaciones de la física en otras especialidades y/o en la vida cotidiana [9]. Ejemplos en las figuras 5 a 10.



Figura 5. Ondas mecánicas longitudinales. Ecolocalización de los delfines y murciélagos.



Figura 6. Ondas electromagnéticas transversales. Radio, teléfonos, antenas fractales.

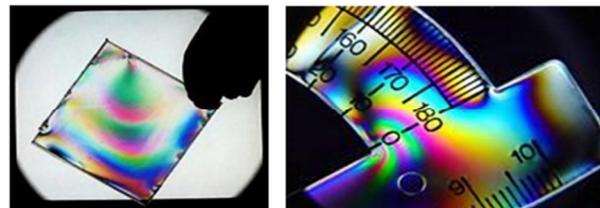


Figura 7. Polarización de la luz. Análisis de tensiones mediante fotoelasticidad.



Figura 8. Inducción de cargas eléctricas. Rayos y relámpagos.

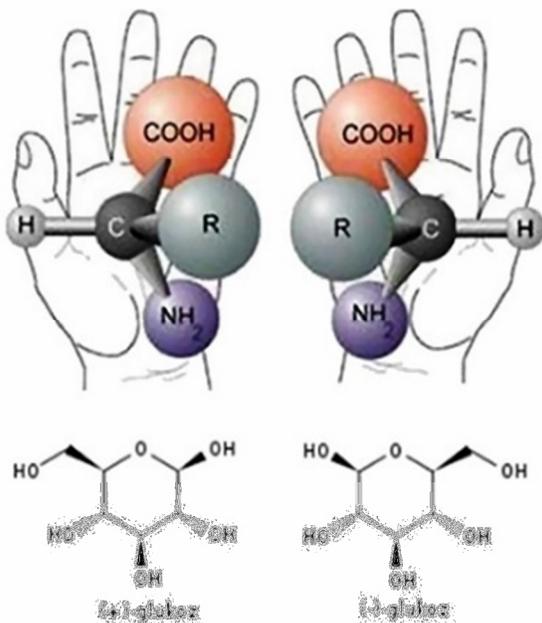


Figura 9. Rotación de la polarización. Relación entre actividad óptica y enantiomorfismo,

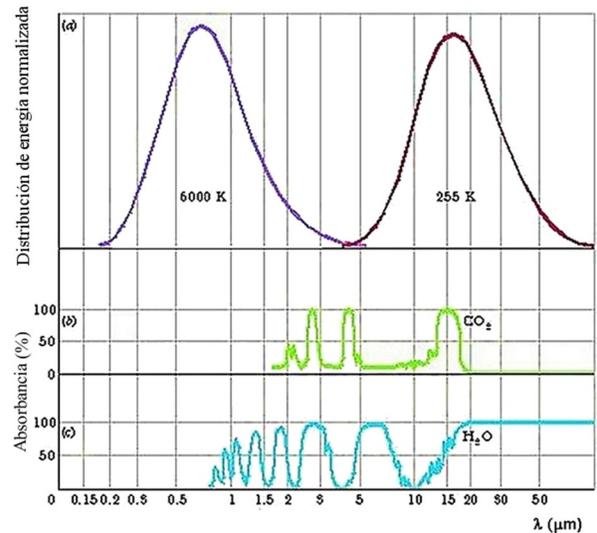


Figura 10. Radiación del cuerpo negro. Absorción de la radiación solar y terrestre por el CO_2 y el vapor de agua en la atmosfera. (Cambio climático)

4. POCO TIEMPO; MUCHA FÍSICA.

Cuando hay demasiada información, el estudiante se pierde en el texto tratando de encontrar los puntos esenciales que le interesan, sobre todo si no recibe una adecuada orientación en la clase.

En un intervalo de tiempo finito la capacidad de aprendizaje no es infinita. En los planes de estudio, la física en otras especialidades debe competir con diversas asignaturas, usualmente más atractivas para la mayor parte de los estudiantes. Por eso creemos que resulta forzoso valorar hasta qué punto puede ser útil o no determinado conocimiento para el futuro desempeño del estudiante.

Al parecer, lo mejor es incluir sólo lo indispensable, sin añadir ejemplos y temas superfluos, aunque sean muy interesantes. Y para eso es necesario

conocer en qué aspectos de otras especialidades incide la física.

En resumen, no se deben introducir temas por el sólo hecho de que a los físicos nos gusta la física.

5. MUCHAS FÓRMULAS. ¿HAY QUE RECORDARLAS TODAS?

Obviamente, no. El texto debe orientar cuales son los conceptos y expresiones fundamentales, resaltándolas de alguna forma, o simplemente expresándolo de forma que llame la atención. Una manera de hacerlo es resumiendo los aspectos esenciales al final del capítulo.

Ejemplo: Resumen de un capítulo sobre la 2da ley de la termodinámica (ver referencia [3]):

- *Máquina térmica.* Cualquier sistema capaz de convertir calor en trabajo mediante un proceso cíclico.
- *Sustancia de trabajo.* Agente activo que se transforma y realiza trabajo a costa del calor absorbido.
- *2da ley de la termodinámica.* No es posible construir una máquina térmica que sea capaz de convertir en trabajo todo el calor absorbido. (Imposibilidad de construir un móvil perpetuo de 2da especie).
- $\eta = W/Q_2 = 1 - Q_1/Q_2$ *Eficiencia de una máquina térmica*
- $\eta = 1 - T_1/T_2$ *Eficiencia de la*

máquina térmica de Carnot

- $\eta \leq 1 - T_1/T_2$ *Teorema de Carnot para cualquier máquina térmica.*
- Etcétera.

CONCLUSIONES

Los aspectos más relevantes señalados con anterioridad relativos a la escritura de libros de textos de física para no-físicos son:

- No recargar los aspectos formales en detrimento de los factuales. No matematizar. Recordar que las leyes científicas se obtienen por inducción, no por deducción. No desatender lo relacionado a mediciones, patrones e incertidumbres.
- Mostrar ejemplos actualizados de otras especialidades o de la vida cotidiana donde sean necesarios los conocimientos de física para su correcta comprensión.
- Incluir sólo lo indispensable para lograr los objetivos propuestos. En los cursos con tiempo limitado el exceso de información puede ser tan perjudicial como su ausencia.
- No dejarse llevar por las preferencias propias.
- Resaltar de alguna forma las definiciones y fórmulas esenciales de cada tema o capítulo.

REFERENCIAS

- [1] F.A. Horta Rangel y A. González Arias. La cultura científica y la desfactualización de la enseñanza de la física. Rev. Cub. Fis. 29, 62, (2012).

- [2] A. González Arias, El ABC de las mediciones en el laboratorio docente. Accesible en www.geocities.ws/fisica1y2/mediciones/mediciones.htm
- [3] <http://www.geocities.ws/fisica1y2>.
- [4] Gonzalo Martín Vivaldi, Curso de Redacción, Ed. Paraninfo, Madrid, 1969. Selección de notas importantes en www.geocities.ws/fisica1y2/redaccioncientifica/index.html
- [5] ¿Qué es la ciencia? Accesible en <http://ecured.cubava.cu/2013/01/16/que-es-la-ciencia/>
- [6] A. González Arias, La importancia de popularizar la ciencia, su lenguaje y su filosofía, Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 5, No. 3, Sept. 2011.
- [7] Mario Bunge, La ciencia, su método y su filosofía; <http://www.philosophia.cl/> Escuela de Filosofía, Universidad ARCIS. Consulta 07/04/2012.
- [8] A. González Arias. Use and misuse of the concept energy. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 6, Suppl. I, August 2012. Versión en español: Proceedings del VII Congreso Internacional Didácticas de las Ciencias, La Habana, Cuba, Marzo 2012.
- [9] F. A. Horta Rangel, T. González Cruz and A. González Arias. Physics courses for non-physicists; what should (and should not) be done. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 8, No. 1, March 2014.