
LOS TEXTOS DE FISICA

HERNÁN JAMETT CARRASCO

Universidad de Oriente - Monagas - Venezuela

Introducción

Los textos, el profesor y los alumnos forman parte de un sistema fuertemente estructurado, que tiene por finalidad esencial el aprendizaje. En este estudio el interés está en los textos.

A juicio del autor los textos de estudio, en particular los de física, tienen errores y deficiencias significativas. Esto los convierte en piezas que contribuyen a bajar los niveles de aprendizaje.

Al reflexionar sobre las causas que explican el por qué de la naturaleza de los textos, se concluyó que éstos son más bien primitivos y espontáneos en vez de ser derivados, guiados y fundamentados como corresponde a un artefacto educativo. Estas propiedades se deben, en gran medida, a la ausencia de teorías sobre textos de estudio. Aval de lo último es el hecho que no hay publicaciones que se puedan considerar marco teórico explícito para su elaboración.

Lo anterior configura el siguiente problema: existe ausencia de marco teórico para la elaboración de textos de estudio y en consecuencia los mismos exhiben errores y deficiencias en varios aspectos.

El objetivo de este estudio es contribuir modestamente a su solución, presentando ideas o pautas que vayan conformando el marco teórico antes aludido, y a la vez mostrar que ellas son útiles para corregir algunas de las deficiencias de los textos. El trabajo se limita a los libros de física básica.

La secuencia del estudio es la siguiente: 1) Se postula la deficiencia de los textos, en particular de física, y la ausencia de marco teórico para la elaboración de los mismos. 2) Se evidencia el postulado al presentar argumentos que lo afianzan. Se constituye así las pautas del SER de los textos o su naturaleza. 3) Se postula que el postulado anterior es verdadero fundamentalmente por la ausencia de guías de tipo filosófico, psicológico y educativo relevantes. 4) Se dan guías. 5) De ellas se infieren las pautas del DEBER SER de los textos. 6) Se muestra un resultado parcial al presentar las partes de un texto de física (en preparación) para estudiantes del tradicional curso de Mecánica Racional, que normalmente se dicta en el cuarto semestre universitario.

Los Textos - Guías Equivocadas - Guías Significativas

Ante la convicción de que los textos de estudio son más bien un obstáculo que una ayuda para el aprendizaje se responde con este trabajo y con un texto (en elaboración).

Postulado: Los textos de estudio, en particular los de física, son deficientes en varios aspectos. Y no hay teorías para la elaboración de los mismos.

Semejante aseveración necesita ser justificada.

Ser de los textos

Aquí se presentan unos pocos trozos de textos como una muestra representativa del universo de los mismos y una opinión muy autorizada como aval del postulado:

Dinámica J., L. Merian

p.¹ ... La cinemática es el estudio del movimiento sin hacer referencia a las fuerzas que los originan...

Error conceptual, tampoco considera la masa.

p.² ... El espacio es la región geométrica en la que tienen lugar los sucesos...

Antirrealismo, confunde el ser con su representación

Mecánica J. León

p.¹⁸ ... Una vez más se pone de manifiesto que el movimiento de un punto es independiente de cualquier sistema de referencia.

Como no hay posición independiente de sistema de referencia, tampoco hay movimiento independiente, error conceptual.

p.⁵⁷ ... , se concluye que $\vec{v}_B \cdot \vec{\omega} = \vec{v}_A \cdot \vec{\omega}$

En un mismo instante, las proyecciones de las velocidades de todos los puntos de un rígido... son iguales.

¡¡Aclara el lenguaje matemático con el coloquial!!

Mecánica Técnica A. Vasquez (Sin fecha ni editorial)

p.¹ Un vector se representa geométricamente por un segmento dirigido, $\vec{V} = \vec{u}V$, $V = |\vec{V}| =$ módulo, $\emptyset =$ dirección, $\nearrow =$ sentido, $\vec{u} =$ vector unitario.

Sentido supernumerario, ¡¡ $\nearrow =$ sentido!! lenguaje icónico en vez de matemático.

p.⁴⁷ Teorema de Varignon o principio de los momentos.

¿Teorema o principio? Error de metalenguaje.

Dinámica F, Singer

p.³²⁷ ... Usualmente los vectores parten de un punto *fijo* en el espacio, resultando lo que se llama *movimiento absoluto*. Respecto a un origen en *movimiento*. ... *movimiento relativo*.

¡¡Punto fijo!! Error, no existe el movimiento absoluto.

p.³²⁸ ..., $\Delta\vec{r}$ denota el cambio en posición... observamos que el cambio de posición $\Delta\vec{r}$ es independiente del origen... un observador en 0 ve el mismo desplazamiento $\Delta\vec{r}$ que otro observador en 0', simultáneamente. Puesto que el intervalo de tiempo transcurrido es el mismo para ambos observadores, ambos perciben el mismo desplazamiento, la misma velocidad y la misma aceleración de la partícula móvil...

Sensorismo, subjetivismo exagerado, dispara cosas sin justificarlas, ¡¡ver!! ¡¡percibir!!

Física, Tomo I. P. A. Tipler.

p.⁴²¹ Un movimiento que se repite a sí mismo se denomina periódico, siendo el período el tiempo necesario para que se produzca cada repetición...

;

Ambigüedad en el lenguaje, ¡¡se repite a sí mismo!! ilegible.

Mecánica Vectorial. Volumen II. H.R. Nara.

p.¹⁵⁹ ...El investigador está obligado a buscar un sistema absoluto de coordenadas, esto es, un sistema con origen fijo y direcciones axiales fijas... los movimientos ... se denominan "absolutos". Si existe un marco de referencia absolutamente en reposo, un observador no puede ser capaz de distinguirlo de cualquier otro que estuviera moviéndose con respecto a él a velocidad uniforme y sin rotación...; no obstante, es conveniente imaginar un marco de referencia absoluto y dejar su identificación a las preguntas que se hacen en el problema que se analiza.

Subjetivismo, imposible de entender lo que quiere expresar, conceptualmente no existe el reposo ni el movimiento absoluto.

Mecánica I.R. Annequin.

p.¹⁻³⁻²¹ Admitimos que existe un reloj de referencia a disposición del observador,... El observador dispone de un instrumento de observación,... En cada referencial, imaginamos la presencia de un observador y de un reloj solidarios a él.

Subjetivismo, empirismo, le faltó un metro, ¡¡imaginamos!!

p.⁸ Las componentes son $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$.

Error confunde coordenadas con componentes.

Física I. J, Gintel V, Walter.

p.¹¹ Cuando el móvil recorre una trayectoria curvilínea, aún con velocidad V constante sufre una aceleración porque $\Delta \vec{V} \neq 0$

Error, ¿velocidad V o velocidad \vec{V} ?, ¡¡sufre!!

p.⁸⁹ Los autores demuestran lo que llaman principio de conservación de la cantidad de movimiento.

Sigue la opinión muy autorizada, Hilda Taba (1980, p.²⁰⁵⁻⁶) citando a otro autor, con quien concuerda, dice:

...Con pocas excepciones (el libro de texto) es dogmático y aburrido, un obstáculo antes que una ayuda para aprender ... No ha habido modificación en el concepto básico... de que el aprendizaje consiste en memorización y que la función del libro es brindar material para ser memorizado... Generalmente, los editores, los autores y los maestros se suceden en un círculo frustrante que fortalece el modelo. El editor está obligado por el mercado a producir libros para los cursos vigentes; el autor escribe aquello que será publicado; y el maestro forma su curso de acuerdo con los textos disponibles. El resultado es una imitación infinita.

Guías Equivocadas

Un análisis de la sección anterior lleva a concluir que las fallas y errores detectados se pueden clasificar en cuatro tipos: Filosóficas, Sicológicas Educativas, Educativas y Conceptuales de la Física.

Filosóficas. El autor está convencido que la única filosofía científica. de las ciencias, con las ciencias y para las ciencias es el Materialismo Contemporáneo y el Realismo Científico de Bunge, que se encuentra en

sus diversas obras. Las más accesibles a nosotros latinoamericanos son (Bunge, 1981, 1985). Por lo tanto, las filosofías o posturas filosóficas, tales como idealismo, Racionalismo, Subjetivismo, Sensualismo, Operacionalismo, Empirismo, Positivismo, etc. son equivocadas en sí y también como guías de las ciencias y su comunicación. Sin embargo, esas ideas aún están incorporadas en muchos científicos y en consecuencia en los textos de estudio de ciencias.

En los trozos de textos mostrados se puede ver que lo recién dicho es verdadero. Esto se explicita más al caracterizar brevemente las filosofías que se consideran equivocadas.

Los idealistas aseguran que la realidad está constituida por ideas, pensamientos y mentes. No por objetos y procesos naturales. La materia es producto de la mente. Desprecian la experimentación.

El pragmatismo, experimentalismo e instrumentalismo son casi la misma cosa. Sus filósofos y científicos militantes piensan que el conocimiento se logra sólo por medio de la experimentación y que éstos son finales. El operacionalismo, que es un experimentalismo radical, resalta que la experiencia es la única fuente del conocimiento. Todas las definiciones se corresponden con un conjunto de operaciones humanas.

En el subjetivismo y fenomenismo se afirma que las cosas existen por el solo hecho de ser percibidas o concebidas; sólo se puede conocer los fenómenos o apariencias, lo que se presenta a los sentidos. La interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica es fenomenista. Esto se ve en las abundantes referencias que se hace a observaciones, observadores, instrumentos de medidas y mediciones. Todos los eventos microfísicos son creados por el observador y todas las leyes se refieren a una prueba empírica. Sólo tiene significado lo que es medible.

Por otro lado un examen de las teorías físicas muestra que los observadores, instrumen-

tos, medidas, observaciones, sensaciones, percepciones, imaginaciones, etc., son supernumerarias, puesto que ellas no se encuentran por ninguna parte en las leyes o conceptos.

Otra deficiencia filosófica se observa en lo desestructurado que son los textos, sus capítulos y secciones son más bien piezas sueltas que partes de un mecanismo. Son más bien intuitivos que lógicos y formales, difícilmente tienen forma de un sistema hipotético-deductivo.

Finalmente también se encuentran muchas ambigüedades en la utilización de términos del metalenguaje de la física, tales como: principios, axiomas, definiciones, hipótesis, etc.

Sicológicas-Educativas. Imitando a Ausubel se afirma que los textos son entes que están fuera de lo que la capacidad intelectual humana puede aprender, por su gran extensión (promedio superior a cuatrocientas páginas por semestre), su desarticulación, sus errores de contenido, ambigüedades del discurso, por lo oculto que en ellos se encuentran los conocimientos relevantes, es decir, tienen mucho ruido.

Desde la óptica de Bruner (1969) se puede asegurar que los textos no enfatizan la estructura que hay entre las partes de su contenido, que sus organizaciones y secuencias no favorecen el aprendizaje. Utilizan un lenguaje vago y literario en vez de lógico y matemático. No estimulan el pensamiento científico y autónomo.

Los textos no exhiben las características que derivan de una educación activa, humanista y problematizadora, al no favorecer el aprendizaje efectivo que se logra por medio del trabajo, la indagación y la solución de problemas; luego no son desafiantes, son completos, no dejan lagunas por llenar y no estimulan la participación de los alumnos en el desarrollo de los contenidos.

En conclusión, se postula:

Postulado: La ausencia de marco teórico relevante para la elaboración de textos y las deficiencias que ellos exhiben son producto de no haber considerado guías significativas que posibiliten la solución de este problema. Ellas son de carácter filosófico, psicológico y educativo:

Guías Significativas

Filosóficas. Estas guías provienen fundamentalmente de la filosofía de Bunge.

- La ciencia es un sistema creciente de conocimientos, es una reconstrucción conceptual del mundo para entender el mundo real.
- La ciencia estudia objetos materiales con el fin de encontrar y sistematizar las leyes de esos objetos.
- Ciencia... tiende a ser conocimiento teórico (no práctico), ontológico (no axiológico), calificadamente verdadero (no opinable, artículo de fe...), objetivo (no concienzual) y sistemático (no enciclopédico). (García Bacca, 1967, p. 30).
- Todo lo que existe realmente es material o los objetos inmateriales no existen independientemente de las cosas materiales. El mundo existe por sí mismo.
- Los objetos no son cognoscibles tal cual ellos son, sino que por medio de representaciones.
- Las representaciones no son perfectas, completas, definitivas, son perfectibles.
- Una teoría física es un formalismo matemático dotado de un significado físico.
- No hay límite a la matematizabilidad de las teorías.

- Lo experimental es medio para conocer la realidad.
- La ciencia es descriptiva, explicativa y predictiva.
- Las leyes de la física no contienen variables que describen propiedades de observadores, ni aparatos de medición.

Sicológicas-Educativas

- El material educativo debe tener un contenido y estructura tal que esté en el dominio de la capacidad intelectual humana de aprender. No debe ser muy extenso, aleatorio, arbitrario ni desarticulado.
- El orden de sucesión de los materiales educativos afecta la dificultad para aprender.
- La enseñanza se facilita por medio de un lenguaje adecuado. La matemática es el superlenguaje.
- Los contenidos a enseñar se deben organizar en términos de relaciones, problemas y lagunas que se deben llenar, en vez de ser completos y cerrados.
- El aprendizaje efectivo se logra cuando se domina en forma de sistema lo estudiado y se adquiere por medio del trabajo, el descubrimiento, la indagación y la solución de problemas.

Resultado

Pautas para la elaboración de los textos.

Filosóficas. Los textos de ciencias coherentes con ella:

- Deben reflejar en sus discursos que se trata de representaciones de los hechos y no de ellos en bruto.
- Deben formularse de tal modo que sus partes conformen un sistema (no piezas sueltas). El sistema debe ser hipotético-deductivo o acercarse lo máximo posible a ello.
- Deben utilizar un lenguaje matemático, en vez de usar uno vago y metafórico.
- Deben clarificar (en el mismo texto) los términos del metalenguaje, en vez de suponer que son conocidos.
- Deben discriminar claramente cuando se trata de leyes que son axiomas y no teoremas y vice-versa.
- Deben dejar claro que las leyes son respuestas a las preguntas: ¿qué ocurrió? (descripciones), ¿por qué ocurrió? (explicaciones causales) y ¿cómo ocurrió? (explicaciones modales).
- Deben omitir en la formulación de las leyes, variables que describan observadores, aparatos de medida y percepciones porque ellas no las contienen.
- Deben dejar claro el papel de los experimentos en la teoría, sin caer en el experimentalismo.

Sicológicas-Educativas. Coherentes con sus guías, y casi igual que ellas, los textos:

- Deben ser escuetos, breves, fuertemente estructurados para que pertenezcan al dominio de la capacidad humana de aprender.
- Deben organizarse de tal modo que sus partes conformen un sistema superestructurado.

- No deben ser completos y cerrados o parecer serlo, deben tener lagunas que llenar, problemas por resolver, que no sean tan difíciles como para frustrar ni tan fáciles que no sean desafiantes.
- No deben disparar verdades, se debe llegar a ellas o justificarlas posteriormente.
- Deben usar un lenguaje matemático. No se debe pretender aclarar ideas expresadas matemáticamente repitiéndolas en lenguaje literario.
- No deben contener errores conceptuales.

Partes de un texto en elaboración

I) En resumen se tiene:

$$e_r = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}; e_\theta = \frac{\partial e_r}{\partial \theta} \uparrow; e_\phi = \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial e_r}{\partial \phi} \uparrow$$

Ilustra el hecho que las definiciones se dan en lenguaje matemático y no de modo gráfico e intuitivo.

II) **Problema:** Determinar la velocidad angular $\vec{\omega}$ de S' en S cuando S' es cilíndrico y cuando es esférico.

Datos: S cartesiano, S' cilíndrico y posteriormente esférico.

Incógnitas: $\vec{\omega}$ cuando S' es: a) cilíndrico y b) esférico.

Marco Teórico: $\vec{\omega}$ de S' arbitrario en S cartesiano

Ejecución: a) S cartesiano, S' cilíndrico. Luego:

$$e_r = C\theta i + S\theta j; e_\phi = S\theta i + C\theta j; e_z = k$$

Calcule: e_r ; e_ϕ y e_z . Debe obtener: ...

Ilustra el carácter problematizador del texto.

III)... Lo anterior muestra que cuando se necesita usar el marco teórico recién establecido para determinar las funciones cinemáticas ($\vec{r}, \vec{v}, \vec{a}$) de una partícula, la estrategia general de solución es la siguiente:
 a) Elegir un sistema auxiliar S' que se mueva en S de modo conocido y que sea simple de determinar:

- La velocidad y aceleración de su origen en S (\vec{R} y \vec{R}).
- La velocidad y aceleración angular de S' en S ($\vec{\omega}$ y $\vec{\omega}$).
- La posición, velocidad y aceleración de la partícula en S' (ζ, \vec{v}, \vec{a}).
- La transformación de los vectores básicos de S' a vectores de S (puesto que la solución se debe dar en S).

b) Aplicar al marco teórico señalado las condiciones específicas del problema a resolver.

Muestra el énfasis en la solución de problemas y que el movimiento es relativo a los sistemas de referencias.

IV) Dinámica de la Partícula

| | |
|---|----|
| 2.1. TERMINOS PRIMARIOS: Espacio-Tiempo-Fuerza-Masa | 32 |
| 2.2. TERMINOS SECUNDARIOS: Posición-Velocidad-Aceleración | 35 |
| 2.3. PROPOSICIONES PRIMARIAS: Principios de Newton | 37 |
| 2.4. PROPOSICIONES SECUNDARIAS: Teoremas Integrales de Movimiento | 39 |
| 2.5. DINAMICA DE LA PARTICULA CON AYUDA DE SISTEMAS AUXILIARES | 49 |
| EJERCICIOS | 50 |

Ilustra el enfoque sistémico, teórico, hipotético-deductivo y escueto (apenas dieciocho páginas, sin incluir ejercicios).

V) A partir de las proposiciones primarias o principios se pueden inferir o deducir otras proposiciones, llamadas secundarias o teoremas (de allí el nombre de teoría hipotético-deductiva).

Muestra que, aunque indirectamente, se está tratando de enseñar el metalenguaje de la física.

VI) ...y de ahí el teorema:

Teorema 8: $\vec{F}^{ez} = \sum m_i \vec{r}_i$

Esta relación ($\vec{F}^{ez} = \sum m_i \vec{r}_i$) es una ley diferencial para un sistema de partículas... da información sobre el movimiento global del sistema. A propósito de esto resulta útil representar el sistema por una sola partícula. Para lo cual se pregunta:

$\exists (\vec{r}_c, m_c) T m_c = \sum m_i$

y $\vec{F}^{ez} = \vec{F} = m_c \vec{r}_c$?

La respuesta es la siguiente: ...

De nuevo ilustra el enfoque problematizador.

VII) Otras definiciones útiles para otras leyes relevantes.

Df) $\vec{M}_{ij} = \vec{r}_i \times \vec{F}_{ij}$; \vec{M}_{ij} momento de \vec{F} sobre la partícula de orden i

Df) $\vec{H}_i = \vec{r}_i \times \vec{p}_i$; \vec{H}_i momento de \vec{p}_i o momento angular de la partícula de orden i

Como se puede observar las variables recién definidas cuantifican y cualifican, de un cierto modo, la distribución (en S) de las fuerzas sobre las partículas del sistema y la distribución (en S) de las cantidades de movimiento de las partículas del sistema. Se resalta el carácter de útil de las definiciones y se insiste en sus significados.

Conclusiones

El haber usado los textos tradicionales como antimodelo, el haberse guiado por teorías

filosóficas, psicológicas y educativas relevantes, como el haberse basado en pautas inferidas de las guías, permite presumir que el texto en elaboración (antes referido) tiene un grado satisfactorio de calidad.

El texto, aún en su fase de prueba, se ha utilizado durante los últimos dos semestres (1990) en el curso de Mecánica Racional II que se dicta en el Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, Venezuela. Esta experiencia ha servido para hacerle algunas modificaciones, más de detalles que de fondo, y verificar que sus grados de profundidad y extensión son adecuados para quienes está dirigido.

De modo global se señala que cualquier actividad guiada y fundamentada tiene mayor posibilidad de ser más exitosa que si la misma se realiza en forma espontánea y primaria.

- TABA, H. (1980) *Elaboración del Currículo: Teoría y Práctica* 5ta. Ed. Editorial Troquel, Buenos Aires.
- TIPLER, P. (1978) *Física Tomo I*. Reverté, Barcelona.

Referencias Bibliográficas

- ANNEQUIN, R. Y BOUTIGNY, J. (1978) *Curso de Ciencias Físicas, Mecánica I*. Reverté, Barcelona.
- BRUNNER, J. (1969) *Hacia una Teoría de la instrucción*, Uteha, México.
- BUNGE, M. (1981) *Materialismo y Ciencia*, Ariel, Barcelona.
- BUNGE, M. (1985) *Racionalidad y Realismo*, Alianza Editorial, Madrid.
- GARCIA BACCA, J.D., (1967) *Elementos de Filosofía de las Ciencias* Dirección de Cultura, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- GINTEL, J. Y WALKER, V. (1989) *Física Uno*. Edit. Caracas.
- LEON, J. (1984) *Mecánica 2da*. Editorial Limusa, México.
- MERIAN, J.L. (1972) *Dinámica* Reverté, Barcelona.
- NARA, H. (1964) *Vectorial para Ingenieros: Volumen II*. Editorial Limusa, México.
- SINGER, F. (1982) *Mecánica para Ingenieros: Dinámica* Editorial Haria, México.