

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RELATIVIDAD DEL MOVIMIENTO EN LOS TEXTOS DE FÍSICA UNIVERSITARIA

Hernán Jamett Carrasco*

RESUMEN

Se parte del hecho que la física del movimiento relativo difiere significativamente del tratamiento que de ella se hace en los textos de física de pre-grado. Enseguida se prueba esta afirmación mediante el análisis de contenido de esos textos comparándolo con la física del movimiento relativo. Se muestra que las diferencias son superables, para ello se usan dos vías: la primera consiste en la reformulación de algunos enunciados erróneos contenidos en ellos y la segunda es un relato del modo cómo el autor del estudio tratará la relatividad del movimiento en un texto que está elaborando. La superación las discrepancias conduce a una enseñanza coherente con la ciencia que se enseña.

PALABRAS CLAVES: movimiento, relatividad, textos.

ABSTRACT

The basic assumption is that physics of relative movement differs significantly from the treatment which is given to it in physics textbooks for undergraduate use. This statement is proved through the analysis of the content of those textbooks, which is then compared with the facts of physics of relative movement. It is shown that the difference between the treatment given in textbooks and physics of relative movement is reconcilable. To achieve this, two courses are taken: the first is the reformulation of erroneous concepts found in textbooks; the second is an account of the way in which the author will deal with the relativity of movement in a textbook in progress. The resolution of the discrepancies leads to teaching which is consistent with the science being taught.

KEY WORDS: movement, relativity, texts,

*Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Departamento de Ciencias.

Recibido: Enero 1997. Aprobado: Mayo 1998.

INTRODUCCIÓN

Ultimamente se ha acentuado el análisis y descontento con los textos de enseñanza, los de física no salen victoriosos de la crítica. En congresos y publicaciones, el tópico en referencia, está presente. Se citan algunos trabajos al respecto (Michinel, 1995), (D'Alessandro *et al.* 1995), (Lombardi y Luquez, 1995) y dos del autor (Jamett, 1993, 1994). Los desacuerdos son útiles si generan soluciones. La más relevante, sin dudas, es elaborar un texto libre de fallas, claro está que se trata de un trabajo largo y difícil. El autor se encuentra en eso. La presente investigación es parte del proceso que se espera llevará a la meta señalada. Ella tiene el propósito de mostrar: que la relatividad del movimiento es abordada en los textos de física de modo que colisiona con la propia física y que tal anomalía es superable.

La fuerte afirmación sobre la diferencia debe ser probada para tomarla en cuenta. Eso es lo que se hace. Ella se compone de: 1. Breve descripción de la relatividad del movimiento en la Física Clásica para utilizarla como marco teórico. 2. Análisis de la relatividad del movimiento en los textos de física de pre-grado más usados. 3. Comparación de los anteriores y determinación de diferencias relevantes. Consolidado el problema, se da una solución al reformular algunos enunciados de los textos para mostrar que las diferencias son subsanables y al relatar cómo el autor decidió tratar el tópico en el texto que está elaborando.

RELATIVIDAD DEL MOVIMIENTO EN LA FÍSICA CLÁSICA

La relatividad del movimiento en la Física Clásica tiene muy pocos conceptos primarios y postulados. De ahí derivan unos pocos conceptos secundarios y leyes relevantes.

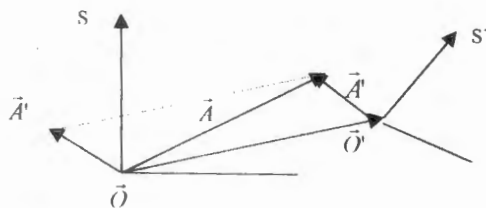
El concepto de posición \vec{r} de una partícula, vector o trío ordenado de coordenadas del cuerpo en un cierto sistema (S) matemático R^3 que representa a un sistema real, concreto o físico espacial tridimensional, muestra que la

posición es relativa a los sistemas. Es completamente relativa, una y sólo una posición por sistema y n posiciones en n sistemas. No existe la oración bien formada «la posición es \vec{r} » sino que «la posición es \vec{r} en S». Lo mismo ocurre con el concepto de instante o momento (t), sólo que ahora el sistema (T) matemático es un cierto sistema R que representa a un sistema real, concreto o físico temporal unidimensional. También el momento t es completamente relativo, uno y sólo uno por sistema y n en n sistemas, t en T y no t a secas. Como se trata de sistemas ideales que representan a sistemas reales, deben también representar las unidades de los valores que toman las variables físicas. Las unidades o escalas no son únicas, luego hay relatividad también por este rasgo. Aquí dicha relatividad es irrelevante por lo que en adelante no se considera.

La relatividad de la posición e instante lleva a, la relatividad de la velocidad, aceleración, desplazamiento, trayectoria y a la duración absoluta o no relativa.

La relatividad de la posición e instante conduce al problema de la relación entre estas variables cuando están referidas a varios sistemas. La solución fue postular que se relacionan de idéntica manera como se relacionan las coordenadas en la geometría analítica cartesiana, cuando los sistemas trasladan y rotan unos respecto de otros, es decir:

1. $\vec{A} = \vec{O}' + \vec{A}'$; $\vec{A}, \vec{O}', \vec{A}'$ en S (\vec{A}' en S proviene de \vec{A}' en S' ver fig.)



Los vectores $\vec{A}', \vec{O}', \vec{A}'$ son funciones de un parámetro u, él es el parámetro de la variación de \vec{A} en S, de \vec{A}' en S' y de la traslación y rotación de S' en S.

Para la posición e instante la relación 1. queda.

2. $\vec{r} = \vec{O}' + \vec{r}'$ y $t = t' + t'$ (\vec{O}' y 0: orígenes de los referenciales S' y T' respectivamente)

Al parámetro matemático u le corresponde el parámetro físico t. Se infiere de inmediato que:

3, $\Delta\vec{r} = \Delta\vec{O}' + \Delta\vec{r}'$ y $\Delta t = \Delta t'$

La «asimetría» en las relaciones 3. ocurre porque \vec{O}' en S es variable con t y o' en T es constante de t. Lo último proviene del postulado, nunca explicitado, que los sistemas temporales no se mueven unos respecto de otros. Las relaciones anteriores muestran la relatividad del desplazamiento y lo absoluto de la duración hace poco asegurada. También es inmediata la relatividad de la velocidad y aceleración formalizada por:

4. $\vec{v} = \vec{v}'_{O'} + \vec{v}'$ y $\vec{a} = -\vec{a}'_{O'} + \vec{a}'$

Falta tratar el hecho que el segundo y tercer principio de Newton son válidos en unos sistemas de referencia y en otros no. Para lo cual se define el concepto de sistema (espacial) inercial como aquel sistema en que esos principios son válidos. Si se consideran solamente sistemas que se mueven con velocidad constante en un sistema inercial se llega al teorema: Si un sistema S es inercial y otro S' se mueve con velocidad constante en S entonces S' es inercial. Al agregar el postulado que la masa es absoluta, es decir, $m' = m$ se obtiene $\vec{F} = \vec{F}'$, y luego que en los sistemas inerciales el segundo y tercer principio o leyes básicas de la mecánica de Newton son idénticas en todos los sistemas inerciales. Tal como debe ser para respetar el principio de relatividad, que es un principio normativo, no es una ley física, sino una pauta o norma sobre leyes físicas. Lo absoluto de las leyes básicas en (o restringido a) los sistemas inerciales no implica que las consecuencias de ellas también lo sean. Por ejemplo la velocidad sigue siendo relativa, en cambio la aceleración pasa a ser absoluta. Lo que sí implica lo absoluto de las leyes básicas es que bajo las mismas condiciones, es decir, condiciones absolutas en los diversos sistemas inerciales, cualquier movimiento es absoluto en esos sistemas inerciales. Este hecho notable se acostumbra a enunciar: los sistemas inerciales son indistinguibles o no existe un sistema inercial privilegiado.

Es pertinente el comentario de lo ambiguo y confuso de los enunciados anteriores en los textos. Cuando los llegan a abordar, los enuncian con ejemplos, mejor dicho, no los enuncian sino que dan ejemplos de su cumplimiento. La práctica de confundir ejemplos de un ser con el ser mismo está muy extendida en los textos de física.

Fin de un relato coloquial de la relatividad en la mecánica de Newton. Sigue un comentario de esta física porque ayuda bastante a la comparación entre ella y lo que ella es según los textos. Como se puede ver las leyes de la relatividad del movimiento son objetivas, se refieren de un cierto modo a un cierto conjunto de sucesos físicos y no al como (las leyes) fueron obtenidas. Sus

enunciados no incluyen experimentadores, observadores, aparatos de medida, experimentos, observaciones o medidas. Ellos son necesarios, pero no suficientes para llegar a los enunciados. Es claro que si un suceso tiene una peculiar naturaleza, modo o forma y se replica por medio de un experimento se encontrará la misma naturaleza, modo y forma salvo que algo raro esté sucediendo. Lo mismo acontece si se observa o mide algo de él. Una cosa ocurre o tiene un valor independiente de si se está observando, midiendo o no. La medida de un rasgo físico no depende del instrumento de medida, su estimación sí.

La Física en su ser (como un cierto mundo de acontecimientos naturales) es independiente de sujetos y aparatos. En cambio en su conocer (como la actividad para interpretar o representar ese mundo) no lo es. Y en su formulación (como el sistema de interpretaciones o representaciones) es tan independiente, de sujetos y aparatos, como el mundo que representa. La representación científica (no artística, por ejemplo) de un trozo de la realidad que no contiene a sujetos ni artefactos, para ser coherente con el trozo, tampoco debe contenerlos. En cambio los medios (la investigación) para lograrla, no pueden prescindir de los cerebros y aparatos.

En otras palabras, el mundo físico existe por sí mismo, es decir, es independiente de la percepción, el pensarlo e idearlo. El físico idea o construye teorías físicas, ellas no son copias de la realidad, no captan las cosas tal cual son. Las teorías científicas son representaciones de parte de la realidad, representaciones que no llegan a ser completas ni exactas. Estas ideas filosóficas sobre la Ciencia y la Física resumen brevemente el realismo científico de Bunge (1985), que se refiere al papel de la razón (sujeto) y experimento (aparatos) en la elaboración de teorías. Experimento y razón se necesitan mutuamente para conocer la realidad. La razón aporta teorías formalizadas matemáticamente y la experimentación proporciona experimentos diseñados, controlados e interpretados con ayuda de teorías. Este racionalismo no predica suficiencia de la razón, contiene a lo empírico y lo evaluativo. Una teoría fáctica se evalúa con ayuda de observaciones, experimentos y otras teorías. El Realismo y Racionalismo de Bunge son filosofías acertadas de la Ciencia y la Física, no ocurre lo mismo con las que se pueden llamar sus antifilosofías, como son el Empirismo y el Subjetivismo. Ambas ya fueron desechadas por filósofos y científicos, sin embargo permanecen en la enseñanza de la física y por ende en sus textos de estudio y viceversa.

REVISIÓN Y COMPARACIÓN

El marco teórico anterior guía y proporciona los medios para realizar una revisión analítica a los textos de

física de pre-grado en lo que respecta a la relatividad del movimiento. Lo que se busca son acuerdos y desacuerdos entre la Física y lo que ella es según los textos. Acuerdos y desacuerdos constituyen la comparación. Naturalmente es conveniente presentar la revisión y comparación simultáneamente, por lo que se ideó una forma de expresarlas juntas y sucintamente. Ella consta de una lista de ítems (ver más abajo) que componen la física de la relatividad del movimiento. Cada uno de éstos tiene un ítem que se le contrapone. La experiencia del autor permite adelantar que la física de los textos está compuesta, en su mayoría, por los ítems del segundo tipo. Luego se trata de confirmar formalmente la sospecha que la Física y la física de los textos colisionar

Con los ítems y los textos se forma una matriz bidimensional. Los ítems conforman las filas y los textos las columnas; a cada elemento de la matriz se agrega una ventana para colocar la página o a lo sumo dos del texto donde se puede verificar lo asegurado por el elemento. El grado de acuerdo o desacuerdo se aprecia en la lectura de la matriz (ver p. 70). La lista de ítems y la matriz componen un instrumento de revisión y comparación. Como cualquier otro instrumento fue evaluado, se recurrió a la validación de constructo y juicio de expertos. Una vez verificada la calidad del aparato se aplicó o llenó la matriz (ver p. 70).

El instrumento indica claramente que los desacuerdos (textos - Física) dominan ampliamente y que algunos textos dejan varios puntos sin tratar, lo que constituye otro aspecto negativo.

La revisión contiene también algunos enunciados de los textos para confirmar, en parte, lo que se asegura en la matriz. Ellos se reformulan con el propósito de mostrar que el problema de las colisiones tiene solución, pero esto es asunto de la siguiente sección. Para tornar más sencilla la comparación entre los enunciados y las reformulaciones, los primeros se colocan junto a las reformulaciones en los resultados.

Lista de Ítems

Los números positivos indican acuerdo y los negativos desacuerdo entre los textos y la Física.

1. La relatividad es esencial. No existe el movimiento absoluto.
- 1. La relatividad no es esencial. Existe el movimiento absoluto.
2. La relatividad del movimiento está presente en toda la física del movimiento.

- 2. Es un capítulo de la física del movimiento; consta sólo de lo que se llama habitualmente «movimiento relativo».
- 3. La relatividad es con respecto a sistemas de referencias solidarios a rígidos.
- 3. Es con respecto a cuerpos o puntos.
- 4. El instante es relativo y la duración absoluta.
- 4 El instante y la duración son absolutos.
- 5. El desplazamiento es relativo.
- 5. El desplazamiento es absoluto.
- 6. Las coordenadas físicas se relacionan del mismo modo que las coordenadas matemáticas de la geometría analítica cartesiana.
- 6. La relación es sólo física y se obtiene icónicamente.
- 7. Se define sistema inercial.
- 7. No se define sistema inercial, sólo se ilustra.
- 8. Se enuncia el teorema de los sistemas inerciales.
- 8. No se enuncia, sólo se colocan ejemplos de su validez.
- 9. Aborda el teorema de la invariancia de las leyes de Newton.
- 9. No lo aborda como un teorema
- 10. Trata el teorema de la indistinguibilidad de los sistemas inerciales.
- 10. No lo trata como un teorema.
- 11. Las leyes relevantes son pautas generales y objetivas del ser y el devenir.
- 11. Las leyes son resultados de experimentos y experimentadores, observaciones y observadores o son revelaciones.
- 12. Las filosofías subyacentes son el Realismo Científico y el Racionalismo Global.
- 12. Las subyacentes son el Empirismo y Subjetivismo.

MATRIZ DE REVISION Y COMPARACION

ITEM	AUTOR						
	RESNICK	TIPLER	FISHBANE	SERWAY	BEER	MERIAN	NARA
1	0	110	95	0	172	17-88	31
2	77	0	81	85	37	68-83	69
3	25-85	0	0	0	38-78	18	31-256
4	0	0	0	0	0	0	31
5	0	0	63	0	0	33	0
6	77	0	82	83-4	38	69	71
7	88	108	95	102	60	2	140
8	0	109	0	84	0	0	0
9	0	0	101-2	0	0	0	0
10	0	109-10-11	95	0	0	0	31
11	135	0	85	103	0	0	243
12	42-77	108-9	81-101-2	82-3-4	16-38	68-9	31-71



Página(s) del texto que ilustra el ítem

- + : concuerda con la Física
- ++ : concuerda fuertemente con la Física
- : difiere de la Física
- : difiere fuertemente de la Física
- + - : en partes concuerda y en otras difiere
- 0 : no aborda el punto, ni siquiera implícitamente

RESULTADOS

El problema de los desacuerdos se resuelve mostrando que son evitables. Como se dijo antes, la prueba que los textos de física pueden no colisionar con la Física (por lo menos con respecto a la relatividad del movimiento) consta de dos partes: la reformulación de algunos enunciados erróneos de los textos y de un relato del modo como el autor del estudio tratará la relatividad del movimiento en un texto que está elaborando.

Enunciados y Reformulaciones

Resnick, pág. 65, ítem - 3.

... Su posición o desplazamiento a partir del origen, se mide mediante el vector \vec{r} ; su velocidad queda indicada por el vector \vec{v} que, como vimos en la sección 3-4, tiene que ser tangente a la trayectoria de la partícula. La aceleración se indica mediante el vector \vec{a} como veremos después con mayor detenimiento, no está relacionada en forma alguna con la trayectoria de la partícula, sino ...

Reformulación

Su posición en S es \vec{r} ; su velocidad (en S) que se denota \vec{v} es la derivada respecto del tiempo de \vec{r} y es tangente a la trayectoria de la partícula, como le ocurre a cualquier derivada. Luego la aceleración en (S) denotada por \vec{a} es tangente a la «trayectoria» o curva de la velocidad.

Tipler, pág. 109-10, ítem - 10.

... ¿ Existe algún procedimiento para determinar qué sistema está realmente en reposo y cuál de ellos se está moviendo?. Es decir, ¿Es posible determinar la velocidad absoluta? Como en las leyes de Newton sólo aparece la aceleración y no la velocidad, no existe ningún experimento mecánico que sirva para distinguir el movimiento absoluto ...

Reformulación

Teorema de indistinción de los sistemas inerciales.

Enunciado: S y S' sistemas inerciales y $\vec{F} = m\vec{a}$, $\vec{F}'_{ij} = -\vec{F}_{ji}$ en S y $\vec{F} = m'\vec{a}'$; $\vec{F}'_{ij} = \vec{F}'_{ji}$ en S' implica $\vec{F} = m\vec{a}$ y $\vec{F}'_{ij} = -\vec{F}'_{ji}$ en S'.

Demostración. Se tiene:

$\vec{a} = \vec{a}'$ (teorema anterior) y $m = m'$ (postulado anterior). Luego $m\vec{a} = m'\vec{a}'$ lo que implica $\vec{F} = \vec{F}'$. Y entonces, finalmente $\vec{F} = m\vec{a}$ en S' y $\vec{F}'_{ij} = \vec{F}_{ji}$ en S'.

El teorema señala que las leyes de Newton son absolutas sólo en los sistemas inerciales. Debe quedar claro que se trata de un subconjunto del universo de los sistemas de referencia (universo donde el teorema no es válido). Principios absolutos, implican consecuencias absolutas si y sólo si las condiciones iniciales, también son absolutas.

En palabras más claras y precisas (matemáticas):

$\vec{F} = m\vec{a}$; $\vec{r}(t_0) = \vec{A}$; $\vec{V}(t_0) = \vec{B}$ en S y $\vec{F} = m\vec{a}$; $\vec{r}'(t_0) = \vec{A}$, $\vec{V}'(t_0) = \vec{B} \Rightarrow \vec{r}'(t) = \vec{r}(t)$; $\vec{V}'(t) = \vec{V}(t)$ y $u' = u$ en S' (u representa cualquier otra consecuencia en S).

Por ejemplo, un particular proyectil en S es el idéntico proyectil particular en S', ningún valor ni nada de él difiere por diferir S de S'. Por todo lo anterior es que se dice que los sistemas inerciales son indistinguibles o que no hay ninguno diferente a los otros o que no existe un sistema privilegiado en el Universo.

Fishbane. pág. 101-2, ítem - 9 y -12.

¿Cómo perciben la segunda ley de Newton distintos observadores?.

Consideremos de nuevo dos observadores A y B en una mesa de bolos, Están en distintos marcos de referencia inerciales, moviéndose entre sí a una velocidad fija \vec{u} . Estos observadores miden que un cuerpo en movimiento tiene distintas velocidades, \vec{V}_A y \vec{V}_B . Pero, ¿Qué hay de la fuerza sobre el cuerpo? ¿Ven ambos del mismo modo la segunda Ley de Newton?. Ya hemos visto en la ecuación (4-4) cómo ven los dos observadores la velocidad de una bola:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A - \vec{u} \text{ entonces, } \vec{a}_B = \vec{a}_A$$

Como la masa m que se observa no depende de la velocidad del observador ...

$$m\vec{a}_B = m\vec{a}_A \text{ y } \vec{F}_B = \vec{F}_A$$

... Los observadores en distintos marcos de referencia inerciales concuerdan en la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo.

Comentario: Por fin, ¿Cómo la perciben? ¡La Física no se ocupa de percepciones!

Reformulación

Leyes de Newton en los sistemas inerciales.

Sean S y S' sistemas inerciales y \vec{u} la velocidad constante de S' en S, luego:

$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{u}t$; $\vec{V}' = \vec{V} - \vec{u}$ y $\vec{a} = \vec{a}'$ (la aceleración es absoluta) y como $m' = m$ (postulado de invariancia de la masa) resulta $\vec{F} = m\vec{a}$ y $\vec{F}'_{ij} = -\vec{F}'_{ji}$ en S'.

Es decir, las leyes de Newton son absolutas (iguales) en los sistemas inerciales, No se debe pensar que en los sistemas inerciales todo es absoluto, anteriormente se dejó claro que la posición y velocidad siguen siendo relativas en los sistemas inerciales.

Merian, pág. 33, ítem -5

... Consideremos un punto que se mueva a lo largo de la trayectoria curva plana de la figura 5. En la posición A el punto está situado por su vector posición \vec{r} , medido a partir de un origen fijo conveniente O y en A' por el vector $\vec{r} + \Delta\vec{r}$. Al vector cambio de posición $\Delta\vec{r}$ se le llama desplazamiento y es, evidentemente, independiente de la elección del origen O...

Reformulación

Consideremos una partícula que se mueve en un sistema S. Sea \vec{r} (en S) una posición de la partícula y $\vec{r} + \Delta\vec{r}$ (en S) otra posición de ella, luego $\Delta\vec{r}$ es su desplazamiento (en S). Posición y desplazamiento son relativos a los sistemas de referencia. Si en particular un conjunto de sistemas está en reposo entre ellos, la magnitud del desplazamiento, en ellos, es absoluta (no así sus direcciones) y si además son sistemas con ejes paralelos, el desplazamiento es absoluto (en ellos).

Nara, pág. 31, ítem -1 y -12.

... El investigador está obligado a buscar un sistema absoluto de coordenadas, esto es, un sistema con origen fijo y direcciones axiales fijas. Las posiciones y movimientos referidos a tal marco 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. El observador

puede determinar que existe movimiento relativo entre los dos, pero no puede percibir cuál está en reposo y cuál en movimiento..

Reformulación

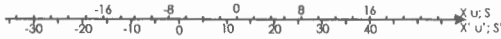
Todo movimiento es relativo a un sistema de coordenadas matemático (ideal) fijo o solidario y bien definido en un rígido llamado marco físico (Sol, Tierra, por ejemplo). Las posiciones y movimientos respecto (relativo) a un cierto sistema S se denominan posiciones y movimientos en S. El reposo también es relativo, es decir, no existe el reposo absoluto. El hecho que las leyes de Newton sean absolutas (las mismas) en los sistemas inerciales conduce a que ellos son idénticos o indistinguibles, es decir, cualquier movimiento peculiar definido por ciertas condiciones es igual (conserva la peculiaridad) en cualquier sistema inercial. Luego no hay como diferenciarlos.

Enfoque del Autor

Se trata del modo como decidió abordar el tópico de interés en un texto que está elaborando. El primer conocimiento o ley (del texto) a aprender es: «la posición e instante y (por ende) la trayectoria de un movimiento siempre son relativas a los sistemas de referencias espaciales y temporales». La estrategia para su logro es dialógica (tanto como se puede en un texto). Se llegará a que un cuerpo puede tener posiciones diferentes al mismo tiempo y que este mismo tiempo puede tener o corresponder a instantes diferentes. Que puede moverse según diversas curvas a la vez, incluso moverse y no moverse (a la vez). Que la curva del movimiento de un objeto es completamente arbitraria, se puede fijar y cambiar a voluntad. Se pretende crear la necesidad de existencia de sistemas espaciales (S) y temporales (T) pasando por los conceptos de espacio y tiempo (ambos, aunque hoy no debiera ocurrir, son controvertidos en la Filosofía y Física, sin embargo no se debe actuar como el avestruz). Se define sistema de referencia en una forma honesta (como diría Bruner) sin contradecir que se trata de sub-espacios vectoriales que generan un cierto espacio vectorial. No contradecir no implica tener que mencionar los términos anteriores. Siguen las definiciones de posición e instante en S y T respectivamente y se ilustran sus relatividades y la de las trayectorias. Finalmente se aborda la ley de interés al comienzo referida. Se enfatiza que ella es conocimiento físico y que como involucra conceptos físicos éstos también deben conocerse, pero no forman parte del conjunto de leyes (no son leyes), como tampoco son del conjunto los ejemplos y el resto de estrategias para el aprendizaje de dicha ley.

Los ejemplos y problemas propuestos deben tener una alta correlación con el contenido. Para mostrar esta afirmación se dan algunos de los manuscritos.

1. Un cuerpo durante su movimiento tiene las siguientes posiciones 8; -10; -17; en S y -20; 30 0; 25 en S' (ver figura)



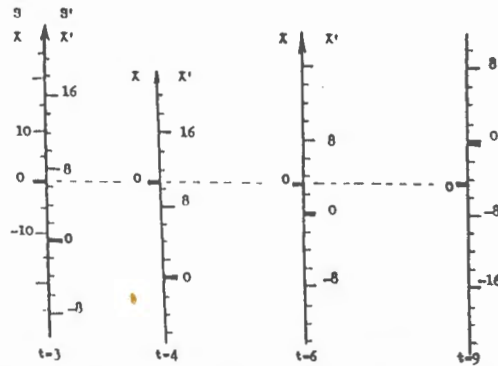
- Determine todas esas posiciones en S y S'.
- S' se corre 15 unidades u' a la derecha, ¿Cuáles son las nuevas posiciones en S y S'?
- Si en vez de S', S se corre 6 unidades u a la izquierda. ¿Cuáles son las nuevas posiciones en S y S'?
- Si ocurren los dos corrimientos anteriores. ¿(Cuáles son las nuevas posiciones en S y S'?
- Si además de los dos corrimientos el eje X invierte su dirección. ¿Cuáles son las nuevas posiciones en S y S'?
- ¿Cuál es la posición 12 u en S en unidades u' en S y en unidades u en S'?

2. Los estados de un proceso ocurren en -9; 3; 12; 26 en T (ver figura).



- ¿En qué momentos ocurren en T'?
- ¿En qué momentos ocurren en T en unidades u' y en T' en unidades u?
- T' se traslada 10 u' a la izquierda (esto es equivalente a que se tenga otro sistema T'' u'' con cero en -10 u' en T'). ¿ En qué momentos ocurren los estados del proceso en T y T'?
- Responda la pregunta anterior si T' en vez de trasladarse 10 u' se traslada 10 u.
- T' se traslada hasta que los ceros coincidan ¿Cuáles son los nuevos instantes en T y T'?

3. Dados dos sistemas de referencia espaciales unidimensionales y colineales S y S' y un sistema temporal T. S' se mueve en S (y S en S') como se ilustra en la figura.



- Para un cuerpo que se encuentra en reposo en $x=20$ en S, determine sus posiciones en S' en los instantes 3; 4; 6; 9. ¿Este objeto se mueve en S'?
- Otro objeto tiene posiciones: $x(3)=-20$; $x(4)=15$; $x(6)=0$; $x(9)=5$ en S. ¿Cuáles son sus respectivas posiciones en S'?
- Responda lo anterior si las posiciones en S son: $x(3)=2,5$; $x(4)=-5$; $x(6)=7,5$; $x(9)=24$.
¿El resultado obtenido implica que el cuerpo no se mueve o se mueve «muy poco» en S'?

El segundo conocimiento o ley es el postulado que las coordenadas de posición e instante en los diversos sistemas de referencia se relacionan del mismo modo que se relacionan las coordenadas en la geometría analítica cartesiana. La estrategia es recordar la relación en la geometría cartesiana restringida a dos dimensiones y traslación paralela. Después se enuncia el postulado y se concretiza o interpreta para sistemas espaciales y temporales. Se obtienen las leyes que relacionan las velocidades y aceleraciones y se refuerza todo con problemas pertinentes.

Para ilustrar la pertinencia se muestra un problema.

1. Dos sistemas de referencia S-T; S'-T'; se relacionan por: $x' = x - 4t + 10$ y $t' = 2t + 6$. Un objeto se mueve en S-T del siguiente modo $x = 10t$. Calcular:

- Su posición en S-T; S'-T'; S'-T.
- La velocidad y aceleración en los sistemas anteriores.

La tercera parte de la relatividad contiene los teoremas de los sistemas inerciales y de la invariancia de las leyes de Newton en ellos. La estrategia de enseñanza se desprende y se parece bastante al abordaje dado, a esta

parte, en la primera sección del trabajo, sólo que no es coloquial es formal como corresponde a una matemática interpretada. Así además se cumple con los propósitos formativos y no únicamente con los informativos. Esta es una magnífica oportunidad para ir enseñando los términos que aparecen en los discursos físicos, tanto los propios como los del metalenguaje. Sin comprensión de las partes o elementos de un todo no puede haber comprensión del todo. Hay que tratar que los alumnos vayan asimilando los conceptos de definición, principio - teorema, hipótesis - tesis, condición - resultado, antecedente consecuente y también apropiándose de los procesos de inferencia.

Se puede notar y de todas maneras se señala que en ninguna parte hay mención a sujetos, experimentos, observaciones, medidas, etc. Sólo cosas objetivas, los sujetos crean los conocimientos y teorías, pero no aparecen en sus formulaciones, salvo que ellos mismos sean objeto de estudio, cosa que no ocurre en la Física.

La relatividad del movimiento es tan esencial que está presente en todas las partes y aspectos del movimiento. Luego debe ser y es parte de todos los capítulos del texto que se está comentando. Por ejemplo, el movimiento del proyectil (que es parabólico en un sistema y en otros no) es un buen caso de lo que se acaba de asegurar. Por tal razón él se muestra gráficamente más abajo.

En fin, siempre presente la relatividad, pero sin exagerar, lo suficiente para que se comprenda que movimientos sin sistemas de referencia es un sin sentido y que aunque se trate de un único sistema hay relatividad.

Resta decir que en un texto de física se debe diferenciar la Física de la estrategia para enseñarla, sean ejemplos, relatos de experimentos u otros. El autor piensa que aparte de diferenciarlas en cada ocasión, los textos deben tener al fin de cada capítulo no un resumen sino que la colección entramada de toda la Física de ese capítulo con el fin de separarla de la estrategia.

RELATIVIDAD EN GRÁFICOS

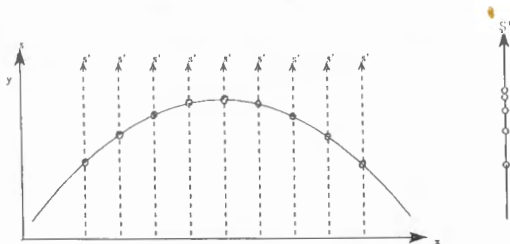


Fig.1. Movimiento parabólico en s, reclinado en s'

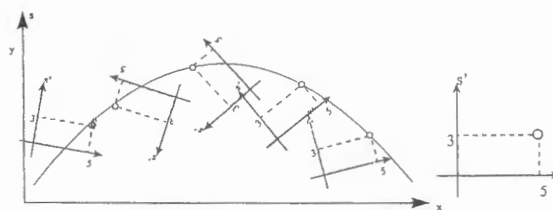


Fig. 2. Movimiento parabólico en s, reposo en s'.

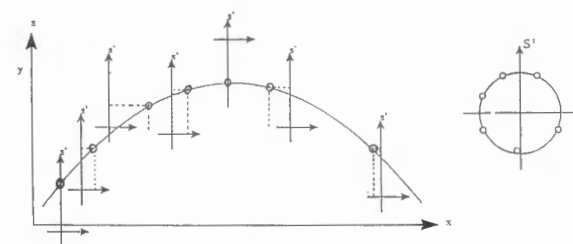


Fig. 3. Movimiento parabólico en s, circular en s'.

CONCLUSIONES

En síntesis, los textos de física tienen enunciados que difieren en algunos aspectos con la Física. Obviamente las consecuencias, que de allí se generan, son negativas. Se mostró que el problema es superable y se tiene la seguridad que la superación debe llevar a invertir las consecuencias. En particular que lo que se puede aprender con una enseñanza libre de discrepancias con la Física, será más auténtica.

Este trabajo puede ser útil no sólo para mejorar la enseñanza de la relatividad del movimiento, sino que también el resto de la física y otras ciencias en donde los errores del tipo de los señalados abundan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEER, F. Y JOHNSTON, E. 1973. *Mecánica vectorial para ingenieros: Dinámica*, Mac. Graw-Hili de México S. A.

BUNGE, M. 1985, *Racionalidad y Realismo*, Alianza Editorial, S.A., Madrid.

D'ALESSANDRO, M. A., MICHELIN, J. Y D'ALESSANDRO C. A. 1995. *La convención alternante Vs La convención*

- fija para la aceleración de gravedad. XLV Convención Anual de la AsoVAC, Caracas.
- FISHBANE, P., GASIOROWICZ, S. Y THORNTON, S. 1994, *Física para ciencias e ingeniería* V.I. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México.
- JAMETT, H. 1993, Los Textos de Física. Revista de enseñanzas de la Física, V(6): 71 - 78.
- JAMETT, H. 1994, Los Textos de Física: algunos errores filosóficos-científicos y sus correcciones. Fifth Inter-American Conference on Physics Education, Texas A y M University, College Station, Texas.
- LOMBARDI, G. Y LUQUEZ, J. 1995, La resolución de problemas de mol en los textos de química para noveno grado de educación básica. XLV Convención Anual de la AsoVAC, Caracas.
- MERIAN, J. L. 1972, *Dinámica*. Reverté, Barcelona.
- MICHINEL, J. 1995, Tipos de energía y sus relaciones: ¿Qué dicen los libros de texto y los expertos?: Un análisis de contenidos cuantitativos haciendo uso de mapas de conceptos. XLV Convención de AsoVAC, Caracas.
- NARA, H. 1964, *Mecánica vectorial para ingenieros* Volumen 1i, Editorial Limusa, México.
- RESNICK, R. Y HALLIDAY, D. 1985, *Física parte 1*. Editorial Continental, S.A., México.
- SERWAY, R. 1993, *Física*. Mc Graw-Hill de México, S.A.
- TIPLER P. 1978. *Física* Tomo I. Reverté S.A., Barcelona.