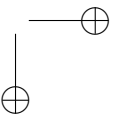
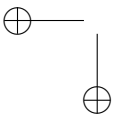
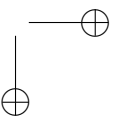
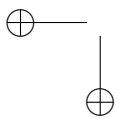
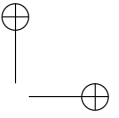
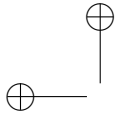


Part I

Discusiones sobre relatividad especial





1.-Contracción de FitzGerald-Lorentz

... la pregunta ¿Tiene realmente lugar la contracción FitzGerald-Lorentz? no tiene una respuesta sencilla e inequívoca desde un punto de vista relativista.

Anthony P. French

¿APARENTE O REAL?

1 La visualización de un objeto físico se construye con los rayos de luz que, reflejados por el objeto, alcanzan el correspondiente sistema de visualización. Debido a la velocidad finita de la luz y a las diferentes distancias que la luz ha de recorrer desde las diferentes partes del objeto, no todos los rayos de luz reflejados por el objeto alcanzan el sistema de visualización al mismo tiempo. En consecuencia, la contracción de FitzGerald-Lorentz no es percibida visualmente, o fotografiada, como tal contracción en la dirección del movimiento relativo, sino como una especie de rotación [9], [11], [8]. Aunque la corrección apropiada de esos efectos revelará que esa contracción está ahí.

2 En este libro hemos asumido que los resultados de todas las observaciones y mediciones realizadas por un observador desde cualquier sistema de referencia inercial son corregidas adecuadamente en un ordenador en cuya pantalla se muestran las imágenes corregidas. En consecuencia, todos los objetos observados en movimiento relativo serán representados y considerados como realmente contraídos en la

4 — Contracción de FitzGerald-Lorentz

dirección del movimiento relativo, tal como prescribe la contracción de FitzGerald-Lorentz.

3 En el capítulo anterior tuvimos la oportunidad de examinar el papel del factor relativista $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ en transformación de Lorentz, el operador matemático para la conversión de las medidas realizadas en dos sistemas de referencia inerciales que se mueven uno con respecto al otro con una velocidad constante. La contracción de la longitud, la dilatación del tiempo, la diferencia de fase en la sincronización¹ y el incremento de la masa con el movimiento relativo pueden ser derivados, todos ellos, de ese operador.

4 Como se verá en la siguiente sección, la naturaleza real o aparente de la contracción de Lorentz permanece abierta al debate, aunque no es un asunto muy popular. La mayoría de los libros de texto introductorios y universitarios sobre la teoría especial de la relatividad le dedican poca, o ninguna, atención. La naturaleza real o aparente de la dilatación del tiempo, del desfase en la sincronización y del incremento de la masa con el movimiento relativo son incluso menos discutidas en la literatura. Pero ya sea real o aparente, la naturaleza de estas cuatro consecuencias del movimiento relativo tiene que ser la misma, simplemente porque los tres se derivan directamente de la misma transformación de Lorentz.

5 El debate sobre la naturaleza real o aparente de la contracción FitzGerald-Lorentz se complica aún más por otros debates externos que ponen en cuestión la propia existencia de realidades objetivas más allá de observadores humanos.

6 Aparte de revisar algunas opiniones sobre la naturaleza real o aparente de la transformación de Lorentz, este capítulo plantea algunos problemas relativistas derivados de la contracción de FitzGerald-Lorentz, y por tanto de la interpretación analógica de la transformación de Lorentz.

¹La diferencia del tiempo entre dos relojes no sincronizados.

CONTRACCIÓN DE FITZGERALD-LORENTZ

7 En 1887-1892 G. F. FitzGerald [4] y H. A. Lorentz [7] propusieron (independiente) una contracción *real* de la longitud de los cuerpos en movimiento en la dirección del movimiento con respecto al éter lumínico, con el fin de explicar los resultados negativos del experimento Michelson-Morley (véase el capítulo ??). De acuerdo con FitzGerald y Lorentz, la contracción era causada por cambios en las fuerzas intermoleculares de los cuerpos en movimiento. Puesto que no había razón para estos cambios, la propuesta fue considerada como una hipótesis *ad hoc*.

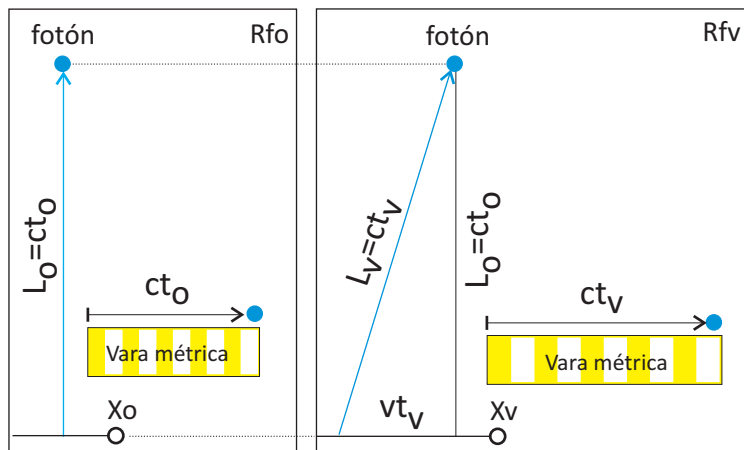


Figure 1.1: Dilatación del tiempo y contracción de la distancia como consecuencia de los principios de la teoría especial de la relatividad.

8 Como es inmediato ver, la contracción Fitzgerald-Lorentz es una consecuencia de los principios de la teoría especial de la relatividad. Para verlo, supóngase que en un sistema de referencia RF_o un fotón recorre una distancia vertical L_o en un tiempo t_o a su velocidad universal c . En otro sistema de referencia RF_v , desde el cual RF_o se mueve de izquierda a derecha en la dirección del eje X_o con una velocidad v , el fotón atraviesa la hipotenusa L_v de un triángulo rectángulo cuyo cateto vertical es L_o . Dado que la hipotenusa (en el espacio-tiempo continuo) es mayor que L_o y que la velocidad de la luz

6 — Contracción de FitzGerald-Lorentz

es constante, el fotón tarda un tiempo t_v superior a t_o en completar su viaje (véase ?? en el capítulo anterior):

$$c^2 t_v^2 = c^2 t_o^2 + v^2 t_v^2 \quad (1)$$

$$t_v^2 (c^2 - v^2) = c^2 t_o^2 \quad (2)$$

$$t_v^2 = \frac{c^2 t_o^2}{c^2 - v^2} \quad (3)$$

$$= \frac{t_o^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (4)$$

Y por tanto:

$$t_v = \gamma t_o > t_o \quad (5)$$

9 En consecuencia, el intervalo de tiempo t_o transcurrido en RF_o es menor que el transcurrido en RF_v , que es t_v . Esto significa que si en RF_o un fotón atraviesa la longitud L_o de un varilla métrica horizontal en un tiempo t_o , este tiempo es menor que el correspondiente tiempo t_v de RF_v , lo que a su vez significa que desde RF_v la longitud de la varilla de RF_o tiene que ser vista como contraída por un factor de γ^{-1} para hacer posible que el fotón la recorra en un tiempo t_o a su universal velocidad c .

10 Por otro parte, también es inmediato obtener la contracción de FitzGerald-Lorentz a partir de la transformación de Lorentz. En efecto, si x_{o1} y x_{o2} son las coordenadas espaciales de los extremos de una varilla métrica en RF_o , en el sistema de referencia RF_v , desde el que RF_o se mueve de izquierda a derecha en la dirección de X_o con una velocidad constante v , las correspondientes coordenadas x_{v1} , x_{v2} serán tales que:

$$x_{o1} = \gamma(x_{v1} - vt_v) \quad (6)$$

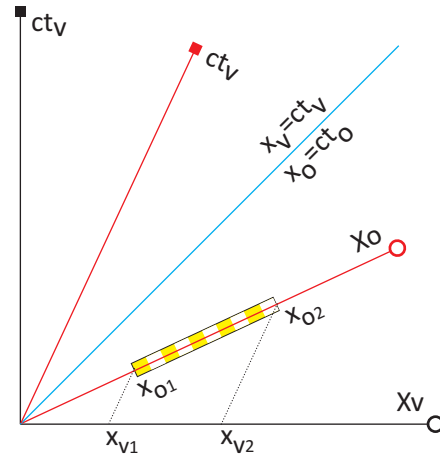


Figure 1.2: Diagrama espacio-tiempo de una varilla métrica cuyas coordenadas espaciales propias son x_{o1} y x_{o2} .

$$x_{o2} = \gamma(x_{v2} - vt_{v2}) \quad (7)$$

Y siendo $t_{v1} = t_{v2}$ en el proceso de medición realizado en RF_v tendremos²:

$$x_{o2} - x_{o1} = \gamma(x_{v2} - x_{v1}) \quad (8)$$

O lo que es lo mismo:

$$x_{v2} - x_{v1} = \gamma^{-1}(x_{o2} - x_{o1}) \quad (9)$$

11 Acabamos de ver que la contracción de FitzGerald-Lorentz es una consecuencia inevitable de los principios de la relatividad. Ahora bien, ¿Es real³ o aparente esa contracción? La mayoría de los autores de libros sobre la relatividad especial evitan tratar con la "notoria controversia" (como la llamó M. [3]). Sobre esa controversia Anthony

²Para medir una varilla que se mueve se ha de medir la posición de sus extremos en el mismo instante, en caso contrario un extremo se habría desplazado con respecto al otro y obtendríamos una medida errónea de la varilla.

³Como algunos autores contemporáneos, por ejemplo [1], reclaman.

P. French escribió [5, pp. 113-114]:

Esta discusión debería dejar claro que la pregunta ¿Tiene realmente lugar la contracción FitzGerald-Lorentz? no tiene una respuesta sencilla e inequívoca desde un punto de vista relativista. Donde debe ponerse toda la atención es en definir qué observaciones reales debemos tomar si queremos medir la longitud de algún objeto que puede estar en movimiento relativo respecto a nosotros. Y la prescripción es sencillamente medir sus extremos en el mismo instante según nosotros ¿Qué otra cosa podría hacerse? Así la contracción, cuando la observamos, no es una propiedad de la materia sino algo inherente al proceso de la medida.

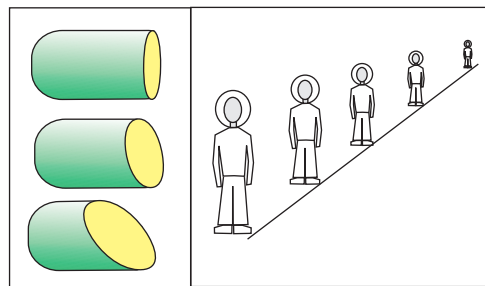


Figure 1.3: El pepino de Born y el hombre menguante de Bohm.

12 En su ya clásico libro sobre la relatividad de Einstein M. Born escribió [3, pp. 254-55]:

Si cortamos en rodajas un pepino, las rodajas serán tanto más grandes cuanto más oblicuas las cortemos. Carece de sentido llamar aparentes a los tamaños de las rodajas oblicuas y llamar real al tamaño de, digamos la más pequeña que podamos obtener con un corte perpendicular al eje. Exactamente de la misma forma un varilla en la teoría de Einstein tiene varias medidas según el punto de vista del observador. Una de esas longitudes, la longitud en reposo o propia, es la mayor, pero eso no la hace más real que las otras.

13 Sobre el mismo asunto escribió David Bohm [2, Loc. 1253-71 Kindle edition]:

Se puede tal vez comparar esta situación con lo que ocurre cuando dos personas A y B se separan, aunque manteniéndose cada una en el campo visual de la otra. A dice que B parece ser cada vez más pequeña, mientras que B dice que A parece hacerse cada vez más pequeña. Porqué B no dice entonces que A se está haciendo cada vez más grande? La respuesta es cada uno está viendo una *cosa diferente*, i.e. la imagen del mundo en su retina. No hay ninguna paradoja en el hecho de que la imagen de A en la retina de B se haga más pequeña al mismo tiempo que la imagen de B en la retina de A se hace más pequeña. De forma similar no es paradójico decir que A atribuye una contracción a las reglas de B, mientras que B atribuye una contracción a las reglas de A simplemente porque cada uno de ellos se está refiriendo a *algo diferente* cuando habla de la longitud de un objeto.

14 Y finalmente en un texto universitario de física podemos leer[6, p. 1032]:

¿Se encoge realmente un objeto en movimiento? La realidad está basada en observaciones y medidas; si los resultados son siempre consistentes y ningún error se comete, entonces lo que se observa y se mide es real. En el mismo sentido, el objeto realmente se encoge.

15 Como contrapunto, considérese ahora una varilla rígida y recta parcial y oblicuamente sumergida en agua. Debido a la refracción de la luz, la varilla parece estar doblada, pero evidentemente no lo está como puede ser inmediatamente demostrado sacando la varilla del agua, e incluso sin sacarla (figura 1.4 (b)). Considérese también otra varilla de la misma forma y material que la primera pero mecánica e irreversiblemente doblada como consecuencia de la aplicación de un esfuerzo mecánico apropiado. Aquí no hay controversia: en el primer caso la deformación es solo aparente; en el segundo la deformación es real

16 Algo cambia en la estructura atómica de la varilla realmente deformada como puede probarse experimentalmente, por ejemplo por medio de la difracción de rayos X. No es esto lo que ocurre en la varilla

10 — Contracción de FitzGerald-Lorentz

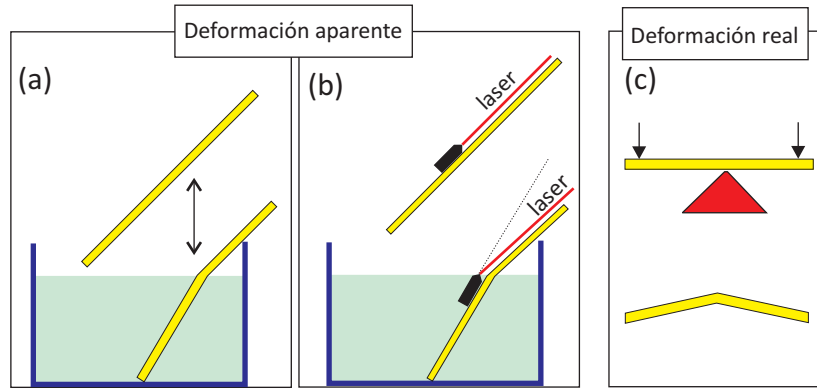


Figure 1.4: Deformación real y aparente. Nótese que en (b) el rayo láser es paralelo a la varilla incluso si se sumerge la fuente del láser.

aparentemente deformada como también se podría comprobar mediante experimentos como el del método láser sugerido en la Figura 1.4. Tenemos entonces una asimetría físicamente verificable entre una deformación real y una deformación aparente. Tiene sentido entonces hablar de deformaciones reales y deformaciones aparentes

17 Comparemos ahora la contracción de FitzGerald-Lorentz con la deformación de la varilla parcialmente sumergida en agua:

- La contracción de FitzGerald-Lorentz es real en el mismo sentido en el que lo es la dobladura de la varilla parcialmente sumergida: no son alucinaciones de los observadores. Ambas son perfectamente explicables en términos físicos.
- La contracción de FitzGerald-Lorentz no es real en el mismo sentido que no es real la deformación que observamos en la varilla parcialmente sumergida. Ambas deformaciones son meras consecuencias de dos formas particulares de observar los objetos: en movimiento relativo en el primer caso y parcialmente sumergido en agua en el segundo.
- Si observamos una varilla parcialmente sumergida podremos reconstruir su forma y tamaño real mediante una simple apli-

cación de la ley de Snell sobre la refracción de la luz. De la misma manera, si observamos un objeto afectado por la contracción de FitzGerald-Lorentz, podemos también reconstruir su forma y tamaño propio mediante una simple aplicación de la transformación de Lorentz.

- Ambas son reversibles en el sentido de que sacando la varilla del agua y reduciendo la velocidad relativa a un valor nulo, las dos varillas recuperan su forma y tamaño original (propio).

18 Imaginemos ahora que una varilla de longitud propia L_0 , colocada paralela al eje de X_0 de su sistema inercial propio, es observada por diferentes observadores a diferentes velocidades relativas paralelas a X_0 . Imaginemos también cada observador mide las deformaciones aparentes de la misma varilla parcialmente sumergida en diferentes fluidos y con diferentes inclinaciones. Por último, imaginemos que una vez terminados sus trabajos experimentales, todos los observadores se reúnen en el mismo sistema inercial y discuten sus observaciones. ¿Serán sus conclusiones sobre la naturaleza real o aparente de la contracción de Lorentz iguales que sus conclusiones sobre la deformación real o aparente de una varilla parcialmente sumergida?

19 Expresiones desafortunadas como " el movimiento modifica la longitud de los objetos en movimiento" son más frecuentes de lo esperado en la literatura sobre la teoría de la relatividad especial. Son, en efecto, desafortunadas porque 'el movimiento modifica' hace pensar en el movimiento absoluto, que es obviamente incompatible con los principios de la relatividad. Además, se da por sentado que la deformación es real. Aunque menos espectacular, sería más exacto y menos confuso decir que un objeto, cuando se observa en movimiento relativo, está (o parece estar) contraído en la dirección del movimiento. Y, en consecuencia, lo mismo debería decirse sobre la dilatación del tiempo, la diferencia de fase en la sincronización y el incremento de la masa con movimiento relativo.

20 La idea, por otra parte, de que la realidad concreta no existe sin observadores humanos hace imposible la propia existencia de los

observadores humanos porque la historia concreta de la vida de la que esos observadores han surgido no habría sido posible sin esos observadores. Dicho esto, y recordando la navaja de Ockham, ¿No deberíamos usar la palabra real en los casos como el de la varilla deformada mecánicamente y la palabra aparente en los casos como el de la varilla parcialmente sumergida? Ene este sentido, ¿es la contracción Fitzgerald-Lorentz real como la varilla mecánicamente deformada o aparente como la sumergida? O es real (o aparente) en otro sentido. Y si este fuera el caso, ¿en qué sentido?

21 Como la contracción de Lorentz, la dilatación inercial del tiempo, el desfase en la sincronización y el incremento de la masa con el movimiento relativo son también consecuencias directas de la transformación analógica de Lorentz. En consecuencia el status sobre su naturaleza real o aparente se encuentran en la misma situación que en el caso de la contracción de FitzGerald-Lorentz..

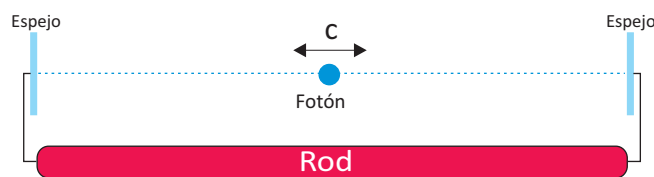


Figure 1.5: La longitud *aparente* de una varilla observada en movimiento relativo se puede corregir solo si también se corrige la correspondiente dilatación inercial del tiempo y el desfase en la sincronización.

22 Imagínese un fotón que se refleja continuamente entre dos espejos colocados en los extremos de una varilla horizontal (Figura 1.5). Un observador en movimiento relativo con respecto a la varilla en una dirección paralela a la misma la verá contraída por un factor γ^{-1} . Si corrige la contracción de FitzGerald-Lorentz tendrá también que corregir la dilatación inercial del tiempo y el desfase en la sincronización para poder realizar el cálculo correcto de la velocidad del fotón

23 Como se indicó más arriba, existe una cierta asimetría en las discusiones sobre la naturaleza real o aparente de las contracciones

de FitzGerald-Lorentz con respecto a la misma discusión (la naturaleza real o aparente) en los casos de las dilataciones del tiempo y de los incrementos de la masa con el movimiento relativo (la dilatación del tiempo y el incremento de la masa pueden ser causados por otros fenómenos físicos diferentes del movimiento relativo). Solo el primer caso es relativamente discutido en la literatura. Pero sea real o aparente, la naturaleza de esas cuatro consecuencias del movimiento relativo debería ser la misma.

24 Terminemos esta sección parafraseando el siguiente texto universitario sobre la contracción de FitzGerald-Lorentz ([10, p. 42]):

(Original) Tengo que advertiros sobre el lenguaje. He dicho que una varilla de longitud L_0 observada desde su sistema de referencia propio tiene una longitud más corta L cuando se observa desde otro sistema de referencia. A menudo este resultado se enuncia como "Una varilla de longitud L_0 cuando es observada en su sistema de referencia propio parece tener una longitud más corta L cuando es observada desde otro sistema de referencia". Este enunciado es verdadero: la varilla parece tener una L longitud más corta porque tiene una longitud más corta L . El uso de la palabra "parece" da la falsa impresión de que cuando la varilla es observada desde un sistema de referencia en el cual la varilla se mueve, la varilla realmente tiene una longitud L_0 y solo parece que tiene una longitud L . No. Cuando se observa desde un sistema de referencia en el cual la varilla se mueve, la varilla tienen realmente un longitud más corta L .

(Paráfrasis) Tengo que advertiros sobre el lenguaje. He dicho que una varilla recta está torcida cuando es observada parcialmente sumergida en agua. A menudo este resultado se enuncia como "Una varilla recta parcialmente sumergida en agua parece doblada". Este enunciado es verdadero: la varilla parece torcida porque está torcida. El uso de la palabra "parece" da la falsa impresión de que cuando la varilla es observada parcialmente sumergida la varilla está realmente recta y solo parece estar doblada. No. Cuando se observa parcialmente sumergida en agua la varilla está realmente doblada.

FORMAS CAMBIANTES

25 Considérese ahora una chapa cuadrada P de metal cuyo lado tiene una longitud propia L_0 y supóngase que está orientada de modo que uno de sus lados sea paralelo al eje X_0 de sus sistema de referencia propio. Como no podía ser de otra forma, después de un giro de 45° sobre su centro y en el sentido de las agujas del reloj, P continua siendo un cuadrado en su sistema de referencia RF_0 .

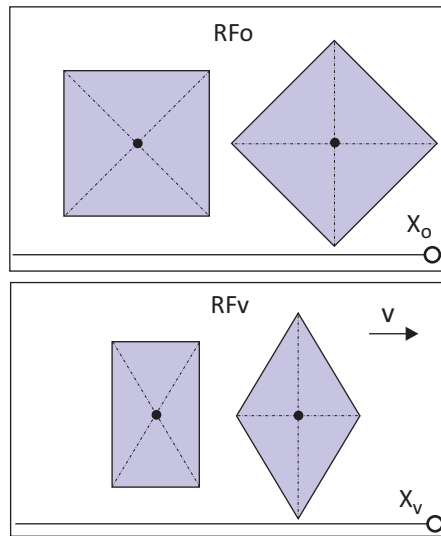


Figure 1.6: De acuerdo con los observadores de RF_v , una simple rotación basta para cambiar la forma de una chapa metálica fabricada con el más resistente de los aceros.

26 En otro sistema de referencia RF_v desde el cual RF_0 se mueve en una dirección paralela al eje X_0 , P es vista antes de la rotación como un rectángulo cuyos lados son L_0 y $L_0\gamma^{-1}$. Después de la rotación de 45° la forma de P es la de un rombo cuyo lado es $L(1 + \gamma^{-2})^{1/2}/2$.

27 Que una simple rotación sea suficiente para cambiar la forma de una placa metálica va contra un montón de leyes mecánicas, fisicoquímicas y cristalográficas. Por otra parte, y de acuerdo con el primer principio de la relatividad, las leyes físicas son las mismas para to-

dos los sistemas de referencia. Esa incongruencia debería ser una razón suficiente para que los observadores de RF_v concluyan que sus observaciones están distorsionadas por el movimiento relativo *de la misma manera* que la observación de una varilla parcialmente sumergida en agua está distorsionada por la refracción de la luz.

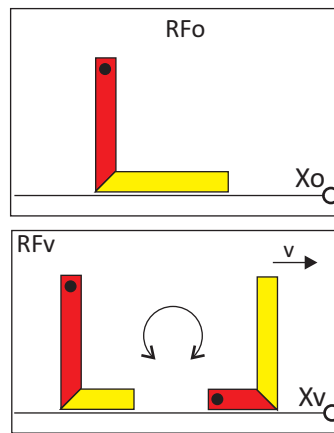


Figure 1.7: Mediante una simple rotación de la estructura, sus dos brazos se contraen y expansionan *alternativamente*, sin que ninguna fuerza actúe sobre ella.

28 La estructura en escuadra representada en la figura 1.7 plantea un problema similar: una sola rotación de 90° grados es suficiente para contraer, alternativamente, uno de sus brazos por un factor γ^1 al tiempo que se extiende el otro por un factor γ .

29 Sea finalmente B una burbuja de un cierto fluido F_2 dentro de otro fluido F_1 con el que se encuentra en equilibrio hidrostático. En su sistema de referencia propio RF_o , la burbuja tiene una forma esférica debido al hecho de que la presión hidrostática es la misma en todas las direcciones. En RF_v que se mueve respecto a RF_o en la dirección de X_o , la burbuja tiene una forma elipsoidal debido a la contracción de Lorentz en la dirección del movimiento relativo. ¿Explicarán los observadores de RF_v la forma de burbuja en términos de una deformación real o de una deformación aparente?

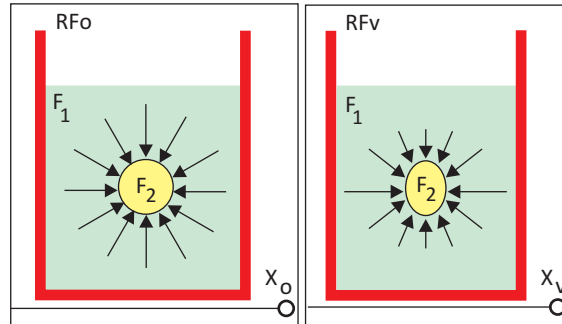


Figure 1.8: Una burbuja en equilibrio hidrostático tal como se ve desde su desde su sistema de referencia propio RF_0 (izquierda) y desde otro sistema de referencia RF_v que se mueve respecto con a RF_0 con una velocidad v en la dirección de X_0 .

LA POLEA DESLIZANTE

30 Una consecuencia más intrigante de la contracción de FitzGerald-Lorentz es el siguiente caso de la polea deslizante, en el que (¿aparentemente?) se violan varias leyes de la mecánica.

31 En RF_0 el sistema de referencia propio del montaje mecánico representado en la figura 1.9, en el cual una carga de masa en reposo m_0 cuelga de una cuerda elástica, cuyo extremo izquierdo está unido a un soporte vertical fijo. La cuerda se desliza sobre una polea que a su vez está unida a un soporte deslizante horizontal cuya posición puede ser fijada mediante el correspondiente tornillo. Además, una escala métrica, que consiste en una sucesión de marcas rojas y blancas de igual longitud, está impresa sobre la cuerda elástica. En el equilibrio, la tensión mecánica es constante a lo largo de toda la cuerda, y en consecuencia la longitud todas las marcas de la escala métrica han de tener la misma longitud, tanto si están en la sección horizontal como si están en la sección vertical de la cuerda. Una conclusión que, siendo una consecuencia inmediata de las leyes de la mecánica, se debería verificar en todos los sistemas de referencia.

32 Sea L_0 la longitud propia de las marcas de la escala métrica, y supongamos que el eje X_0 de RF_0 es paralelo a la sección horizontal de

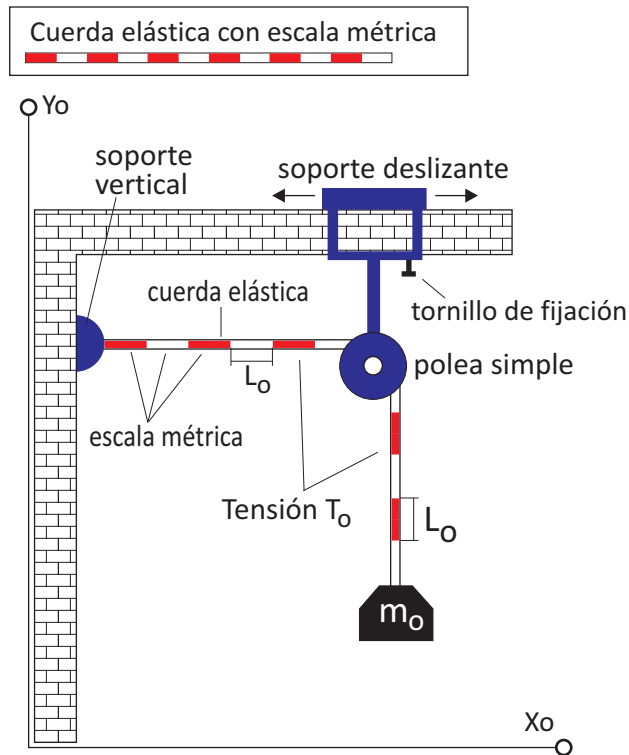


Figure 1.9: De acuerdo con la leyes de la mecánica, en el equilibrio todas las marcas blancas y rojas de la cuerda elástica tienen la misma longitud.

la cuerda. Al deslizar el soporte horizontal, la polea se mueve hacia la izquierda o hacia la derecha, cambiando con ello la longitud de la sección horizontal y de la sección vertical de la cuerda; o lo que es lo mismo, cambiando el número de marcas horizontales y verticales. Como era de esperar, la longitud de todas las marcas verticales y horizontales se mantiene constante e igual a L_0

33 RF_v es un sistema de referencia inercial que coincide con RF_0 al instante $t = 0$ y desde el que RF_0 se mueve de izquierda a derecha, en dirección de X_0 con una velocidad v . En consecuencia, y de acuerdo

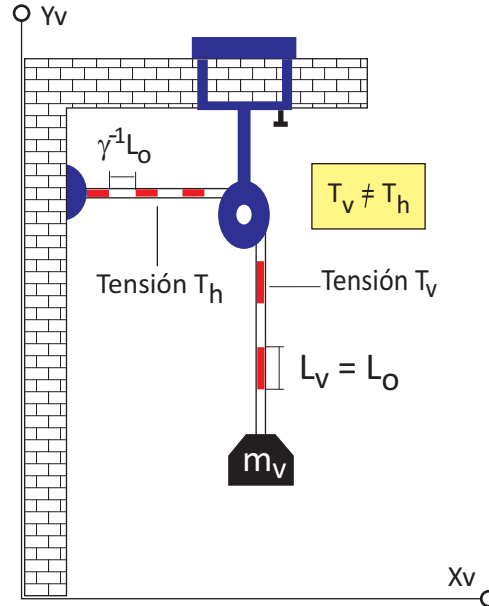


Figure 1.10: En RF_v , con respecto al cual RF_o se mueve de izquierda a derecha en la dirección del eje X_o , la longitud de las marcas horizontales de la cuerda están contraídas por un factor γ^{-1} , mientras que las marcas verticales mantienen su longitud propia L_o .

a la transformación de Lorentz, en RF_v la longitud de las marcas verticales de la escala métrica es L_o , mientras que las marcas horizontales tienen una longitud contraída $\gamma^{-1}L_o$, independientemente del número de ambas marcas.

34 Sea n_h el número de marcas horizontales y N el número total de marcas. Obviamente, el número de marcas verticales será $N - n_h$. Como cabría esperar, en RF_o la longitud L_{oC} de la cuerda en equilibrio con la masa colgante es siempre la misma:

$$L_{oC} = n_h L_o + (N - n_h) L_o \tag{10}$$

$$= L_o (n_h + N - n_h) = N L_o \tag{11}$$

Sin embargo, en RF_v la longitud L_{vC} de la cuerda es variable, dependiendo del número n_h de marcas horizontales:

$$L_{vC} = n_h \gamma^{-1} L_o + (N - n_h) L_o \quad (12)$$

$$= L_o (n_h \gamma^{-1} + N - n_h) \quad (13)$$

$$= L_o (N - n_h (1 - \gamma^{-1})) \quad (14)$$

Por tanto, a medida que el número n_h de marcas horizontales aumenta la longitud L_{vC} de la cuerda disminuye. O con otras palabras, si la polea se desplaza hacia la derecha la longitud de la cuerda disminuye, y si se desplaza hacia la izquierda su longitud aumenta. Obviamente esos cambios en la longitud de la cuerda son mecánicamente imposibles en el sistema de referencia propio de la cuerda RF_o .

35 Al deslizar la polea hacia la izquierda o hacia la derecha podemos hacer que cualquier parte de la cuerda pase de la posición horizontal a la vertical y viceversa. Cuando cambia, su tensión mecánica también cambia, siendo mayor cuando su posición es vertical (Figura ??). Estos cambios de tensión también son mecánicamente imposibles en RF_o .

36 Como acabamos de ver situación mecánica observada desde RF_v es incompatible con las leyes físicas conocidas. Por una parte, la tensión de la cuerda debe ser la misma a lo largo de toda su longitud y, por tanto, la longitud de todas sus marcas métricas tiene que ser también la misma, ya sean horizontales o verticales esas marcas. Por la otra, la longitud total de la cuerda en equilibrio con la masa colgante ha de ser siempre la misma, no puede cambiar con el número de marcas horizontales, es decir no puede variar con el desplazamiento horizontal de la polea.

37 Los observadores de RF_v tendrían que concluir que la contracción de Lorentz que observan sólo es aparente, como es aparente el doblamiento de la varilla parcialmente sumergida en agua. En otro

20 — Contracción de FitzGerald-Lorentz

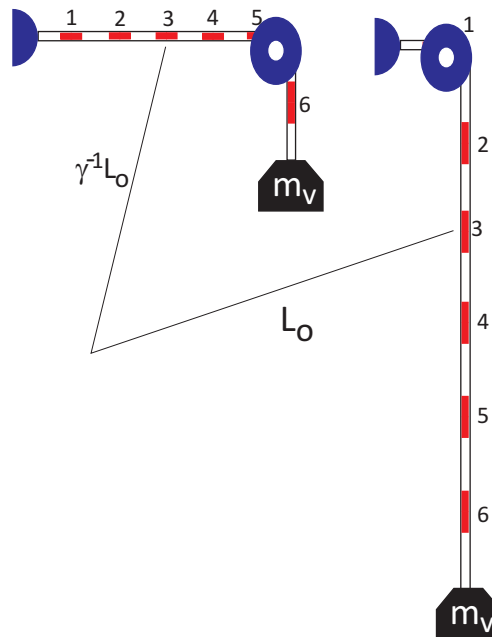
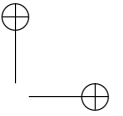
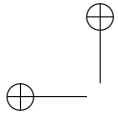


Figure 1.11: La tensión mecánica horizontal de cualquier parte de la cuerda cambia cuando cambia su posición de horizontal a vertical y viceversa.

caso tendría que explicar el extraño comportamiento mecánico de la cuerda elástica: tendrían que explicar a partir de la transformación de Lorentz (la fuente de todos los efectos de la relatividad especial) cómo es posible que una cuerda elástica no tenga la misma tensión mecánica a lo largo de toda su longitud.

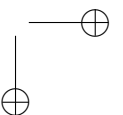
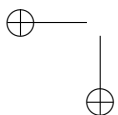
38 Por simetría, si la contracción de longitudes por el movimiento relativo fuera solo aparente, así sería también la dilatación del tiempo, el desfase en la sincronización y el incremento de masa con el movimiento relativo (como veremos en el Capítulo ?? sobre la ley de Hooke, existe otra fuente no relativista para el aumento de la masa derivado de la equivalencia entre masa y energía).

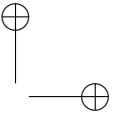
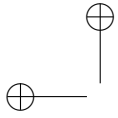
39 En resumen, todos los observadores en movimiento relativo con



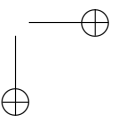
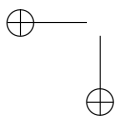
respecto a RF_0 deberían considerar la posibilidad de que sus observaciones y mediciones estén perturbadas por el movimiento relativo, y de tal manera que no pueden obtener conclusiones físicamente aceptables de lo que sucede en RF_0 . En este sentido, sólo los observadores en RF_0 pueden concluir que sus observaciones y mediciones están de acuerdo con lo que se espera de las leyes físicas.

40 Existe una tercera alternativa: que las contracciones de longitud, las dilataciones del tiempo y los incrementos de la masa con el movimiento relativo (todos ellos derivados de la transformación de Lorentz) no sean sino consecuencias de interpretar la realidad discreta con matemáticas indiscretas, infinitistas. Obviamente, esta sería la más simple de las tres alternativas.





22 — Contracción de FitzGerald-Lorentz



Bibliography

- [1] Carlos Barceló and Gil Jannes, *A real lorentz-fitzgerald contraction*, Foundations of Physics **38** (2008), 1199–199.
- [2] David Bohm, *The special theory of relativity*, A. Benjamin Inc., London and New York, 1965.
- [3] Max Born, *Einstein's theory of relativity*, Dover Publications Inc., New York, 1965.
- [4] George Francis FitzGerald, *The ether and the earth's atmosphere*, Science **13** (1889), 390.
- [5] A. P. French, *Special relativity*, W. W. Norton and Company Inc., New York, 1968.
- [6] David Halliday, Robert Resnick, and Jearl Walker, *Fundamentals of physics*, John Wiley and Sons, 2008.
- [7] Hendrik Antoon Lorentz, *De relatieve beweging van de aarde en den aether*, Zittingsverlag Akad. V. Wet. (1892), 74–79.
- [8] McGill N.C., *Apparent shape of rapidly moving object in special relativity*, Contemporary Physics **Vol. 9. no 1** (1968), 33.
- [9] Penrose R., *The apparent shape of a relativistic moving sphere*, Proceeding of the Cambridge Philosophical Society **55** (1959), 137–139.
- [10] Daniel F. Styer, *Relativity for the questioning mind*, <http://www.oberlin.edu/physics/dstyer>, 2009.
- [11] James Terrell, *Invisibility of the lorentz contraction*, Physical Review **116** (1959), 1041–1045.