

TRATAMIENTO METODOLÓGICO A LA UNIDAD DE ESTUDIO TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD EN EL PREUNIVERSITARIO

I. PUENTE-SERRANO¹, J. R. MORASEN², F. GUERRERO³

¹IPU Microuniversidad "Rafael María de Mendive"

² Universidad de Ciencias Pedagógicas "Frank País García" Santiago de Cuba

³Departamento de Física. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, C. P. 90500

Este trabajo tiene como objetivo apoyar el trabajo de los docentes al impartir la unidad "Teoría Especial de la Relatividad". En su estudio debe facilitar una mejor interpretación del contenido correspondiente a cada clase, se brindan sugerencias sobre formas efectivas para su desarrollo, su uso puede ser muy útil, fundamentalmente, para profesores noveles en formación y sin experiencia en el grado. Por otra parte no existe una actualización en la orientación metodológica, se cuenta con la del 1980 que fuera editada, en correspondencia con el modelo pedagógico para esa etapa. El proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en el preuniversitario para el duodécimo grado, está basado en la sistematización y profundización de los contenidos, bajo la concepción del principio didáctico del carácter científico de la enseñanza. En tal sentido esta unidad de estudio reviste gran importancia para los estudiantes, a partir del hecho en que se argumenta, el hecho experimental de la existencia de un límite superior para la velocidad de los cuerpos y que el valor de la velocidad de la luz no depende del sistema de referencia elegido, se interpretan los postulados fundamentales de la Teoría Especial de la Relatividad y se analizan algunas de sus consecuencias cinemáticas: la relatividad de los intervalos espaciales y temporales. Por la importancia social y cultural que reviste ésta unidad de estudio, se propone una metodología, que permitirá a los profesores conducir el proceso de enseñanza-aprendizaje, a partir de proceder metodológico (Construcción lógica del contenido e Integración con las unidades estudiada en el preuniversitario)

The objective of this research work, is to support the teachers' work at the time of teaching the unit "Special Theory of relativity". In their study must facilities a better content interpretation corresponding to every class, it offers suggestions about effective forms to their development, its use could be very useful, mainly for novel professor information and without any experience in the grade. On the other hand this is not any actualization in the methodological orientation; it is used one from 1980 that was edited, in correspondence with the pedagogical model for that time. The teaching-learning process of Physics in senior high school for twelfth grade is based on the systematization and deeping of contents, under the didactic conception and principle of scientific character of teaching. In this sense this unit of study has a great importance for the students, to split the fact, that it was argued the experimental fact of the existence of a higher limit for the speed of the body and the value of the light speed do not depend of reference system chosen it was interpreted the main postulated of the especial Theory of Relativity and it was analyzed some of its kinematical consequences, the relativity of especial and temporal intervals. For the social and cultural importance that rever this unit of study, it is proposed one methodology that with permit to the teachers to lead the teaching-learning process to split two methodological procedures (logical construction of the content and integration with the studied units in senior high school).

Palabras claves. Metodología [01.40 FK] Didactica [01.50 Ht] methodological [01.40 FK] didactic [01.50 Ht]

INTRODUCCIÓN

El desarrollo social exige la necesidad de formar hábitos de trabajo individual y colectivo hacia la formación de una cultura, junto a esta necesidad, la tarea fundamental de la escuela es de dar a conocer en los jóvenes fundamentos de la ciencia, a través del legado que ha dejado aquellos hombres de ciencia, es decir educar, dar conocimiento y cultura.

La historia de la Física muestra que su desarrollo se encuentra indisolublemente relacionado con la aparición de nuevas tareas, donde ese sistema único de ideas, lleva precisamente el nombre de cuadro físico del mundo.

La Física es una de las ciencias fundamentales, esta ciencia concentra todos sus esfuerzos en esclarecer las Leyes y Princi-

pios básicos de la naturaleza. En la práctica de la enseñanza, es significativo que al salir del aula todo buen maestro se pregunta ¿Qué cosa innecesaria he dicho en esta clase? Mientras los maestros de menor experiencia se preguntan ¿Qué otra cosa hubiera podido decir en esta clase?.

Para dar respuesta a lo anterior, la metodología de de la enseñanza de la física, refiere una dosificación o formación estricta del proceso docente, tanto en lo que refiere al volumen de contenido que debe desarrollarse como a su exposición con un carácter de secuencia; además de brindar los ejemplos más sencillos y asequible que transmitan a los alumnos las regularidades del desarrollo de la Física como ciencia

En el programa de Física en la enseñanza preuniversitaria en Cuba, se plantea como tarea garantizar conocimiento sólidos acerca de los fundamentos de esta ciencia, así como la asimilación, por parte de los alumnos, de los principales conocimientos que contribuyan a formar en ellos una concepción materialista del mundo. Igualmente, garantizar la formación laboral en correspondencia de los avances de la ciencia y la tecnología, tomando en consideración las necesidades que plantea la sociedad. [1]

Esa necesidad en la enseñanza preuniversitaria de mantener este ritmo dinámico, llevo a plantear determinada regularidades, hacia el perfeccionamiento de los programas de física, que implicó la elevación del nivel metológico.

En la década de los 80 esta temática se impartía en el décimo grado, con el nuevo perfeccionamiento, se comienza a impartir como tema seleccionado en el grado duodécimo, es decir el docente en la preparación de la asignatura seleccionaba los temas.[2]

A partir del curso 2010/2011 se desarrolla la unidad como parte del programa del grado duodécimo con 5h\c con las siguientes temáticas Introducción. Postulados de la TER de Einstein,[3]

Relatividad de los intervalos temporales, Relatividad de los intervalos espaciales, Ejercicios, La energía y la cantidad de movimiento lineal la Teoría Especial Relatividad y Experimento con los μ .

PROPUESTA METODOLÓGICA.

Las profundas transformaciones en la ciencia y la técnica a las que asistimos en nuestros días imponen la necesidad de un continuo perfeccionamiento de el proceso de enseñanza aprendizaje, con énfasis en los asociados a la contribución de las ciencias exactas y naturales, encargadas de establecer las bases y conocimientos esenciales para la comprensión y transformación del mundo. En esta dirección es necesario promover variantes pedagógicas, didácticas y metodológicas que contribuyan al propósito de consolidar los aprendizajes de estas ciencias y al mismo tiempo promover

niveles eficientes de orientación y reafirmación profesional y vocacional.

La propuesta, constituye una variante de gestión didáctico-metodológica expresada en la integración creadora de la actividad y comunicación de docentes y estudiantes, sustentada en elementos de investigación dirigida y participativa, que deviene en estilo de pensamiento y modo de actuación permanente y tiene como finalidad la contribución a la formación integral de los estudiantes y el perfeccionamiento constante del proceso de enseñanza aprendizaje.

- Proceder metodológico construcción lógica del contenido.
- Construcción lógica.
- Planteamiento de situaciones indagativas integradoras de aprendizaje a los alumnos en diversos entornos.
- Revelación por el estudiante de la problemática planteada.
- Valoración conjunta profesor-alumno de las preconcepciones de los alumnos sobre el tema propuesto.
- Valoración por el estudiante de hipótesis o alternativas de solución a la tarea.
- Complejidad o acotamiento del problema o tarea abierta planteada.
- Construcción de primeros significados, aportación de elementos del conocimiento que puedan conducir a la solución final de la tarea.
- Integración con las unidades estudiadas
- Sobre elementos del conocimiento estudiado, sus limitaciones en relación a esta teoría.
- Establecimiento de los nexos entre los elementos aportados a partir del carácter integrador.
- Síntesis integradora de la relación entre los elementos aportados.

Para el desarrollo de la metodología se propone las siguientes problemática de la unidad, considerando que el 12 grado se sistematiza y profundiza el curso de física.

La existencia de un límite superior para la velocidad de los cuerpos y que el valor de la velocidad de la luz no depende del sistema de referencia elegido.

Interpretar los postulados fundamentales de la Teoría Especial de la Relatividad y se analizan algunas de sus consecuencias cinemáticas: la relatividad de los intervalos espaciales y temporales.

Consecuencias de la TER, particularmente la relación entre la masa y la energía

Habilidades a desarrollar en los alumnos, relacionado con la temática.

Habilidad	Contenido de la unidad
-----------	------------------------

Definir	Sistema de referencia. Relatividad de la simultaneidad. Relatividad de los intervalos de tiempo y de la longitud.
Interpretar	Los postulados de la Invarianza de las leyes Físicas Transformaciones de Lorentz. Mecánica newtoniana y relatividad
Analizar y resolver	Diversas situaciones problemáticas cualitativa y cuantitativa relacionado con: Dilatación del tiempo Contracción de la longitud Trabajo y energía relativista.

Temática: Introducción. Postulados de la TER de Einstein.

Se recomienda en esta clase, introducir el concepto de Sistema de referencia, así como la interpretación de los postulados de la teoría de la relatividad de Einstein, importante para interpretar los contenidos posteriores de la unidad.

Es recomendable, para una mejor interpretación del tema, por parte de los alumnos, utilizar simbólicamente, a partir de un sistema de coordenadas "XOY" el uso de dos sistemas de referencia inerciales, tratados en las limitaciones de las leyes de Newton

1. Llamado "S" para el observador situado en la tierra en el plano cartesiano "XOY"

2. Llamado "SI" para el observador situado en la tierra en el plano cartesiano "X¹ O¹ Y¹"

Se recomienda, plantear que los ejes X en los dos sistemas están situados sobre una misma recta, pero el origen, "OI en SI, se mueven en relación a "O en S" con velocidad constante v a lo largo de un eje común (X- X¹), desde el sistema "XOY" se fija el tiempo de manera que coincidan para $t=0$ de modo que la separación entre ellos.

Invarianza de la Física.

Primer postulado de Einstein (Principio de la Relatividad)

"Las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inercial"[3]

Se procede a la interpretación del postulado: si las leyes fueran diferentes, esa diferencia permitiría diferenciar un sistema inercial de otro o hacer que un sistema fuese más correcto que otro.

Se hace referencia que este postulado es una generalización de del principio de la relatividad de Galileo cuadro mecánico del mundo. Se sugiere además sobre el cuadro electrodinámico, hacer referencia al experimento realizado por Faraday sobre el fenómeno de inducción magnética para demostrar el primer postulado.

Segundo postulado de Einstein

"La velocidad de la luz en el vacío es la misma en todo sistema de referencia inercial y es independiente del movimiento de la fuente"[4]

Interpretación: es imposible para un observador material viajar a la velocidad de la luz en el vacío.

Ejemplo: el lanzamiento de una nave espacial sistema móvil (SI), se mueve respecto a la tierra a una $v=1000$ m/s, dispara un cohete de reconocimiento a una velocidad $v=2000$ m/s relativa a la nave:

De la mecánica relativista de Galileo, Ley de composición de velocidades, el observador en el sistema fijo (Tierra), diría que la velocidad del cohete es de 3000 m/s.

Relacionando esta teoría con la onda luminosa, la mecánica newtoniana predice que el cohete viajaría a una velocidad de $c + 100$ m/s. Contradiendo el segundo postulado.

Si esta misma nave viaja a la velocidad de la luz, respecto a un observador situado en la tierra S, la nave emite un haz de luz, para el segundo postulado se interpreta como que los dos observadores se mueven juntos y están siempre en el mismo punto en el espacio.

Se concluye el hecho de que la velocidad de la luz en el vacío sea independiente del estado de movimiento de la fuente, conduce a una variación sustancial de los conceptos espacio y tiempo, establecido en la mecánica newtoniana y no contradice el principio de la relatividad de Galileo, sino a las ecuaciones de transformación de Galileo, pues estas fueron deducidas sobre la base de considerar el tiempo y espacio absolutos.

Temáticas Relatividad de los intervalos temporales.

Para el desarrollo de esta temática se precisa hablar de sucesos para poder registrar intervalos de tiempo. Todo suceso tiene definida posición y tiempo como un acontecimiento.

Ejemplo: un estudiante al entrar a su escuela y su reloj registra las 7:30 am, ambos sucesos ocurrieron simultáneamente. El problema fundamental es medir intervalos de tiempo, pues en general dos sucesos que son simultáneos en un sistema de referencia, no lo son, en un segundo sistema de referencia que se mueve respecto al primero, incluso si ambos son inerciales. Se propone la siguiente problemática.

Ejemplo: un vagón se mueve a velocidad constante en sentido positivo de las (x) y emite un haz de luz del centro del vagón. ¿qué observan dos observadores uno interior del vagón y otro en el exterior del vagón?

Observador interior.

La señal luminosa parte del foco y alcanza, simultáneamente las paredes del vagón, con igual velocidad en todas direcciones.

Observador exterior.

-La señal luminosa alcanzará la pared que se aleja, algo más tarde que aquella que se acerca.

Interpretación: comparando las predicciones de los dos observadores contradice la física clásica de new-ton, en esta se registra ambos suceso con un reloj, donde los sucesos “antes” y “después” tienen un significado absoluto, la teoría especial de la relatividad modifica este concepto, dos sucesos en un sistema de referencia no son necesariamente iguales en un segundo sistema de referencia en movimiento relativo al primero, para la teoría de la relatividad puede existir otro reloj aún cuando esté sincronizado.

Se toma en consideración que la velocidad de la luz debe ser la misma (c), ¿qué relación existe entre los intervalos de tiempo en cada sistema de referencia?

Se define intervalo de tiempo propio (Δt), como el intervalo de tiempo medido en determinado sistema de referencia.

Se expresa la relación matemática para obtener la ecuación para intervalos temporales, se puede deducir, a partir del teorema de Pitágoras, considerando que para ambos observadores se forma un triángulo rectángulo, dado por la trayectoria de la luz.

Para un sistema de referencia S se cumple:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Para un sistema de referencia SI se cumple:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Conclusiones: ambas ecuaciones no tienen contradicción, ambas expresan el tiempo propio medido por el reloj en el cual se está en reposo.

Se destaca el carácter relativo de los intervalos temporales, no viene dado por la naturaleza del reloj, sino por el hecho que la velocidad de la luz en el vacío es independiente del movimiento de la fuente, la relatividad de los intervalos temporales, es consecuencia de hechos experimentales verificados, el tiempo no es absoluto como se consideraba en la mecánica newtoniana.

Temáticas Relatividad de los intervalos espaciales.

Se sugiere al docente para el estudio de esta temática, relacionarla con el tema anterior:

No sólo el intervalo de tiempo entre dos sucesos depende del sistema de referencia del observador, también la distancia en-

tre dos puntos puede depender del sistema de referencia que esté el observador.

Ejemplo: supongamos que se desea medir la longitud de un automóvil en movimiento por ambos observadores situados en diferentes sistemas de referencia, como consecuencia si no es medido en el mismo intervalo de tiempo no se tendrá la misma longitud.

Es importante que para la explicación de esta temática, se desarrollará tomando como elemento una regla dentro de un vagón en movimiento, donde desea medir por dos observadores uno interior y otro exterior.

Como resultado ambos observadores obtienen diferentes medidas.

Explicar longitud propia, es la longitud medida desde cualquier sistema de referencia que se encuentra el objeto en reposo junto al observador.

Longitud medida desde el otro sistema de referencia Se concluye que la longitud medida en otro sistema de referencia que no sea la propia siempre es menor.

Cuidado esto no es ilusión óptica, este efecto se denomina contracción de la longitud.

Para un mismo sistema

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$l_0 = l \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Temáticas La energía y la cantidad de movimiento lineal la Teoría Especial Relatividad.

Se recomienda al desarrollar esta temática, recordar las expresiones de la mecánica newtoniana referente a ley de conservación de la cantidad de movimiento y de la energía mecánica.

Se precisa que estas responden a determinadas condiciones en el movimiento. La teoría especial de la relatividad, modifica estas leyes, al introducir el concepto de masa de los cuerpos depende de la velocidad según la siguiente relación.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Masa del cuerpo medida en su sistema de referencia inercial respecto al cual el cuerpo se encuentra en reposo.

Masa medida desde un sistema de referencia inercial respecto al cual el cuerpo se mueve con velocidad V

Una partícula de masa m_0 , se mueve a una velocidad v la cantidad de movimiento relativista viene dada por:

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Se le hace referencia, que si se obtiene el resultado previsto por la mecánica newtoniana de que $m = m_0$, la masa no depende de la velocidad.

Temática Experimento con los μ .

Se le hace referencia, a que los mesones μ , son partículas materiales elementales cargadas, su poder de desintegración es muy corto aproximadamente en 2.10^{-6} s (tiempo propio), son originados en las altas capas de la atmósfera bajo la influencia de los rayos cósmicos, aproximadamente a 9km de altura y atraviesan radialmente la atmósfera terrestre con velocidad $0.998c$, y pueden ser detectado a nivel del mar.

Se concluye la distancia d , que pueden recorrer estos mesones bajo el supuesto de que se desintegre, es 598m.

Para los observadores terrestre, respecto al cual los mesones, poseen una velocidad de $0.998c$ el tiempo que tardan en desintegrarse es de 3.17×10^{-5} , donde para ese tiempo recorren una distancia de 9491 m.

Interpretación: para los observadores terrestres, es válido este análisis, para un observador en reposo respecto al mesón no podría recorrer esa distancia que lo separa de la superficie terrestre al nivel del mar, realmente no hay contradicción, para un observador ligado al mesón, la superficie de la tierra se acercará con una velocidad de $0.998c$, y recorrería una distancia de 567m.

Temática Ejercicios

Se proponen ejercicio del libro de texto 10mo grado edición 1987 página 96 hasta 104.

Estrategia para resolver problemas.

- Establecer la magnitud que se desea buscar.
 - Definir sistema de referencia S y S' con velocidad constante respecto a S, en dirección positiva de las x.
 - Se necesita las ecuaciones de las coordenadas se realiza una lista (x, t, x_1 y t_1).
 - Los problemas de transformación de velocidades, las velocidades en cada sistema de referencia inercial.
- Al evaluar los resultados, parece no tener sentido común, no se desanime, un resultado que sería ser erróneo, es una rapidez mayor que c .

Conclusiones

Teniendo en cuenta la falta de bibliografía destinada al tratamiento metodológico de esta temática que aparecen en el programa de física del preuniversitario, a modo de ejemplo, en este trabajo se muestra como realizar un análisis metodológico de la unidad del programa de duodécimo grado, a la vez puede servir de guía a los profesores de experiencia pero fundamentalmente para los profesores egresados y a los profesores en formación es de gran utilidad ya que se indica el procedimiento a seguir en cada una de las clases de la temática analizada. Se indican aspectos fundamentales en los que hay que profundizar, como tratar o introducir algunos de los conceptos, así como la interpretación coherente de la teoría especial de la relatividad y la propuesta de metodología para la resolución de problemas concerniente a este tema.

[1] Programas de la Educación Preuniversitaria Editorial Pueblo y Educación 2006 pag 46.

[2] Folleto enviado por el MINED 2000.

[3] Programa enviado por el MINED, para el curso 2010- 2011.