



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Dificultades en la Interpretación del concepto de Fuerza en estudiantes de grado décimo. Una propuesta didáctica para abordar la problemática

Yorlady García Castro

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ciencias

Bogotá, Colombia

2011

Dificultades en la Interpretación del concepto de Fuerza en estudiantes de grado décimo. Una propuesta didáctica para abordar la problemática

Yorlady García Castro

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director :

Dr.Rer.Nat. José Daniel Muñoz Castaño

Línea de Investigación:

Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2011

A mi hija Luisa Fernanda por hacerme entender que lo importante no es saber demasiado sino ser recursivo con lo que se tiene.

A mi madre por su amor y gran apoyo.

Agradecimientos

A mis estimados estudiantes de la sección 10-02 de la modalidad de ciencias y matemáticas del colegio INEM Francisco de Paula Santander jornada mañana, por hacer posible el desarrollo de este trabajo.

A Mario Hans Martínez Ortega docente de física del colegio INEM Francisco de Paula Santander, estimado compañero y amigo; por sus valiosos comentarios y apoyo incondicional.

A mi director José Daniel Muñoz Castaño, por su constante ánimo y dedicación.

Resumen

Una de los obstáculos principales en la enseñanza de la Dinámica es la dificultad que existe para re-estructurar las ideas previas del estudiante que asocian fuerza con movimiento, y no con el cambio del movimiento. La propuesta didáctica planteada en este trabajo aborda específicamente la enseñanza del concepto Fuerza a partir de actividades que proponen la solución de situaciones gráficas, recreadas y experimentadas que presentan la fuerza como la responsable del cambio de movimiento y que posibilitan la discusión de las ideas previas del estudiante. La propuesta se implementó con estudiantes de grado décimo del Colegio INEM Francisco de Paula Santander de la localidad de Kennedy en Bogotá. La aplicación se evaluó con un diseño pre-experimental aplicando un mismo test antes y después de la implementación de la estrategia. El análisis estadístico de los resultados mostró un incremento estadísticamente significativo del desempeño promedio de los estudiantes, pero los puntajes siguen siendo en general bajos. En efecto, la mayoría de los estudiantes persisten en sus ideas previas y se sugieren incluir otros elementos en la propuesta para lograr un mejor resultado en el futuro.

Palabras clave: ideas previas, cantidad de movimiento, fuerza.

Abstract

One of the main obstacles for the teaching of the dynamics is the difficulty to rebuild the previous ideas the students have, relating forces with momentum, but not with the *change* in momentum. Hereby we introduce a didactic strategy to address the teaching of force from collective activities to discuss the students' ideas on the subject. The strategy includes, also, mass lectures, experiments and java applets, and bases on the concept of forces as origin of changes in momentum. The proposal was implemented with students of 10th degree at the INEM Francisco de Paula Santander high school at Kennedy (Bogotá). The trial was assessed through a pre-experimental design with pre and post runs of a multiple-choice test designed by us. The statistical analysis of the results shows and significant increase on the average score, but the overall scores are still low. Actually, most of the students maintain its previous ideas on the meaning of force. Therefore, we suggest the inclusion of other learning methodologies to achieve a better result in the future.

Keywords: previous ideas, momentum, force.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras.....	XII
Lista de tablas	13
1. Introducción.....	15
2. Historia y Evolución del concepto Fuerza.....	17
3. Fuerza y Movimiento	25
4. Cómo se enseña el concepto Fuerza	29
4.4 Cómo se enseña el concepto de fuerza en los textos de educación media en Colombia.....	33
5. Propuesta didáctica	39
6. Resultados.....	48
Conclusiones y recomendaciones.....	52
A. Anexo: Guía sobre vectores	54
B. Anexo: Test Fuerza	63
C. Anexo: Guía dinámica 1	73
D. Anexo: Guía dinámica 2	80
D. Anexo: Guía dinámica 2	81
Bibliografía	91

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Las dos regiones del mundo según Aristóteles	17
Figura 2-2: Los cuatro elementos y sus formas	18
Figura 2-3: Las esferas concéntricas de Aristóteles	18
Figura 2-4: Triángulo de Oresme para la caída	20
Figura 2-5: Plano inclinado de Galileo.	21
Figura 3-1: El vector cantidad de movimiento	25
Figura 3-2: La interacción modifica el movimiento	26
Figura 6-1: Diagrama de caja	50
Fotografías 5-1: Desarrollo de actividades de la guía-dinámica 1	41

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 4-1: Enseñanza del concepto fuerza en algunos textos.....	33
Tabla 4-2: Aspectos desarrollados en once textos	36
Tabla 6-1: Distribución de resultado	49
Tabla 6-2: Comparación descriptiva	49
Tabla 6-3: Distribución de resultados	50
Tabla 6-4: Prueba t	51
Tabla 6-5: Prueba de wilcoxon para pruebas no parametricas	51

1. Introducción

En los últimos años, las líneas de investigación en educación se han enfocado en el campo de la didáctica de las ciencias, donde "...se ha puesto en evidencia la escasa efectividad de una enseñanza de las ciencias incapaz de lograr la comprensión de conceptos fundamentales y reiteradamente enseñados....." (GIL PEREZ, 1986). Los preconceptos o ideas previas que los estudiantes traen de su experiencia a veces representan una dificultad en la comprensión del significado de Movimiento y Fuerza. Las características más importantes (DRIVER, 1986) de esas ideas están relacionadas con el uso de sistemas de referencia absolutos, la implicación de la fuerza en el movimiento de un cuerpo, la idea de que para que el cuerpo continúe moviéndose, debe existir una fuerza aplicada, la creencia de que a mayor velocidad, mayor fuerza aplicada, que el cuerpo se mueve siempre en la misma dirección en la que se aplica la fuerza, que sobre cuerpos en reposo no hay fuerzas aplicadas y que a mayor altura, mayor es la aceleración de la gravedad.

Ante esta situación, la pregunta es: ¿cómo lograr enseñar los conceptos de fuerza y movimiento de manera que se reestructuren correctamente estas ideas previas?. Algunos estudios, como el de (GARCIA, M.B., DELL'ORO, G., 2001), proponen actividades desde una perspectiva cognitivista y de historia de la ciencia para modificar los conceptos previos de los estudiantes, pero sin éxito. Es común que los temas desarrollados en el curso sean un poco difíciles para los estudiantes, ya sea por el manejo formal de las relaciones que allí surgen o por no establecer la conexión de la temática estudiada en clase con los eventos que hacen parte de su propia vivencia fuera del salón de clase. En cambio, la forma en la que los estudiantes modelan de manera intuitiva situaciones de su vida diaria pueden ser la base de ejemplos para tratar el tema, pues son más fáciles de comprender y brindan una información confiable sobre las ideas previas de los estudiantes. Por su parte la mayoría de los libros de texto en Colombia desarrollan la segunda ley de Newton de la manera tradicional, como fuerza neta igual al producto de masa por aceleración; en cambio ninguno lo desarrolla como lo planteó inicialmente Newton, como el impulso total igual al cambio del movimiento. Las fuerzas cambian el movimiento, y éste concepto mucho más intuitivo debería servir como base para construir una propuesta didáctica que posibilite una mayor comprensión conceptual.

Este trabajo presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de la fuerza a partir del cambio de movimiento, utilizando para ello talleres en grupo que trabajan experiencias cotidianas de los estudiantes. La propuesta incluye también una práctica experimental y exposiciones magistrales, y se basa en la representación vectorial de los conceptos fuerza y movimiento. La propuesta se implementó con estudiantes de grado décimo del

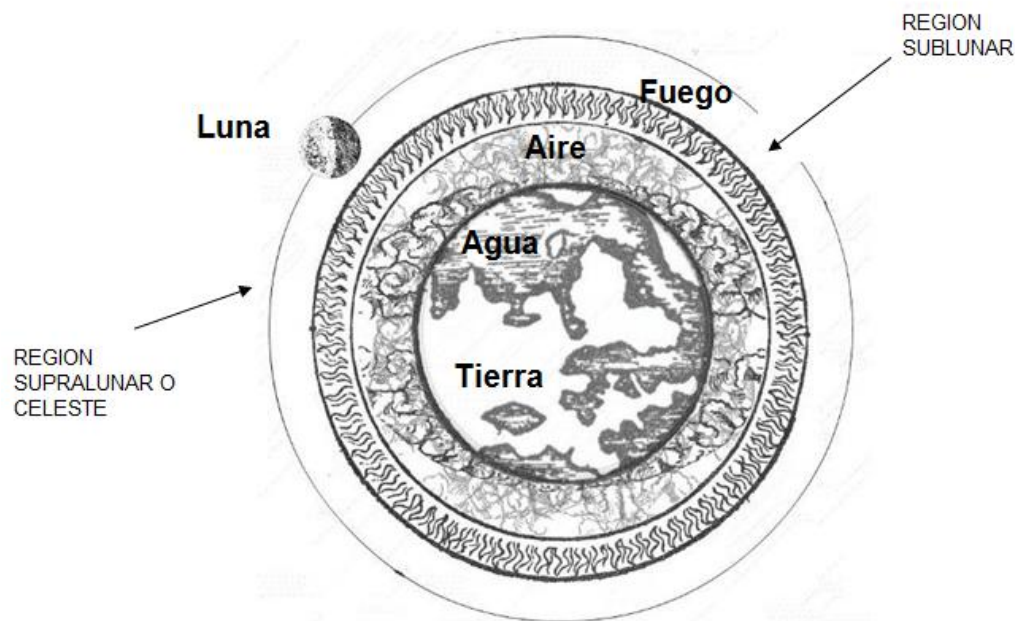
Colegio INEM Francisco de Paula Santander de la localidad de Kennedy en Bogotá. La aplicación se evaluó con un diseño pre-experimental aplicando un mismo test antes y después de la implementación de la estrategia. El análisis estadístico de los resultados mostró un incremento estadístico altamente significativo del desempeño promedio de los estudiantes, pero los puntajes siguen siendo en general bajos.

Las guías de las actividades desarrolladas por los estudiantes evidencian que los conceptos previos errados aún persisten en la mayoría de los estudiantes, y que por lo tanto una propuesta pedagógica construida a partir del uso que los estudiantes hacen de sus conceptos previos en la vida cotidiana no es suficiente para eliminarlos del todo.

2. Historia y Evolución del concepto Fuerza

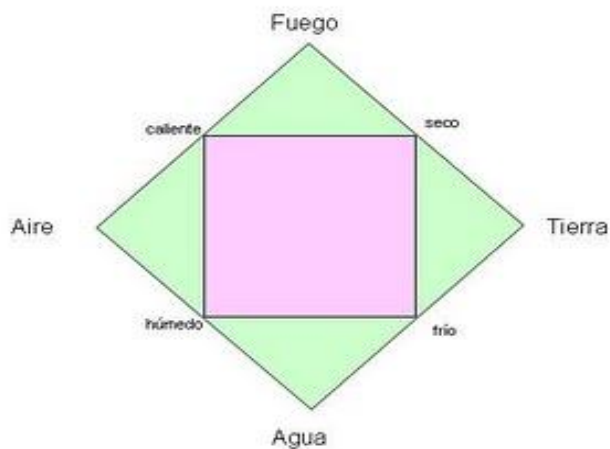
Los conceptos de fuerza y movimiento empiezan a formalizarse con las ideas de Aristóteles (384-322 a.C). Según Aristóteles, en el mundo existen dos regiones distintas y no conectadas entre sí: *región sublunar*, localizada dentro del espacio delimitado por la esfera de la luna (descrita por la trayectoria de ésta) y lugar de lo temporal, y *región celeste*, donde se encuentra lo perfecto e inalterable, y lugar de lo eterno.

Figura 2-1: Las dos regiones del mundo según Aristóteles



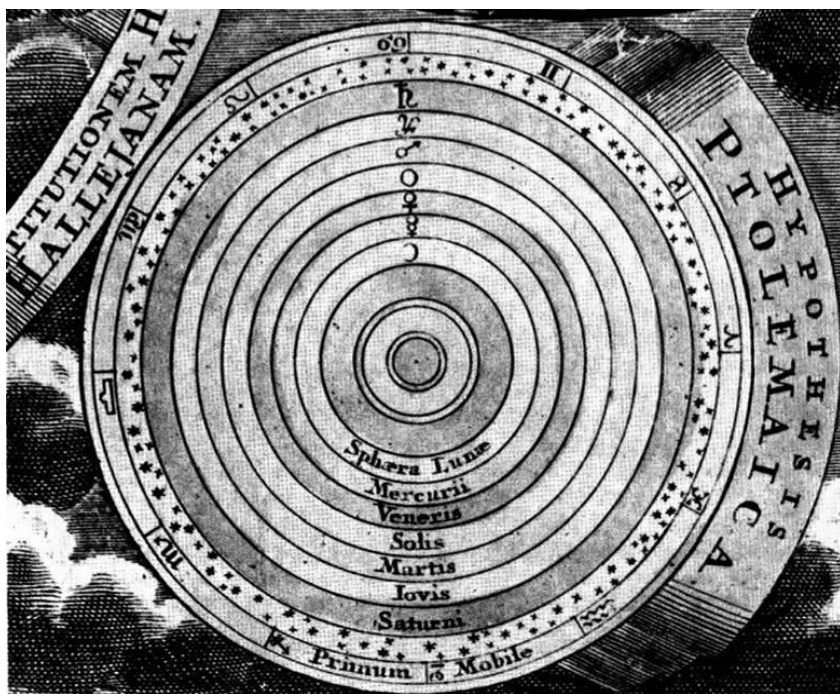
Cada una de estas regiones está compuesta de sustancias diferentes. En la región sublunar, existen cuatro elementos simples: tierra, agua, aire y fuego. “*El movimiento natural de estos cuatro elementos es rectilíneo imperfecto, y pueden actuar de diferentes formas: caliente, frío, húmedo y seco*” (ALONSO SEPÚLVEDA, 2003), como se ilustra en la figura 2-2. Más allá de la esfera de la luna, el elemento es el éter y su movimiento “natural” es el círculo.

Figura 2-2: Los cuatro elementos y sus formas.



Aristóteles asume el sistema geocéntrico imaginando la Tierra en reposo en el centro del mundo. La inmovilidad de la Tierra se explica desde su punto de vista porque “los cuerpos que son arrojados hacia arriba vuelven de nuevo al mismo sitio”, pues si la Tierra rotara, los cuerpos tendrían que caer en un lugar diferente. Aristóteles supone la existencia de nueve esferas concéntricas transparentes en las que se unen los planetas (Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno), las estrellas fijas y una esfera exterior que representa lo divino.

Figura 2-3: Las esferas concéntricas de Aristóteles.



Uno de los elementos conceptuales del pensamiento Aristotélico era la causa, que explicaba la existencia de todos los objetos a partir de:

-Causa material: Que describía la materia que constituía el objeto (tierra, agua, aire, fuego para elementos terrestres y éter para la región que se extendía más allá de la Luna)

-Causa formal: Haciendo referencia al modelo seguido para que el objeto existiese,

-Causa eficiente: Que daba razón de la existencia del objeto

-Causa final: Considerada como la más importante ya que hacía referencia a los fines destinados a los objetos.



Aristóteles consideraba sólo dos clases de movimiento: *movimiento natural* y *movimiento violento*. El *movimiento natural* era el que se generaba en virtud de su *causa material*, que podían ser tierra, agua, fuego y aire. El cuerpo se movía buscando su lugar natural dentro del orden de las esferas, porque esa era la *causa final* de la materia de la que estaba hecho. Por ejemplo, la piedra caía porque su *finalidad* era constituir el centro del Universo y buscaba por lo tanto su lugar natural en el centro. (ALONSO SEPÚLVEDA, 2003)

Aristóteles

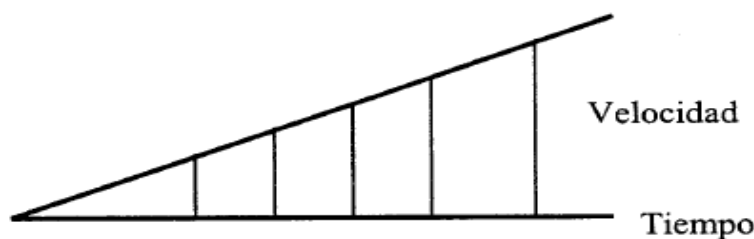
El movimiento de cada cuerpo estaba determinado según el componente que tuviera en mayor grado. Por ejemplo, al soltar una pluma; constituida de aire y tierra, el elemento que predominaba era la tierra, y por eso cae, pero también tiene aire, y por eso no cae tan rápido como un trozo de arcilla. Aristóteles creía que los cuerpos al caer en el aire tenían una velocidad proporcional a su peso, por lo que un objeto diez veces más pesado que otro caería diez veces más rápido. *“Incluso afirmó que todos los cuerpos caerían a la misma velocidad con independencia de su peso en un vacío, pero luego llegó a la conclusión de que este resultado en apariencia increíble debía ser “imposible” y así insistió en que el vacío simplemente no podía existir.*” (HECHT, 1987). Este *movimiento natural* podía ser vertical hacia arriba o hacia abajo en el mundo sublunar, y también circular, como movimiento perfecto del mundo supralunar o celeste. En contraste, el *movimiento violento era aquél* impuesto por algún agente externo, que impedía que el objeto buscara su lugar natural. Este último movimiento tuvo dificultades, ya que los agentes externos que imponían dicho movimiento no eran evidentes en muchos casos. Tomemos por ejemplo el movimiento de una flecha. Su movimiento inicial se puede atribuir a la cuerda que la impele, pero ya lejos de la cuerda no había un objeto evidente que le siguiera dando ese impulso. Para explicarlo, Aristóteles propuso que la flecha empujaba el aire delante de ella y creaba un espacio vacío detrás, y el aire circundante entraba a llenar ese vacío y empujaba la flecha hacia adelante. De esta manera, el movimiento de la flecha se explicaba porque el aire era el agente que continuaba dándole el movimiento.

Hiparco (190-120 a.C) fue uno de los primeros críticos de las ideas aristotélicas y pareció inspirar a Juan Filopón, conocido como *Juan el gramático* (490-566), para explicar el movimiento de los cuerpos sin influencia de agentes externos. Juan Filopón refutó la

afirmación aristotélica de que los cuerpos caían con una velocidad proporcional a su peso y lo comprobó experimentalmente. Sin embargo, los aristotélicos lo tomaron como una simple excepción de la regla. Con relación al aire como agente externo que impulsaba la flecha, comentó: “tal idea es increíble y bordea lo fantástico” (HECHT, 1987). Al respecto, afirmaba que el movimiento de la flecha se daba por una fuerza interna, lo que convierte esto en la primera sugerencia de la inercia.

Juan Buridán (1300-1358) fue el máximo exponente de la teoría dinámica del medioevo con su “teoría del ímpetu”. Afirmaba que, contrario a lo que pensaba Aristóteles, el aire no empujaba las cosas, sino que las frenaba. Según Buridán: “...un motor, al mover un cuerpo, imprime en él un cierto ímpetus, una cierta fuerza capaz de mover ese cuerpo en la dirección en la que lo lanzó el motor, sea hacia arriba o hacia abajo, hacia un lado o en círculo. Cuánto más rápidamente el motor mueve al mismo cuerpo, tanto más poderoso es el ímpetus impreso en él. Es por este ímpetus por lo que la piedra es movida después de que el lanzador deja de moverla; pero, a causa de la resistencia del aire y también a causa de la gravedad de la piedra, que la inclina a moverse en una dirección opuesta a la que el ímpetus tiende a moverla, este ímpetus se debilita continuamente” (HERNANDEZ, 2010)). Arguyó que el *ímpetus* era mayor para una bola de hierro que para una pluma, por lo que la bola de hierro podía ir más lejos que una pluma; y que una bola de hierro del mismo tamaño que una bola de madera viajaría más rápido que ésta, porque la densidad de la bola de hierro era mayor. De esta manera, concluyó que la cantidad de *ímpetu* en un cuerpo conservaba proporcionalidad con la cantidad de materia y la rapidez, una construcción que coincide perfectamente con la definición newtoniana de momentum lineal. Fue desde esa misma teoría como explicó la aceleración en caída libre, que no podía explicarse en el marco aristotélico. Buridán sostenía que en la caída se añadían “ímpetus” sucesivos al objeto. Con estas ideas resucitó el punto de vista de Filopón y lo convirtió en el precursor de la mecánica del movimiento. Un poco después, Nicolás Oresme (1323-1382), intelectual muy sobresaliente de la época y discípulo de Buridán, afirmó que el Universo no necesitaba acción externa para funcionar por sí mismo para siempre. También fue Oresme el que representó la caída libre como un triángulo en el que la velocidad aumentaba proporcionalmente con el tiempo, y que fue la base de la deducción teórica de Galileo para la caída libre, como se muestra en la Figura 2-4.

Figura 2-4: Triángulo de Oresme para la caída libre



Traza un segmento horizontal cuyos puntos representan los instantes de tiempo y para cada uno de esos instantes de tiempo traza un segmento particular (vertical) cuya longitud representa la velocidad en ese instante.

La ciencia moderna se inició con las mediciones y análisis sobre el movimiento hechas por Galileo (1564-1642), en contraposición con las ideas aristotélicas que estuvieron en vigencia por cerca de 2000 años. Galileo empleó un argumento tomado de los eruditos de la Edad Media: *Ténganse tres objetos idénticos; por ejemplo, tres bolas de arcilla; con toda certeza, estas bolas caerían independientemente con la misma rapidez. Júntense ahora dos de ellas de manera que queden unidas. El resultado será que se tienen dos objetos, uno de doble peso que el otro. A pesar de eso, (despreciando las diferencias del rozamiento del aire), los dos objetos caerán juntos, recorriendo la misma distancia en el mismo tiempo...* (HECHT, 1987, págs. 71-93).

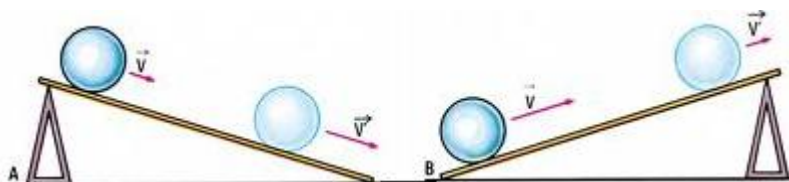


Según Galileo, cuando un objeto cae moviéndose con rapidez creciente, la resistencia a su movimiento también aumenta. Concluye, que un objeto que cae aumenta su rapidez de *forma simple*, es decir, con *aceleración uniforme*.

Para ilustrar la idea de que no es necesario que alguien esté empujando un cuerpo para que este se siga moviendo, Galileo juntó dos planos inclinados, uno hacia abajo y el otro hacia arriba, como se ilustra en la Figura 2-5. Una esfera soltada en el plano inclinado que descendía lograba alcanzar casi la misma altura vertical en el plano ascendente, sin importar la inclinación del plano.

Galileo Galilei

Figura 2-5: Plano inclinado de Galileo.



Afirmó que la altura era un poco menor en el plano ascendente, debido al rozamiento de la esfera con el plano. Posteriormente, disminuyó gradualmente la inclinación del plano ascendente y observó que la esfera recorría una distancia mayor antes de alcanzar “casi” la altura vertical desde la que había sido lanzada. Concluyó que si no existiera rozamiento en el plano ascendente, al movimiento de la esfera sería uniforme y eterno, poniendo en evidencia la *ley de la inercia*: “*un cuerpo en movimiento, dejado libre, sin influencia de ninguna clase, tiende a permanecer en movimiento uniforme*”.

Al respecto, En su obra *Diálogos de los máximos sistemas del mundo: ptolemaico y copernicano*, escrita en el año 1632, Galileo describe la conversación desarrollada entre tres hombres durante cuatro días sucesivos. Los integrantes de la conversación son *Salviati*, *Sagredo* y *Simplicio*. “*Salviati*, que aparece en el diálogo como el sobresaliente director de la conversación, expresa generalmente las ideas del propio Galileo. Es el científico moderno e inteligente que sabe invalidar los argumentos presentados por todos

los demás en contra del movimiento de la Tierra. *Sagredo* ocupa el segundo lugar como interlocutor. Con sus preguntas precisas y su clara comprensión de los problemas contribuye de forma esencial al buen desarrollo de la conversación. *Simplicio* como representante de los aristotélicos y los peripatéticos, es una figura simbólica y en cuanto tal se le designa irónicamente con el nombre de “el simple” (HEMLEBEN, 1985). A continuación se incluye textualmente la parte del *Diálogo* que hace referencia al movimiento de un cuerpo en un plano inclinado y a la inercia:

“Salviati: *No deseo que digáis o respondáis que sabéis nada más que lo que sabéis con toda seguridad. Por tanto, decidme. Si tuvieseis una superficie plana, tan pulida como un espejo y de materia dura como el acero y que no estuviese paralela al horizonte, sino un poco inclinada, y sobre ésta pusieseis una bola perfectamente esférica, de materia grave y durísima como de bronce, si la dejarais abandonada a sí misma, ¿qué creéis que haría? ¿No creéis (como creo yo) que se mantendría quieta?*

Simplicio: *¿Si la superficie estuviese inclinada?*

Simplicio: *Yo no creo que se quedase quieta en absoluto, más bien al contrario estoy seguro de que se movería espontáneamente hacia el declive.*

Salviati: *Así pues, ¿estáis seguro de que la bola se movería espontáneamente hacia el declive?*

Simplicio: *¿Qué duda cabe?*

Simplicio: *En este caso tengo que pensar un poco la respuesta. No existiendo declive hacia abajo, no puede haber inclinación natural al movimiento, y no existiendo inclinación hacia arriba, no puede haber resistencia a ser movido, de modo que vendría a ser indiferente entre la propensión y la resistencia al movimiento. Me parece, por tanto, que debería quedarse naturalmente quieto. Pero soy un desmemoriado, porque no hace mucho que el Sr. Sagredo me hizo entender que así sucedería.*

Salviati: *Así lo creo, si uno lo dejase quieto. Pero, y si le hubiera dado ímpetu hacia algún lado, ¿qué sucedería?*

Simplicio: *Sucedería que se movería hacia ese lado.*

Salviati: *Pero, ¿con qué clase de movimiento? ¿Continuamente acelerado como en los planos inclinados hacia abajo, o progresivamente enlentecido, como en los inclinados hacia arriba?*

Simplicio: *Al no haber inclinación ni hacia arriba ni hacia abajo, no sé captar ni causa de aceleración ni de enlentecimiento.*

Salviati: *Sí. Pero si no existe causa de enlentecimiento, mucho menos debe haberla de reposo. Así pues, ¿cuánto presumís que duraría el movimiento?*

Simplicio: Tanto cuanto durase la longitud de la superficie no inclinada ni hacia arriba ni hacia abajo.

Salviati: Así pues, si tal espacio no tuviese fin, ¿el movimiento en él también sería igualmente sin fin, esto es perpetuo?

Simplicio: Me parece que sí, si el móvil fuese de materia que durara.

Salviati: Eso ya se ha dado por sentado, porque se ha dicho que se eliminaban todos los impedimentos accidentales y externos, y la fragilidad del móvil en este caso es uno de los impedimentos accidentales. Ahora decidme: ¿cuál creéis que es la causa de que la bola se mueva espontáneamente sobre el plano inclinado hacia abajo y que no lo haga, sin violencia, sobre el inclinado hacia arriba?

Simplicio: Porque la inclinación de los cuerpos graves es la de moverse hacia el centro de la Tierra, y sólo mediante violencia hacia la circunferencia. Y la superficie inclinada hacia abajo es la que va aumentando la proximidad al centro, y la inclinada hacia arriba va aumentando la distancia.

Salviati: Así pues, una superficie que no hubiera de tener inclinación ni hacia arriba ni hacia abajo, tendría que ser igualmente distante del centro en todas sus partes. Pero, ¿existe en el mundo alguna superficie así? (Wikisource)

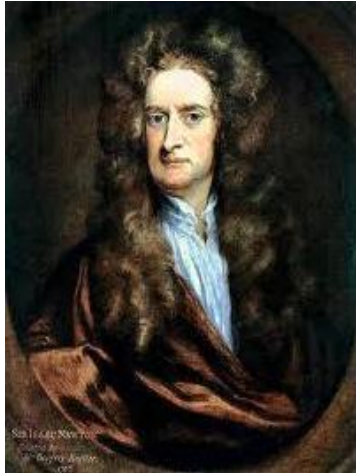
En el este diálogo, Galileo explica su teoría del movimiento por medio de los planos inclinados. Cuando el plano desciende, una esfera rodando sobre él ganará rapidez, mientras que si asciende pierde rapidez. Entonces, se deduce que si la superficie es horizontal, una esfera no incrementaría ni reduciría su rapidez. "...En ausencia de fuerzas retardadoras, la esfera tiende a moverse indefinidamente sin aminorar su rapidez. Esta propiedad de un objeto de mantener su estado de movimiento se denomina *inercia*" (HEWITT, 2001)



René Descartes

René Descartes (1596-160) en sus *Principios de filosofía* afirmó: "todo cuerpo que se mueve tiende a continuar su movimiento en línea recta". El principio de inercia rechazaba la concepción aristotélica de que el movimiento necesitaba de un empuje. No publicó su texto, por temor a la Iglesia y porque no quería correr con la preocupante suerte de Galileo. A partir de la idea de los "vórtices o torbellinos de materia", explicaba que el espacio estaba ocupado de materia y era precisamente a través de los torbellinos que allí se originaban que ocurría la transmisión de la interacción entre los objetos, lo que constituye una idea inicial del concepto de campo de fuerzas. Descartes también relacionaba el concepto de *cantidad de movimiento* con el producto de la masa y la velocidad. Curiosamente, para Descartes la esencia de la materia no era la masa sino el volumen.

En el siglo XVII, Newton (1643-1727) logró interpretar las interacciones entre cuerpos y su movimiento.



Isaac Newton

Newton demostró que el movimiento de un cuerpo, además de caracterizarse por su *rapidez*, también se debía caracterizarse por la *masa*. “*La cantidad de materia es la medida de la misma, procediendo de su densidad y volumen conjuntamente.*” Con esto, ya era posible precisar la *cantidad de movimiento*. Fue así como construyó la dinámica, en función a la cantidad de movimiento y formuló las tres leyes de la mecánica clásica para decir cómo cambia ese movimiento. La primera ley, llamada la *Ley de inercia*, identifica cuáles observadores podrán aplicar las demás leyes para predecir el movimiento: si las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo suman cero, el cuerpo debe mantener su cantidad de movimiento. Sólo aquellos que observen que esto se cumple pueden aplicar las leyes de Newton.

La segunda ley establece cómo cambia el movimiento de un cuerpo cuando se aplica sobre él una fuerza. “*El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza*”. Tercera ley: “*Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias.*” Corolario: “Las fuerzas se suman, de acuerdo con la ley del paralelogramo” (NEWTON, Principios matemáticos, 1993).

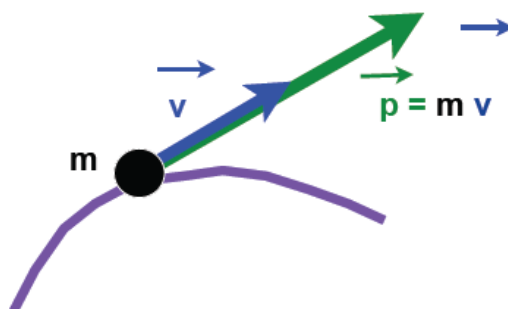
Antes de la formulación de las leyes de la mecánica clásica de Newton, la pregunta acerca de movimiento era ¿por qué se mueve el cuerpo?. Después de Newton, las preguntas son: ¿Cómo cambia su movimiento? ¿Quién se lo cambia? ¿Por qué acelera, frena o se desvía? ¿Respecto a qué se mueve el cuerpo? Con el corolario, fuerza y movimiento adquieren un carácter vectorial, y se hace indispensable determinar el sistema de referencia dentro del cual se describe el movimiento.

Newton logró demostrar que las leyes naturales que rigen el movimiento de la Tierra son las mismas leyes que rigen el movimiento de los cuerpos celestes. Con la formalización de la mecánica, se dió por enterrado el pensamiento aristotélico (al menos en los libros).

3. Fuerza y Movimiento

Cuando se pide definir el movimiento, la mayoría de las personas lo relacionan con un cambio en la posición que tiene el objeto, considerado con respecto a un punto y a una orientación "fijas", que pueden estar determinados por el piso, una pared, o un objeto considerado fijo en un espacio determinado. Esto es esencialmente cierto, pero depende de cuál sea el punto y la orientación que se elijan como referencia. Considere el caso en el que dos personas conducen vehículos diferentes que se encuentran detenidos, uno al lado del otro, porque el semáforo está en rojo. Cuando uno de los vehículos arranca primero, el conductor del otro vehículo tiene con frecuencia la impresión de que es su vehículo el que arranca hacia atrás, porque toma al otro vehículo como sistema de referencia (y en efecto, así es, si elige a ese vehículo como su sistema de referencia para describir el movimiento). En cambio, si se escoge al semáforo como sistema de referencia, es el vehículo que arranca primero el que se mueve hacia adelante, mientras el otro permanece en reposo. Por lo tanto, para hacer referencia a movimiento es importante incluir un sistema de referencia, ya que el movimiento es relativo.

Figura 3.1 El vector cantidad de movimiento



Los cuerpos se mueven en alguna dirección, y por lo tanto vale la pena representar el movimiento como un vector, \vec{p} . **Para cambiar el movimiento de los cuerpos se les tendrá que aplicar una fuerza, pero los cuerpos pueden estar moviéndose y seguirse moviendo aunque no se les aplique fuerza alguna.** La cantidad de movimiento puede medirse cualitativamente como la capacidad que tiene un cuerpo de mover cosas cuando choqua contra ellas. Un cuerpo en movimiento puede lograr mover el mayor número de objetos de dos maneras:

- Si su masa es grande, al compararla con la masa de los objetos contra los que choqua, y

- Si se mueve rápidamente, aunque tenga masa parecida a los objetos contra los que choca.

“La cantidad de movimiento es una cantidad dinámica con mayor información que la velocidad” (ALONSO,F.,FINN,E. J., 1986).

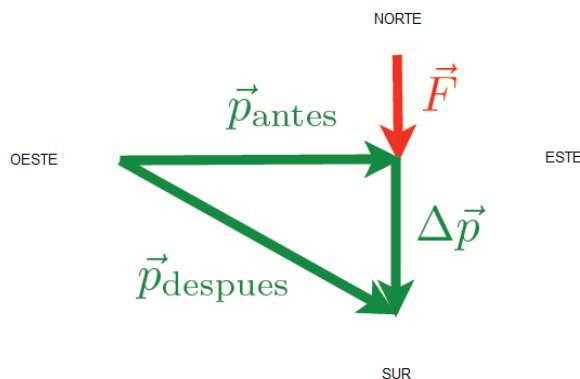
Para ilustrarlo, considere por ejemplo, el movimiento de dos vehículos. Si dos vehículos de diferentes masas se mueven con la misma velocidad, será más difícil detener el de mayor masa. Si dos vehículos tienen igual masa pero viajan a velocidades diferentes, será más difícil detener el más rápido. De esta manera cualitativa se puede establecer qué cuerpo tiene mayor cantidad de movimiento, y concluir que tanto masa como la velocidad contribuyen a esta cantidad. La cantidad de movimiento se define entonces como

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad , \quad (3.1)$$

y sus unidades en el SI son $kg \cdot \frac{m}{s}$

Las fuerzas son los empujones o jalones que cambian el movimiento. Lo pueden cambiar acelerándolo (si van en la misma dirección del movimiento), frenándolo (si van en la dirección contraria) o desviándolo (si se orientan perpendiculares al movimiento), o en alguna composición de los casos anteriores. Como el movimiento es un vector, el vector cambio de movimiento (que no es más que la resta entre el movimiento nuevo y el antiguo) también es un vector, orientado en la misma dirección de la fuerza que lo produce. Considere cómo actúa una fuerza dirigida de norte a sur sobre un cuerpo que se mueve de oeste a este, como se ilustra en la Figura 3-2. Como resultado del empujón, el cuerpo se desvía hacia el sureste. El cambio del movimiento producido por la fuerza se suma al movimiento antiguo vectorialmente, y el cuerpo queda moviéndose en la dirección de la resultante.

Figura 3-2: Una interacción modifica el movimiento



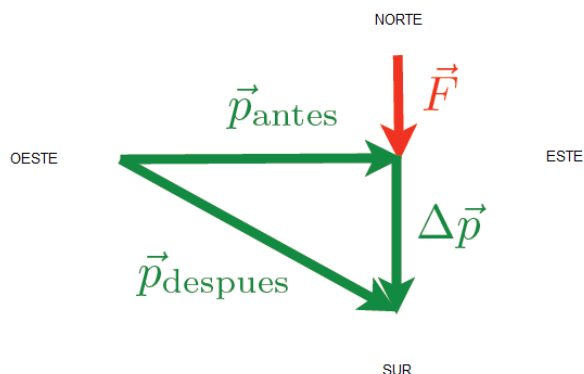
¿Cuánto cambió el movimiento con la aplicación de una fuerza?. De acuerdo con Newton, una fuerza produce un cambio de movimiento igual a la fuerza ejercida multiplicada por cuánto tiempo se ejerce. Esta cantidad se llama *Impulso*

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t \quad (3-2)$$

Lo que nos dice la segunda ley de Newton, es que el cambio en la cantidad de movimiento (o momentum lineal) de un cuerpo es igual a la suma de los impulsos ejercidos por todas las fuerzas que actúan sobre él,

$$\Delta \vec{p} = \sum \vec{I} = \sum \vec{F} \cdot \Delta t \quad (3-3)$$

Esta es la forma más intuitiva de entender la segunda ley de Newton, el cuerpo se va moviendo y lo que hacen las fuerzas cuando se aplican al cuerpo es irle sumando impulsos que lo aceleran, lo frenan o lo desvían.



¿Y qué pasa con la aceleración? Como el movimiento es igual al producto de la masa por la velocidad, el cambio en el movimiento puede darse porque cambia la masa o porque cambia la velocidad. Si la masa es constante, se obtiene:

$$\vec{F} \Delta t = m \Delta \vec{v} \quad (3.4)$$

Reorganizando,

$$\vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} ,$$

$$\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \text{aceleración}(\vec{a})$$

Así se obtiene la definición clásica de la segunda ley de Newton,

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (3.5)$$

De esta relación se observa fácilmente que las unidades de fuerza en el SI son $\text{Kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Esta es la forma más tradicional como se encuentra en los libros, pero la forma original, la que relaciona fuerza con cambio de movimiento, es más intuitiva y más adecuada para la enseñanza.

4. Cómo se enseña el concepto Fuerza

4.1 Estudios acerca del aprendizaje del concepto de fuerza

Generalmente, se aborda el concepto fuerza cuando se da inicio a la dinámica o cuando se requiere hacer algunas explicaciones sobre operaciones con vectores. Primero, se explica acerca de su carácter vectorial y se mencionan algunos casos donde se acude a la representación gráfica. En muchos textos, no se da definición concreta de fuerza y se explica desde los efectos que puede causar. Se encuentra en la mayoría de los textos la definición tradicional $F=ma$. Casi nunca se incluye algo de evolución histórica o se toca tangencialmente haciendo referencia únicamente a Newton.

Existen diversos estudios acerca de las dificultades en la interpretación del concepto fuerza, tanto por estudiantes de secundaria como por estudiantes de primeros años de formación universitaria. Resumiendo los resultados arrojados por las diferentes investigaciones, podemos decir que "...se ha puesto en evidencia la escasa efectividad de una enseñanza de las ciencias incapaz de lograr la comprensión de conceptos fundamentales y reiteradamente enseñados....." (GIL PEREZ, 1986). Los preconceptos o ideas previas que los estudiantes traen de su experiencia representan a veces una dificultad en la comprensión del significado de movimiento y fuerza, aunque por otra parte son también el estado inicial de su intuición, que se busca reestructurar con la instrucción. Las características más importantes (DRIVER, 1986) de esas ideas están relacionadas con:

- **El uso de sistemas de referencia absolutos**, pues algunos estudiantes definen el movimiento como algo intrínseco de los cuerpos y no con respecto a un sistema de referencia. En efecto, existe la costumbre de describir el movimiento de algún cuerpo con respecto a confusos puntos de referencia, como, por ejemplo, el piso.
- **La implicación de la fuerza en el movimiento de un cuerpo**. Un estudio realizado por Watts y Zylbersztanj en 1981 (WATTS, D.M., ZYLBERSZTAJN, A., 1981) muestra la creencia de un centenar de estudiantes ingleses de que el movimiento de una bala de cañón requiere de una fuerza impulsora durante todo el trayecto recorrido que se orienta en la misma dirección del movimiento.

- **Para que el cuerpo continúe moviéndose, la fuerza se debe mantener.** Esto implica que, si la suma de las fuerzas aplicadas es cero, el cuerpo no se puede estar moviendo.
- **La fuerza cambia cuando la velocidad del cuerpo que se mueve también cambia,** específicamente, que entre más rápido se mueve un cuerpo, mayor es la fuerza que actúa sobre él.
- **El cuerpo se mueve siempre en la misma dirección en la que se aplica la fuerza.** Es decir, se asocia la fuerza como responsable del movimiento, no del *cambio* de movimiento.
- **Sobre un cuerpo en reposo no actúa ninguna fuerza,** lo cual representa una dificultad en identificar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en equilibrio.
- **La aceleración de la gravedad cambia de acuerdo con la posición del cuerpo,** cuando el cuerpo tiene mayor altura mayor será el valor de su aceleración y viceversa.

4.2 Las indicaciones de los estándares del MEN

Dentro del documento que contiene los lineamientos trazados por el Ministerio de Educación Nacional para las Ciencias Naturales en Colombia, en el referente psicocognitivo se hace alusión al significado de la imaginación dentro de la labor académica en ciencias. Como se cita textualmente: *“El elemento más importante y menos mencionado cuando se habla del pensamiento científico en el momento de proponer soluciones a un problema es la imaginación. En este proceso participan diversas habilidades de pensamiento. Una de ellas es la distinción entre lo posible y lo imposible, y hacer un despliegue completo y ordenado de lo posible. Otra es el establecimiento de posibles relaciones entre objetos y eventos conocidos; en otras palabras, la habilidad de formular hipótesis. Ellas deben ser tales que sea factible establecer si además de ser posibles son reales. Otra habilidad importante es la de establecer analogías y la de construir modelos mentales. Las analogías permiten, mediante una comparación de algo conocido con algo nuevo, entender mejor aquello que se desconoce de lo nuevo. La construcción activa de modelos mentales permite explicar los fenómenos modelados. El poder explicativo, o mejor la capacidad de predecir y controlar los fenómenos modelados, depende directamente de la naturaleza de los modelos imaginados”.*

De acuerdo con la referencia mencionada en el documento, una parte muy importante en la labor académica es la de poder predecir a partir de la construcción de un *modelo imaginado* que relacione los posibles eventos que pueden ocurrir en una situación problemática propuesta. Al predecir se activan procesos de pensamiento lógicos que están buscando basar sus argumentos en observaciones hechas a priori (situaciones vividas seguramente con anterioridad), que pueden luego contrastarse con la teoría que se encuentra en los textos.

La enseñanza de la física se enmarca en los estándares dentro de las ciencias naturales, abordada desde cuatro componentes: eventos de mecánica de partículas, eventos termodinámicos, eventos ondulatorios y eventos electromagnéticos. Interesa aquí hacer referencia al componente de eventos de mecánica de partículas. Los temas a tratar

dentro de este componente se basan en la enseñanza de los conceptos fuerza, cantidad de movimiento e impulso. Se mencionan como objetivos que el estudiante establezca relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme y que modele matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos.

4.3 Cómo se enseña el concepto de fuerza en los textos de referencia

Como ejemplos paradigmáticos de textos de referencia para la enseñanza del concepto de fuerza hemos escogido dos libros: los *Principia* de Newton y la *Mecánica Newtoniana* de A.P. French.

Los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* son la referencia original cuando se habla de fuerza y movimiento. En la segunda parte de su libro, Isaac Newton “rebate la doctrina cartesiana sobre la comunicación del movimiento y la interacción física” (ARANA). Desde los Principia, se tiene la definición de espacio así: “*el espacio absoluto, en su estado natural, sin relación con nada externo permanece siempre igual e inamovible*” descrito como lo que siempre existe de manera estacionaria para que los objetos existan e interactúen allí sin interactuar con el espacio mismo. El tiempo se describe desde el punto de vista de Newton como absoluto, ya que considera que transcurre igual en cualquier lugar del Universo. Según los Principia “*El tiempo absoluto, real y matemático por sí, desde su propia naturaleza discurre igualmente sin relación con ninguna cosa externa, y por otro nombre, se le llama duración*”.

Isaac Newton estableció el principio de inercia en su primera ley: “*Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas*”, o, de forma generalizada, “*Cada cuerpo permanece en su estado de reposo, o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que actúen fuerzas sobre él que le obliguen a cambiar ese estado*”. Este enunciado implica la definición de sistema de referencia inercial: los movimientos se pueden predecir solo dentro de sistemas de referencia que identifiquen una suma de fuerzas igual a cero sobre los cuerpos que describen con velocidad constante. También de acuerdo con la primera ley, no se requiere de fuerza alguna para que un cuerpo se siga moviendo. Cuando el cuerpo cambia su movimiento es debido a una interacción con un sistema físico externo. Para cambiar la cantidad de movimiento de un objeto se requiere de una fuerza: “*la fuerza impresa es una acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado, bien sea de reposo o de movimiento uniforme en línea recta*”. En los Principia se expresa la segunda ley a partir del cambio de movimiento (o momentum): “*El cambio en el movimiento de un cuerpo es igual a la fuerza total aplicada multiplicada por cuánto tiempo ose aplica esa fuerza*”. Esta ley nació como observación de la consecuencia de los procesos de colisión. Afirma que la aceleración producida por una fuerza constante tiene el mismo valor en cualquier situación. Finalmente, la tercera ley indica cómo asignar las fuerzas a cuerpos que interactúan entre sí..

La *Mecánica Newtoniana* de A.P. French es uno de los libros más consultados a nivel universitario. Inicia con una introducción al universo de partículas, aduciendo la partícula

como “la esencia del estudio newtoniano de la mecánica”, y describiendo la importancia a las fuerzas que actúan sobre ellas. Así, el libro considera a los objetos como cuerpos individuales que en circunstancias apropiadas pueden ser vistos como masas puntuales desde el punto de vista dinámico. Por ejemplo, a pesar de su monumental tamaño y gran masa, una estrella se puede considerar como una partícula cuando se compara con la enorme distancia que la separa de otra estrella.

Luego, el libro hace referencia al espacio, el tiempo y el movimiento, e introduce a renglón seguido el sistema de referencia como un sistema de coordenadas, resaltando la importancia de escoger un sistema de coordenadas conveniente. Algunos ejemplos de sistemas de coordenadas son el sistema de coordenadas cartesianas y el sistema de coordenadas polares. El libro, continúa con la explicación de descomposición de vectores y describe las operaciones entre ellos, para pasar luego a la definición de los conceptos cinemáticos de velocidad, velocidad instantánea, velocidad relativa y movimiento relativo, movimientos acelerados rectilíneo y movimiento parabólico. Todos se definen dentro de un sistema cartesiano de posición y estableciendo convenciones de signos para plantear correctamente las ecuaciones que se involucran en la solución de una situación determinada. De esta manera desarrolla la base conceptual y vectorial indispensable en la interpretación del concepto de fuerza.

French expresa que “la idea de Fuerza existe independientemente de las leyes cuantitativas del movimiento y surge inicialmente de experiencias subjetivas” (FRENCH, Fuerzas y Equilibrio, 1978). Una Fuerza no es propia del cuerpo, tal como lo afirmaba Aristóteles. La Fuerza siempre está aplicada a algún objeto y se origina desde un objeto, por lo que se deduce lógicamente que no existen fuerzas en ausencia de cuerpos que interactúen entre sí. “El peso de un objeto se definirá como la magnitud de la Fuerza hacia arriba que hay que aplicar al objeto con el fin de mantenerlo en reposo con respecto a la Tierra”, (FRENCH, Fuerzas y Equilibrio, 1978), lo cual es una definición operacional sobre el concepto peso. En este capítulo del libro se hace referencia a la confusión que puede presentarse entre peso y fuerza gravitatoria. De acuerdo con la definición operacional dada anteriormente para el concepto peso, si el dinamómetro del que se cuelga el cuerpo se rompiera, se podría suponer siguiendo dicha definición que el cuerpo quedaría “sin peso”, pero bien es sabido que esto no es cierto, ya que la atracción sobre el cuerpo existe independiente de los objetos.

El libro refiere sólo tres tipos de fuerzas: fuerzas de gravitación (debida a la masa), fuerzas nucleares (debida a las interacciones entre las partículas subatómicas a distancias menores de 10^{-15} m) y fuerzas electromagnéticas, tipificadas como fuerzas de contacto y debidas a la interacción entre cargas eléctricas de los cuerpos que se tocan. La fuerza electromagnética “proviene de la distorsión de las distribuciones de las cargas eléctricas positiva y negativa”. (FRENCH, Fuerzas y Equilibrio, 1978). A este grupo de fuerzas pertenece la fuerza normal, la tensión, la fuerza de rozamiento, etc.

En cuanto al principio de inercia, se plantean las siguientes cuestiones iniciales “¿Cómo son los movimientos de los cuerpos cuando actúan fuerzas sobre ellos?, ¿Qué se puede decir del movimiento de un objeto que no está sometido a ninguna fuerza?”. Estas preguntas sirven como orientaciones para plantear el problema central de la dinámica newtoniana (FRENCH, Fuerza, inercia y movimiento, 1978). Según el autor, el principio de inercia no puede probarse experimentalmente, porque no se tendrá certeza si el

cuerpo está completamente libre de influencias exteriores. Por lo tanto, esta ley implica que un objeto se moverá con velocidad constante ya que es ésta su naturaleza, y que la interpretación de dicho movimiento se hace teniendo en cuenta un determinado sistema de referencia.

La segunda ley de Newton se aborda desde la definición tradicional, como el producto de la masa por la aceleración. Haciendo referencia a algunos casos cotidianos y estableciendo desde allí la relación entre fuerza y aceleración.

4.4 Cómo se enseña el concepto de fuerza en los textos de educación media en Colombia

En las tablas que se relacionan a continuación se analizan once de los textos más comunes en la enseñanza de la física en grado décimo. La Tabla 3-1 identifica a cada uno de los textos por autor(es), editorial, y año. También se incluye una clave que corresponde a la visión general que presenta sobre el desarrollo del concepto fuerza.

Tabla 4-1: Enseñanza del concepto fuerza en algunos textos

Texto No	TITULO	AUTOR(es)	EDITORIAL	AÑO
1	FISICA: Principios con Aplicaciones	DOUGLAS C. GIANCOLI	Prentice Hall hispanoamericana S.A (México)	1997
	A partir de situaciones cotidianas. Además menciona que no siempre las fuerzas causan movimiento. Y también trata muy someramente el carácter vectorial de La fuerza. Luego invita a profundizar más en las secciones siguientes empezando con las Leyes de Newton.			
2	FISICA GENERAL I con experimentos sencillos	BEATRIZ ALVARENGA A. ANTONIO MAXIMO	HARLA (México)	1983
	Enuncia la primera ley de Newton, luego hace ejemplos de situaciones cotidianas donde enuncia el carácter vectorial de la Fuerza. Relación entre fuerza y movimiento según Aristóteles y luego según Galileo			
3	FISICA 1	PAUL E. TIPPENS	Mc Graw Hill INTERAMERICANA S.A (Colombia)	1992
	Inmediatamente después del tema de vectores se hace referencia a ejemplos cotidianos donde se aplica la fuerza, se da hincapié al carácter vectorial, por tanto se hallan fuerzas resultantes a través de soluciones con trigonometría			

4	FISICA FUNDAMENTAL	MICHEL VALERO	Norma S.A. (Colombia)	1995	Muy someramente explica el concepto intuitivo de fuerza, ejemplos de naturaleza de la fuerza, clasificación de fuerzas, primera y tercera ley de Newton, estática de un cuerpo, uso de vectores, aplicaciones. En otro capítulo hace lo referente a Dinámica.
5	Introducción a la FISICA Mecánica y Calor	MARCELO ALONSO R. VIRGILIO ACOSTA M.	Publicaciones Cultural Ltda. (Colombia)	1986	Enuncia de una vez las leyes de newton sin realizar ninguna clase de introducción al concepto en si, luego trata muy someramente composición de fuerzas, hace hincapié en la conservación del momentum, algunas clases de fuerza. Después dedica un capítulo a composición de fuerzas vectorialmente tratadas, pero con aplicación a torque, equilibrio y por último en otro capítulo trata la fricción.
6	FSICA 1	PAUL W. ZITZEWITZ ROBERT F. NEFF	Mc Graw Hill INTERAMERICANA S.A (Colombia)	1999	Enuncia ejemplos diversos cotidianos e inmediatamente asume las leyes de Newton, clases de fuerza. Dedicar un capítulo posterior a vectores con ejemplos en el cálculo de la fuerza resultante a través de ellos
7	INVESTIGUEMOS 10	MAURICIO VILLEGAS R. RICARDO RAMIREZ S.	VOLUNTAD (Colombia)	1989	Enuncia muy someramente el concepto de fuerza, pero argumenta que es de carácter vectorial y realiza los cálculos respectivos. Plantea las leyes de newton , realiza ejemplos. Hace gráficas y tablas. Coloca problemas de aplicación para resolver.
8	FISICA I	MAURICIO BAUTISTA BALEN	SANTILLANA (Colombia)	2001	Inicia el capítulo dando ejemplos cotidianos de aplicación de fuerzas en el deporte. Luego enuncia características, unidades y tipos de fuerzas. Luego enuncia y da ejemplos de la segunda y tercera ley de Newton. Relaciona la cantidad de movimiento y el impulso mecánico

9	CIENCIA EXPERIMENTAL FISICA 10	SANDRA BARRETO	EDUCAR (Colombia)	2005
No Hay explicación alguna del concepto de fuerza. Se realizan actividades experimentales apuntando a los vectores, luego se realiza lo mismo para mostrar equilibrio.				
10	FISICA CONCEPTUAL	PAUL G. HEWITT	PEARSON (México)	1999
Reseña del movimiento según Aristóteles, alusión a Copérnico, referencia del movimiento según Galileo. Se enuncian diversos ejemplos de la cotidianidad. Enuncia la primera Ley de Newton, continua con ejemplos de fuerzas. Hace un escaso reconocimiento al carácter vectorial de las fuerzas. Y en capítulos aparte enuncia la segunda y en otro la tercera ley de Newton. Luego en otro capítulo hace referencia a la cantidad de movimiento.				
11	FISICA 10	EDUARDO ZALAMEA GODOY JAIRO ARBEY RODRIGUEZ MARTÍNEZ ROBERTO PARIS ESPINOSA	EDUCAR (Colombia)	1997
Inicio del capítulo hace una breve reseña histórica de Newton. Enuncia luego las fuerzas cotidianas. Hace comentarios de las leyes de Newton y da ejemplos de fuerzas mecánicas diferentes. Trata sistemas inerciales. Tratan tres laboratorios : sobres leyes de Newton, medición de fuerzas, Rozamiento cinético. Muestra ejemplos de ejercicios resueltos.				

En la Tabla 4-2 se especifican algunas claves que se tienen en cuenta en el desarrollo del tema sobre fuerza en cada uno de los textos mencionados en la Tabla 4-1. Esta tabla solamente incluye la palabra -Sí o No- para hacer referencia a la inclusión o nó de la clave dentro del texto.

Tabla 4-2: Aspectos desarrollados en algunos textos

No	CRITERIOS	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T10	T 11
1	En el libro el tema de cinemática se trata antes del de Dinámica	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
2	Promueve la construcción y el análisis de gráficas de movimiento	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
3	Explica claramente representación y operaciones con cantidades vectoriales	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
4	Explica la segunda ley de Newton a partir de la cantidad de movimiento	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5	Explica la segunda ley de Newton a partir de la ecuación generalizada $F=m \cdot a$	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
6	Establece claramente la diferencia entre masa y peso, dando ejemplos claros	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI
7	Explica diferentes situaciones donde se plantean ecuaciones de movimiento a partir de un diagrama de cuerpo libre.	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI
8	Hace alusión de diferentes conceptos intuitivos como empujón y halón con el concepto fuerza.	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
9	Explica claramente las características de las cantidades vectoriales aplicadas a la Dinámica	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI

10	Nombra los tipos de fuerza que existen y los explica brevemente	.SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
11	Explica la naturaleza de cada fuerza (ej ; la fricción que tipo de fuerza es y quien la ejerce sobre quién.)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
12	Propone y resuelve ejercicios donde se asume velocidad constante	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
13	Explica claramente las tres leyes de newton con ejemplos de la cotidianidad	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI
14	En el texto se hace alusión a la historia y a la epistemología acerca del concepto fuerza.	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO

Inicialmente se encuentra en la mayoría de los textos alguna muy breve descripción acerca de las magnitudes escalares y magnitudes vectoriales. Luego se hace el análisis y la construcción de las gráficas de movimiento y la deducción de las ecuaciones cinemáticas para solucionar problemas propuestos. El tema dinámica se aborda desde la aproximación a la idea del concepto Fuerza. En efecto, en todos los textos analizados el concepto Fuerza se aborda en un capítulo anterior al de cantidad de movimiento, y parten es discutiendo las unidades de fuerza en diferentes sistemas de medición, como el SI y el sistema inglés. La segunda ley de Newton se expone como fuerza igual a masa por aceleración, sin referencia al cambio de movimiento. De esta manera se pierde gran parte del poder intuitivo de los conceptos expuestos por Newton en sus *Principia*.

5. Propuesta didáctica

El diseño de la propuesta se basó en algunas ideas previas que tienen los estudiantes de grado décimo acerca del concepto fuerza. Estas ideas previas son producto de la experiencia al interactuar con los objetos cercanos, por ejemplo, la idea intuitiva de fuerza que se tiene al tener que mover cualquier objeto, y son las que se comentan en la sección cuatro.

Antes de comenzar a trabajar el concepto de fuerza, se refuerzan algunos elementos básicos de vectores, que incluyen operaciones de suma y producto por escalar, vectores unitarios y notación. Para ello se aplica a los estudiantes una guía que se puede encontrar en el anexo A.

El trabajo realizado en las sesiones 1 y 2, enriquece el punto de vista de cada estudiante, al tener que confrontar los argumentos de su análisis con las interpretaciones que dan otros compañeros de la misma situación, inicialmente de un mismo grupo, y, posteriormente defendidas o pulidas con las conclusiones de grupos ajenos al suyo. Además, la consulta es relevante para dar base a los resultados, complementando y profundizando en el tema de interés.

Durante la segunda y séptima sesión se desarrollan diferentes estrategias con los estudiantes, tales como experimentación en zona libre y aula de clase. La experimentación en zona libre (patio del colegio) reúne actividades a realizar con elementos cotidianos como botella con arena, balón, patineta, cuerda, canicas. La experimentación en el aula de clase se trabaja como laboratorio de aprendizaje activo usando la metodología de la predicción, experimentación, comprobación o refutación de predicciones y resultados. En otras sesiones se propone la lectura de la evolución del concepto fuerza, uso de applets, solución de situaciones problémicas para reforzar los conceptos vistos y fundamentar el análisis desde el punto de vista de la aplicación de la matemática necesaria.

La propuesta se desarrolla en seis sesiones, que se describen a continuación.

5.1 Sesión No. 1: Carácter intuitivo sobre el concepto Fuerza en situaciones reales

Tiempo estimado: 120 minutos

Objetivo: Identificar a través de actividades lúdicas, las ideas previas de los estudiantes de grado décimo acerca del concepto fuerza.

Conceptos previos: Fuerza, movimiento, cantidad de movimiento, fricción, velocidad constante, aceleración.

Materiales: Guía-dinámica 1 (anexo C), cuerda, patineta, botella de gaseosa llena con arena mojada, varias canicas de tamaños iguales, canica de tamaño mayor, dos balones de similares tamaños pero masa diferente.

Descripción: Se proponen siete actividades: empujar a un compañero subido en una patineta, para aclarar que las fuerzas se ejercen mientras dura el contacto; jalar a un compañero montado en una patineta por medio de una cuerda, para identificar las fuerzas que actúan durante el trayecto recorrido; juego con la cuerda, donde dos equipos ubicados a cada lado intentan ganar, ejerciendo la mayor fuerza de fricción sobre el piso; lanzar balones de diferentes masas hacia una botella llena con arena mojada, para identificar las magnitudes que pueden hacer mover la botella; empujar un compañero subido en una patineta durante intervalos diferentes de tiempo, para relacionar las distancias recorridas (el movimiento) con respecto a la fuerza aplicada y el tiempo de contacto; lanzar canicas hacia otro montón de canicas, para establecer relaciones entre la cantidad de movimiento de la canica que se lanza hacia el montón y su masa y su velocidad, y poner a rodar balones de diferentes masas, para establecer la distancia que cada uno de ellos puede recorrer en relación con la masa y el empujón dado. En la ejecución de cada una se emplean elementos cotidianos como los que se mencionan en la parte de materiales. Cada actividad se realiza entre 10 y 15 minutos. Cada una indaga por las fuerzas involucradas en la situación propuesta.

Metodología: Para cumplir con el objetivo de esta sesión, se sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. A cada uno de los líderes grupo se le asigna el papel que deben desempeñar dentro del grupo: uno de ellos es el encargado de garantizar el desarrollo efectivo de cada actividad propuesta en la guía, teniendo en cuenta el tiempo previsto para cada una de ellas; y otro estudiante registra las discusiones que surgen en el interior del grupo con el desarrollo de cada una de las actividades.
2. La totalidad de las actividades propuestas en esta sesión se trabajan y se discuten por cada uno de los grupos y se escriben en la guía. Se espera que el máximo número de integrantes de cada grupo sea de 14 estudiantes (teniendo en cuenta cursos de décimo con 42 estudiantes). Si el número total es mayor, conviene organizarlos en 4 grupos.
3. Se debe recoger la hoja de resultados de cada grupo al finalizar la sesión.

Se recomienda filmar la realización de todas las actividades propuestas en la guía. Este será el material que se usará en la tercera sesión de clase.

Actividad complementaria: Cada estudiante consultará para la próxima sesión una definición acerca de: concepto fuerza, diagrama de cuerpo libre y tipos de fuerza.

Fotografías 5-1 Desarrollo de actividades de la Guía-dinámica 1 (anexo C)**Actividad 1****Actividad 2****Actividad 3****Actividad 4**

Actividad 5**Actividad 6****Actividad 7**

5.2 Sesión No. 2: Socialización de los resultados obtenidos en la sesión anterior

Tiempo estimado: 120 minutos

Objetivo: Socializar y discutir a través del video, las conclusiones obtenidas en cada una de las actividades propuestas en la guía-dinámica 1.

Conceptos previos: fuerza, diagrama de cuerpo libre, tipos de fuerza.

Materiales: Resultados de la guía-dinámica 1 (anexo C), video de las actividades, video beam, computador, programa Movie Maker.

Descripción: Se dinamiza con los estudiantes la actividad de la sesión anterior por medio de un video para introducir los conceptos fuerza y cantidad de movimiento a partir de las imágenes por fotogramas. Se presenta a los estudiantes un video elaborado con las actividades realizadas por ellos en la sesión anterior para observar en cámara lenta las características de los conceptos involucrados en el mismo y a partir de allí ir reuniendo los elementos para formalizar los conceptos de cantidad de movimiento y fuerza en las siguientes sesiones.

Metodología: Esta sesión se inicia con la presentación del video de las actividades realizadas por los estudiantes durante la segunda sesión. El video se presenta editado, incluyendo la presentación de las actividades y también el nombre del grupo que la realizó. El objetivo es observar con los estudiantes desde otro punto de vista las fuerzas aplicadas en cada situación presentada. Después de “vividas” cada una de las experiencias, el estudiante es un elemento más del sistema considerado, por lo que se espera que relacione los conceptos teóricos con los experimentados. Por ejemplo, lo que se espera cuando se pregunte acerca de la fuerza no equilibrada involucrada en la actividad de la patineta, el estudiante hará evocación de su recuerdo y será partícipe en la construcción del concepto.

Usando el programa Movie Maker, incluido en el paquete de Microsoft Office, se puede observar el video a través de fotogramas. Cada fotograma muestra una secuencia por intervalos de tiempo, de por ejemplo 0,03 s. Si los tiempos son muy pequeños, se recomienda avanzar en pasos de dos a tres clicks, para observar mejor la secuencia del movimiento. A través del video, se pretende enriquecer el estudio del fenómeno estudiado, ya que se evidencian detalles que no habían sido tenidos en cuenta cuando se realizaron las actividades. Los fotogramas ayudan a determinar la clase de movimiento: constante o variado, al analizar el desplazamiento cuadro por cuadro. También es útil para observar la posición del cuerpo en la actividad de la cuerda, y determinar a partir de allí los factores que pueden incidir en que un equipo sea el ganador.

A partir de la observación de las actividades, se hace más significativa la introducción de los conceptos físicos como cantidad de movimiento, fuerza equilibrada y no equilibrada, fuerza de rozamiento. Además, permite explicar las características de las cantidades vectoriales, tales como dirección, magnitudes etc.

Actividad complementaria: Cada estudiante consultará acerca de las unidades empleadas para expresar magnitudes de fuerza.

5.3 Sesión No. 3: Clase teórica

Tiempo estimado: 120 minutos

Objetivos: Formalizar el concepto cantidad de movimiento

Conceptos previos: Características de los vectores, operaciones con vectores, fuerza.

Materiales: Tablero, marcadores, algunos textos de física de décimo, documento sobre evolución del concepto fuerza.

Descripción: Se presentan a discusión de los elementos considerados en la sesión anterior para dar forma al concepto cantidad de movimiento. Se establece relaciones de proporcionalidad de este concepto con la masa del cuerpo y la velocidad que lleva para identificar cualitativamente, dados dos cuerpos, cuál de los dos tiene mayor cantidad de movimiento. Se hace la explicación teórica en el tablero y se llega hasta la relación entre cantidad de movimiento, masa y velocidad.

Metodología: Esta es una clase teórica. El objetivo es abordar en la próxima sesión el concepto de fuerza. Se define cantidad de movimiento o momentum lineal, haciendo alusión a la actividad realizada en la sesión No. 1 sobre las canicas. Si se emplea una canica más grande (es decir, si se incrementa la masa), ¿cuántas canicas se mueven?. Si se lanza hacia el montón de canicas una canica de la misma masa, pero muy rápida, ¿cuántas canicas se mueven?. A partir de las situaciones ya experimentadas por los estudiantes, se intenta describir la cantidad de movimiento para fundamentar la búsqueda de la formalización del concepto fuerza.

Con una matemática sencilla, como la que se debe manejar a este nivel, se puede describir la cantidad de movimiento como el producto de la masa del cuerpo por su velocidad. Posteriormente, se relaciona el cambio de movimiento del cuerpo con la fuerza que actúa sobre él para que esto ocurra. Es importante desarrollar algunas situaciones que impliquen impulso, cantidad de movimiento y fuerza porque se pueden establecer relaciones entre los conceptos cinemáticos y dinámicos. En la última parte de la clase, se organiza el grupo por parejas y se les entrega el documento de lectura sobre la evolución del concepto fuerza, correspondiente al capítulo dos del presente trabajo.

5.4 Sesión No. 4: Estudio del concepto fuerza

Tiempo estimado: 120 minutos

Objetivos: Usar algunos applets de física para simular situaciones sencillas que relacionen fuerza y aceleración.

Conceptos previos: fuerza, masa, peso, aceleración.

Materiales: Video beam, conexión a internet, tablero, marcadores de diferentes colores.

Descripción: Se muestra a los estudiantes una herramienta del libre acceso a través de la red: los applets. Con el grupo completo se hacen algunas simulaciones sencillas de cambio de valores, mostrando básicamente el manejo de esta herramienta. Se toman algunos valores para comprobar algunas predicciones hechas de manera espontánea por el grupo.

Metodología: En esta sesión se lleva el grupo completo al lugar donde se pueda establecer conexión a internet (sala interactiva o sala de sistemas), con el fin de usar una de las herramientas de la web y de libre uso: los applets de dinámica. Se hace una revisión de algunos de ellos y se muestra el comportamiento cuando los valores ingresados cambian, por ejemplo, dos bloques conectados por medio de una cuerda que pasa a través de una polea, uno de los bloques se encuentra sobre una mesa y el otro está suspendido. Se pregunta a los estudiantes, ¿qué pasará con el movimiento del bloque cuando se cambie el valor de la masa del bloque suspendido?

5.5 Sesión No. 5: Taller experimental de aula-laboratorio de aprendizaje activo.

Tiempo estimado: 120 minutos

Objetivos: Identificar las componentes de una fuerza, comprender el concepto de tensión y comprender la relación entre masa e inercia.

Conceptos previos: Operaciones con vectores, fuerza, masa, peso, inercia.

Materiales: Dos dinamómetros de igual valor, dos soportes, pita, balanza, arena o caja de masas, transportador, polea, caja de masas, guía-dinámica 2

Descripción: Se reúnen grupos de 4 estudiantes. A cada uno de los grupos se entrega una hoja de predicciones y una hoja de resultados. Los datos a registrar se relacionan con diferentes casos que se presentan donde se indaga por la fuerza o el movimiento de un cuerpo. Luego, se hace la experimentación y se les pide a los estudiantes registrar sus resultados.

La guía trabajada en esta sesión se desarrolla en tres actividades. En la primera actividad se pregunta a los estudiantes cuál será el peso de un cuerpo que se suspende simultáneamente de dos dinamómetros similares. La segunda actividad propuesta es la máquina de Atwood, donde se pretende que los estudiantes establezcan relaciones entre las masas y la aceleración del sistema. La tercera actividad pregunta por la fuerza mínima necesaria para hacer mover un cuerpo sobre una superficie horizontal, y se pregunta: ¿qué tanto cambiara la fuerza mínima para mover el cuerpo si el valor de la masa del cuerpo aumenta?

Metodología: En esta sesión se organiza el curso en grupos de cuatro estudiantes y se les entrega la hoja de predicciones (Anexo D). Esta guía plantea tres situaciones donde se indaga acerca de la o las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, presentada en tres partes. La primera parte indaga sobre las componentes de una fuerza, la segunda parte plantea unas situaciones alrededor de la máquina de Atwood, y la última parte indaga sobre la fuerza mínima necesaria para lograr mover un cuerpo sobre una superficie horizontal. Los estudiantes al interior del grupo dan respuesta a cada una de las situaciones planteadas desde su saber previo. Se da un tiempo de 20 minutos para recoger la guía.

Posteriormente, se entrega a cada uno de los grupos la hoja donde se registrarán los resultados de las situaciones propuestas en la guía dinámica-2. Esta parte de la clase corresponde a lo que se conoce como taller experimental de aula. Se re-organiza el grupo de tal manera que todos los estudiantes puedan desarrollar la actividad adecuadamente. Se entrega a cada uno de los grupos los materiales indispensables para que procedan en la verificación o refutación de las respuestas dadas previamente. Los resultados obtenidos de la práctica experimental se registran en la hoja de resultados. El tiempo para la comprobación de los resultados es de 40 minutos.

Finalizado el tiempo planeado para el desarrollo de la actividad por grupos, se hace la socialización de cada una de las prácticas realizadas y en el tablero se escriben las conclusiones generales de la actividad. La hoja de resultados es archivada por los estudiantes para estudiarla posteriormente.

5.6 Sesión No. 6: Solución de problemas

Tiempo estimado: 120 minutos

Objetivos: Plantear y resolver situaciones donde se involucre la leyes de Newton.

Conceptos previos: Leyes de Newton.

Materiales: Libros de física de décimo.

Descripción: En grupos de estudiantes, se propone un taller de ejercicios donde se indaga por la solución de algunos problemas que requieren planteamiento de ecuaciones.

Metodología: En esta sesión se organiza el curso en grupos de cuatro estudiantes y se les entrega los libros o cuestionarios donde se plantean diferentes situaciones problemáticas en torno a la solución de problemas sobre dinámica. Estos problemas pueden corresponder a cuerpos que se mueven en un plano inclinado, ya sea subiendo o bajando por éste, y sobre los cuales puede estar actuando una fuerza externa o no. También debe incluirse situaciones que indaga acerca de la máquina de Atwood, etc. En todas ellas se pide calcular el valor de la aceleración y/o de la tensión en un sistema dado. Algunas situaciones exigirán un planteamiento de ecuaciones a partir de un diagrama de cuerpo libre. Esta sección de solución de problemas se puede encontrar en cualquier libro de física con el cual se trabaje, e inclusive en internet existe bastante información al respecto. Como la actividad se propone para ser realizada en grupos pequeños de estudiantes, se promueve el aprendizaje cooperativo, los estudiantes están libres de la posible tensión que genera la clase misma, está en un grupo de equivalentes, donde comparten algunas dificultades, pero donde también pueden sobresalir al apoyarse mutuamente. Esta actividad cierra la instrucción sobre movimiento y fuerza.

6. Resultados

6.1 Marco de aplicación

La propuesta didáctica se aplicó a estudiantes de grado décimo de la modalidad de ciencias y matemáticas del Colegio Distrital INEM Francisco de Paula Santander I.E.D. El colegio está ubicado en estrato 3 dentro de la localidad de Kennedy, rodeado de varios locales comerciales, buenas vías de transporte y vecino al centro de abastecimiento Corabastos. La propuesta se desarrolló con un grupo de 34 estudiantes con 15 años de edad en promedio y pertenecientes a los estratos 2 y 3. Más del 76% de los estudiantes pertenecen a hogares donde tienen computador y acceso a internet y la formación académica mínima de sus padres es el bachillerato.

Para evaluar el desempeño de la metodología didáctica propuesta, se realizó un diseño experimental que corresponde a un estudio pre-experimental con un grupo de 34 estudiantes. Los participantes del estudio fueron estudiantes de la sección 10-02 de la modalidad de ciencias y matemáticas del Colegio INEM Francisco de Paula Santander I.E.D.

El desempeño de los estudiantes (e indirectamente el funcionamiento de la metodología propuesta) se evaluó con un test diseñado para tal fin (Anexo B.) que incluye situaciones cotidianas, tales como el movimiento de objetos a lo largo de trayectorias cortas cuando están sometidos a fuerzas equilibradas o no equilibradas. El test incluye también situaciones donde se indaga por las fuerzas que actúan sobre el cuerpo en diferentes puntos de la trayectoria rectilínea que describe. El test sobre fuerza se usa en dos momentos: aplicado inicialmente como instrumento de exploración de las ideas previas y aplicado al finalizar la propuesta didáctica como instrumento de diagnóstico. A partir de los resultados del test, se diseñaron las actividades que se desarrollaran durante las seis sesiones, que sumadas a las sesiones de aplicación de la prueba dan un total de ocho sesiones de clase, de 120 minutos cada una (aproximadamente)

6.1 Análisis estadísticos

Lo primero que se hizo fue una prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar si la distribución de los resultados, tanto en el pre-Test como en el post-Test, era normal. De la prueba se obtuvieron los resultados relacionados en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1 Distribución de resultados en el pre-test y post-test

		TOTALPRE	TOTALPOST
N		34	34
Parámetros normales ^{a,b}	Media	10.7059	12.0882
	Desviación típica	2.62308	3.59602
Diferencias más extremas	Absoluta	.188	.137
	Positiva	.134	.106
	Negativa	-.188	-.137
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.096	.800
Sig. asintót. (bilateral)		.180	.543

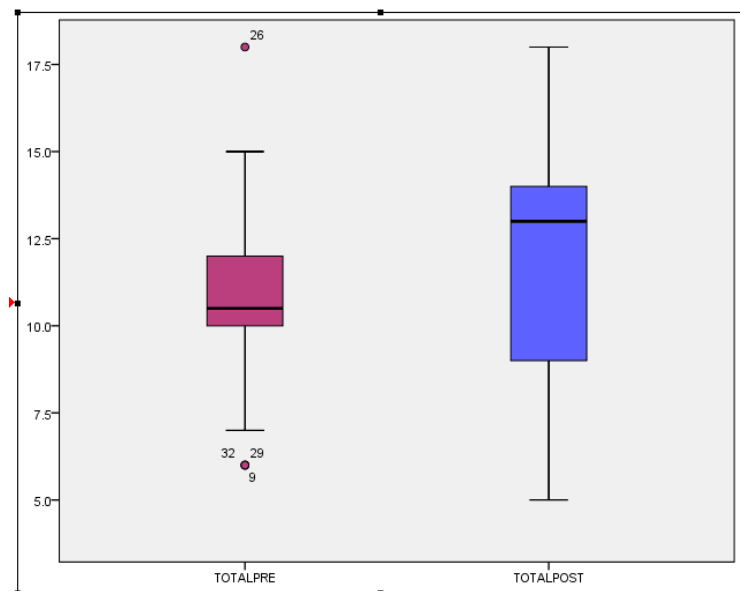
Se observa en la tabla que los valores de significancia son 0.180 para la prueba pre y 0.543 para la prueba post. Como $P > 0.05$, se concluye que la distribución es normal, por lo cual se puede aplicar estadística paramétrica para comparar las dos medias.

Tabla 6-2: Comparación descriptiva entre el pre-Test y el post-Test

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
TOTALPRE	34	6.00	18.00	10.7059	2.62308
TOTALPOST	34	5.00	18.00	12.0882	3.59602
N válido (según lista)	34				

La tabla 6-2 y la figura 6-1 muestran las estadísticas descriptivas para el pre-test y el post-test. Se observa un leve incremento en el valor de la media, que pasa de 10.7 en el pre-test a de 12.1 en el post-test, pero con una dispersión mucho mayor.

Como se verificó la normalidad de las dos distribuciones, se aplicó la prueba t para muestras relacionadas. Con esta prueba se pretende saber si la diferencia encontrada es estadísticamente significativa. El resultado de la prueba t fue 0.019, por lo tanto, al ser menor a 0.05, se concluye que hay diferencia pequeña, pero estadísticamente significativa, entre la aplicación de ambos test.

Figura 6-1: Diagrama de caja

En la Figura 6-1 se observa cómo en los resultados del post-test aumenta la dispersión de los datos, pero también aumenta el porcentaje de los estudiantes que obtienen puntajes mayores.

La prueba aplicada evalúa tres sub-escalas que son: Cinemática, Fuerza y Vectores. Inicialmente se aplicó Kolmogorov-Smirnov para determinar si las distribuciones eran normales. Se encontró que todas tenían distribución normal, excepto para la sub-escala vectores en el pre-Test.

Tabla 6-3: Distribución de resultados para las sub-escalas

		CINEMATICA DE	FUERZASAN	VECTORES A N	CINEMATICA A N	FUERZAS DE	VECTORES D E
N		34	34	34	34	34	34
Parámetros normales ^{a, b}	Media	1.4412	7.6471	1.4412	1.6176	9.3824	1.2647
	Desviación típica	1.02073	2.24124	.92740	.98518	2.98496	1.02422
Diferencias más extremas	Absoluta	.226	.114	.242	.205	.147	.190
	Positiva	.226	.097	.242	.205	.117	.190
	Negativa	-.156	-.114	-.170	-.180	-.147	-.175
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.318	.662	1.409	1.197	.859	1.109
Sig. asintót. (bilateral)		.062	.773	.038	.114	.452	.171

Se realizó una diferencia de medias para las sub-escalas de cinemática y fuerza para identificar si los estudiantes mejoraron en el post. Se verificó la normalidad de la distribución y se aplicó la prueba t para muestras relacionadas. El resultado de la prueba t para la sub-escala de cinemática indica que no hay diferencia significativa entre el pre y el post. Por el contrario, para la sub-escala de fuerza se obtiene si es significativa la diferencia.

Tabla 6-4: Prueba t

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	CINEMATICAAAN - CINEMATICADE	.17647	.86936	.14909	-.12686	.47981	1.184	33	.245
Par 2	FUERZASAN - FUERZASDE	-1.73529	2.79945	.48010	-2.71207	-.75852	-3.614	33	.001

Debido a que la distribución de vectores no es normal, se aplicó la prueba de Wilcoxon para verificar si había diferencia entre el pre-Test y el post- Test. Como se observa en la tabla 6-5, la significancia es de 0.34 . Por ser mayor a 0.05, se concluye que la diferencia no es significativa. Esto sugiere que el aprendizaje de los conceptos básicos de la dinámica no mejora la comprensión del tema de vectores.

Tabla 6-5: Prueba de Wilcoxon para pruebas no paramétricas

	VECTORES D E - VECTORES A N
Z	-.955 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	.340

6.2 Resultados cualitativos

Las actividades desarrolladas en la primera sesión sirvieron para motivar el grupo, ya que las actividades planteadas en esta sesión requerían de la participación activa de sus integrantes a través de la ejecución de ejercicios lúdicos que indagaban por las fuerzas involucradas en diferentes situaciones, como se evidenció, por ejemplo, en la actividad con la cuerda. El grupo de estudiantes fue muy entusiasta, y se pudo desarrollar la totalidad de las sesiones programadas inicialmente, a pesar de que las clases coincidieron siempre con las dos últimas horas de su jornada escolar. Los estudiantes participaron en clase y desarrollaron la totalidad de las actividades extra-clase.

Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo desarrolló una propuesta didáctica orientada a la enseñanza del concepto fuerza como aquello que cambia la cantidad de movimiento, en sintonía directa con las ideas originales de Newton. La propuesta incluye principalmente actividades grupales, pero también clases magistrales y una sesión de laboratorio. La aplicación se realizó a lo largo de seis semanas con estudiantes de grado décimo del Colegio Distrital INEM Francisco de Paula Santander de la localidad de Kennedy, de la modalidad de ciencias y matemáticas, con un promedio de edad de 15 años y pertenecientes a los estratos 2 y 3. La propuesta se evaluó con un diseño pre-experimental que incluye la aplicación pre y post de una prueba diseñada para este fin.

El análisis estadístico de los resultados de la prueba evidencia una mejora pequeña, pero estadísticamente significativa, en el puntaje promedio obtenidos por los estudiantes. Al dividir la prueba en tres sub-escalas: vectores, cinemática y fuerzas, se evidencia que la propuesta didáctica tiene efecto solamente sobre la última, lo que coincide con el objetivo principal de la propuesta. Sin embargo, los puntajes totales en el post-test siguen siendo bajos, tal vez como consecuencia de la baja capacidad de interpretar correctamente los enunciados de los problemas (incluyendo la información gráfica). A pesar de que algunos estudiantes reestructuraron sus ideas previas acerca de la fuerza y el movimiento, la mayoría persiste en mantener las creencias erradas que se listan en la sección cuatro.

Por otra parte, los estudiantes se mostraron muy motivados al realizar actividades grupales fuera del aula, y se mantuvieron más atentos y despiertos que en el salón de clase. Las actividades que se plantearon con situaciones reales fueron adecuadas por su sencillez, lo divertidas y lo fácil en la adquisición de los materiales. Pero habría que evaluar si su realización es significativa o no para construir el concepto. Los estudiantes participan en clase, pero son pocos los que van más allá de los temas vistos en el aula. Algunas actividades funcionaron mejor que otras. La actividad con las canicas, pese a su sencillez, representó un ejemplo muy valioso para dar a entender a los estudiantes el concepto de cantidad de movimiento, ya que permitió establecer relaciones entre masa y velocidad. Por el contrario, la actividad con la patineta no funcionó para evidenciar cómo las fuerzas cambian el movimiento, pero sí para evidenciar que las fuerzas de contacto actúan solamente por el tiempo del contacto. En general, se constató que las predicciones hechas por los estudiantes están en relación directa con sus ideas previas, y estas ideas siguen presentes, aun después de trabajar los conceptos durante varias sesiones.

En el desarrollo de la actividad se tuvieron que enfrentar algunas dificultades. Los tiempos planteados no fueron suficientes, ya que algunos temas requirieron revisar fundamentos de manipulación algebraica y de representación geométrica necesarios para atacar la solución de problemas, algunos de los cuales ni siquiera habían visto con anterioridad (como los fundamentos de trigonometría, por ejemplo). Los problemas de tiempo se vieron agravados porque alrededor de un 30% de las clases se vieron canceladas por actividades institucionales.

Para mejorar la propuesta, en el Colegio INEM Francisco de Paula Santander, se recomendaría mejorar la fundamentación en el manejo de vectores, aún antes de iniciar el trabajo en cinemática. También es fundamental que los estudiantes tengan conocimientos básicos de geometría y trigonometría, y para ello, el curso de trigonometría debe ser previo al curso de física o por lo menos coincidir para el mismo semestre. Aún así, lograr que los estudiantes abandonen sus ideas previas de identificar fuerza con movimiento sigue siendo un reto.

Este trabajo ha contribuido con la construcción de una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de fuerza basado en la cantidad de movimiento, que se ejecuta a través de elementos simples e ideas cotidianas. Aunque se evidencia una mejoría pequeña, pero significativa estadísticamente, en el desempeño de los estudiantes, creemos que este camino llena de significado los conceptos, y que lo que se debe intentar es buscar estrategias que ataquen directamente la reestructuración de las ideas previas de los estudiantes alrededor de estos conceptos.

La implementación debería iniciarse en una etapa más temprana para lograr resultados más significativos a este nivel.

A. Anexo: Guía sobre vectores

En esta guía se explican algunas características de las magnitudes vectoriales, así como operaciones entre ellas. Se inicia con una introducción sobre movimiento. Proponen algunos ejercicios sobre magnitudes escalares y vectoriales como rapidez y velocidad. Se da una explicación abreviada sobre vectores, y se colocan algunos ejercicios para resolver.

COLEGIO DISTRITAL INEM FRANCISCO DE PAULA SANTANDER- 41 años
 GUIA VECTORES
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS-AREA DE FÍSICA

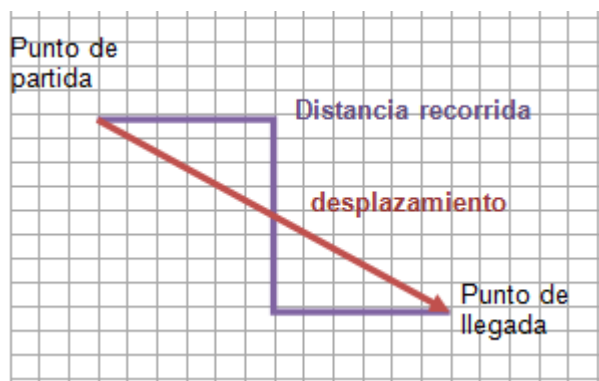


EL MOVIMIENTO

Los fenómenos naturales ocurren en un espacio de tres dimensiones, sin embargo, antes de abordar las situaciones que se presentan en un espacio de dos y tres dimensiones, empezaremos por el caso más sencillo: el movimiento en una línea recta (una dimensión) En la cotidianidad, es común que al hablar de movimiento, los términos como distancia y desplazamiento se interpreten como lo mismo. Pero en física, se trata de dos términos con significados completamente diferentes.

La distancia recorrida por un cuerpo es la medida de la trayectoria mientras el desplazamiento es la medida en línea recta que existe entre el punto de partida y el punto de llegada.

Por ejemplo, como observando en el dibujo:



La distancia recorrida es igual a:
 6 cuadros derecha + 8 cuadros abajo + 6
 cuadros derecha = 20 cuadros de
 recorrido total

El desplazamiento es igual a:
 12 cuadros derecha + 8 cuadros abajo
 Cada uno de estos avances en
 cuadros representan los catetos de un
 triángulo rectángulo. Por lo tanto el
 desplazamiento se calcula como la
 hipotenusa de dicho triángulo:

$$h^2 = 12^2 + 8^2$$

$$h = \sqrt{144 + 64}$$

$$h = \sqrt{208} \cong 14.42 \text{ cuadro}$$

Por otro lado, también es común confundir los términos como rapidez y velocidad.

La rapidez es la relación que se establece entre la distancia recorrida por el cuerpo y el tiempo que emplea para hacerlo, mientras que la velocidad es la relación entre el desplazamiento y el tiempo que toma para efectuar dicho desplazamiento; es decir, el tiempo del cambio de posición entre el punto de partida y el punto de llegada, sin importar el recorrido hecho por el cuerpo.

Por ejemplo, observando nuevamente el dibujo y suponiendo que el cuerpo para ir del punto de partida al punto de llegada empleó 10 segundos, tenemos:

$$\text{rapidez} = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}} = \frac{20\text{cuadros}}{10\text{segundos}} = 2\text{cuadros}/\text{segundo}$$

$$\text{velocidad} = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{posición final} - \text{posición inicial}}{\text{tiempo}} = \frac{14,42\text{cuadros}}{10\text{segundos}} = 1,442\text{cuadros}/\text{segundo}$$

En conclusión, las magnitudes como distancia y rapidez no necesitan de una dirección, mientras que las magnitudes como desplazamiento y velocidad sí.

A las magnitudes que no necesitan dirección, basta expresarlas usando solo una unidad de medida como cm, m, km. (en este caso se usó la palabra “cuadro”).

Las magnitudes que sí necesitan una dirección las podemos representar gráficamente como “flechas”.

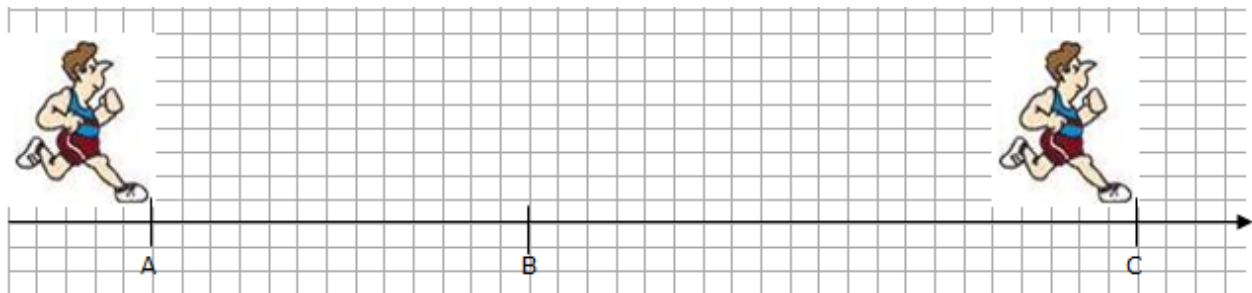
A continuación, encontrarás un conjunto de actividades a desarrollar en un lugar y tiempo específico. Las respuestas que se solicitan en algunos puntos deben ser claras. Las actividades pueden desarrollarse en más de un bloque de clase.

ACTIVIDAD 1

Lugar: Salón de clase

Tiempo: 30 minutos

Observa la gráfica que se presenta a continuación:



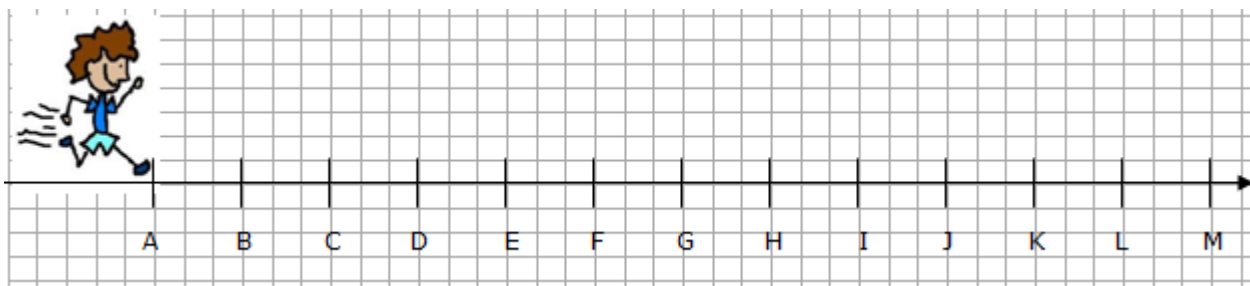
La longitud de cada cuadrado es de 2,5 m. La distancia la representaremos con la letra d.

- a. ¿Cuál es la distancia entre los puntos A y B?

- b. ¿Cuál es la distancia entre los puntos B y C?

- c. Si el atleta avanza 10 m cada segundo, ¿En cuánto tiempo recorrerá la distancia entre A y B?

La siguiente gráfica representa el recorrido de Luis sobre una pista atlética. Cada cuadrado representa una distancia de 3 m.



Si Luis corre siguiendo la trayectoria: A-M-G-J-D:

a. ¿Qué distancia recorre?

b. ¿Cuánto se habrá desplazado?

Si Luis avanza 6 metros cada segundo,

a. ¿Cuánto tardará haciendo el recorrido anterior?

b. ¿Cuál será su rapidez media?

c. ¿Cuál será su velocidad media?

ACTIVIDAD 2

Lugar: Patio central

Tiempo: 30 minutos

Con tres compañeros más, determina la longitud de la pista en la que tu grupo va a correr (la longitud no debe ser inferior a 20 m). Se medirá el tiempo que cada uno emplea en correr una distancia fija.



En turnos, cada uno de los integrantes corre desde A hasta B (longitud de la pista acordada) y otro integrante del grupo toma el tiempo de carrera. Cada uno lo hará cinco veces de manera alternada con los demás integrantes del grupo. En la siguiente tabla se registra el tiempo de cada una de las carreras y el cálculo de la velocidad media para cada integrante.

Tiempo de cada carrera	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)	t promedio (s)	Desplazamiento (m)	Velocidad media (m/s)
Estudiante								

a. ¿Cuál es el estudiante del grupo más veloz?

b. ¿Por qué puede determinarse que es el más veloz?

ACTIVIDAD 3

Lugar: *Patio central*

Tiempo: *20 minutos*

Esta actividad debes trabajarla con el mismo grupo de compañeros con los que trabajaste la actividad anterior. Se medirá la distancia que cada uno alcanza a correr en un tiempo límite de 3 segundos durante cinco veces alternadas con los demás integrantes del grupo. En la siguiente tabla registra los valores obtenidos:

distancia recorrida	Carrera 1 (m)	Carrera 2 (m)	Carrera 3 (m)	Carrera 4 (m)	Carrera 5 (m)	Distancia promedio (m)	tiempo (s)	Velocidad media (m/s)
Estudiante							3	
							3	
							3	
							3	

a. ¿Cuál es el estudiante del grupo más veloz?

b. ¿Coincide el estudiante más veloz de esta actividad con el más veloz de la actividad anterior?

c. ¿Por qué puede determinarse que es el más veloz?

ACTIVIDAD 4

Lugar: Salón de clase

Tiempo: 20 minutos

Estudio

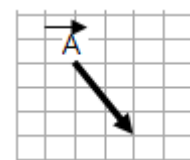
En esta actividad aprenderás a dibujar “flechas” teniendo en cuenta la dirección, la magnitud y el sentido. Además de realizar de aplicar un operador a una de ellas y de realizar operaciones como suma y resta entre dos o más “flechas”.

Vamos a representar la “flecha” A, usando la cuadrícula. Cada uno de los cuadritos puede representar una unidad específica de longitud (cm, m, Km, etc). Usando el sentido convencional del plano cartesiano: hacia la derecha y arriba como direcciones positivas y hacia la izquierda o hacia abajo como direcciones negativas.

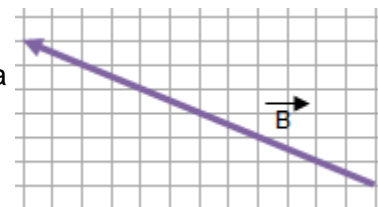
Observa los siguientes ejemplos:

Dibujar “flechas”: teniendo en cuenta los cuadros

Flecha A: dos cuadros hacia la derecha y tres cuadros abajo

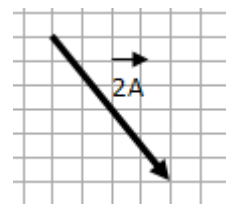


Flecha B: doce cuadros hacia la izquierda y seis cuadros hacia arriba

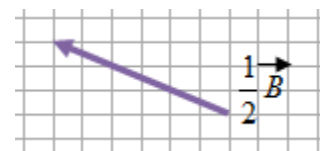


Factor multiplicativo a “flechas”: se agranda o acorta la “flecha”

\rightarrow
 $2A$: cuatro cuadros hacia la derecha y seis cuadros abajo

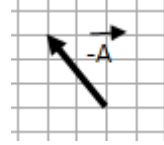


$\frac{1}{2}\rightarrow$
 $\frac{1}{2}B$: seis cuadros hacia la izquierda y tres cuadros hacia arriba

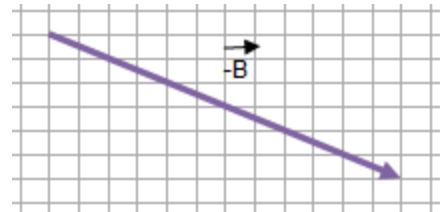


“flechas” negativas: las “flechas” cambian de sentido

\vec{A} : dos cuadros hacia la izquierda y tres cuadros arriba



\vec{B} : doce cuadros hacia la derecha y seis cuadros hacia abajo

**Simbología**

\vec{A} : dos cuadros hacia la derecha y tres cuadros abajo

\vec{A} : $2i - 3j$

\vec{B} : doce cuadros hacia la izquierda y seis cuadros hacia arriba

\vec{B} : $-12i + 6j$

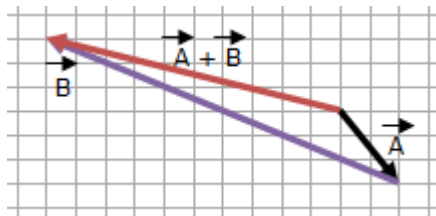
Operaciones con “flechas”:**Suma**

\vec{A} : $2i - 3j$

+

\vec{B} : $-12i + 6j$

$\vec{A+B}$: $-10i + 3j$

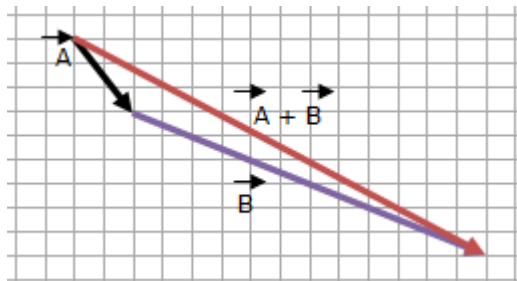
**Resta**

\vec{A} : $2i - 3j$

+

$-\vec{B}$: $12i - 6j$

$\vec{A+B}$: $14i - 9j$



ACTIVIDAD 5*Lugar: Salón de clase**Tiempo: 30 minutos*

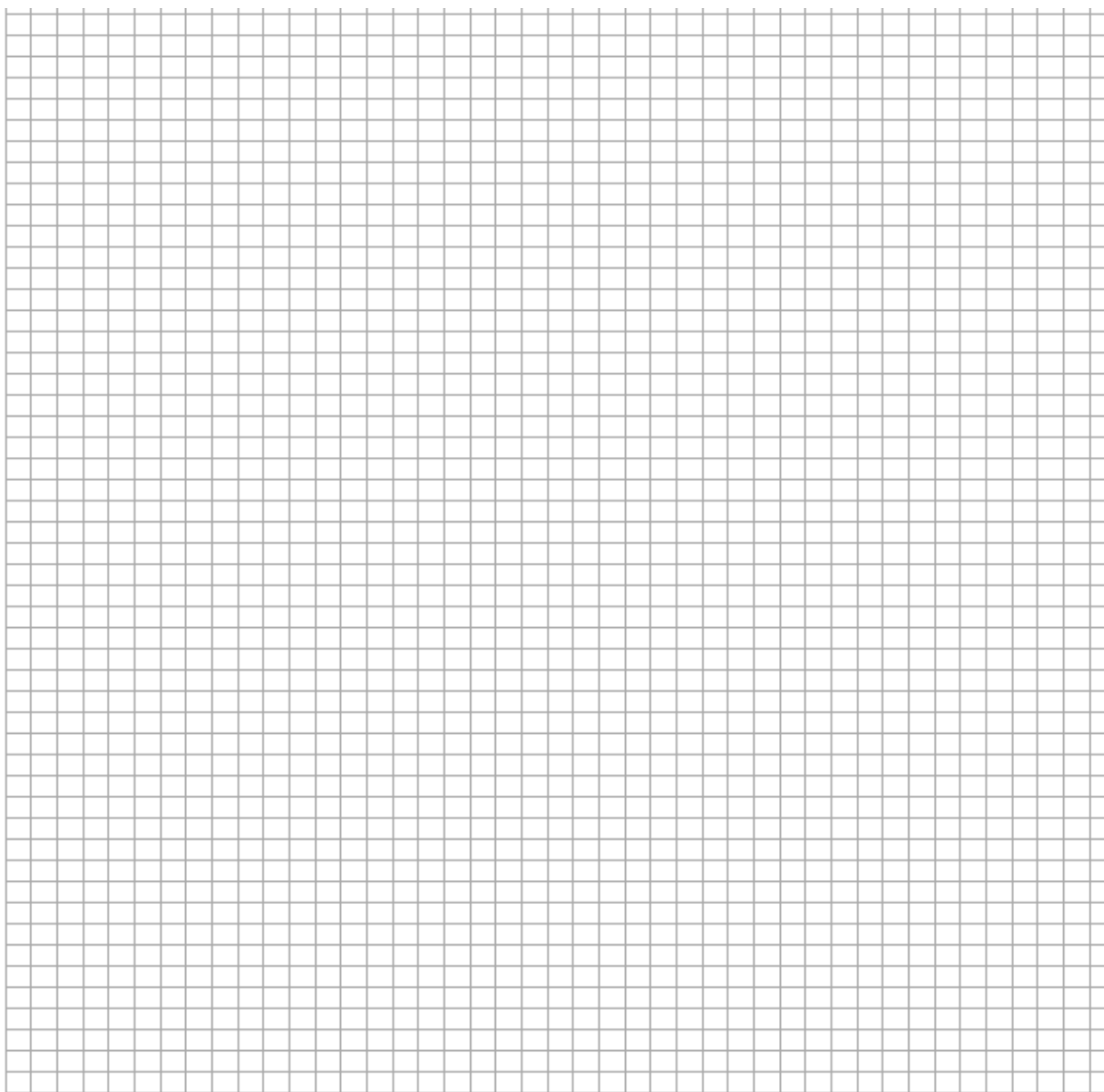
Dadas las siguientes “flechas” realiza las actividades que se proponen a continuación:

$$C: 3i - 3j$$

$$D: -6i - 10j$$

$$E: 0i - 12j$$

- a. $C + D + E$ b. $-E - D$ c. $D - E$ d. $E - D$ e. $E + D + C$



¿La resultante de $D - E$ es igual a la resultante de $E - D$? Explica.

¿La resultante de $C + D + E$ es igual a la resultante de $E + D + C$? Explica.

B. Anexo: Test Fuerza

Este Test es el instrumento que se aplica antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica. El Test propone situaciones cotidianas con lenguaje sencillo e incluyendo gráficos que explican la situación por la que se indaga.



COLEGIO DISTRITAL INEM FRANCISCO DE PAULA SANTANDER- 41 años

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS-AREA DE FÍSICA

TEST FUERZA

A continuación encontrarás una serie de preguntas que se refieren a la(s) fuerza(s) que pueden actuar o no sobre un cuerpo y el movimiento del mismo. En las preguntas 1 a 24, debes elegir sólo opción entre a, b, c y d. A partir de la pregunta 25 hasta la 29, debes contestar si la afirmación dada es verdadera o falsa. Ten en cuenta que la fuerza son empujones ó jalones que pueden cambiar el movimiento de un cuerpo.

La respuesta escogida para cada una de las situaciones presentadas, debes marcarla en la hoja de respuestas (anexa).

- Al carro de juguete de la figura, se le da un empujón cuando se encuentra en el punto A. Las fuerzas que actúan sobre el carrito al pasar por el punto B, son:

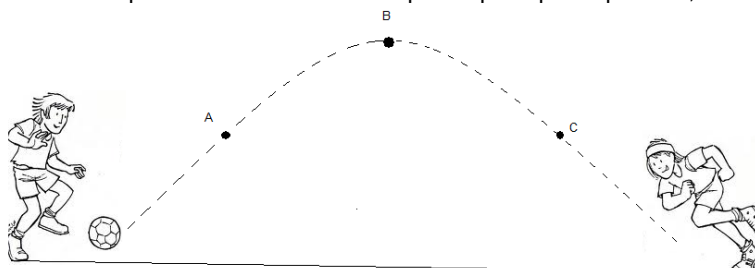


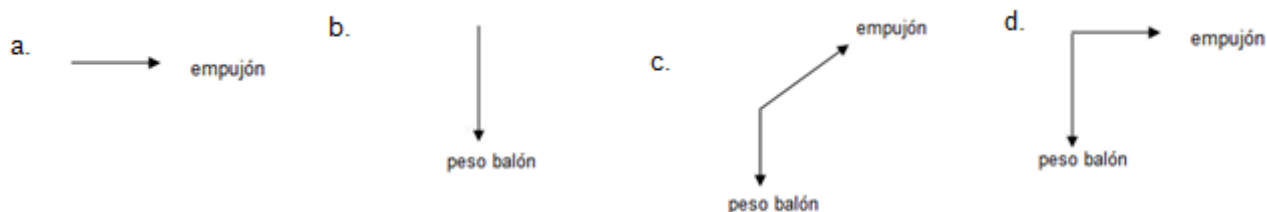
- | | | | | | | | |
|----|-------------------|----|-------------------|----|-------------------|----|-------------------|
| a. | Fuerza piso-carro | b. | Fuerza piso-carro | c. | Fuerza piso-carro | d. | Fuerza piso-carro |
| | | | | | | | |

- Si el carro para en C, las fuerzas que actúan sobre él son:

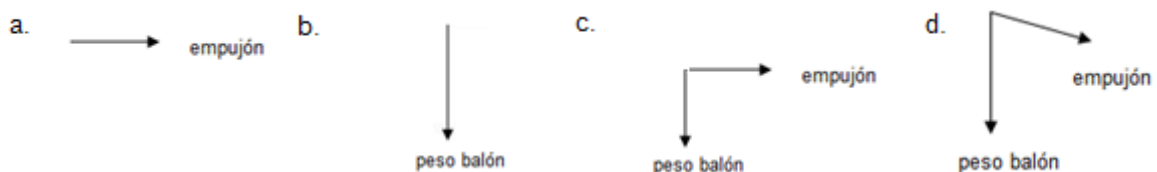
- | | | | | | | | |
|----|-------------------|----|-------------------|----|-------------------|----|-------------------|
| a. | fuerza piso-carro | b. | fuerza piso-carro | c. | fuerza piso-carro | d. | fuerza piso-carro |
| | | | | | | | |

- Javier lanza una pelota a Luisa. Cuando la pelota pasa por el punto A, las fuerzas que actúan sobre la pel





4. Luego, al pasar la pelota por B, las fuerzas que actúan sobre la pelota son:



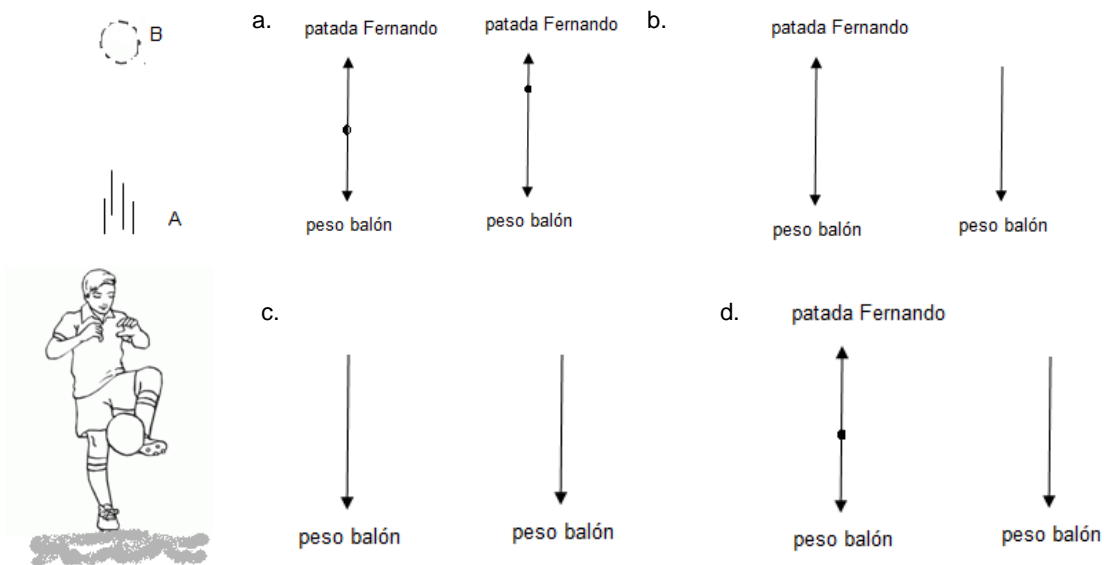
5. Margarita tiene una masa de 50 Kg y está sentada en un cómodo sofá, de 50kg. Si al lado de Margarita se sienta José, que también tiene 50 Kg de masa, la fuerza que debe aplicar Mario para mover el sofá con Margarita y José sentados, debe ser:

- Igual a la fuerza que aplicaría para mover el sofá sólo con Margarita
- El doble de la fuerza que aplicaría para mover el sofá sólo con Margarita
- Tres veces la que aplicaría para mover el sofá vacío.
- Igual a la que haría empujando el sofá vacío, multiplicado por un factor que depende del coeficiente de rozamiento.

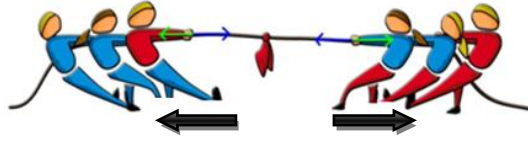
6. Una rueda se mueve sobre una superficie horizontal. La fuerza que hace que la rueda se detenga es.

- Una fuerza de fricción que ejerce el piso sobre la rueda, dirigida hacia adelante.
- Una fuerza de fricción que ejerce el piso sobre la rueda, dirigida hacia atrás.
- Una fuerza de fricción que ejerce la rueda sobre el piso, dirigida hacia adelante.
- Una fuerza de fricción que ejerce la rueda sobre el piso, dirigida hacia atrás.

7. Fernando lanza un balón verticalmente hacia arriba. El balón se detiene en el punto B. El punto A representa el punto medio del recorrido hecho por el balón. La(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre el balón al pasar por los puntos A y B, respectivamente, son:



8. En el juego de la cuerda, cada grupo de jugadores en cada uno de sus extremos, juega a derribar a los que se encuentran en el extremo opuesto de la misma. Suponga que los jugadores no dejan que se les deslice la cuerda. En este divertido juego, el grupo de jugadores que ganará será el que:

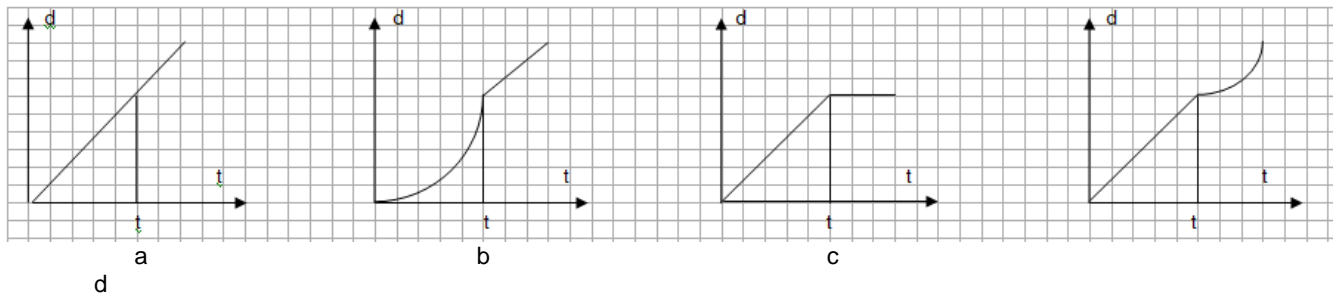


- Sume mayor cantidad de fuerza aplicada a la cuerda.
 - Equilibre la fuerza total de su equipo con la fuerza total del equipo contrincante.
 - Logre la mayor fuerza de rozamiento contra el suelo.
 - Logre la mínima fuerza de rozamiento contra el suelo.
9. Se coloca un bloque sobre una superficie horizontal. Luego, la superficie empieza a inclinarse muy lentamente, como se indica en la figura.



El bloque empezará a moverse si:

- La superficie hace fuerza sobre el bloque para que baje por el plano inclinado
 - La superficie no hace fuerza alguna.
 - El peso total del bloque aumenta y supera a la fuerza de rozamiento.
 - La parte del peso paralela a la superficie supera a la fuerza de rozamiento.
10. Un cuerpo se mueve inicialmente a velocidad constante, y en el instante t se le da un empujón por un intervalo de tiempo muy pequeño. La gráfica que representa el movimiento de este cuerpo es:



11. Se tiene una balanza de platillos sobre la superficie terrestre. Se coloca en uno de los platillos un bloque y en el otro platillo se colocan pesas por un valor total de 500 g consiguiendo el equilibrio. Si se hiciera la misma experiencia en la superficie de la luna, entonces:



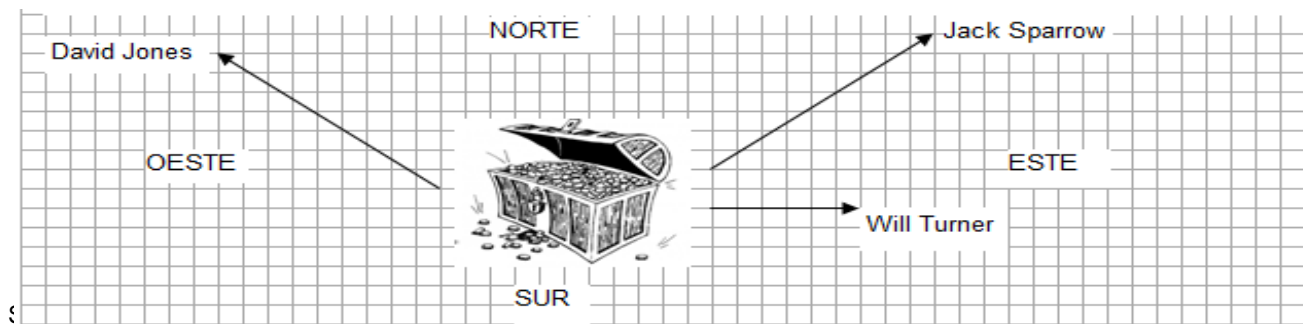
- Tendría que quitarse algunas pesas para poder equilibrar el bloque
- No tendría que agregarse ni quitarse ninguna pesa para equilibrar el bloque
- La masa del bloque disminuye, por lo que se tienen que colocar más pesas
- Que se quite o coloquen pesas para equilibrar el bloque depende del material del que esté hecho el bloque.

12. Alejandra sale de su casa y realiza el siguiente recorrido:
Camina desde su casa dos cuadras al norte, una cuadra al oriente, tres cuadras al sur y finalmente dos cuadras al occidente. Al final del recorrido, Alejandra se habrá desplazado:



- Una cuadra al sur
- Una cuadra al occidente y una cuadra al sur
- Ocho cuadras
- Una cuadra al sur y una cuadra al occidente

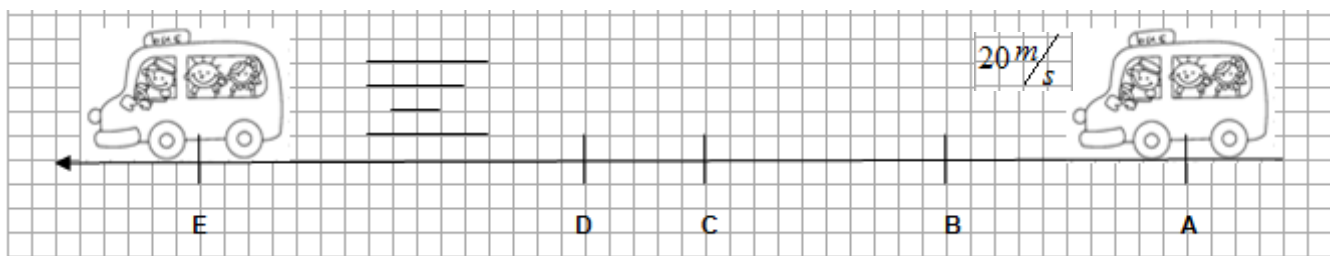
13. Un baúl con un tesoro es encontrado por el capitán Jack Sparrow, Will Turner y David Jones.



representa la unidad de fuerza; lograrán que el baúl se mueva en dirección:

- 9 unidades al Oeste y 14 unidades al Norte, por lo tanto el favorecido será David Jones
- 6 unidades al Este y 7 unidades al Norte, por lo tanto el favorecido será Jack Sparrow
- 15 unidades al Oeste, por lo tanto el favorecido será Will Turner
- 6 unidades al Este y 14 unidades al Norte, por lo tanto el favorecido será Jack Sparrow

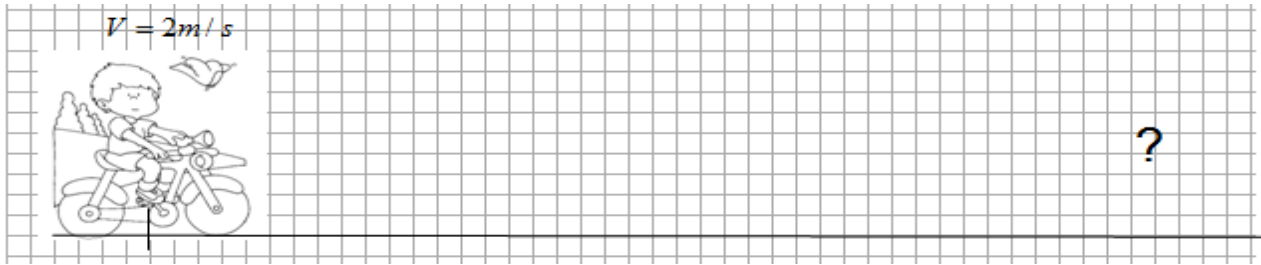
14. Fernando conduce su auto a 20 m/s. Cada cuadrado de la figura representa 1 m de recorrido, por lo tanto Fernando avanza 20 cuadrillos cuando transcurre 1 segundo.



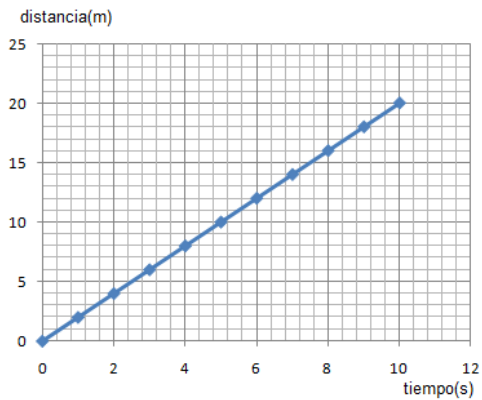
Cuando Fernando pasa por A el cronómetro inicia en ceros. Al pasar Fernando por los puntos B, C, D y E, el cronómetro marca, respectivamente:

- 0,5 s – 1,0 s – 1,25 s – 2,05 s
- 0,5 s – 1,5 s – 1,75 s – 2,0 s
- 1,0 s – 2,0 s – 2,5 s – 4,1 s
- 10 s – 20 s – 25 s – 41 s

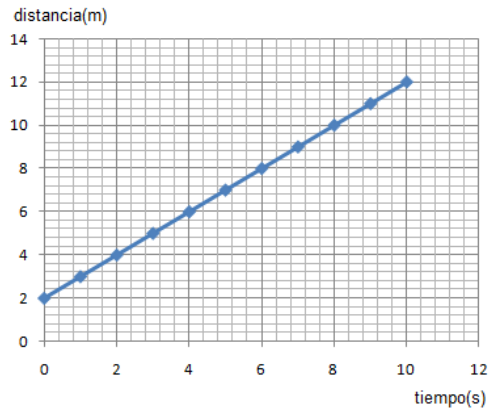
15. Juan en su bicicleta se mueve a 2 m/s . La gráfica que representa la posición de Juan para diferentes valores de tiempo, es:



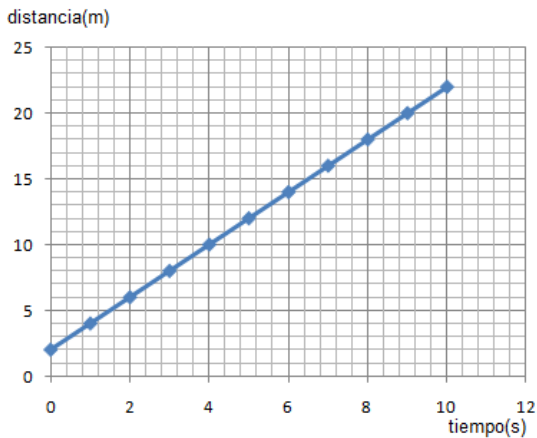
a.



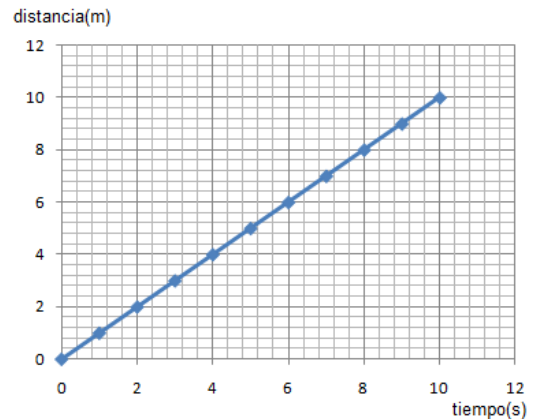
b.



c.

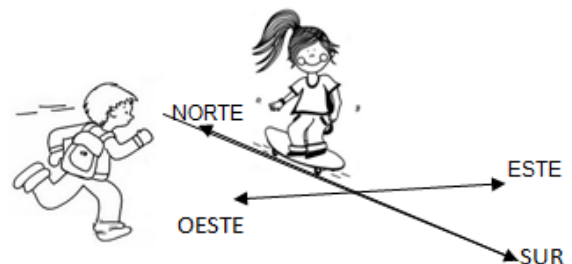


d.

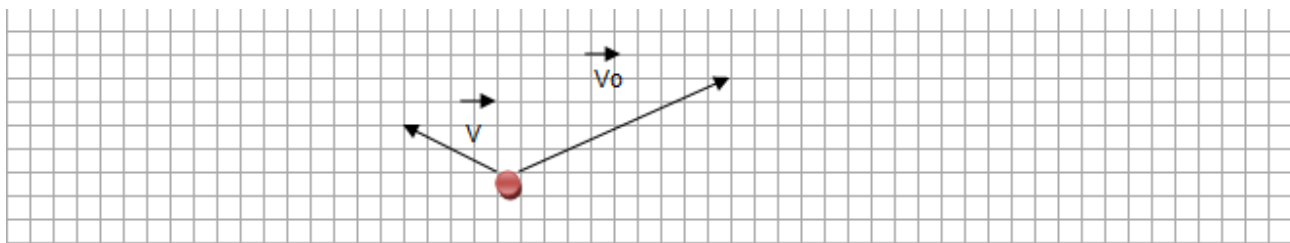


16. Daniela se mueve en su patineta de Norte a Sur con velocidad constante. Si Daniel la empuja en la dirección Este, Daniela ahora se moverá en la dirección:

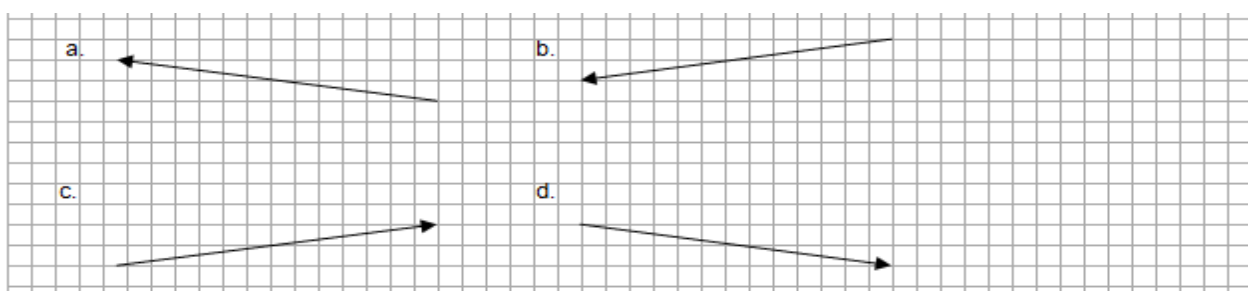
- Sureste y su velocidad permanecerá constante
- Este y su velocidad cambiará
- Sureste y su velocidad cambiará
- Este y su velocidad permanecerá constante



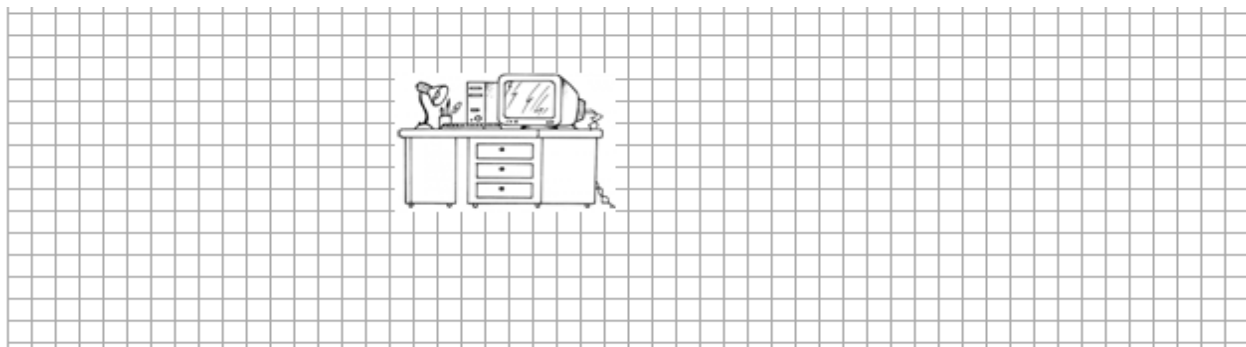
17. Una esfera que se movía con velocidad \vec{V}_0 recibe un empujón y queda moviéndose con velocidad \vec{V} , como se muestra en la figura.



La dirección en la que se aplicó la fuerza es:



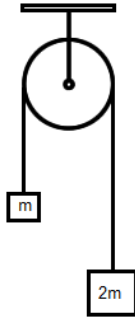
18. Para mover un escritorio sobre una superficie horizontal se aplicaron las siguientes fuerzas:
 $F_1 = 10$ unidades a 90° sobre la horizontal, $F_2 = 20$ unidades a 0° sobre la horizontal.



La fuerza neta hecha sobre el escritorio, fue de:

- 30 unidades a 90° sobre la horizontal
- 22,4 unidades a 45° sobre la horizontal
- 30 unidades a 0° sobre la horizontal
- 22,4 unidades a $26,6^\circ$ sobre la horizontal

19.



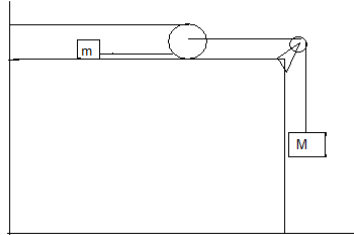
Dos masas de valores 1kg y 2kg se unen por medio de una cuerda que pasa a través de una polea, como se muestra en la figura. Este sistema se conoce como la máquina de Atwood. Suponiendo que tanto la polea como la cuerda tienen una masa muy pequeña, la aceleración del sistema será :

- a. $2g$
- b. g
- c. $g/2$
- d. $g/3$

20. Si en el problema anterior las masas se duplican, la aceleración del sistema será:

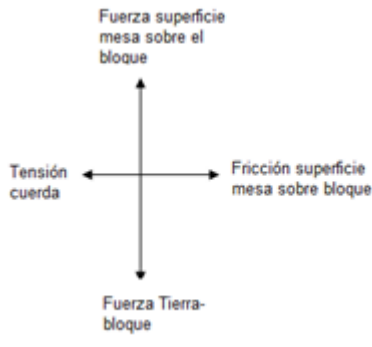
- a. Se duplica
- b. Se triplica
- c. Se multiplica por 5
- d. Permanece igual

21. En el sistema de bloques de la figura, las poleas y las cuerdas son ideales, es decir, no se tiene en cuenta la masa de las cuerdas ni la fricción de las poleas.

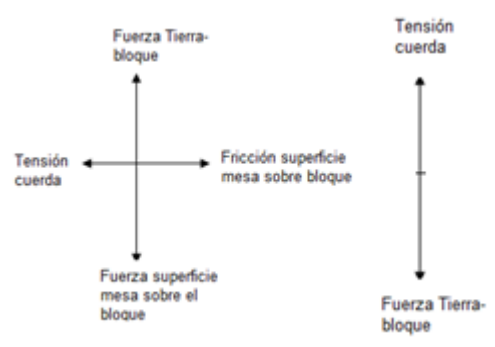


El coeficiente de fricción estático entre el bloque m_1 y la superficie de la mesa es μ . Los diagramas que representan las fuerzas que actúan sobre cada uno de los bloques m_1 y m_2 , respectivamente, son:

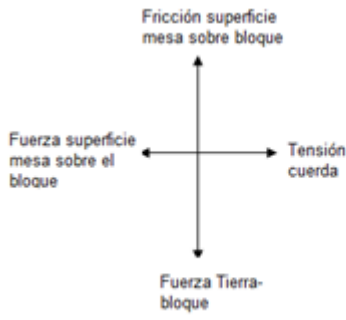
a.



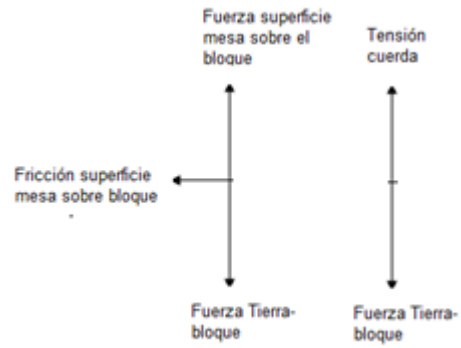
b.



c.



d.



22. Se tiene un soporte con dos resortes verticales que indican fuerza. Al colgar simultáneamente de los dos resortes un bloque que pesa 20 kg-f, cada resorte marca una fuerza de:

- a. 40 kg-f
- b. 10 kg-f
- c. 20 kg-f
- d. 0 kg-f



23. Dos bloques reposan sobre una superficie sin fricción, como se indica en la figura. Cuando se aplica una fuerza externa sobre el bloque de mayor masa, el bloque de menor masa hará sobre el bloque de mayor masa una fuerza



- a. Igual, pero de sentido contrario
 - b. Menor, pero en la misma dirección
 - c. Menor, y de sentido contrario
 - d. Igual, y en la misma dirección.
24. Dos pelotas de plástico de idéntico radio se sueltan desde la misma altura. Una tiene 20g de masa y la otra 40g. Si el experimento se realiza en La Tierra y en La Luna, se obtiene que.
- a. La pelota de mayor masa llega primero, tanto en La Tierra como en La Luna.
 - b. La pelota de mayor masa llega primero en La Tierra, pero las dos llegan al tiempo en La Luna.
 - c. La pelota de menor masa llega primero en La Luna, pero las dos llegan al tiempo en La Tierra.
 - d. Las dos llegan al tiempo, tanto en La Tierra como en La Luna.

En las siguientes preguntas, debes marcar V si la afirmación es verdadera o F si la afirmación es falsa.

25. Siempre que la suma de fuerzas sobre un cuerpo sea cero, el cuerpo está quieto.

___ Verdadero

___ Falso

26. Un cuerpo se mueve recorriendo distancias iguales en tiempos iguales porque la fuerza que actúa sobre él no cambia.

___ Verdadero

___ Falso

27. La fuerza siempre implica el movimiento.

___ Verdadero

___ Falso

28. Si conozco la posición y la velocidad inicial de un cuerpo y sé cuáles son las fuerzas que actúan sobre él en todo momento, puedo predecir cómo va a ser su movimiento.

Verdadero

Falso

29. Un cuerpo puede ejercer fuerza sobre otro si y sólo si ambos cuerpos están en contacto

Verdadero

Falso

C. Anexo: Guía dinámica 1

Descripción: Se proponen siete actividades: empujar a un compañero subido en una patineta, para aclarar que las fuerzas se ejercen mientras dura el contacto; jalar a un compañero montado en una patineta por medio de una cuerda, para identificar las fuerzas que actúan durante el trayecto recorrido; juego con la cuerda, donde dos equipos ubicados a cada lado intentan ganar, ejerciendo la mayor fuerza de fricción sobre el piso; lanzar balones de diferentes masas hacia una botella llena con arena mojada, para identificar las magnitudes que pueden hacer mover la botella; empujar un compañero subido en una patineta durante intervalos diferentes de tiempo, para relacionar las distancias recorridas (el movimiento) con respecto a la fuerza aplicada y el tiempo de contacto; lanzar canicas hacia otro montón de canicas, para establecer relaciones entre la cantidad de movimiento de la canica que se lanza hacia el montón y su masa y su velocidad, y poner a rodar balones de diferentes masas, para establecer la distancia que cada uno de ellos puede recorrer en relación con la masa y el empujón dado. En la ejecución de cada una se emplean elementos cotidianos como los que se mencionan en la parte de materiales. Cada actividad se realiza entre 10 y 15 minutos. Cada una indaga por las fuerzas involucradas en la situación propuesta.



COLEGIO DISTRITAL INEM FRANCISCO DE PAULA SANTANDER- Guía Inicial Dinámica

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS-AREA DE FÍSICA

TIEMPO TOTAL ESTIMADO: 90 minutos

OBJETIVO: Identificar la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre un cuerpo.

MATERIALES

- 1 cuerda
- 2 balones de tamaño similar (pelota de plástico y balón de fútbol)
- 1 patineta
- 1 botella de gaseosa pequeña llena con arena mojada
- 1 tiza
- 1 bolsa de canicas

En todas las actividades, participa la totalidad de los integrantes del grupo.

Cada grupo debe bautizarse con un nombre. De ahí en adelante cada uno de sus miembros se identificará con el nombre dado a su grupo.

En cada grupo ya conformado, se deben nombrar dos estudiantes: uno de ellos será el encargado de garantizar que la totalidad de las actividades sea desarrollada en los tiempos previstos; el otro estudiante, se encargará de hacer el registro escrito de las discusiones hechas por el grupo para cada una de las actividades propuestas en esta guía.

ACTIVIDAD 1

Lugar: Espacio abierto

Tiempo: 15 minutos

Esta actividad se desarrolla con la patineta.

Algunos integrantes del grupo, (de manera alternada), se sientan en la patineta y cierran los ojos (uno a la vez). Uno de sus compañeros le da un leve empujón para iniciar el movimiento de la patineta con su compañero.

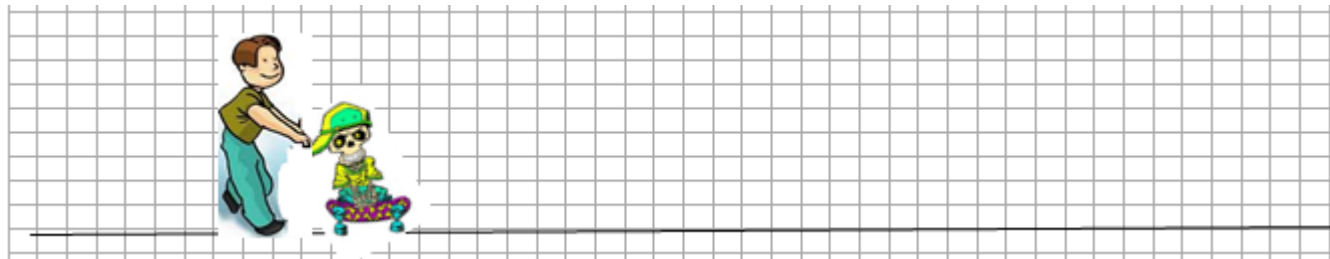


FIG. 1. Leve empujón sobre el estudiante subido en la patineta

1. Teniendo en cuenta el punto de partida, ¿Cuánto se desplazó el estudiante en la patineta? (Haga el uso de una unidad conveniente)

2. Si se aplica un empujón mayor, ¿Cuánto se desplaza el estudiante de la patineta?

3. Si al compañero de la patineta se le entregan unas cuantas maletas de sus compañeros (con el propósito de aumentar considerablemente la masa del conjunto patineta-estudiante), y se le da un empujón leve (intuitivamente como el inicial), ¿Cuánto se desplazará?:

4. ¿En qué momento “sintieron” los estudiantes subidos a la patineta, que actuaba(n) una(s) fuerza(s) sobre ellos? ¿al iniciarse el movimiento, durante el movimiento y al llegar nuevamente al reposo?

5. ¿Cuánto tiempo duró esa fuerza?

La respuesta 4 debe ser acordada por los estudiantes que suban a la patineta y experimenten la actividad 1.

ACTIVIDAD 2

Lugar: Espacio abierto

Tiempo: 10 minutos

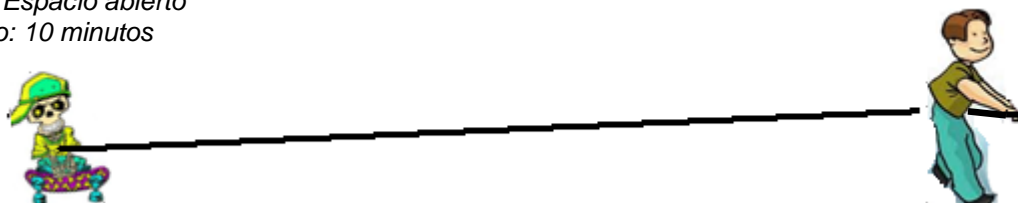


FIG. 2. Actividad con la patineta y la cuerda

Esta actividad se trabaja con la patineta y la cuerda.

Un estudiante se sienta en la patineta y aprieta firmemente la cuerda que sostiene en el otro extremo uno de sus compañeros. El estudiante que está de pie, camina a paso constante haciendo que el estudiante sentado en la patineta se mueva con velocidad constante. El que está sobre la patineta cierra los ojos.

1. ¿Qué fuerza experimenta el estudiante sentado en la patineta? ¿Cuál es la dirección de esa fuerza?

2. ¿Por cuánto tiempo experimenta esa(s) fuerza(s)?

3. ¿Qué o quién ejerce esa(s) fuerza(s)?

ACTIVIDAD 3

Lugar: Espacio abierto

Tiempo: 15 minutos

Esta actividad se trabaja con la cuerda.

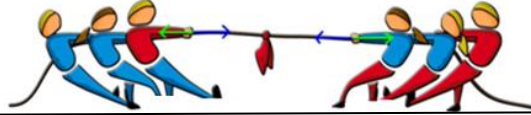


FIG. 3. Midiendo cualitativamente fuerza en equipo

Como se observa en la figura, el grupo debe separarse por mitad para halar de cada extremo de la cuerda.

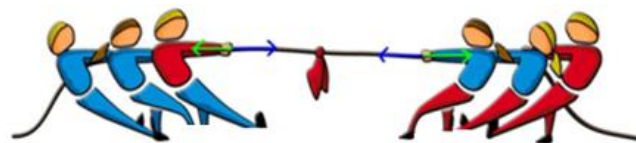
Realizada la actividad:

1. ¿Qué fuerzas se “sienten” mientras se tira de la cuerda?:

2. ¿Qué o quién ejerce la(s) fuerza(s) que intervienen en el ejercicio de la cuerda?

3. ¿Qué condiciones deben tenerse en cuenta para ser siempre el equipo ganador?:

4. Dibuja sobre la figura, la(s) fuerza(s) que pueden estar influenciando el juego de los dos equipos con la cuerda.



ACTIVIDAD 4*Lugar: Espacio abierto**Tiempo: 20 minutos*

Esta actividad se trabaja con la botella que contiene arena mojada.

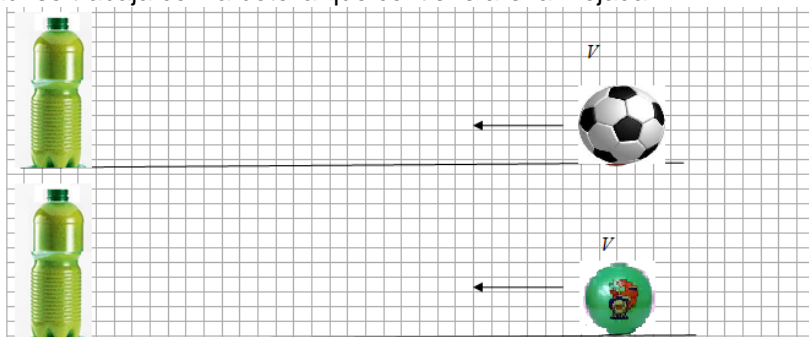


FIG. 5. Lanzamiento de pelotas de diferente masa hacia la botella con arena

1. Si se lanza horizontalmente una pelota liviana hacia la botella con arena mojada (dándole una patada suave a la pelota), ¿se logra tumbar la botella?

_____ ¿Cómo debe moverse la pelota liviana hacia la botella con arena mojada para lograr tumbarla?

2. Si ahora se lanza horizontalmente una pelota “más pesada” hacia la botella con arena mojada (dándole una patada suave a la pelota), ¿se logra tumbar la botella?

_____ En caso de no lograr tumbar la botella con la pelota “más pesada”, ¿cómo debe moverse hacia la botella para lograr derribarla?

3. ¿Qué factores deben tenerse en cuenta en los dos casos anteriores, (lanzando horizontalmente hacia la botella con arena mojada una pelota “liviana” y una pelota “pesada”) para lograr derribar la botella?

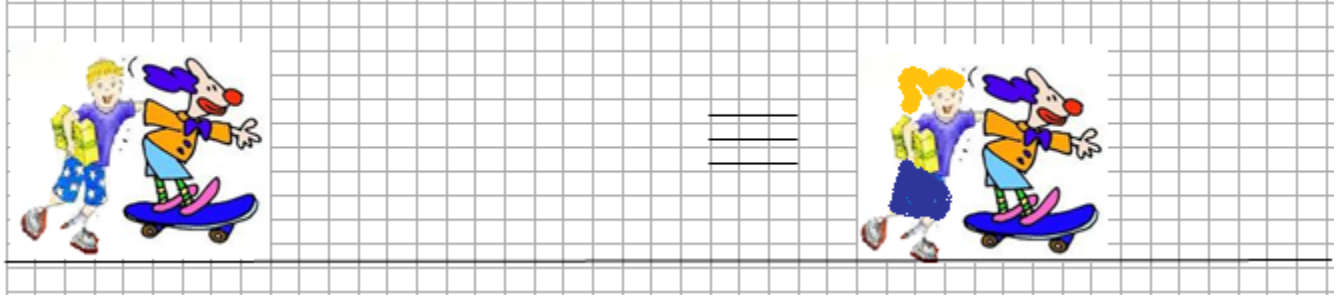
ACTIVIDAD 5*Lugar: Espacio abierto**Tiempo: 15 minutos*

FIG. 6. Moviendo a velocidad constante el estudiante en la patineta y posterior empujón sobre él

Con la tiza, trace una línea recta. Uno de los integrantes del grupo se sube a la patineta y otro estudiante lo empuja a velocidad constante durante un tiempo de 10 segundos, (esto se logra cuando el número de pasos es igual en un tiempo igual; por ejemplo, caminando con un ritmo constante de dos pasos por segundo). Luego, se suelta al estudiante montado en la patineta y, transcurrido un pequeño tiempo, otro estudiante lo empuja suavemente.

1. ¿Cuánto se desplaza el estudiante montado en la patineta si el empujón aplicado se hace durante un intervalo de tiempo muy pequeño?

2. ¿Cuánto se desplaza si el empujón aplicado se hace durante un intervalo de tiempo muy grande?

3. Si suben dos compañeros a la patineta y se repite nuevamente la actividad planteada en los dos puntos anteriores,

- ¿Cuánto se desplazan si el empujón aplicado se hace durante un intervalo de tiempo muy pequeño? _____

- ¿Cuánto se desplazan si el empujón aplicado se hace durante un intervalo de tiempo mayor? _____

ACTIVIDAD 6*Lugar: Espacio abierto**Tiempo: 15 minutos*

Esta actividad se trabaja con las canicas.

Se deja un montón de canicas del mismo tamaño, dejando un poco de espacio entre cada una de ellas; como se observa en las siguientes figuras:

**FIG. 7. Lanzando una canica pequeña****FIG. 8. Lanzando una canica grande**

Se lanza una canica con velocidad horizontal hacia el montón.

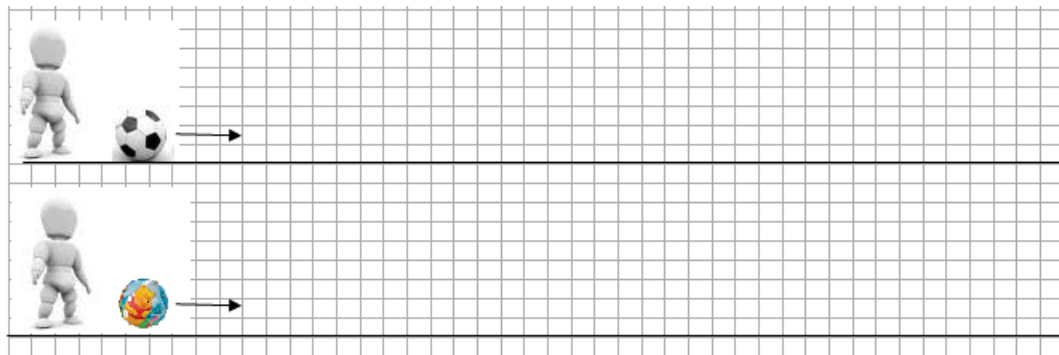
1. Si la canica lanzada es de un tamaño similar o menor al tamaño de las que se encuentran en el montón, ¿Qué tantas canicas del montón se mueven a causa de la canica que fue lanzada hacia ellas?

2. Si la canica lanzada es de un tamaño mayor a las que se encuentran en el montón, ¿Qué tantas canicas del montón se mueven a causa de la que fue lanzada hacia ellas?

3. ¿Qué puede concluirse de esta experiencia?

ACTIVIDAD 7*Lugar: Espacio abierto**Tiempo: 15 minutos*

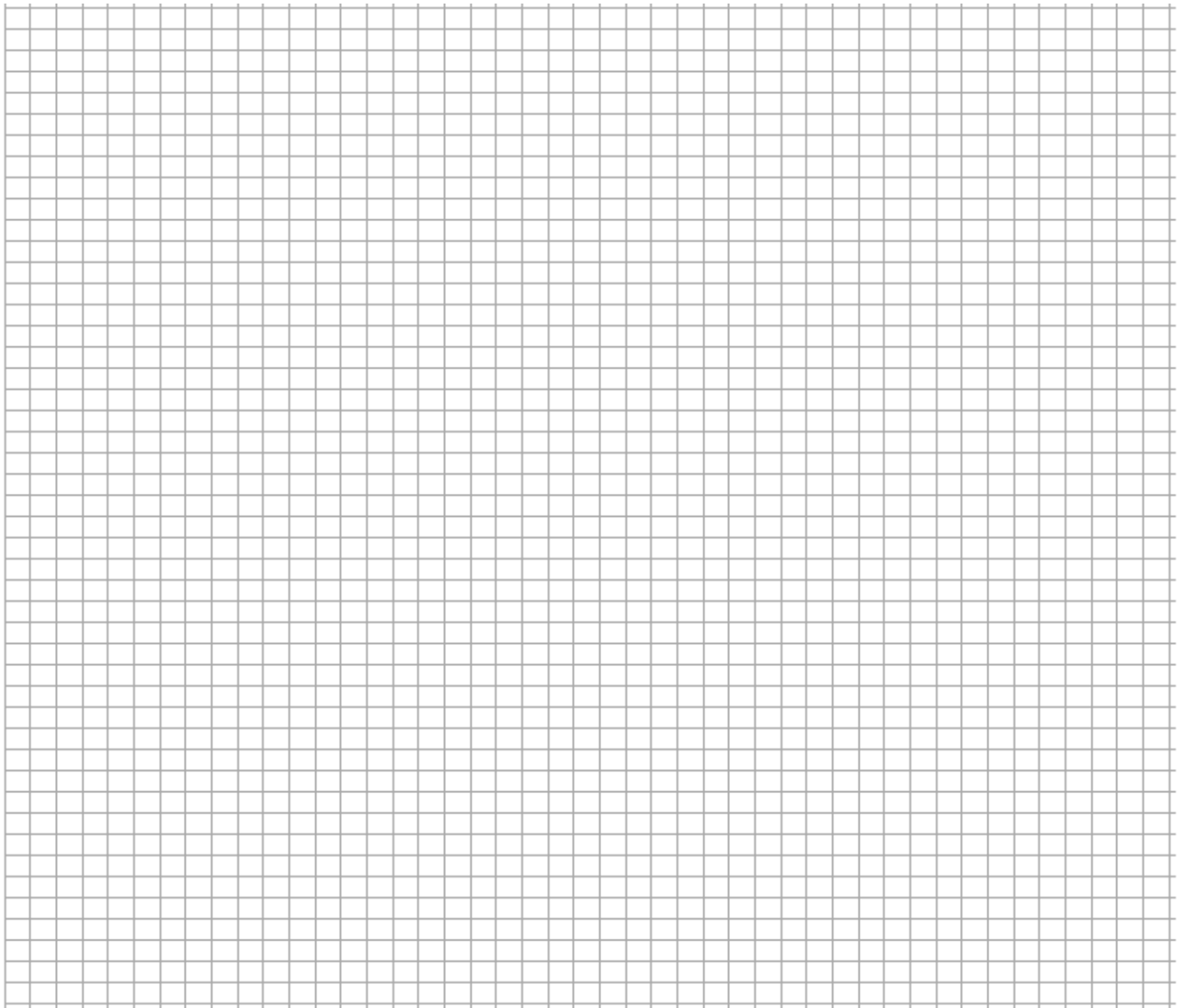
Esta actividad se trabaja con los balones.

**G. 9. Pateando el balón de diferente masa**

Cada estudiante patea un balón suavemente y de manera simultánea con su compañero. Los balones son de masas diferentes (por ejemplo, un balón de Fútbol y el otro de plástico).

1. ¿Cuánto se desplaza cada uno de los balones?
El balón de Fútbol: _____
El balón de plástico: _____
2. Si el empujón sobre el balón aumenta sólo un poco más;
¿Cuánto se desplaza cada uno de los balones?
El balón de Fútbol: _____
El balón de plástico: _____

Realice un dibujo sobre el alcance de cada balón en cada uno de los casos:



D. Anexo: Guía dinámica 2

Esta guía contiene hoja de predicciones y hoja de resultados. Propone actividades de laboratorio para ser realizadas en el salón de clase.



COLEGIO DISTRITAL INEM FRANCISCO DE PAULA SANTANDER- 41 años

Departamentos de Ciencias
TALLER EXPERIMENTAL DE AULA
LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO

HOJA DE PREDICCIONES DE GRUPO
GUIA- Dinámica 2

Esta actividad debe desarrollarse entre cuatro estudiantes. La guía debe entregarse al profesor terminada la actividad.

Tiempo: 20 minutos

OBJETIVOS:

1. Comprender las componentes de una fuerza.
2. Comprender el concepto de Tensión.
3. Comprender la relación entre masa e inercia.

MATERIALES: 2 Dinamómetros de igual valor, dos soportes, pita, balanza, arena, bolsas, transportador, polea, caja de masas.

Definición. La fuerza puede interpretarse como los empujones o jalones que un cuerpo hace sobre otro. La fuerza no equilibrada sobre los cuerpos, puede ocasionar dos cosas: un cambio en el movimiento o una deformación. Dicha fuerza tiene una componente vertical y una componente horizontal, cuando se considera un sistema de coordenadas cartesianas.

PRIMERA PARTE

PREDICCIÓN 1: La fuerza que actúa sobre un cuerpo puede descomponerse en otras fuerzas.

Actividad 1 Se arma 3 paquetes de arena de la misma masa. Se dispone los materiales como se observa en la figura 1.

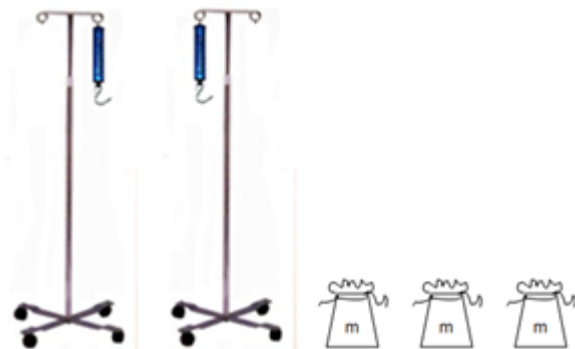


FIGURA 1 Soportes con dinamómetros y bolsas de arena

Actividad 2. Se toma una de las bolsas de arena y se cuelga de un solo dinamómetro. Suponga el valor de la masa de la bolsa de arena igual a **m**.

Pregunta 1. Si el dinamómetro mide la fuerza que la tierra hace sobre la bolsa de arena, ¿Cuál será el valor que mostrará el dinamómetro?

Actividad 3. La misma bolsa de arena se suspende simultáneamente de dos dinamómetros similares. El ángulo que forma cada uno de los dinamómetros con respecto a una horizontal definida es el mismo.

Pregunta 2 La fuerza que se mide en cada uno de estos dinamómetros, ¿Es igual al valor de la fuerza medida por el dinamómetro en la actividad 2?

Actividad 4. Se separa un poco más las bases de los soportes. Se suspende nuevamente la bolsa de arena simultáneamente de los dos dinamómetros.

Pregunta 3 ¿Qué fuerza indicará cada uno de los dinamómetros?

Actividad 5. Se emplean dos bolsas de arena de igual masa y se repiten las actividades 2, 3 y 4.

Pregunta 4. Al doblar el valor de la masa, ¿Qué fuerza indicará el dinamómetro cuando se suspendan de él las dos bolsas?

Pregunta 5. Al suspender esta nueva masa de los dos dinamómetros (considerando el mismo ángulo que se obtenga en la actividad 3), ¿Qué valor se indicará en cada dinamómetro?

Pregunta 6. Si se separan las bases de los soportes, (suponiendo el mismo ángulo), ¿Qué valor indicará cada uno de los dinamómetros?

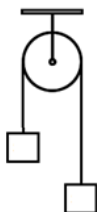
Pregunta 7. ¿Puede establecerse una relación entre los valores de fuerza obtenidos en las diferentes actividades propuestas para una sola bolsa de arena y los valores de fuerza obtenidos con varias bolsas de arena?

SEGUNDA PARTE

PREDICCIÓN 1: La Tensión sobre un cuerpo, ¿Es una fuerza que puede cambiar?

Se dispone los materiales como se observa en la figura 2. Este sistema se conoce como la máquina de Atwood.

Actividad 1. Se colocan masas de valores iguales en cada extremo de la cuerda.



Pregunta 1. ¿Quedará en reposo el sistema? ¿Se moverá? Si se mueve, el movimiento, ¿es uniforme?, ¿es acelerado?

Pregunta 2. ¿Cuál es la Tensión sobre cada uno de los bloques?

Máquina de Atwood FIGURA 2

Actividad 2. Se colocan masas que están en relación de 1:2 y luego de 1:3 en los extremos de la cuerda.

Pregunta 3. ¿Quedará en reposo el sistema? ¿Se moverá? Si se mueve; su movimiento ¿es uniforme? ¿es acelerado? ¿Qué dirección tiene este movimiento?

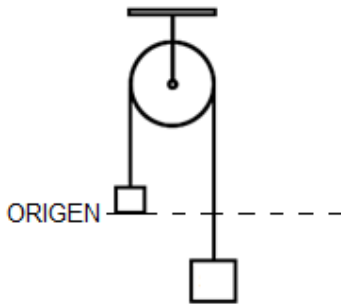


FIGURA 3 Máquina de Atwood con masas diferentes

Pregunta 4. ¿La Tensión es diferente para cada bloque?

TERCERA PARTE

PREDICCIÓN 1: La Inercia de un cuerpo es proporcional a su masa.

Actividad 1. Se coloca un bloque sobre una superficie horizontal, como se indica en la figura 4.

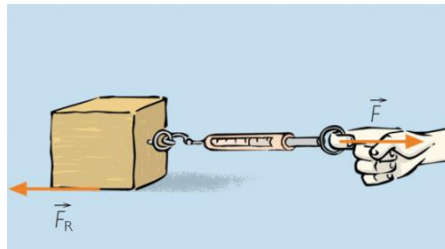


FIGURA 4 Bloque sobre superficie horizontal

Pregunta 1. ¿Cuál debe ser el valor de la fuerza que debe aplicarse al bloque para lograr moverlo?

Actividad 2. Se aumenta la masa del bloque colocando sobre él otro objeto o simplemente cambiando el bloque por otro de mayor masa.

Pregunta 2. ¿Cuál debe ser la fuerza que debe aplicarse al nuevo bloque para lograr moverlo?



COLEGIO DISTRITAL INEM FRANCISCO DE PAULA SANTANDER- 41 años

Departamentos de Ciencias
TALLER EXPERIMENTAL DE AULA
LABORATORIO DE APRENDIZAJE ACTIVO

HOJA DE RESULTADOS DE GRUPO
GUIA# 2- Dinámica 2

Esta actividad debe desarrollarse entre cuatro estudiantes. La guía debe guardarse para ser estudiada posteriormente.

Tiempo: 40 minutos

OBJETIVOS:

1. Comprender las componentes de una fuerza.
2. Comprender el concepto de Tensión.
3. Comprender la relación entre masa e inercia.

MATERIALES: 2 Dinamómetros de igual valor, dos soportes, pita, balanza, arena, bolsas, transportador, polea, caja de masas.

Definición. La fuerza puede interpretarse como los empujones o jalones que un cuerpo hace sobre otro. La fuerza no equilibrada sobre los cuerpos, puede ocasionar dos cosas: un cambio en el movimiento o una deformación. Dicha fuerza tiene una componente vertical y una componente horizontal, cuando se considera un sistema de coordenadas cartesianas.

PRIMERA PARTE

PREDICCIÓN 1: La fuerza que actúa sobre un cuerpo puede descomponerse en otras fuerzas.

Actividad 1 Se arma 3 paquetes de arena de la misma masa. Se dispone los materiales como se observa en la figura 1.

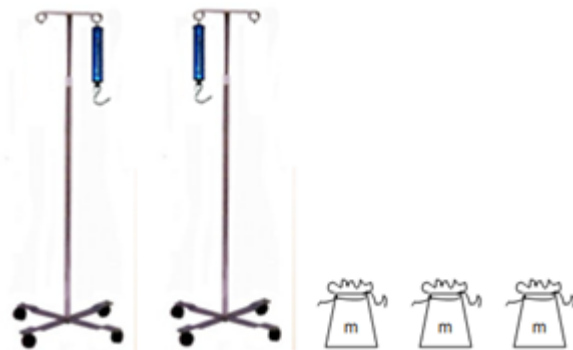


FIGURA 1 Soportes con dinamómetros y bolsas de arena

Actividad 2. Se toma una de las bolsas de arena y se cuelga de un solo dinamómetro. Se observa el valor de la fuerza que la tierra hace sobre la bolsa de arena.

Pregunta 1 ¿Cuánto mide la fuerza que ejerce la tierra sobre la bolsa de arena?

Actividad 3. Se suspende la bolsa de arena simultáneamente de dos dinamómetros similares. El ángulo que forma cada uno de los dinamómetros con respecto a una horizontal definida es el mismo.

Pregunta 2. La fuerza que se mide en cada uno de estos dinamómetros, ¿Es igual al valor de la fuerza medida por el dinamómetro en la actividad 2?

Actividad 4. Se separa un poco más las bases de los soportes. Se suspende nuevamente la bolsa de arena simultáneamente de los dos dinamómetros.

Pregunta 3. ¿Cuál es el valor de la fuerza mostrada en cada uno de los dinamómetros?

Actividad 5. Se emplean dos bolsas de arena de igual masa y se repiten las actividades 2, 3 y 4.

Pregunta 4. Al doblar el valor de la masa, ¿Qué fuerza marca el dinamómetro cuando se suspenden de él las dos bolsas de arena?

Pregunta 5. Al suspender simultáneamente las dos bolsas de arena, de los dos dinamómetros (consiguiendo el mismo ángulo de la actividad 3), ¿Qué fuerza marca cada uno de los dinamómetros?

Pregunta 6. Al separar las bases de los soportes, (consiguiendo el mismo ángulo de la actividad 4), ¿Qué fuerza indica cada uno de los dinamómetros?

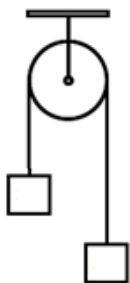
Pregunta 7. ¿Puede establecerse una relación entre los valores de fuerza obtenidos en las diferentes actividades propuestas para una sola bolsa de arena y los valores de fuerza obtenidos con varias bolsas de arena?

SEGUNDA PARTE

PREDICCIÓN 1: La Tensión sobre un cuerpo, ¿Es una fuerza que puede cambiar?

Se dispone los materiales como se observa en la figura 2. Este sistema se conoce como la máquina de Atwood.

Actividad 1. Se colocan masas de valores iguales en cada extremo de la cuerda.



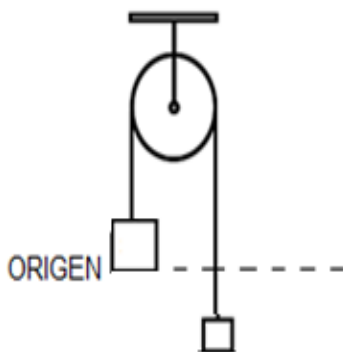
Pregunta 1. ¿Queda en reposo el sistema? ¿Se mueve? Si se mueve, el movimiento, ¿es uniforme?, ¿es acelerado?

FIGURA 2 Máquina de Atwood

Pregunta 2. Usando método analítico, ¿Cuál es la magnitud de la Tensión en la cuerda?

Actividad 2. Se colocan masas de diferentes valores en cada extremo de la cuerda.

Pregunta 3. ¿Se queda en reposo el sistema? ¿Se mueve? ¿Si se mueve, que clase de movimiento tiene? ¿Qué dirección tiene este movimiento?



Actividad 3. Calcule la Tensión en la cuerda usando el método analítico.

FIGURA 3 Máquina de Atwood con masas diferentes

Pregunta 4. ¿La Tensión es diferente para cada bloque?

Actividad 3. Estableciendo un punto de partida (origen) y un punto de llegada (piso), mida la distancia entre estos dos puntos. Como el bloque inicialmente se encuentra en reposo, la velocidad inicial del bloque es cero ($V_0 = 0$). Mida el tiempo que tarda en recorrer esa distancia.

Pregunta 5. ¿Cuál es la aceleración del sistema?

Actividad 4. Dobra el valor de la masa de los bloques colocados en cada extremo de la cuerda.

Pregunta 6. ¿Cuál es la aceleración del sistema?

TERCERA PARTE

PREDICCIÓN 1: La Inercia es proporcional a la masa del cuerpo.

Actividad 1. Se coloca un bloque sobre una superficie horizontal, como se indica en la figura 4.

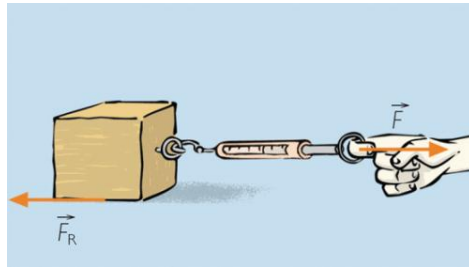


FIGURA 4 Bloque sobre superficie horizontal

Pregunta 1. ¿Qué masa tiene el bloque? ¿Cuál es la fuerza que debe aplicarse al bloque para lograr moverlo?

Actividad 2. Se aumenta la masa del bloque colocando sobre él otro objeto o cambiando el bloque por otro de mayor masa.

Pregunta 2. ¿Qué masa tiene el nuevo bloque? ¿Cuál es la fuerza que debe aplicarse al nuevo sistema para lograr moverlo?

Pregunta 3. ¿Puede establecerse una relación entre la masa del bloque y la fuerza que debe aplicarse para lograr moverlo?

Bibliografía

(s.f.).

ALONSO SEPÚLVEDA, A. (2003). *Los conceptos de la física. Evolución histórica*. Universidad de Antioquia.

ALONSO, F., FINN, E. J. (1986). Dinámica de una partícula. En F. J. ALONSO, *Física Volumen I: Mecánica* (pág. 156). Addison-Wesley Iberoamericana.

ARANA, J. (s.f.). *www.juan-arana.net*. Recuperado el 10 de abril de 2011, de <http://www.juan-arana.net/MaterialesKantIlustracion.html>

CLEMENT, J. (1982). Student preconceptions in introductory mechanics. *Am. J. of Physics* 50 , 66-71.

DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Revista Enseñanza de las Ciencias* , 4(1), 3-15.

FRENCH, A. (1978). Fuerza, inercia y movimiento. En A. FRENCH, *Mecánica Newtoniana* (págs. 155-179). Reverté.

FRENCH, A. (1978). Fuerzas y Equilibrio. En A. FRENCH, *Mecánica Newtoniana* (págs. 103-128). reverté s.a.

GARCIA, M.B., DELL'ORO, G. (2001). Algunas dificultades en torno a las leyes de Newton: una experiencia con maestros. *Revista Iberoamericana de Educación* .

GIL PEREZ, D. (1986). La Metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. . *Revista Enseñanza de las Ciencias* , 4(2), 111-121.

HECHT, E. (1987). Los primeros 2000 años. En E. HECHT, *Física en Perspectiva* (págs. 35-40). Wilmington, Delaware, E.U.A: Addison Wesley Iberoamericana S.A.

HEMLEBEN, J. (1985). *Galileo*. Hamburgo: Salvat Editores S.A.

HERNANDEZ, C. A. (2010). Diapositivas de clase Galileo.

HEWITT, P. G. (2001). Planos inclinados de Galileo. En P. G. HEWITT, *Conceptos de física* (págs. 34-36). Balderas, México: Limusa, Noriega editores.

NEWTON, I. (1993). *Principios matemáticos*. Altaya.

NEWTON, I. (1993). *Principios matemáticos*. Altaya.

WATTS, D.M., ZYLBERSZTAJN, A. (1981). A survey ideas about force. *Physics Education* 16 , 360-365.

Wikisource. (s.f.). Recuperado el 7 de junio de 2011, de Wikisource:
http://es.wikisource.org/wiki/Di%C3%A1logos_sobre_los_dos_m%C3%A1ximos_sistemas_del_mundo:_ptolem%C3%A1ico_y_copernicano