

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
COORDINACIÓN DE ESPECIALIZACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA PARA EL BACHILLERATO

**PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE
LA TEORÍA DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL
EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR**

T E S I N
A
QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA
DE LA ESPECIALIZACIÓN EN
DOCENCIA PARA EL BACHILLERATO

P R E S E N T A:

EMMA MARGARITA JIMÉNEZ CISNEROS

ASESOR: DR. JORGE BAROJAS WEBER

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

INDICE

Introducción	1
1. Sobre la enseñanza de la física	3
1.1 Problemática de la enseñanza de la teoría de gravitación universal	4
1.2 Una propuesta didáctica	5
2. Marco de referencia	9
2.1 Gravitación universal	9
2.2 Concepción de ciencia y concepción de aprendizaje	14
2.3 Consecuencias para la enseñanza	19
3. Diseño de la propuesta didáctica	24
3.1 Propósitos	24
3.2 Descripción general	25
3.3 Componentes de enseñanza y Aprendizaje	27
3.4 Evaluación del aprendizaje	30
3.5 Organización didáctica	31
4. Desarrollo de la propuesta	34
4.1 Aplicación en el aula	34
4.2 Recolección de evidencias de aprendizaje	39
5. Resultados	43
5.1 Información recolectada	43
5.2 Interpretación de la información	52
6. Reflexiones finales	58
Bibliografía	61
Anexo 1. Propuesta didáctica y materiales de apoyo	63
Anexo 2. Bitácora y Guía de Observación (Formatos)	131
Anexo 3. Bitácora y Guía de Observación (Muestra de sesiones 1 y 2)	139
Anexo 4. Cambio en las respuestas de los Estudiantes	149
Anexo 5. Respuesta de los estudiantes al pretest y al postest (Muestra de un alumno)	154

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se aborda el problema de la enseñanza de la teoría de gravitación universal en el nivel medio superior. Como una posibilidad para su tratamiento en el aula se presenta una propuesta didáctica diseñada a partir un marco constructivista.

Inicialmente se tratan a las ideas más relevantes de la teoría de gravitación. Ésta es considerada una síntesis en dos sentidos: como la unificación de fenómenos tratados anteriormente por separado, y como la conformación de una teoría física en la que se articulan e integran conceptos, leyes y principios ya presentes en el siglo XVII.

A continuación se describen las nociones de ciencia y aprendizaje, así como sus consecuencias para la enseñanza. Éstas orientaron el diseño de la propuesta didáctica y sirvieron como marco para interpretar lo sucedió en el aula cuando dicha propuesta se aplicó. Dentro de lo más relevante se encuentra la consideración de aspectos epistemológicos, históricos y psicológicos que tradicionalmente no son considerados en la planeación didáctica.

En seguida, se presenta el desarrollo de esta propuesta en el aula. Ésta se aplicó en el Colegio de Bachilleres, Zona Metropolitana, con estudiantes de segundo semestre. La información para conformar este apartado se recolectó a través de: un pretest, las respuestas de los estudiantes a las actividades en clase y en laboratorio, un postest, una entrevista, una bitácora y una guía de observación.

Posteriormente, la información recolectada a través de los instrumentos señalados en el párrafo anterior es articulada e integrada para explicar cambios en las ideas de los estudiantes, y para valorar a la propia propuesta.

Al final, se presenta la reflexión en torno a este trabajo. Los hallazgos se agrupan en conclusiones, aportaciones y recomendaciones. Aquí dentro de lo más relevante se encuentra: las ideas sobre de gravitación que poseen los estudiantes no están aisladas, se agrupan formando entramados complejos; los estudiantes construyen modelos explicativos en la escuela, pero no siempre los emplean para situaciones cotidianas, en éstas utilizan otros modelos; para trabajar propuestas de este tipo, por el tiempo requerido, es conveniente conformar equipos de trabajo de tal forma que los docentes intercambien propuestas didácticas con sus compañeros; y los materiales escritos que se utilizaron durante la aplicación de esta propuesta en el aula, forman un conjunto de documentos originales que apoyan la enseñanza de la teoría de la gravitación universal.

1. SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

La experiencia de los docentes que se abocan a la enseñanza de la física y gran cantidad de investigadores educativos identifican que la enseñanza de esta ciencia, atraviesa por un periodo de crisis. Algunos rasgos de ésta son: los estudiantes no aprenden y cuando logran evidenciar aprendizajes en los exámenes en poco tiempo los olvidan, los alumnos no se interesan en aprender ciencia, las metas de los profesores y de los estudiantes no coinciden, los profesores no promueven el uso de estrategias de razonamiento y de solución de problemas, los estudiantes no encuentran sentido a lo que aprenden, a los profesores les hace falta formación, la docencia tiene poco reconocimiento social y por ende es mal pagada, y existen restricciones relacionadas con cada institución educativa.

Algunos autores como Pozo y Gómez (2000)¹ señalan que esta crisis está relacionada con la falta de cambios y transformaciones en el currículo de ciencias, frente a los grandes cambios de la sociedad y de sus demandas educativas. Ellos proponen que los cambios en el currículo deben apuntar a la adopción de nuevos contenidos, métodos y metas. Para lograr esto, el enfoque constructivista en la educación, que pretende transformar la mente de quien aprende al reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales para apropiarse de ellos, brinda una posibilidad.

Los cambios curriculares y transformaciones en el currículo son complejos, generalmente de gran extensión y prolongados. En este trabajo se aborda únicamente una temática del currículo de la enseñanza de la física: la teoría de gravitación universal en el nivel medio superior. Su propósito es mostrar, a través de una propuesta constructivista, cómo es posible abordar a la teoría de gravitación universal en el nivel medio superior mediante el empleo de métodos en

¹ **Pozo J. y Gómez M. (2000).** *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico.* Madrid: Ediciones Morata.

los que se procura una participación activa de los estudiantes con la intención de que reconstruyan, para sí mismos, la forma en que Isaac Newton reflexionó para proponer a dicha teoría.

Así, en este trabajo, se analiza el diseño, la aplicación en el aula y las evidencias de aprendizaje de una propuesta didáctica a nivel medio superior en la que se propone un cambio curricular en cuanto a los contenidos, métodos y metas que tradicionalmente se tratan en el aula cuando se aborda la teoría de gravitación universal.

1.1 PROBLEMÁTICA DE LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Las ideas de la teoría de la gravitación universal, dentro de la cultura en ciencias de todo estudiante de nivel medio superior, son indispensables ya que permiten una explicación del por qué nuestro sistema solar está conformado por un sol con planetas que lo orbitan y en cuyo entorno, a su vez, giran satélites. Esta imagen del sistema solar ha sido ampliamente difundida a través de los centros educativos, de diversas formas de divulgación científica y de los medios masivos de comunicación, en donde las películas y programas de televisión acerca de viajes espaciales tienen gran popularidad. Sin embargo, las causas de la peculiar disposición de satélites, planetas y soles, o pasan desapercibidas o son mal interpretadas.

Esta es una situación que pone en evidencia que las ideas de la gravitación universal no son manejadas certeramente por los estudiantes y por la sociedad en general, a pesar de que estas ideas son tratadas por los profesores de física de todos los niveles educativos.

Además de conocer el gran valor de la teoría de gravitación dentro de la evolución del pensamiento humano en la historia, en la actualidad el comprender correctamente a esta teoría permite al estudiante de nivel medio superior explicarse situaciones que son cada día más frecuentes como el observar en

noticieros, documentales y películas que los astronautas flotan cuando se encuentran en naves que orbitan la Tierra (Léon, 1998)².

El problema que se trata en este trabajo consiste en cómo abordar a la teoría de gravitación universal de tal forma que el estudiante de nivel medio superior encuentre sentido a las ideas que la conforman, se interese por aprenderla y modifique las ideas que ya posee en torno a ella.

1.2 UNA PROPUESTA DIDÁCTICA

Como una posible solución al problema planteado en el apartado anterior, se diseñó, aplicó en el aula y valoró una propuesta didáctica a nivel medio superior para la enseñanza de la teoría de gravitación universal. Para que esta propuesta fuera una opción de cambio con respecto a la práctica docente tradicional, se consideró diseñarla con base en aspectos históricos, psicológicos y epistemológicos a partir de los cuales fuera posible orientar la orquestación de estrategias y la elaboración de actividades y materiales.

El aspecto histórico orientó principalmente a la selección de contenidos. Éstos atienden a la recuperación de varias de las ideas de Isaac Newton. Por ejemplo, la forma en que este científico argumenta en favor de la existencia de una fuerza dirigida hacia el centro que ocasiona que la trayectoria de los planetas se curve (Cohen, 1996)³.

El aspecto psicológico orientó la construcción de actividades y materiales. Por ejemplo, aquí se consideró a la teoría del aprendizaje significativo de D. Ausubel en la que se señala que la nueva información requiere vincularse a la información que ya se posee y que hace la función de un 'anclaje' (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983)⁴. Así, se tuvo especial cuidado en identificar cuál era esta

² Léon, J. (1998). *Gravitation*.

http://perso.club-internet.fr/jac_leon/gravitation/article-english/e-intro.html

Fecha de consulta: 29 de julio de 2001

³ Cohen, B – (1996). *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. España: Alianza Editorial.

⁴ Ausubel D., Novak D. y Hanesian H. (1983). *Psicología educativa*. México: Trillas.

información 'ancla', en qué momento era necesario ponerla en juego, y con qué nueva información se pretendía vincular.

El aspecto epistemológico orientó la identificación de la forma de razonamiento que se esperaba en los estudiantes para que reconstruyeran, a nivel personal, ideas sobre la teoría de gravitación universal. Por ejemplo, en la actividad para establecer la relación inversamente proporcional entre la fuerza gravitacional entre dos objetos y el cuadrado de la distancia que los separa, los estudiantes fueron guiados para seguir un razonamiento inductivo. A partir de varios casos particulares en los que se cuantifica a la fuerza y al cuadrado de la distancia, se conduce a los estudiantes para que lleguen a la relación general

$$F \propto \frac{1}{d^2}.$$

La propuesta didáctica para abordar a la teoría de gravitación universal, fue aplicada en el aula durante julio de 1998 con estudiantes de segundo semestre de nivel medio superior del Distrito Federal. Específicamente en el Plantel 7, Iztapalapa del Colegio de Bachilleres.

La valoración de esta propuesta didáctica condujo a varios hallazgos. Dentro de los más relevantes se encuentran:

- Sí es posible modificar algunas ideas sobre gravitación que poseen los estudiantes. Aunque, hay otras (como pensar que sobre un mismo objeto la Tierra ejerce una fuerza gravitacional muy diferente cuando es colocado a alturas poco diferentes), que son más difíciles de modificar. Probablemente esto sucede porque se evidenció que las ideas de los estudiantes sobre gravitación universal no se encuentran aisladas, sino que se articulan unas con otras formando un entramado complejo que dificulta el cambio de ideas por separado.
- Los alumnos construyen en clase modelos sobre gravitación universal que emplean para explicar lo que se solicita en el aula, sin embargo conservan modelos propios que emplean para elaborar explicaciones en su cotidianidad.

- Existen indicios de que los estudiantes, además de modificar sus ideas sobre gravitación, modificaron: otras ideas, como la noción de fuerza y aceleración; algunas actitudes, como el interés hacia el tema; y algunas percepciones sobre sí mismos, como sus expectativas de éxito para el aprendizaje de la física.
- A pesar de que cambian las respuestas de los estudiantes para una misma cuestión formulada antes y después de la aplicación en el aula de esta propuesta, es pertinente solicitar una explicación de estas respuestas. Algunos estudiantes, después de haber trabajado con la propuesta didáctica sobre gravitación universal, emitieron una respuesta correcta pero su explicación fue incorrecta y viceversa.
- Realizar entrevistas sencillas, basadas en las mismas cuestiones que se presentan en los instrumentos de evaluación es un complemento para comprender qué sucede con los estudiantes cuando se percibe que sus respuestas no son correctas. A través de este procedimiento, en la operación de esta estrategia se identificó que algunos estudiantes sí tenían la idea de que la fuerza de gravedad terrestre se dirige hacia el centro de la Tierra, sin embargo no leyeron con cuidado la pregunta, respondieron impulsivamente o tuvieron dificultades para expresarse por escrito.
- La experiencia personal de los estudiantes y su sentido común es muy dominante cuando se trata en clase de trascender lo evidente. Por ejemplo, los estudiantes señalan que cuando están sentados (sobre un soporte) no existe fuerza de gravedad porque no se caen. Así para cualquier objeto que se encuentre sobre un soporte no existirá fuerza de gravedad porque no cae. Esto es consistente con la noción de que sólo existe fuerza sobre un objeto cuando éste se mueve: noción incorrecta que impide identificar que aunque un objeto esté en reposo, sobre éste pueden presentarse varias fuerzas.
- La noción de peso es más relevante que la noción de masa para los estudiantes cuando explican a la gravitación. El peso para ellos, es el

responsable de que exista fuerza de gravedad. Así, es necesario evidenciar con más cuidado el papel de la masa en la teoría de gravitación universal.

- La noción de fuerza y aceleración son fundamentales para la reconstrucción de la teoría de gravitación universal. Si estas nociones no están bien conformadas, se tendrá problemas con fuerza gravitacional y aceleración de la gravedad.

Finalmente cabe mencionar que los hallazgos anteriores son producto de un intento por modificar contenidos, métodos y metas en relación a la enseñanza de la teoría de gravitación universal.

2. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se presenta brevemente y de manera inicial a las ideas más relevantes de la teoría de gravitación universal. Un acercamiento a esta teoría permitirá comprender el porqué de la propuesta didáctica que aquí se presenta. Además refleja la certeza de que si el profesor carece de un manejo adecuado de los contenidos que pretende abordar en el aula, solo logrará confusión en sus estudiantes.

A continuación se describe la concepción de ciencia y de aprendizaje que son consideradas como guía para el diseño y operación de la propuesta didáctica.

Finalmente, y a partir de las concepciones anteriores, se derivan consecuencias para la enseñanza de las ideas de la gravitación universal que son tomadas en cuenta para la propuesta didáctica que se presenta en el Capítulo 3.

2.1 GRAVITACIÓN UNIVERSAL

En 1687 Isaac Newton en su obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (generalmente conocido como *Principia*), expone la teoría de Gravitación Universal. Este conjunto de ideas modifican en gran medida la noción de mundo que el ser humano tenía en el siglo XVII.

Hasta antes de que Newton expusiera sus ideas, se pensaba que existían leyes para describir los movimientos de los objetos de la Tierra diferentes a las leyes que regulan el comportamiento de los astros. La gravitación universal une al cielo con la Tierra y explica a la luz de los mismos conceptos, fenómenos como las mareas, la caída de una manzana y el movimiento de los planetas.

Principia es un documento extraordinario. Sus tres secciones principales son ricas en descubrimientos de física y en el empleo de matemáticas. Pero la teoría de la gravitación universal y los argumentos en que se sustenta, son sobresalientes. Sin embargo la forma en que Newton expone sus tesis, basada en la Geometría, no es familiar en nuestros días. Este pensador considera lineamientos de argumentación ideados en la antigua Grecia. Incluso en su tiempo, los *Principia* (que

fueron escritos en latín), fueron traducidos a sumarios que permitían acceder a los lectores de Newton a sus argumentos y conclusiones.

La idea de una transposición, se considera útil para este trabajo. La forma en que Newton demostraba sus afirmaciones no es la usual en la ciencia de hoy (De Swaan, 1990)⁵. Así que, sin alterar las ideas y conceptos científicos de este pensador sobre la gravitación universal, se procuró un acercamiento a esta teoría con procedimientos acordes a la forma en que se trabaja a la física en el aula actualmente.

La propuesta de la gravitación universal es considerada aquí como una síntesis en la que se reconocen dos sentidos:

a. la unificación científica de fenómenos tratados anteriormente por separado (caída de los cuerpos, movimiento de la luna, mareas).

b. la producción de una teoría física mediante la articulación e integración de conceptos, leyes y principios ya presentes en la ciencia del siglo XVII. Las Ideas de Galileo, Descartes, Kepler y Hooke se vinculan para construir una teoría más extensa e inclusiva.

El origen

Existen diferentes opiniones acerca del desarrollo de las ideas que permitieron a Newton desembocar en la ley de Gravitación Universal. Sin lugar a dudas es fundamental una carta que Robert Hooke, entonces secretario de la Real Sociedad de Londres, escribe en 1679 a Newton. En esta carta Hooke somete su hipótesis: '*los movimientos de los planetas se componen de un movimiento tangente a la trayectoria y de un movimiento atractivo al cuerpo central (Sol)*', a la opinión de Newton. Además, señaló Hooke en otra carta: '*la fuerza de atracción que mantiene a los planetas en su órbita varía de manera inversa al cuadrado de la distancia de cada planeta al sol : $F \propto 1/d^2$* ' (Cohen, 1996)⁶.

Aunque Newton no discute abiertamente estas ideas con Hooke, seguramente en ellas encuentra aportaciones valiosas para dar forma a la teoría de gravitación universal. Un ejemplo es el descubrimiento del significado dinámico de la ley de áreas de Kepler. El análisis que conduce a Newton a este descubrimiento

⁵ De Swaan, B. (1990) – *El inglés de la manzana*. México: Pangea – Conacyt

⁶ Cohen, B – (1996). *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. España: Alianza Editorial.

(incluido en su obra *De Motu* y en *Principia*) propone a grandes rasgos, las siguientes ideas:

a. Un cuerpo en movimiento inercial (rectilíneo uniforme) barre áreas iguales en tiempos iguales con respecto a un punto fuera de su trayectoria.

b. Si se aplica una fuerza impulsiva dirigida a dicho punto se demuestra, geoméricamente, que el área se sigue conservando.

c. Al considerar la aplicación de más fuerzas, de tipo impulsivo, se forman triángulos cuyas áreas se siguen conservando.

d. Si cada vez se hacen más pequeños los triángulos, por aplicar fuerzas impulsivas distanciadas por intervalos de tiempo cada vez más cortos, se tendrá una trayectoria que tiende a ser circular.

Con base en las ideas anteriores, Newton, demuestra que el movimiento planetario y el de los cometas en órbitas curvas es una consecuencia de la superposición del movimiento inercial (lineal o tangencial) y de un movimiento originado por un tipo particular de fuerza dirigido hacia el centro (Rutherford, Holton y Watson, 1975)⁷.

En esta secuencia es conveniente enfatizar la noción de la fuerza centrípeta (sugerida por Hooke) y la consideración de que las fuerzas atractivas pueden producir trayectorias curvas a millones de millas de distancia.

Primera y Tercera Leyes de Kepler se articulan con Primera y Segunda Leyes de Newton

De acuerdo con la Primera Ley de Newton y la Primera Ley de Kepler, si los planetas se mueven en órbitas elípticas, la fuerza neta que se ejerce sobre el planeta debe ser no equilibrada o diferente de cero (French, 1990)⁸.

Con base en la Segunda Ley de Newton, si existe una fuerza neta diferente de cero, debe existir una aceleración. Esta origina un cambio de velocidad. La fuerza neta se ejerce en la dirección en que se observa la aceleración.

⁷ Rutherford J., Holton G. y Watson G. (1975) – *Project Physics*. New York: Holt, Rinehart y Watson.

⁸ French, A. (1990) – *Newtonian Mechanics. The M.I.T. Introductory Physics Series*. New York: W.W. Norton & Company Inc.

La Tercera Ley de Kepler ($T^2 = Kr^3$), al ser articulada a la cinemática del movimiento circular y a la Segunda Ley de Newton permite arribar a la relación $F \propto 1/d^2$, que coincide exactamente con la propuesta de Hooke sobre la relación entre la fuerza que mantiene a los planetas en su órbita y su distancia al Sol⁹.

Tercera Ley de Newton y Gravitación Universal

En un primer análisis Newton considera a un Sol inmóvil y a planetas moviéndose en torno a su centro fijo y no interactuante. Posteriormente, y con seguridad al pensar en su Tercera Ley, modifica a la propuesta anterior en dos sentidos:

- a. tanto el Sol y el planeta se mueven en torno al centro de masa del sistema
- b. el movimiento de los planetas sufre perturbaciones derivadas de las fuerzas de los otros cuerpos celestes, en especial de los planetas.

Estas modificaciones provienen de la idea newtoniana de que la atracción entre el Sol y la Tierra es mutua (Tercera Ley de Newton). Este es un aspecto notable ya que se pasa de considerar a un cuerpo atrayente (el Sol) a dos cuerpos interactivos (Sol - Tierra). Si el Sol atrae a la Tierra y viceversa, entonces también es posible la interacción entre planetas. Es decir, la atracción gravitacional afecta a cualquier pareja de cuerpos que se considere (Benson, 1995¹⁰; Hewitt, 1995¹¹).

La Tercera Ley de Newton remitió a este científico a pensar que, si existe una interacción mutua entre los astros, el aspecto que puede estar en juego para que interactúen es su masa. Incluso, Newton propuso una relación directa entre la magnitud de la fuerza y las masas interactuantes: mientras más masa poseen los astros se atraerán con mayor fuerza. Es decir: $F \propto m_1 m_2$.

Modelo matemático de la Gravitación

Al combinar la propuesta $F \propto \frac{1}{d^2}$ con $F \propto m_1 m_2$, se obtiene $F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$. Ésta se

considera una relación universal entre cualquier par de objetos. Newton solamente

⁹ Históricamente el modelo de la gravitación surge de considerar el movimiento de los planetas en donde la distancia 'd' entre el Sol y un planeta corresponde al radio 'r' de su órbita. Esto origina que para representar a la distancia en este modelo se emplee a la letra 'r', aunque el uso de la letra 'd', es frecuente.

¹⁰ Benson, H. (1995). *Física universitaria. Volumen 1*. México: CECSA.

¹¹ Hewitt, P. (1995). *Física Conceptual*. Estados Unidos: Addison Wesley Iberoamericana.

logra acceder a esta relación de proporcionalidad. Él no calcula el valor de la constante de proporcionalidad para establecer una igualdad. En la presentación 'moderna' del modelo de esta ley se incluye a esta constante, llamada Constante de Gravitación Universal (Arons, 1990)¹².

El cálculo de la constante de gravitación fue un problema técnico que Newton no resolvió. Medir masas de objetos esféricos y distancias entre sus centros no era difícil. Lo que representaba gran dificultad era cómo medir la fuerza gravitacional entre dos objetos relativamente pequeños.

Henry Cavendish, científico inglés, resuelve en 1789 este problema aproximadamente un siglo después de que Newton propusiera la ley de la Gravitación (Bueche, 1979)¹³. Él midió la fuerza de atracción gravitacional entre dos objetos mediante una balanza de torsión. En este dispositivo, la fuerza gravitacional entre dos pares de esferas de plomo, tuerca al alambre que sostiene a un par de ellas. La torsión del alambre puede ser medida con base a la torca que producen fuerzas pequeñas conocidas. Cavendish cuidando gran cantidad de detalles, calculó el valor para G este fue de $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$. La introducción de esta constante permitió pasar de $F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$ a $F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$, (Young, 1992)¹⁴.

Éxitos de la Gravitación

Newton muestra en los Principia que su ley de gravitación universal puede explicar otros fenómenos que anteriormente no se reconocían como de origen gravitacional. Dentro de éstos se encuentran las mareas, la trayectoria de los cometas y el descubrimiento de Neptuno y Plutón con base en las perturbaciones sufridas por los planetas aledaños (Tipler, 1991)¹⁵.

El análisis de las ideas más relevantes de la teoría de la gravitación universal permitió identificar aspectos históricos para el diseño de una propuesta didáctica.

¹² Arons, A. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. Estados Unidos: John Wiley & Sons.

¹³ Bueche F. (1979). *Fundamentos de física*. México: Mc. Graw Hill.

¹⁴ Young, H. (1992). *University Physics. Extended version and Modern Physics*. Estados Unidos: Addison Wesley Publishing Company Inc

¹⁵ Tipler, P. (1991) – *Physics. For scientists and engineers. Extended Version*. Estados Unidos: Worth Publishers.

2.2 CONCEPCIÓN DE CIENCIA Y CONCEPCIÓN DE APRENDIZAJE

Diversos autores (Koballa, 1995¹⁶; Simpson, Koballa, Oliver y Crawley, 1994¹⁷) han aportado evidencias de que en la práctica docente cotidiana existe una concepción de ciencia y una concepción de aprendizaje que orienta el actuar del profesor en el aula. Estas concepciones generalmente están implícitas y no son reconocidas por el docente. En muchas ocasiones promueven el desarrollo de actitudes y valores en torno a la ciencia que obstaculizan el aprendizaje de los estudiantes.

Al igual que los alumnos tienen ideas y creencias sobre los fenómenos físicos que suceden en su entorno, los profesores tienen ideas y creencias acerca de la ciencia y de su aprendizaje (Pozo y Gómez, 2000)¹⁸. Éstas se han construido con base en la experiencia en el aula, en la forma como dichos docentes fueron enseñados, en el entorno educativo dentro del cual enseñan y en la cultura a la que pertenecen. El medio en que los profesores se desenvuelven refuerza estas ideas e intensifica la resistencia por su abandono, lo que obstruye en gran medida los intentos de algunos docentes por cambiar su forma de enseñar.

Para poder modificar la concepción de ciencia y de aprendizaje que poseen los docentes, es necesario hacerlas explícitas y disponer de otras que sean consideradas con más posibilidades para tener éxito en la enseñanza de la Física. Además es necesario poner a prueba a estas nuevas concepciones para cerciorarse de que en verdad son fructíferas.

A continuación se presenta la concepción de ciencia y la concepción de aprendizaje que orientaron este trabajo.

Concepción de ciencia

La ciencia es una actividad humana, que nada tiene de simple. Interactúa con aspectos políticos, sociales y económicos que hacen que las teorías científicas no

¹⁶ **Koballa, T. (1995).** Childrens attitudes toward learning science. En S.M. Glynn y R. Duit (Eds.), *Learning Science in school*. Hillsdale: New Jersey.

¹⁷ **Simpson R., Koballa T., Oliver J. y Crawley J. (1994).** Research on the effective dimension of science learning. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan.

¹⁸ **Pozo J. y Gómez M. (2000).** *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.

sean solamente conjuntos de axiomas¹⁹ con sus consecuencias lógicas, que pueden ser confirmadas o refutadas directamente por hechos aislados (Moulines, 1988)²⁰.

Definir lo que es ciencia es una tarea compleja que implica consideraciones filosóficas y epistemológicas. Este trabajo no pretende ese alcance. Solamente, en un sencillo acercamiento, se identifican algunas características de la concepción de ciencia considerada viable para la enseñanza de la Física:

- a. La observación y la experimentación no son 'puras'. Están orientadas por la teoría (Hodson, 1994)²¹. Lo que observamos, en gran medida, está en función de la intención y el entorno. Depende también de la actividad mental en que nos encontremos y de la intención respecto de lo que sabemos que hay que buscar y ver (Wartofsky, 1983)²².
- b. En el trabajo científico no existen pasos predefinidos y de seguridad absoluta que permitan llegar al nuevo conocimiento. Existen algunas líneas generales en las que es importante la creatividad, la imaginación y el pensamiento divergente.
- c. La ciencia no se construye a partir del sentido común. Es necesario romper con él, superar obstáculos epistemológicos para llegar al conocimiento (Bachelard, 1985²³; Mathews, 1994²⁴).
- d. La ciencia es el resultado de evolución, cambios y rupturas en la forma de pensar. Para su comprensión es necesario analizar cuáles fueron las problemáticas que generaron su construcción. Es necesario recorrer críticamente su historia (Solves y Traver, 1996)²⁵.
- e. Para que algún saber sea reconocido como ciencia debe recibir la aprobación de una comunidad científica (Khun, 1986)²⁶.
- f. La ciencia es fruto de varios pensadores y en muchas ocasiones de equipos de trabajo. No es obra de genios aislados.

¹⁹ Un axioma es un principio básico que es asumido como verdadero sin recurrir a demostración alguna.

Gutiérrez, G. (1984). Metodología de las ciencias sociales – i . Colección de Textos Universitarios en Ciencias Sociales. México: Harla S.A. de C.V.

²⁰ **Moulines, U. (1988).** Un programa de reconstrucción estructural de las ciencias físicas. En *Exploraciones Metacientíficas*. México: Alianza Editorial.

²¹ **Hodson, D. (1994).** Hacia un enfoque más crítico del trabajo en laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*. V. 12, No. 3, pp. 299 – 313.

²² **Wartofsky, M. (1983).** *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Textos Alianza Universidad.

²³ **Bachelard, G. (1985).** *La formación del espíritu científico*. México: Ed. Siglo XXI.

²⁴ **Mathews M.R. (1994).** Historia, Filosofía y Enseñanza de las ciencias: una aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*. V. 12, No. 2, pp. 255 – 277.

²⁵ **Solves J. y Traver M.J. (1996).** La utilización de la historia de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 14 (1)

²⁶ **Kuhn, T. (1986).** *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

- g. La ciencia es accesible a todos, no es sólo para algunas personas muy inteligentes. Las personas comunes y corrientes (accesibles, sensibles, divertidas y apasionadas) pueden llegar a convertirse en científicos (Hodson, 1994)²⁷.
- h. La ciencia en tanto actividad humana, es falible.

Una reflexión crítica seguida de un análisis conjunto de las características anteriores, en grupos colegiados de profesores o en reuniones de academia, puede favorecer que inicialmente los docentes modifiquen su noción de ciencia y posteriormente esto se vea reflejado en cómo abordan su enseñanza.

Dentro de este trabajo, la caracterización anterior de la noción de ciencia orientó al diseño de la propuesta didáctica para abordar a la teoría de gravitación universal.

Concepción de aprendizaje

El aprendizaje es un proceso en el que, el factor de más importancia es lo que el alumno ya sabe (Novak y Gowin, 1984)²⁸. Como punto de partida para cualquier intento de que el alumno aprenda, se considera imprescindible conocer qué sabe sobre el contenido que se pretende abordar. Existen dos propuestas para identificar a este punto de partida: los señalamientos de Piaget a través de la Epistemología Genética, y las ideas previas, preconceptos o concepciones alternativas (Pozo y Gómez, 1997)²⁹. Para la elaboración de este trabajo se puso énfasis en la segunda propuesta.

En el reconocimiento del estado inicial de los saberes del alumno, con el fin de enseñar determinados contenidos, es muy probable encontrar ideas y creencias sobre estos contenidos. Éstas ideas y creencias han recibido diferentes nombres (preconceptos, ideas previas, ideas alternativas, ciencia de los niños, entre otros) y se refieren a elaboraciones conceptuales independientes del contexto escolar, resistentes a la acción sistematizada de la escuela y que forman un esquema

²⁷ **Hodson, D. (1994).** Hacia un enfoque más crítico del trabajo en laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*. V. 12, No. 3, pp. 299 – 313.

²⁸ **Novak D. y Gowin B. (1988).** Aprendiendo a aprender. Barcelona: Martínez Roca.

²⁹ **Pozo J. y Gómez M. (1997).** ¿Qué es lo que hace difícil al comprensión de la ciencia?, Algunas explicaciones propuestas para la enseñanza. En L. Del Carmen (Ed.), *Cuadernos de Formación del Profesorado de Educación Secundaria: Ciencias de la Naturaleza*. Barcelona: Horsori.

conceptual paralelo al escolar que permite a los estudiantes resolver satisfactoriamente situaciones de su entorno (Hierrezuelo y Montero, 1988³⁰; Driver, Guesne y Tiberghien, 1990³¹; Osborne y Freyberg, 1991³²; Pozo, Gómez, Limón y Sanz, 1991³³). Actualmente ésta constituye una línea de investigación de gran fortaleza dentro de la didáctica de las ciencias naturales.

En general, las ideas previas son consideradas como un obstáculo epistemológico que requiere ser superado para lograr el aprendizaje en ciencias. En este caso es necesario modificar estas ideas a través de un cambio conceptual. Éste no es visto como la burda sustitución de un concepto por otro, sino como un proceso de transformación. En éste habrá etapas de continuidad y transición, pero también habrá momentos de ruptura y revolución. Las ideas previas de los alumnos, en tanto cuerpos organizados de conocimiento, requieren ser confrontadas con las ideas científicas. Al reconocerse la incompatibilidad de las explicaciones generadas en cada caso se iniciará la promoción de la transformación conceptual (Flores, 1994)³⁴.

En el estado inicial de saberes también es probable encontrar ideas bien orientadas hacia los conceptos considerados como científicamente válidos por la comunidad científica. Éstas ideas de los alumnos tienen más probabilidad de evolucionar satisfactoriamente hacia las ideas consideradas correctas.

En esta evolución de ideas bien orientadas y en los momentos de transición de las ideas previas, es preponderante un aprendizaje significativo. En éste la nueva información requiere ser relacionada de una manera sustantiva y no arbitraria con los conocimientos que ya se poseen, llamados por Ausubel 'subsumidores' (Ausubel, Novak y Hanesian, 1998)³⁵.

La teoría del aprendizaje significativo considera que al incorporarse nueva información a la estructura cognitiva del aprendiz, ésta además de crecer se modifica. De esta forma es posible lograr cambios en las ideas de los alumnos.

³⁰ **Hierrezuelo M. y Montero M. (1988).** *La ciencia de los alumnos.* Cuadernos de Pedagogía. Barcelona: Ed. Laia.

³¹ **Driver R., Guesne E. y Tiberghien A. (1990).** *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia.* Madrid: Morata.

³² **Osborne R. y Freyberg, P. (1991).** *El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de la ciencia de los alumnos.* Madrid: Narcea.

³³ **Pozo J., Gómez M., Limón M. y Sanz A. (1991).** *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: ideas de los alumnos sobre la química.* Madrid: MEC.

³⁴ **Flores, F. (1994).** *Epistemología y ensayos de la ciencia.* Serie Seminarios Instruccionales. México: UNAM, Facultad de Medicina.

³⁵ **Ausubel D., Novak D. y Hanesian H. (1983).** *Psicología educativa.* México: Trillas.

Si bien el aprendizaje de tipo significativo es a últimas fechas el favorito en el aprendizaje de las ciencias, es fundamental reconocer que otros tipos de aprendizaje, como el repetitivo o por recepción, juegan papeles importantes (Pozo, 1989)³⁶. Identificar las características de los contenidos (declarativos, procedimentales o actitudinales) motivo de aprendizaje permitirá elegir el tipo de aprendizaje oportuno para cada situación de enseñanza. Por ejemplo, lograr que el alumno reconozca que la distancia entre los objetos interactuantes se representa con 'r' en el modelo matemático de la gravitación, está más asociado al aprendizaje por repetición que al significativo.

Quizá el aprendizaje sea un continuo, en cuyos extremos están la memoria y el significado por un lado, y la recepción y el descubrimiento por otro. Así se muestra en la Figura 2.1 (Moreira, 1993)³⁷.

Figura 2.1.
Aprendizaje como continuo

Aprendizaje por descubrimiento	Práctica de laboratorio orientada por pasos preestablecidos, por ejemplo hallar que la constante de proporcionalidad entre la masa y el peso es 9.8.	Investigación. Por ejemplo, explicar por qué se sienten 'cosquillas' en el estómago cuando subimos a juegos mecánicos como la montaña rusa.
Aprendizaje por recepción	Repetir algún señalamiento dado por el profesor. Por ejemplo, 'r' en el modelo de Gravitación Universal representa a la distancia.	Explicación dada por el profesor relacionada con algo que el alumno conoce o le interesa. Por ejemplo cómo se descubrieron algunos planetas con base en la gravitación universal.
	Aprendizaje memorístico	Aprendizaje significativo

En la Figura 2.1 se presentan cuatro situaciones que pueden ser motivo de enseñanza en el aula y que, por los contenidos que requiere manejar el estudiante para su tratamiento, es conveniente la promoción de diferentes tipos de aprendizaje.

Para este trabajo, se considera que el alumno aprende cuando reconstruye el conocimiento para sí mismo a partir de los saberes (ideas, representaciones, conceptos, habilidades, procederes, actitudes ...) que ya posee y progresivamente

³⁶ Pozo J. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

³⁷ Moreira, M. (1993) – La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel. Adaptado del Capítulo 2 del libro *Uma abordagem cognitivista a ensino de Física*. Porto Alegre: Editora da Universidade.

los modifica hasta lograr compartir el entramado conceptual y metodológico del conocimiento considerado como científico en el momento del aprendizaje. Para ello, el estudiante requiere poner en juego diferentes tipos de aprendizaje. En un inicio desde los extremos de los aprendizajes por recepción y memorístico, hasta llegar a los aprendizajes por descubrimiento y significativo.

Las nociones de ciencia y aprendizaje descritas anteriormente permitieron identificar aspectos epistemológicos y psicológicos que fueron considerados para el diseño de la propuesta didáctica que se describe en el siguiente capítulo.

2.3 CONSECUENCIAS PARA LA ENSEÑANZA

El concebir a la ciencia y al aprendizaje como se trató en el apartado anterior, tiene consecuencias en el aula. Por ejemplo, si se piensa que la ciencia es fruto de varios pensadores, en el aula se procurará producir interacción entre los diversos pensadores que en ese momento ocupan el aula: los estudiantes. O, si se piensa que el aprendizaje consiste en una reconstrucción de ideas y conceptos por parte del aprendiz, éste no será en el aula un simple depositario de la información que el profesor dicte.

Las consecuencias que para la enseñanza tienen las nociones de ciencia y aprendizaje descritas con anterioridad, afectan: al planteamiento de objetivos para la enseñanza; al punto de partida de ésta; a las actividades que se llevan a cabo en el aula y en el laboratorio; a las relaciones entre los integrantes del grupo escolar; y a la evaluación.

Una descripción de cada uno de estos aspectos se presenta a continuación. Todos ellos fueron considerados para el diseño de la propuesta didáctica para la enseñanza de la teoría de gravitación universal.

Objetivos claros y precisos

Para abordar a la enseñanza de la ciencia es necesario reconocer que el ámbito de la ciencia difiere del ámbito educativo. Si bien hay semejanzas, sus

propósitos, condiciones de trabajo, formas de evaluación e infraestructura, entre otros aspectos, difieren notablemente (López, 1991)³⁸. Debido a que comúnmente se piensa que la escuela prepara para hacer ciencia, es necesario precisar los propósitos de la enseñanza de la ciencia.

En este ámbito existen tres aspectos que se deben tener presentes en todo momento del trabajo en el aula, cada uno tiene sus propios objetivos y no pueden ser cubiertos por el mismo tipo de experiencia de aprendizaje (Hodson, 1994)³⁹. Estos son:

- a. Aprendizaje de la ciencia: adquirir y desarrollar conocimientos teóricos y conceptuales.
- b. Aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia: desarrollar un entendimiento de la naturaleza y los métodos de la ciencia, con conciencia de las complejas interacciones entre ciencia y sociedad.
- c. Práctica de la ciencia: desarrollar los conocimientos técnicos sobre la investigación científica y la resolución de problemas.

Los tres aspectos anteriores se articulan y complementan entre sí. En el trabajo en el aula no es posible abordarlos de manera aislada, aunque sí puede acentuarse en determinado momento alguno de ellos.

Tener como punto de partida objetivos claros y precisos permitirá al docente identificar en cuál de los tres aspectos de la ciencia se ubica su práctica en el aula en determinado momento.

Punto de partida: indagar ideas previas

Como ya se mencionó en el apartado anterior, los alumnos tienen ideas sobre muchos de los temas que se estudian en la escuela. Frecuentemente éstas se encuentran en desacuerdo con las ideas de la comunidad científica (representada de alguna manera por el profesor), y a menudo los alumnos se muestran reacios a renunciar a ellas. Así, la enseñanza debe basarse en explorar, desarrollar y modificar las ideas de los alumnos en lugar de intentar desplazarlas o reemplazarlas solamente. Por esta razón se considera pertinente que en un inicio se indague qué sabe el alumno sobre gravitación universal. Además, al término del tratamiento del

³⁸ López, A. (1991). Los procesos científicos en los niños: una perspectiva pedagógica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. V. 3, pp. 85 – 99.

³⁹ Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo en laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*. V. 12, No. 3, pp. 299 – 313.

tema, es conveniente indagar nuevamente sobre estas ideas para poder estimar si existió algún cambio en ellas.

Actividades en el aula y en el laboratorio

Si se considera que el alumno aprende cuando reconstruye para sí saberes y procedimientos a partir de lo que ya sabe, es evidente que durante el tiempo de clase el profesor no debe limitarse a ser un transmisor de contenidos. Se requiere que él proponga a sus estudiantes actividades en las cuales pongan en juego lo que saben, pero además bajo la guía y orientación del profesor puedan reconstruir ideas específicas sobre el contenido a aprender.

Dentro de estas actividades es conveniente considerar al desarrollo histórico de los conceptos que se pretenden abordar. Muchos de los errores conceptuales que tuvieron científicos anteriores, pueden ser revisados críticamente. Esto puede ayudar a los estudiantes a rebasar obstáculos epistemológicos que pueden impedir que ellos reconstruyan los conceptos. Por otro lado, el tratamiento histórico, también favorece la identificación de los problemas que generaron a dichos conceptos. Por esta razón se sugiere poner al alumno en situaciones de abordar estos problemas, permitiéndole de alguna manera reconstruir los conocimientos científicos (Solves y Traver, 1996)⁴⁰.

La solución de problemas es una actividad muy frecuente en la física. Con base en la noción de ciencia y aprendizaje revisadas anteriormente, esta actividad requiere ser abordada desde dos aspectos: diseño de problemas diferentes a los convencionales en los cuales se requiere la simple aplicación de una fórmula, y desarrollo de estrategias que permitan que el alumno reflexione sobre lo que hace y cómo lo hace.

Adicionalmente, las actividades experimentales son comunes en la enseñanza de la ciencia. Para promover un aprendizaje significativo y procurar un cambio en las ideas que poseen los estudiantes, estas actividades requieren ponerlas a prueba al confrontarlas con las experiencias diseñadas por el profesor de tal forma que los estudiantes puedan valorar el poder explicativo de los saberes que posee. Si los alumnos encuentran que sus saberes no pueden explicar aquellas situaciones que el profesor solicita, será necesario proponerle modificaciones a tales

⁴⁰ Solves J. y Traver M.J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 14 (1)

ideas y nuevamente ponerlas a prueba. Si las propuestas del docente resultan útiles a los estudiantes para explicar fenómenos físicos, se esperan cambios en sus ideas originales.

En cuanto al nivel de dificultad, las actividades no deben ser tan fáciles que no representen reto para los alumnos, ni tan difíciles que éstos no puedan dar con la respuesta. Las actividades deben ubicarse en la Zona de Desarrollo Próximo (Vygotskii, 1979)⁴¹, para que puedan merecer el interés de los estudiantes. Adicionalmente las actividades deben ser graduadas. Iniciar con experiencias de aprendizaje más concretas, sensibles y cercanas, y transitar paulatinamente hasta llegar a experiencias de aprendizaje más abstractas y complejas.

Relaciones entre los integrantes del grupo escolar

Si se piensa que la ciencia es una actividad humana resultado de un conjunto de pensadores y no genios aislados, y que aprender consiste en reconstruirla para sí, resulta evidente que los estudiantes, durante el tiempo que están en el aula, no deberán ser orientados para trabajar individualmente y sin expresar sus puntos de vista. Por el contrario, las actividades en el aula promoverán un continuo intercambio de ideas y argumentos, frecuentemente en torno a equipos de trabajo.

Esto conlleva a la generación en el aula de un ambiente en el cual se promueva la discusión y la crítica de las ideas que se intercambian. La interacción social es una herramienta poderosa que ayuda a los estudiantes a modificar, desarrollar y refinar sus ideas (Dykstra, 1995)⁴². Las actitudes de rechazo impulsivo o de imposición de ideas requieren ser reducidas al mínimo, tanto en alumnos como en el profesor. La creatividad y el pensamiento divergente no deben reprimirse, aunque su manejo debe ser cuidadoso especialmente en grupos numerosos.

La supervisión del profesor es fundamental en esta forma de trabajo. Esta no debe ser entendida como un simple monitoreo de lo que los estudiantes hacen. La supervisión, en este caso, implica identificar los aspectos en los cuales los estudiantes tienen dificultades y proporcionar ayuda para que puedan superarlos, y así continuar con su propia reconstrucción de ideas y conceptos.

⁴¹ Vygotskii, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

⁴² Dykstra, D.I. (1995). *Construcción de nuevas ideas acerca de la luz y formación de imágenes*. Notas de curso. Tr. María del Rocío Nava Álvarez y Miguel Díaz Chávez.

Evaluación

Los procedimientos de evaluación del aprendizaje requieren identificar a la evaluación como un juicio valorativo, no como una medición objetiva de la cantidad de información que el alumno ha incorporado a su memoria. En este sentido, los instrumentos de evaluación deben indagar acerca de las justificaciones de las respuestas que proporcionan los alumnos a las cuestiones propuestas. Además deben atender tanto a los productos como a los procedimientos.

La evaluación requiere ser considerada como un elemento de apoyo para el aprendizaje del alumno y no como una manera de discriminar a los estudiantes en buenos y malos (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez Torregrosa, 1991)⁴³. Requiere ser practicada en tres momentos: al inicio de la intervención pedagógica, como evaluación diagnóstica; durante la intervención, como evaluación formativa; y al finalizarla, como evaluación sumativa.

La articulación de la teoría de gravitación con las consecuencias para la enseñanza que se derivan de la noción de ciencia y aprendizaje desarrolladas en este capítulo, son la base para la propuesta didáctica para la enseñanza de la teoría de gravitación universal que se trata en el siguiente capítulo.

⁴³ **Gil D., Carrascosa J., Furió C. y Martínez – Torregrosa J. (1991).** *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

3. DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

En este apartado se describe el diseño de una propuesta didáctica para abordar la teoría de gravitación universal. Se señalan sus propósitos y sus componentes más importantes. Así mismo, se especifican referentes históricos asociados a la gravitación universal; referentes epistemológicos asociados a la noción de ciencia; y referentes psicológicos asociados a la noción de aprendizaje.

Finalmente, se describe cómo se organizaron didácticamente las ideas más relevantes de la gravitación universal para su tratamiento en el aula y qué elementos dentro de esta organización la posibilitaron. La aplicación de esta propuesta didáctica se tratará en el siguiente capítulo.

3.1 PROPÓSITOS

Los propósitos de la propuesta didáctica para la enseñanza de la teoría de gravitación universal se describen en torno a los tres aspectos asociados a la enseñanza de la ciencia, tratados en el capítulo anterior.

1. Propósitos en relación al aprendizaje de la ciencia
 - a. que el alumno logre explicarse, con base en la fuerza de atracción gravitacional, el por qué de la estructura del sistema solar.
 - b. que el alumno reconozca a la fuerza gravitacional como una fuerza débil cuyos efectos son apreciables en nuestro entorno sólo cuando en esta interacción al menos una de las masas es muy grande.
 - c. que el alumno identifique algunos efectos de la fuerza de gravedad terrestre sobre los objetos de su entorno y sobre sí mismo.

2. Propósitos en relación al aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia:
 - a. que el alumno desarrolle un entendimiento sobre la argumentación geométrica que empleó Newton para identificar la existencia de una fuerza centrípeta en el movimiento circular.
 - b. que el alumno identifique la influencia de la teoría de gravitación universal en el pensamiento de la sociedad.

3. Propósitos en relación a la práctica de la ciencia:
 - a. que el alumno resuelva problemas sencillos, cualitativos y cuantitativos, en torno a la teoría de gravitación universal.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El diseño de la propuesta didáctica para abordar el tema Gravitación Universal incluyó cinco sesiones. La secuencia de ideas que se trató durante ellas fue:

1. Identificar el contexto en que nace la gravitación y ubicar las ideas más relevantes (sesión 1). A través del análisis de las circunstancias históricas en que se originaron estas nociones, construir un diagrama de ideas.
2. Explicar al movimiento circular en términos de una fuerza centrípeta, en lugar de una fuerza centrífuga, de manera análoga a como lo hizo Newton (sesión 1). A través de una actividad de lápiz y papel se orienta al estudiante para que reconstruya la forma en que Newton pasó de pensar en áreas iguales en tiempos iguales en un movimiento libre, a áreas iguales en tiempos iguales en un movimiento circular. Se procura guiar el redescubrimiento de que el movimiento circular es originado por una fuerza centrípeta.
3. Identificar la relación de proporcionalidad inversa entre la fuerza de atracción gravitacional y el cuadrado de la distancia de separación entre masas puntuales: $F \propto \frac{1}{d^2}$ (sesión 2). A través de una actividad de lápiz y papel en donde se proponen registros de distancias de astros y

fuerzas de atracción entre ellos, se procura que los estudiantes establezcan una relación de proporcionalidad inversa entre la fuerza y el cuadrado de la distancia.

4. Identificar la relación de proporcionalidad directa entre la fuerza de atracción gravitacional y el producto de las masas interactuantes: $F \propto m_1 m_2$ (sesión 3). Con base en la Tercera Ley de Newton se pretende establecer la proporcionalidad directa entre el producto de las masas interactuantes.
5. Articular ambas proporciones: $F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$ (sesión 3). A través de un poco de álgebra se superponen las relaciones previamente identificadas y se valoraran los alcances predictivos de esta relación cualitativa a través de la solución de problemas.
6. Pasar de una proporción a una igualdad y obtener el modelo matemático de la ley de gravitación universal: $F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$ (sesión 3). A partir de la revisión del trabajo de Henry Cavendish y, con base al cálculo de la constante de gravitación universal G, establecer la relación cuantitativa del modelo matemático que actualmente se emplea. Resolver problemas cuantitativos.
7. Realizar ejercicios y solución de problemas de aplicación y consolidación (Sesión 4). A través de una actividad de lápiz y papel calcular la masa de la Tierra a partir del modelo matemático de la gravitación.
8. Identificar algunos logros y alcances de la ley de gravitación universal (sesión 5). Comentar el descubrimiento de planetas, las trayectorias de satélites naturales y artificiales, y algunas ideas presentes en libros de ciencia ficción, por ejemplo naves que giran sobre su eje para simular el efecto de la gravedad.

Los planes de clase de la propuesta didáctica en extenso se incluyen en el Anexo 1 Propuesta didáctica y materiales de apoyo.

El cronograma propuesto para cubrir estos contenidos contempló cinco sesiones como se muestra en la Figura 3.1.

**Figura 3.1
Cronograma**

	3 –5 junio	8-12 junio	10-12 junio	15-17 junio	17-19 junio	22-24 junio
Sesión 1 Contexto y fuerza centrípeta	*****					
Sesión 2 $F \propto 1 / r^2$		*****				
Sesión 3 $F \propto m_1 m_2$, $F \propto m_1 m_2 / r^2$, $F = G m_1 m_2 / r^2$			*****			
Sesión 4 Problemas, actividad experimental y logros				*****		
Sesión 5 Consolidación y evaluación sumativa					*****	
Imprevistos						*****

3.3 COMPONENTES DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

El diseño de la propuesta didáctica se presentó de manera esquemática en un formato en el que se incluyeron tanto a los componentes de enseñanza (relativos al profesor), como a los componentes de aprendizaje (relativos al alumno). Los elementos que se incluyeron en este formato fueron:

1. Objetivos. En donde se precisan los aprendizajes que se espera promover en los alumnos.
2. Conceptos, leyes y principios. Aquí se ubica a los contenidos de la teoría de gravitación que se tratan en cada sesión.
3. Perspectiva educativa. Este apartado pretende identificar el enfoque desde el cual se abordaran a los contenidos. Incluye:

- Desarrollo de conceptos, en donde se describe brevemente la secuencia de ideas que se considera que permitirán al estudiante la construcción de determinado concepto.
 - Habilidades científicas, en donde se identifican las habilidades que se pretenden desarrollar en los estudiantes como manejo del lenguaje de la física, relacionar variables, interpretar gráficas y usar la imaginación para el tratamiento de casos límite, entre otras.
 - Interpretación fenomenológica, en donde se precisa la interpretación que la comunidad científica considera correcta para fenómenos que se tratan en el aula. Por ejemplo, interpretar al peso de las cosas como un efecto de la fuerza de gravedad, o a la conformación de nuestro sistema solar como consecuencia de esta misma fuerza.
 - Habilidades de solución de problemas, en donde se identifican aquellas habilidades específicas que favorecen la solución de problemas. En este trabajo se considera que éstas corresponden a la metodología TADAR (Barojas, 1998)⁴⁴: traducir el enunciado de lenguaje cotidiano a formal, analizar los supuestos, diseñar esquemáticamente una posible solución, aplicar el algoritmo pertinente y revisar la solución y el procedimiento seguido.
4. Diseño de actividades. Éste es propiamente el plan de clase. Incluye:
- Fase de actividades, en donde se describen las actividades que llevará a cabo el profesor y el alumno en tres momentos: apertura, desarrollo y cierre. Como complemento a este apartado se encuentra el material de apoyo como cuadernillos, lecturas, ejercicios, problemas.
 - Evaluación, en donde se describe el tipo de evaluación (diagnóstica, formativa o sumativa) que se lleva a cabo en diversos momentos. Así mismo se incluyen algunos señalamientos generales que pueden orientarla. Por ejemplo en una evaluación diagnóstica al inicio de la sesión, se sugiere indagar acerca de determinadas ideas previas o creencias de los estudiantes.
5. Registros, en donde se precisa qué documento empleará el estudiante como apoyo. En la mayoría de los casos, estos mismos documentos serán

⁴⁴ Barojas, J. (1998). *Solución de problemas y metacognición*. En proceso de publicación.

utilizados por el docente para obtener evidencias de aprendizaje e información en general para llevar a cabo evaluación formativa

6. Justificación, en donde se identifican los aspectos con base en los cuales se proponen las actividades y/o se enfatizan determinados contenidos. Éstos aspectos son:

- Epistemológicos. Se reflexionó acerca de la forma en que Newton fue logrando su 'síntesis' al tratar aspectos relativos a cómo y cuándo: incorporó ideas o las generó; articuló unas leyes con otras; proporcionó explicación a fenómenos con causas aparentemente diferentes; y reconoció a los alcances de la expresión $F \propto m_1 m_2$. Estos aspectos son considerados como motivos de análisis y discusión dentro de la propuesta didáctica.
- Históricos. Para la secuencia de contenidos se consideró que el orden de las ideas en que Newton presentó a la gravitación universal en su obra Principia Mathematica, es tal que permite a los estudiantes ir incorporando paulatinamente elementos hasta conformar a la ley de gravitación. Este orden de ideas es el que se tomó como base para la elección de la secuencia de esta propuesta didáctica.
- Psicológicos, Para lograr una incorporación efectiva de los contenidos de gravitación, se consideró la promoción en el aula de actividades orientadas hacia el aprendizaje significativo. En ellas se identificaron subsumidores (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983)⁴⁵ pertinentes para lograr que los conceptos sobre gravitación universal evolucionaran a partir de tareas con significado lógico y psicológico para el alumno. También se identificaron ideas erróneas (Hierrezuelo y Montero, 1988)⁴⁶ que es necesario hacer explícitas para el alumno y así se incline para cambiarlas por otras cuando el docente promueva un conflicto cognitivo (Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982)⁴⁷.

⁴⁵ Ausubel D., Novak D. y Hanesian H. (1983). *Psicología educativa*. México: Trillas.

⁴⁶ Hierrezuelo M. y Montero M.(1988). *La ciencia de los alumnos*. Cuadernos de Pedagogía. Barcelona: Ed. Laia.

⁴⁷ Posner F., Strike K., Hewson P. y Gertzog W. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66 (2), 211 – 227.

Los señalamientos anteriores hacen que, a pesar de que la secuencia de contenidos esté apegada al orden tradicional, su tratamiento en el aula sea cualitativamente diferente a éste.

Una descripción con más detalle se encuentra en el Anexo 1 Propuesta Didáctica y Materiales de Apoyo.

3.4 EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

En cuanto a la evaluación del aprendizaje se consideró a ésta como un proceso continuo y sistemático cuyo propósito es la recolección de información para que, con base en ella, se tomen decisiones respecto del proceso educativo. Dentro del aula, se procuró acceder a la mayor cantidad posible de fuentes de información. Éstas, al ser consideradas en diferentes momentos, darían elementos para decidir sobre los logros de los estudiantes y los ajustes pertinentes para la práctica educativa del docente.

En el diseño de esta propuesta las fuentes de información consideradas para la evaluación del aprendizaje consistieron en:

- Cuestionario para indagar las ideas iniciales de los alumnos. Este instrumento se emplea para la evaluación diagnóstica.
- Cuestionario para indagar el estado final del conocimiento del alumno. Este instrumento considera preguntas equivalentes a las presentadas en el cuestionario de ideas iniciales. Su propósito es identificar las modificaciones en las ideas de los alumnos. Este instrumento se emplea para la evaluación sumativa.
- Cuestiones intercaladas durante la realización de actividades. Su propósito es identificar si los estudiantes están logrando los objetivos propuestos. Y, de no ser así proporcionar información para ajustar la práctica educativa. Estas cuestiones se emplean con fines de evaluación formativa.
- Respuestas a las actividades propuestas en clase y tareas. La valoración de las respuestas de los estudiantes a través de

discusión en grupos pequeños o en plenarios también permite realizar ajustes a la práctica educativa. Este aspecto es relevante ya que las actividades de enseñanza son consideradas también como actividades que proporcionan información para la evaluación formativa.

3.5 ORGANIZACIÓN DIDÁCTICA

La organización didáctica entendida como la manera de secuenciar y articular contenidos, estrategias de enseñanza y materiales de apoyo para su tratamiento en el aula se presenta con detalle en el Anexo 1 Propuesta Didáctica y Materiales de Apoyo.

Sin embargo la organización didáctica, además de lo señalado en el párrafo anterior, también se refiere a aspectos periféricos que no son precisamente los que se abordan en el aula, pero que posibilitan la operación de la propuesta en un contexto escolar específico. Dentro de estos aspectos se encuentra la institución y nivel escolar en que se opera la propuesta didáctica, su ubicación temporal y su duración dentro de un programa de estudios, la infraestructura necesaria y las formas en que es pertinente documentar el trabajo en el aula.

A continuación estos aspectos se describen brevemente.

Contenidos, estrategias de enseñanza y materiales de apoyo

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, estos elementos se encuentran en el formato que se presenta en el Anexo 1 Propuesta Didáctica y Materiales de Apoyo.

Los **contenidos** se identifican en la columna CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS. A un lado, se encuentra la columna PERSPECTIVA EDUCATIVA en donde se ubica cómo se lleva a cabo el *Desarrollo de conceptos*, las *Habilidades científicas* que se pretenden promover, la *Interpretación fenomenológica* y las *Habilidades de solución de problemas* asociadas a los contenidos.

Las **estrategias de enseñanza** se ubican en la columna DISEÑO DE ACTIVIDADES en donde se describen las técnicas propuestas, agrupadas de

acuerdo a la Fase de la sesión (apertura, desarrollo o cierre). Bajo esta columna, también se ubica a los momentos de evaluación (diagnóstica, formativa o sumativa).

Los **materiales de apoyo** se incluyen al final del Anexo I. Su ubicación dentro de la propuesta didáctica se encuentra en la columna denominada REGISTROS. Aquí se señala el tipo de apoyo, por ejemplo: 'Evaluación Diagnóstica' o 'Ejercicio: Relación entre la fuerza y el cuadrado de la distancia'. A cada material se le identifica con la letra 'R' y se le asigna un número consecutivo, mismo que aparece en todos los materiales escritos en el ángulo superior derecho de la primera cuartilla.

Institución y grupo escolar en que se consideró la aplicación de la propuesta didáctica

La institución que se consideró para aplicar esta propuesta didáctica fue el Colegio de Bachilleres, Plantel 7 Iztapalapa, en la Zona Metropolitana. El currículo de esta casa educativa no considera a la Gravitación Universal dentro de los contenidos de la materia de Física. Así, fue necesario un análisis del nivel y momento más oportuno para poner en práctica esta propuesta.

Con base en las características de los estudiantes y en los contenidos que se revisan en cada nivel, se eligió trabajar con alumnos del segundo semestre. A pesar de que en primer semestre se tratan los temas caída libre e imponderabilidad, que pudieran relacionarse con la teoría de gravitación universal, se prefirió trabajar con estudiantes de segundo semestre porque ya están más familiarizados con las formas de trabajo del nivel medio superior. En el programa de estudios de este semestre se consideró que cuando se habla de energía potencial gravitacional y se diferencia entre masa y peso es un momento oportuno para tratar con la gravitación universal.

Infraestructura

En la planeación de esta propuesta se consideró que se requiere un aula (tres sesiones) y un laboratorio (dos sesiones) o un aula laboratorio (cinco sesiones). Con respecto a material y equipo se requieren balanzas y dinamómetros. Estas instalaciones, materiales y equipo, en general se encuentran disponibles en

todos los centros educativos públicos de nivel medio superior de la Zona Metropolitana.

Se consideró pertinente poder contar con el apoyo institucional para la reproducción de los materiales escritos.

Registro del trabajo en el aula

Se planeó el empleo de una Guía de Observación y una Bitácora. Su función es documentar el desarrollo de las actividades, el tiempo empleado, la forma de trabajo, la participación de los estudiantes, las evidencias de posibles cambios en las ideas, y la motivación lograda en los estudiantes en cada sesión. Se procura la comparación de lo diseñado con respecto de lo operado y el registro de los ajustes realizados.

También se promueve el análisis de los logros de la propuesta al contrastar los resultados esperados con los resultados obtenidos y la descripción de posibles causas de desviación.

A continuación se da espacio para registrar la cantidad de tareas entregadas, así como su calidad.

Finalmente se promueve la reflexión general del comportamiento del grupo. Los formatos de la Bitácora y de la Guía de Observación se presentan en el Anexo 2. Bitácora y Guía de Observación (Formatos).

En el siguiente capítulo se describe cómo se llevó a cabo la aplicación en el aula de la propuesta didáctica para la enseñanza de la teoría de la gravitación universal.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En este capítulo se describe la forma en que se llevó a cabo la aplicación en el aula de la propuesta diseñada y descrita en el capítulo anterior. Esta descripción se hace en torno a elementos como: la realización de las actividades, el tiempo empleado, el grado en que se llevó a cabo lo planeado, la motivación y participación de los estudiantes, entre otros. También se describen los instrumentos y procedimientos a través de los cuales se llevó a cabo la recolección de evidencias de aprendizaje.

4.1 APLICACIÓN EN EL AULA

La estrategia descrita en el apartado anterior fue trabajada del 4 al 24 de junio de 1998 en el grupo 208 del Turno Matutino en el Plantel 7 Iztapalapa, del Colegio de Bachilleres, Zona Metropolitana. El grupo estuvo conformado por 45 alumnos de segundo semestre, cuya edad se encontraba entre 15 y 18 años. La duración de cada sesión fue aproximadamente de 1 hora con 50 minutos.

Durante el periodo que duró la operación de esta estrategia se llevaron a cabo registros de lo que acontecía en cada sesión. Estos registros se elaboraron al término de cada clase.

El primero consistió en una Bitácora en la que se describían la realización de las actividades, la motivación lograda, el desempeño de los equipos de trabajo, las intervenciones de los alumnos, la articulación de los contenidos previos con los revisados en esa sesión y la evaluación. Además en esta Bitácora se registró el porcentaje de tareas entregadas, su calidad y el comportamiento general del grupo. El formato de esta Bitácora se presenta en el Anexo 2 Bitácora y Guía de Observación (Formatos)

Adicionalmente, se registró el trabajo en el aula en una Guía de Observación, propuesta por los Coordinadores de esta Especialidad. En ella se incluyó: la identificación de las ideas de los estudiantes, su línea principal de razonamiento, su actitud y sus propuestas durante la sesión. También se registraron las

participaciones, comentarios, aportaciones, actividades y resultados de los estudiantes. El formato de esta Guía General de Observación se presenta también en el Anexo 2 Bitácora y Guía de Observación (Formatos).

La información recabada a través de los registros antes mencionados se agrupó en torno a siete elementos que en conjunto describen la operación de esta estrategia en el aula:

- a. Planeación. Analiza la medida en que lo planeado fue llevado al aula.
- b. Actividades. Valora la realización de las actividades propuestas.
- c. Materiales. Pondera la pertinencia de los cuadernillos y demás materiales empleados para la realización de la propuesta didáctica.
- d. Tiempo: Compara el tiempo planeado con el tiempo empleado en el aula.
- e. Motivación. Analiza en qué medida las actividades y la propuesta didáctica en general lograron despertar interés en los estudiantes.
- f. Participación. Describe cómo y en qué medida los alumnos participaron en las diferentes actividades.
- g. Desarrollo / cambio de ideas. Explica qué ideas fueron desarrolladas o modificadas con motivo de la aplicación de esta propuesta didáctica.
- h. Infraestructura. Identifica, a grandes rasgos, el apoyo de que se dispuso para llevar a cabo las diversas actividades.
- i. Ajustes. Señala las principales modificaciones a la propuesta didáctica llevadas cabo durante su operación.

a. Planeación

En general, lo planeado en la propuesta didáctica se aplicó. Los elementos históricos, epistemológicos y psicológicos demostraron ser buenas bases para planear la enseñanza de la teoría de gravitación universal. Durante el trabajo en el aula no fueron necesarios cambios drásticos. La presentación esquemática del diseño (Anexo 1) facilitó el seguimiento, operación y valoración.

b. Actividades

Todas las actividades propuestas se llevaron a cabo satisfactoriamente. La primera 'Isaac en el Colegio de Bachilleres' tomó más tiempo del programado pero

al final fue significativa para lograr cambiar la idea de que en el movimiento circular existen las fuerzas centrífuga y centrípeta, por la idea de que en el movimiento circular sólo existe una fuerza centrípeta. Posiblemente es necesario simplificar en algo a esta actividad, ya que el seguir la línea de razonamiento de Newton es complicado. Una posibilidad es intercalar orientaciones del profesor y reducir las cuestiones que los alumnos resuelven solos.

La actividad 'Fuerza y distancia' si permitió que los alumnos ubicaran que la relación entre la fuerza con el cuadrado de la distancia es una proporción inversa. El recurso de proporcionar a los estudiantes acetatos con trazos que ellos debían medir y trabajar, logró que se interesaran en la actividad.

Con la actividad experimental 'Medición de la masa de la Tierra' se lograron cálculos cercanos al valor aceptado como correcto. No hubo dificultades para el manejo aritmético y conceptual de la actividad.

El problema en ruta 'Un alumno que juega en clase' involucró a todo el grupo en la toma de decisiones y en la elección de un camino para dar solución a un problema. Además llamó mucho la atención la estructura de esta actividad que es la de simulador escrito.

Las actividades, en general, mostraron ser oportunas y pertinentes ya que fueron concluidas satisfactoriamente por el 95% de los estudiantes asistentes.

c. Materiales escritos

El cuadernillo de 'Isaac en el Colegio de Bachilleres' resultó algo complejo para los estudiantes. Probablemente sea necesario revisar la redacción en búsqueda de mayor claridad. Por otro lado la presentación en forma de cuadernillo facilitó el manejo de tanta información. El empleo de argumentos geométricos para identificar a la fuerza centrípeta fue novedoso e interesante para los estudiantes. Aunque se identificaron dificultades en el manejo de nociones matemáticas básicas, como el cálculo de áreas de triángulos.

Con base en preguntas a los estudiantes durante la clase, ellos señalaron que en general los materiales escritos les resultaron entendibles. Aunque no eran fáciles, tampoco eran inaccesibles. Comentaron que siempre se requería pensar para resolverlos, aunque la solución no estaba fuera de su alcance.

El uso de materiales escritos facilitó el manejo de gran cantidad de información. Así los estudiantes no necesitaban tomar notas.

d. Tiempo

La primera sesión fue la única que tomó más del tiempo previsto. En lugar de una sesión se ocuparon dos. La extensión de la actividad y el hecho de ser la primera obligaron a que la duración total de la aplicación de la propuesta didáctica se prolongara. Esto no causó dificultades ya que desde la dosificación en el cronograma elaborado durante la etapa de diseño se consideró una sesión más para imprevistos. Ésta se ocupó para finalizar satisfactoriamente a la primera actividad.

Las demás sesiones se realizaron en el tiempo programado. Sin embargo, debido a la complejidad de los contenidos, se considera pertinente considerar una sesión más para discutir con mayor profundidad las ideas de los alumnos.

e. Motivación

En todas las sesiones los alumnos se mostraron interesados. Les agradó el empleo de materiales escritos con actividades bien definidas y variadas. Muchos alumnos se entusiasmaron al poder realizar las actividades exitosamente. Esto sucedió en especial en la actividad 'Fuerza y distancia', en la que el 100% del grupo construyó correctamente su gráfica y tuvo sustento para identificar que la fuerza de atracción gravitacional entre dos objetos es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

f. Participación

De los 45 alumnos que conformaban al grupo escolar, asistieron a cada clase un promedio de 40. Los asistentes a cada sesión participaron activamente. Las actividades estaban planeadas para que la entrega de productos fuera personal, a pesar de que se discutía por parejas, por equipos de cuatro o hasta de seis en el laboratorio. Un factor importante fue el hecho de que en cada sesión a cada alumno se le proporcionaba el material sin costo alguno, así ninguno tuvo pretexto para no participar en las actividades.

Con más tiempo para discutir las ideas de los alumnos, se habría podido promover más el pensamiento creativo en sus participaciones.

g. Desarrollo / cambio de ideas

Se identificaron ideas que los estudiantes poseían de manera certera aunque parcial. En este caso se promovió su desarrollo. Dentro éstas, la más relevante fue que en un inicio la mayoría describió correctamente la conformación del sistema solar. Sin embargo, los estudiantes consideraban que la causa de la disposición de los planetas se debía a que ya había trayectorias o caminos predeterminados que éstos se veían obligados a seguir. Al finalizar la operación de la estrategia, la mayoría siguió describiendo correctamente al sistema solar, solo que ahora ubicó como causa de la trayectoria de los planetas a la fuerza de gravedad que el Sol ejerce sobre ellos.

Por otro lado, se identificaron ideas en los estudiantes que no correspondían a las ideas propuestas por la teoría de gravitación universal. Dentro de éstas la más relevante fue que en un inicio los alumnos pensaban que la gravedad era selectiva. En una cuestión los estudiantes señalaron que la gravedad actúa sólo sobre las botas de una astronauta y no sobre el astronauta mismo. Después de la operación de esta propuesta didáctica, la mayoría de los alumnos considera que la gravedad es de aplicabilidad universal. En una cuestión, análoga a la de las botas del astronauta, respondieron que la fuerza de gravedad actúa sobre las bases de apoyo de una nave, pero también sobre la nave.

h. Infraestructura

La propuesta en general consideraba tres sesiones de trabajo en el aula con actividades de lápiz y papel proporcionadas por el profesor. En este sentido no se presentaron dificultades. En las dos sesiones en que se requería trabajo de laboratorio, no fue posible contar con el apoyo del personal de este lugar, por lo que fue necesario conseguir los instrumentos y equipo de laboratorio a través de otras instancias. Esto disminuyó el tiempo para trabajar con los alumnos, lo que obligó a reconsiderar que dentro de los aspectos periféricos que no son abordados en el aula, pero que posibilitan la aplicación de una propuesta didáctica, se encuentra la disposición de personal de apoyo como los laboratoristas.

Finalmente, el material de laboratorio que se empleó (balanzas y dinamómetros) fue adecuado y suficiente.

i. Ajustes

Los ajustes realizados fueron mínimos. Dentro de lo más notable se encuentra:

1. La operación en el aula de la primera actividad se realizó en dos sesiones. Esto no causó dificultades porque, desde la planeación se había considerado una sesión más para imprevistos.
2. Durante el desarrollo de la propuesta didáctica, se detectó que alumnos que habían respondido correctamente algunas cuestiones en el pretest, manejaban ideas involucradas en estas cuestiones de manera incorrecta. Esto hizo pensar que el poder disponer de comentarios adicionales que complementaran las respuestas de los estudiantes podría ser de utilidad para estimar qué tanto habían modificado sus ideas. Así, se decidió que la realización de una entrevista a una muestra del grupo escolar podría proporcionar esta información adicional. Para no introducir instrumentos diferentes, se decidió que se plantearían las mismas cuestiones del pretest y del postest, sólo que se solicitaría a los estudiantes una explicación más amplia.

4.2 RECOLECCIÓN DE EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

El aprendizaje fue visto como un proceso de cambio conceptual en el que hay etapas de continuidad y transición así como momentos de ruptura y revolución. Por su parte la noción de ciencia que se utilizó corresponde a un proceso en la que hay evolución, cambios y discontinuidades. Como consecuencia de estas dos nociones, en este trabajo, la recolección de evidencias de aprendizaje es concebida como un proceso que se lleva a cabo durante toda la operación de la propuesta didáctica.

El propósito de la recolección de evidencias es identificar el grado de desarrollo o cambio conceptual que van logrando los alumnos. Con esta información es posible llevar a cabo acciones para solventar necesidades individuales en el

aprendizaje (Black, 1997). De esto se desprende la importancia de la evaluación formativa como un proceso que proporciona información al profesor para introducir ajustes a su trabajo en el aula.

Queda descartada, por supuesto, la idea de tener como evidencia de aprendizaje un único examen al final de la aplicación de la propuesta. Se piensa entonces en un conjunto de actividades e instrumentos que proporcionen información sobre los logros de los estudiantes. Como se mencionó en el capítulo anterior, se considera que las actividades de enseñanza pueden proporcionar también información con fines de evaluación formativa.

Las evidencias de aprendizaje a través de las cuales se identificó el desarrollo o cambio de ideas de los estudiantes consistieron en: las respuestas que los estudiantes proporcionaron a las diversas actividades de lápiz y papel, las ideas que externaron en las discusiones, la forma en que se llevaron a cabo las actividades extraclase y la forma en que se trabajó en el laboratorio. La identificación de estas evidencias se complementó con la Bitácora, la Guía de Observación y una entrevista a una muestra de 15 alumnos.

Adicionalmente, y para comparar las ideas iniciales de los estudiantes con las ideas que expresan al finalizar la aplicación de la propuesta, se aplicó un examen inicial (pretest) y un examen final (postest).

A continuación se describen los instrumentos que permitieron la recolección de evidencias.

Actividades de aprendizaje y evaluación

Las siguientes actividades fueron diseñadas con dos fines: que el alumno desarrollara o cambiara conceptos y que proporcionaran información para llevar a cabo una evaluación formativa: 'Isaac en el Colegio de Bachilleres', 'Relación de fuerza gravitacional con r ', Ejercicios y Problemas, 'Medición de la masa de la Tierra' y 'Un alumno que juega en clase'. Durante su solución y con la continua supervisión del profesor, se fueron solventando necesidades particulares de cada alumno. Su propósito fue obtener información que permitiera realizar ajustes inmediatos y adecuados para cada estudiante.

Los cuadernillos con las respuestas se archivaron, de tal forma que para cada alumno existe un expediente donde se encuentran sus soluciones y tareas.

Bitácora y Guía de Observación

En la Bitácora y la Guía de Observación del profesor existen señalamientos generales que permiten obtener evidencias de aprendizaje. El propósito de éstos es reconocer de manera grupal, el grado de desarrollo o cambio conceptual. Por ejemplo, en la Guía de observación se solicita que se describan las ideas de los estudiantes antes, durante y al finalizar cada sesión. Por su lado, en la Bitácora se solicita que se registren evidencias detectadas durante la clase que puedan indicar un cambio en las ideas de los estudiantes.

Entrevista

Después de la aplicación de la propuesta se entrevistó a una muestra de 15 jóvenes (aproximadamente el 38% de la población total). Las guías de la entrevista fueron el pretest y el postest, es decir se plantearon las mismas cuestiones a los estudiantes entrevistados, solo que se solicitó más amplitud en sus explicaciones. El propósito de esta acción fue disponer de más argumentos para las respuestas proporcionadas por los estudiantes y así lograr más cercanía al grado de desarrollo o cambio conceptual logrado.

Los criterios para la elección de la muestra fueron cualitativos. Se consideró:

- a. Que hubiesen respondido tanto al pretest como al postest.
- b. Su promedio. Se formaron tres grupos de cinco estudiantes cada uno: de alto promedio, de nivel medio y de bajo promedio.
- c. Para la elección de los estudiantes que conformarían cada grupo se prefirió a aquellos que presentaran algún rasgo notable. Por ejemplo: una alumna de buen promedio que en la cuestión 2 contestó correctamente al inicio e incorrectamente al final; y un alumno de bajo promedio que cambió 5 de sus respuestas de incorrecto a correcto al finalizar la operación. También se incluyó a una alumna de bajo promedio cuya actitud denotaba desinterés e incluso disgusto hacia la asignatura.

Pretest - postest

Al inicio de la propuesta didáctica se aplicó un pretest diseñado con base en ideas previas sobre gravitación identificadas por Hierrezuelo y Montero (1998).

Estos autores consideran a estas ideas como preconceptos que han mostrado ser un obstáculo a superar para el aprendizaje de las ideas de gravitación universal. El pretest se presenta en los registros de incluidos en el Anexo 1, bajo el título de Evaluación diagnóstica.

Adicionalmente, y ya sin un instrumento formal, en la primera sesión se indagó acerca de los contenidos de física que los estudiantes debían tener como base para construir certeramente las ideas de gravitación universal. Dentro de estos contenidos se encuentran las Tres Leyes de Newton, y la diferencia entre movimiento libre y movimiento forzado, entre otros

Paralelo al pretest se diseñó un postest. Se tuvo especial cuidado en presentar ideas análogas al instrumento inicial. En el postest se indaga sobre las mismas ideas que en el pretest, solo que con reactivos diferentes. Para su diseño se recurrió al criterio de expertos (Hernández, Fernández y Baptista, 1999). El propósito del postest fue obtener evidencias acerca del desarrollo o cambio conceptual en el alumno logrado con motivo de la aplicación de esta propuesta didáctica. El postest se presenta en los registros incluidos en el Anexo 1, bajo el título de Evaluación sumativa.

Evaluación de la estrategia didáctica

Este es un instrumento en donde se recabó información que no necesariamente estaba asociada a los contenidos de física. Aquí se solicita al estudiante que valore la propuesta didáctica aplicada. Para ello se le pidió que levantara a cabo un sencillo ejercicio de metacognición en donde reflexionara acerca de qué y cómo aprendió. El estudiante debió estimar lo aprendido para poder dar respuesta. Se considera que reflexionar sobre lo aprendido es otra evidencia de aprendizaje.

Los resultados del desarrollo de la propuesta didáctica para la enseñanza de la teoría de la gravitación universal, se presentan en el siguiente capítulo. Además en éste, se lleva a cabo su análisis.

5. RESULTADOS

En este apartado se presenta de manera sintética la información recolectada. Esta ha sido procesada y organizada en tablas y gráficas para facilitar su análisis. Posteriormente se hace una interpretación en donde se considera que los datos son contruidos por el investigador a partir de la información recabada a través de los instrumentos descritos en el capítulo anterior. Es menester obtener articulación y congruencia en la interpretación de los datos para obtener la descripción de un fenómeno educativo. Varias fuentes pueden contribuir entonces a construir los datos. Estos encajarán como las piezas de un rompecabezas cuando la información en conjunto sea interpretada y se conformen explicaciones satisfactorias.

5.1 INFORMACIÓN RECOLECTADA

La información recolectada se organizó en torno a ocho ideas que fueron consideradas fundamentales para estimar el grado en que los alumnos cambian su forma de concebir a la teoría de gravitación universal. Estas ideas son:

1. Gravedad, fuerza de gravedad y aceleración de gravedad son nociones que difieren.
2. La fuerza de gravedad, en nuestro entorno, se dirige hacia el centro de la Tierra.
3. La gravedad es un fenómeno de aplicabilidad universal.
4. La fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre los objetos cercanos a su superficie (peso), es la misma para cada objeto.
5. Al desaparecer la fuerza centrípeta que origina el movimiento circular de un objeto, éste continúa con movimiento rectilíneo uniforme.
6. La fuerza de gravedad que ejerce el Sol sobre los planetas es la causa de sus trayectorias en torno a este astro.
7. La fuerza de gravedad es una fuerza débil.
8. La fuerza de gravedad ejerce diversos efectos sobre los objetos.

Las primeras seis son estudiadas al principio y al final de la aplicación en el aula de la propuesta didáctica. Las dos últimas se estudian sólo en el final porque se considera que son ideas nuevas para los estudiantes que se promueven durante el desarrollo de dicha propuesta.

La información en torno a los ocho ideas antes señaladas, se ordena a partir de los siguientes instrumentos: pretest – postest, entrevista, actividades de lápiz y papel, Bitácora – Guía de Observación y evaluación de la propuesta didáctica.

Pretest-postest

La información proporcionada por estos instrumentos se organizó en la Tabla 5.1 y en la Gráfica 5.1. En éstas se ubica el manejo que hacen los alumnos acerca las ocho ideas sobre gravitación antes y después de la operación de la propuesta didáctica.

El número de alumnos considerado en de 34 respecto de los 45 del grupo. Esto se debió a que algunos alumnos no realizaron el pretest o el postest. Sólo se incluyeron a aquellos que habían contestado los dos instrumentos para poder hacer comparaciones.

En la tabla 5.1 en la cuestión 2, inicialmente 20 estudiantes identificaron correctamente que la fuerza de gravedad se dirige hacia el centro de la Tierra. Al finalizar la operación en el aula de la propuesta didáctica, 21 alumnos responden correctamente. De éstos, seis que respondían incorrectamente, pasaron a hacerlo correctamente. Pero cinco que respondían correctamente, pasaron a hacerlo incorrectamente, como se muestra en la Tabla 5.2. Por esta razón el número de estudiantes en los que se apreció cambio fue de once. En la entrevista realizada a algunos de estos alumnos se identificó que los estudiantes tuvieron dificultades para expresarse gráficamente y/o no leyeron con cuidado las cuestiones.

Tabla 5.1
Concentrado de las respuestas de los estudiantes
en el pretest y en el postest

IDEAS	Pretest		Postest		Se apreció cambio	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1. Distingue entre gravedad, fuerza de gravedad y aceleración de la gravedad.	0	34	22	12	22	12
2. Identifica que la fuerza de gravedad se dirige hacia el centro de la Tierra.	20	14	21	13	11	23
3. Reconoce que la gravedad es de aplicabilidad universal.	3	31	22	12	19	15
4. Identifica que la fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre los objetos cercanos a su superficie (peso) es la misma para cada objeto.	0	34	11	23	11	23
5. Identifica que al desaparecer una fuerza centrípeta (fuerza de gravedad para el sistema solar), los objetos continúan con movimiento.	7	27	31	3	24	10
6. Identifica a la fuerza de gravedad como la causa de la trayectoria que los planetas describen alrededor del Sol.	21	13	28	6	7	27
7. Identifica que la fuerza de gravedad es una fuerza débil.*			24	10		
8. Interpreta correctamente diversos efectos de la fuerza de gravedad.*			25	9		

*Estas ideas no fueron incluidas en el pretest, por lo que no es posible apreciar algún cambio.

Gráfica 5.1
Cantidad de alumnos en los que se apreció
cambio en su respuesta

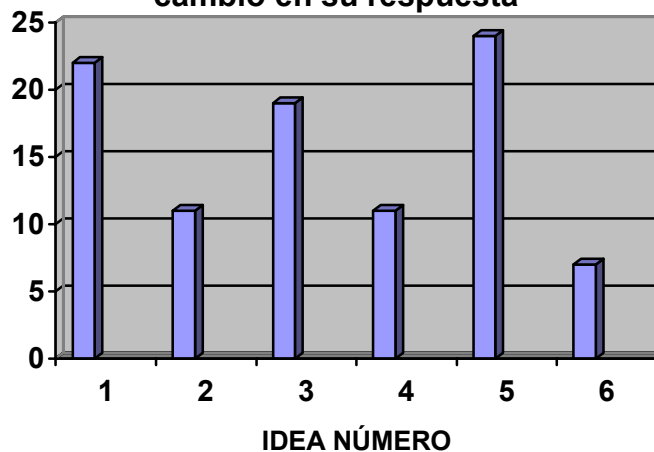


Tabla 5.2
Paso de correcto a incorrecto y viceversa en los estudiantes que cambiaron sus respuestas

Número de idea	Cantidad de alumnos que cambiaron sus respuestas	Alumnos que pasaron de incorrecto a correcto	Alumnos que pasaron de correcto a incorrecto
1	22	22	0
2	11	6	5
3	19	19	0
4	11	11	0
5	24	24	0
6	7	7	0

Con respecto a los alumnos que no cambiaron sus respuestas se construyó la Tabla 5.3.

Tabla 5.3
Alumnos que no cambiaron su respuesta

Número de idea	Cantidad de alumnos que no cambiaron sus respuestas	Alumnos que respondieron correctamente	Alumnos que respondieron incorrectamente
1	12	0	12
2	23	17	6
3	15	3	12
4	23	0	23
5	10	8	2
6	27	20	7

La cantidad de ideas en las que los alumnos cambiaron sus respuestas y que se considera que las modificaron, aparece en la Tabla 5.4. La cantidad de respuestas correctas que los alumnos respondieron en el postest se presenta en la Tabla 5.5.

Tabla 5.4
Cantidad de ideas modificadas

Ideas modificadas	Número de alumnos
1	4
2	8
3	14
4	6
5	2
6	0

Tabla 5.5
Cantidad de aciertos

Aciertos	Número de alumnos
1	0
2	4
3	6
4	9
5	11
6	4

Entrevista

Se llevó a cabo para enriquecer la información obtenida a través del pretest – postest. Se consideró que el hecho de que un alumno contestara de manera diferente a una cuestión, no aseguraba que hubiera modificado sus ideas. Incluso si existiese alguna modificación se dificultaba ubicar cuáles son las nuevas explicaciones elaboradas por los estudiantes.

A grandes rasgos, los señalamientos más notables de los alumnos durante la entrevista fueron:

Idea 1. Gravedad, fuerza de gravedad y aceleración de gravedad son nociones que difieren.

Se reconoce que gravedad, fuerza de gravedad y aceleración de la gravedad no son los mismos conceptos, sin embargo aún no se tienen claras sus características, semejanzas y diferencias.

Idea 2. La fuerza de gravedad, en nuestro entorno, se dirige hacia el centro de la Tierra.

De manera global, casi no existe cambio en el grado con que se identifica que la fuerza de gravedad se dirige hacia el centro de la Tierra. Aunque curiosamente 5 personas que respondieron correctamente en un inicio, lo hicieron incorrectamente en el postest. La entrevista dejó ver que tenían dificultades para expresarse gráficamente y/o no leían con cuidado el enunciado del problema.

Idea 3. La gravedad es un fenómeno de aplicabilidad universal.

De las personas entrevistadas todos abordaron correctamente la universalidad de la gravedad al aplicar sus consecuencias a diferentes contextos.

Idea 4. La fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre los objetos cercanos a su superficie (peso), es la misma para cada objeto.

La entrevista confirmó poco cambio en la identificación de que la fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre un objeto es constante en nuestro entorno. Aquí los alumnos expresaron confusión en situaciones en que se recordaba a la Tercera Ley de Newton (“un objeto sobre una mesa recibe la reacción de ésta, lo cual disminuye o anula a la fuerza de gravedad”) o en aspectos de la representación vectorial de fuerzas y trayectorias (“los objetos alejados de la tierra caen con fuerzas que se representan mediante flechas que van desde el objeto hasta la superficie de la Tierra”).

Idea 5. Al desaparecer la fuerza centrípeta que origina el movimiento circular de un objeto, éste continúa con movimiento rectilíneo uniforme.

Las personas entrevistadas explicaron correctamente que al desaparecer la Tierra, la luna seguiría una trayectoria rectilínea. Incluso señalaron que ninguna fuerza sería necesaria para mantener su movimiento.

Idea 6. La fuerza de gravedad que ejerce el Sol sobre los planetas es la causa de sus trayectorias en torno a este astro.

Los alumnos entrevistados señalaron correctamente que la fuerza de gravedad es responsable de las trayectorias de los planetas en torno al Sol.

Idea 7 La fuerza de gravedad es una fuerza débil.

La mayoría de los entrevistados ubica a la fuerza de gravedad como una fuerza débil. Incluso varios comparan a la magnitud de la fuerza de gravedad que la Tierra ejerce sobre los objetos que nos rodean con la fuerza de gravedad entre los mismos objetos, y consideran que la diferencia en la magnitud se debe a la masa de la tierra.

Idea 8 La fuerza de gravedad ejerce diversos efectos sobre los objetos.

La mayoría de los entrevistados propone ejemplos aceptables, pero en su interpretación aún tienen dudas. Existe confusión entre las ideas de distancia entre objetos y distancia entre centros de masa.

Actividades

Las actividades que se llevaron a cabo durante la operación de la propuesta didáctica, fueron consideradas además de actividades de enseñanza, como fuentes de información para la evaluación formativa. Una descripción con más detalle aparece en la Bitácora y en la Guía de Observación de cada sesión, ubicadas en el Anexo 3. Bitácora y Guía de Observación (Registros de clase). A grandes rasgos la información más relevante recabada por este conducto fue:

Sesión 1. Contexto. Fuerza Centrípeta.

- Existe confusión entre fuerza y trayectoria en un movimiento circular.

- Se presenta dificultad para identificar que hay una fuerza perpendicular al movimiento en los casos de trayectorias circulares.

Sesión 2. $F \propto \frac{1}{r^2}$

- Se identifica a la dirección de la fuerza centrípeta.
- Se ubica a la fuerza centrípeta como causa de una trayectoria circular.
- El lenguaje del cuadernillo Isaac en el CB se dificulta porque los alumnos consideran que no es común.

Sesión 3 $F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$; $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

- Se confunde a la fuerza con la distancia en la actividad propuesta.
- Falta sistematización para tratar a la información (no se ordenan de manera espontánea los datos en tablas).
- Existe dificultad para elegir escalas para hacer gráficas.
- Existe confusión en el cálculo de la constante de proporcionalidad entre fuerza y distancia al cuadrado.

Sesión 4. Problemas / actividades experimentales. Logros.

- Se dificulta el manejo simultáneo de dos variables.
- Al combinar cambios en la masa con cambios en la distancia no se puede estimar el valor de la fuerza de gravitación a partir de las proporciones directa e inversa respectivamente.

Sesión 5. Consolidación. Evaluación sumativa.

- Existen muchas carencias en el manejo de operaciones con notación científica.
- Los despejes de ecuaciones se dificultan.

Bitácora y Guía de Observación

Estos registros permitieron dar cuenta, clase con clase, de los hechos más relevantes de cada sesión. Algunos, fueron referidos a cifras como el porcentaje de tareas entregadas y otros fueron de carácter descriptivo como las ideas de los alumnos antes, después y al concluir cada sesión.

Los datos más relevantes de la Bitácora y de la Guía de Observación aluden a la operación de la propuesta didáctica. En síntesis:

- a. El diseño es operable con los alumnos, materiales e infraestructura del Colegio de Bachilleres. Aunque la propuesta se trabajó en un solo plantel, los grupos escolares de primer semestre son equivalentes y en los 20

planteles de la Zona Metropolitana de dispone de los mismos materiales e infraestructura.

- b. La cantidad promedio de alumnos que asistió durante la aplicación de la propuesta fue de 40 por sesión. Esto representa el 90% con respecto a 45 que era el total de alumnos inscritos. En cada clase, aproximadamente el 80% de los asistentes entregaron tareas. El tiempo promedio de duración de cada sesión fue de 100 min.
- c. Se requiere más tiempo que el programado para llevar a cabo todas las actividades y para la discusión de ideas.
- d. Las actividades escritas son accesibles. Los alumnos pueden resolverlos satisfactoriamente aunque es fundamental el constante intercambio de ideas entre los alumnos y con el profesor.
- e. En cada sesión se advierte desarrollo o cambio de ideas. Esto se evidencia en las respuestas a los cuadernillos de las actividades y en las participaciones (ideas nuevas y preguntas). No todos los alumnos muestran cambio de ideas y quienes sí lo muestran no lo presentan en el mismo grado.
- f. El nivel de complejidad y abstracción que demanda esta propuesta didáctica es alcanzable por los alumnos. Sin embargo, la ausencia de conocimientos básicos en varios de los conceptos que se pretende abordar, impide el aprendizaje significativo. Esto fue evidente en las deficiencias en las nociones de fuerza y aceleración y en el manejo de las operaciones con notación científica requeridas para la actividad experimental. Fue necesario diseñar apoyos (ejemplos) que pudieran consultar continuamente.
- g. En general los alumnos mostraron interés, incluso les agradó resolver ejercicios diferentes a los convencionales.
- h. Los alumnos que asistieron a cada sesión participaron en su totalidad en las actividades. Todos entregaban cuadernillos con respuestas y todos discutían para llegar a su solución. Cabe mencionar que, aunque todos participaron, no lo hicieron en la misma medida.

La información en detalle, sesión por sesión, se encuentra en el Anexo 3. Bitácora y Guía de Observación (Registros de clase).

Evaluación de la estrategia didáctica

El grado de acuerdo - desacuerdo en torno a varios aspectos de la estrategia se presenta en la Tabla 5.6. Se incluye el número de alumnos que eligieron cada opción, bajo la columna denominada 'Absoluto'. El porcentaje con respecto al total de la población se localiza bajo la columna denominada 'Relativo'. En esta ocasión el total de alumnos que respondieron a este instrumento fue de 36.

Tabla 5.6
Respuestas a la Evaluación de la Estrategia Didáctica

	Completamente de acuerdo		De acuerdo		En duda		En desacuerdo		Completamente en desacuerdo	
	Abso-luto	Rela-tivo	Abso-luto	Rela-tivo	Abso-luto	Rela-tivo	Abso-luto	Rela-tivo	Abso-luto	Rela-tivo
1. El orden en que se presentaron los conceptos permitió su comprensión	28	78	8	22	0	0	0	0	0	0
2. Las actividades en clase fueron interesantes	26	72	10	28	0	0	0	0	0	0
3. Las explicaciones del profesor se entendían con claridad	25	69	11	31	0	0	0	0	0	0
4. La cantidad de problemas resueltos fue excesiva	3	8	9	25	4	11	13	36	7	20
5. Los ejemplos facilitaron la comprensión del tema	29	81	7	19	0	0	0	0	0	0
6. Las actividades en clase fueron complicadas	2	5	5	14	5	14	13	36	11	31
7. Las tareas extra clase fueron sencillas	12	33	19	53	5	14	0	0	0	0
8. Los conceptos tratados en clase fueron difíciles	2	5	2	5	4	11	19	53	9	25
9. La solución de problemas fue sencilla	11	31	18	50	7	19	0	0	0	0
10. El tiempo fue suficiente	16	44	15	42	4	11	1	3	0	0

La información recabada por cada instrumento y presentada en este apartado es articulada e interpretada en la siguiente sección.

5.2 INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información obtenida por cada uno de los instrumentos descritos con anterioridad, se articuló para conformar explicaciones en tono al desarrollo y cambio en las ideas de los estudiantes. También, para valorar la aplicación de la propuesta didáctica.

Desarrollo y cambio en las ideas de los estudiantes

Los instrumentos que proporcionaron información para esta descripción fueron el pretest – postest, la entrevista y las actividades realizadas en el aula y en el laboratorio. Se procuró que los datos logrados en cada caso embonaran como piezas de rompecabezas, para acercarse a la explicación de lo sucedido en el aula con motivo de la aplicación de la propuesta. La Bitácora y la Guía de Observación permitieron enriquecerlos y darles contexto.

El hilo conductor para el desarrollo de este apartado son las ocho ideas sobre gravitación universal ya mencionadas con anterioridad y sólo se incluyen a los aspectos más relevantes. Para una descripción más detallada es posible consultar el Anexo 4. Cambio en las respuestas de los estudiantes.

Idea 1. Gravedad, fuerza de gravedad y aceleración de gravedad son nociones que difieren.

Los alumnos aún tienen confusión en los conceptos de fuerza y aceleración. Esto dificulta que construyan conceptos que intervienen en fenómenos de gravedad como son: fuerza de gravedad y aceleración de la gravedad. En este caso se considera que si hubo modificación en el concepto de gravedad que inicialmente tenían los alumnos. Sin embargo no se llegaron a conformar y consolidar los nuevos conceptos de fuerza de gravedad y aceleración de la gravedad

Idea 2. La fuerza de gravedad, en nuestro entorno, se dirige hacia el centro de la Tierra.

En términos globales no hubo cambio. La cantidad de personas que contestaba correctamente continuó haciéndolo así después de la aplicación de esta propuesta. Sin embargo en esta cuestión cinco alumnos que respondieron correctamente en el pretest, lo hicieron incorrectamente en el postest. Al interrogar a los alumnos en la entrevista se encontró que:

- Algunos no leían con cuidado la pregunta del postest y no entendieron que se trataba de la Tierra. Es decir, existe impulsividad al emitir una respuesta. No se

atiende a lo escrito y se presta más atención a la figura. Se fijan más en lo que resalta, lo observable, lo evidente.

- Algunos no pensaron que el objeto representado en el postest pudiera ser la Tierra. Así, la persona caería hacia el 'abajo' de la Tierra de los alumnos. Quizá se tenga un modelo parcial de la caída de los cuerpos y con él se explique a todos los fenómenos de caída. Así todo cae hacia el centro de nuestra Tierra.
- Algunos explicaron correctamente la respuesta de pretest pero su dibujo era confuso. Por ejemplo, no era posible identificar si lo que se dibujaba era una fuerza. Existen dificultades para expresarse gráficamente.

Idea 3. La gravedad es un fenómeno de aplicabilidad universal.

Se reconoce la universalidad de la gravedad pero hay ideas colaterales como: los objetos con más masa atraen con más fuerza a los objetos de menos masa. Para varios alumnos la masa no es importante sino el peso. Éste parece ser una propiedad que posee cada objeto y que origina a la fuerza de gravedad. Así la Tierra atrae a los objetos de su entorno porque tiene más peso (y por ende más gravedad). Para los alumnos la fuerza de gravedad no tiene carácter de interacción (señalamiento que tiene consistencia con las dificultades identificadas en la idea 1). En este caso se aprecia cambio en la idea de universalidad de la gravitación, sin embargo las explicaciones erróneas o confusas que emiten los estudiantes llevan a pensar que el aprendizaje fue poco significativo y que con el tiempo se va a olvidar.

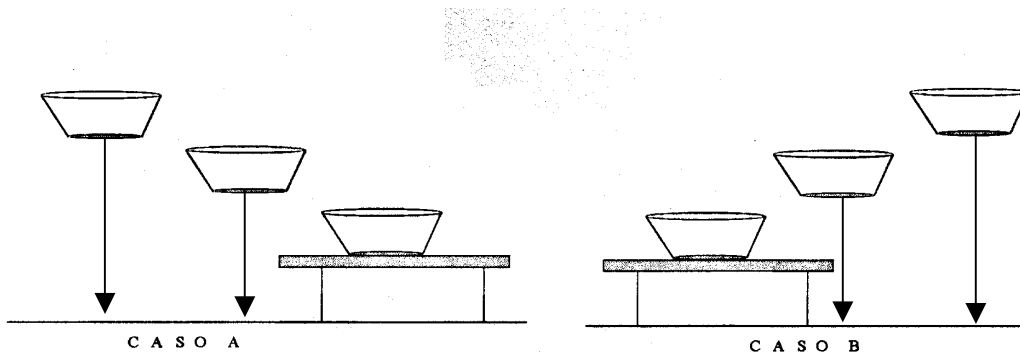
Idea 4. La fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre los objetos cercanos a su superficie (peso), es la misma para cada objeto.

A pesar de que 11 personas responden correctamente en el postest, en la entrevista sólo dos dan una explicación satisfactoria. En torno a esto, los señalamientos más relevantes fueron:

- Repiten que a mayor distancia, menos fuerza de gravedad (lo cual está relacionado con el éxito logrado en la actividad: 'Fuerza y distancia'), pero no lo aplican al caso de la jarra. Por un lado 'aprendieron lo científico'; pero por otro lado conservan sus ideas. En estos alumnos parecen existir dos modelos. Uno que emplean para dar respuestas en situaciones escolares y otro que se emplea para las situaciones cotidianas.
- Confunden fuerza con trayectoria. Indican que dibujan fuerzas desde el objeto en diferentes posiciones, hasta el piso, porque hasta ahí tiene que llegar. Esto se observa en la pregunta 4 del postest (Figura 5.1).

Figura 5.1
Pregunta 4 del postest

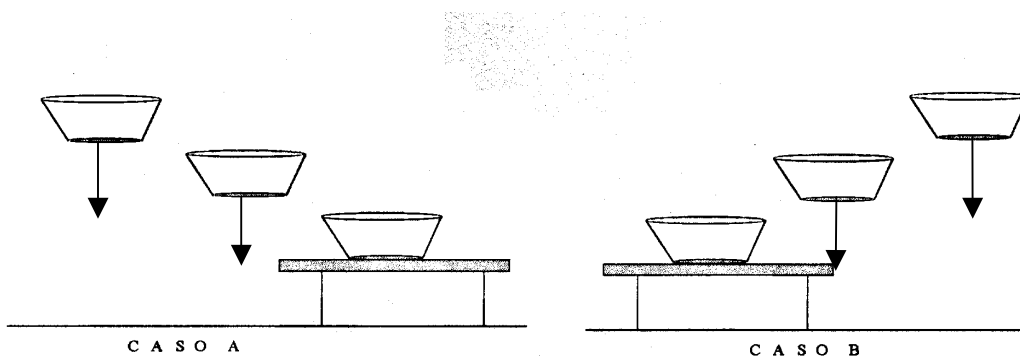
4. A continuación se presentan dos casos. En cada uno de ellos aparece una jarra en tres posiciones. Representa mediante una flecha la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra sobre la jarra en cada posición. Si consideras que la fuerza gravitacional puede tener diferente magnitud en alguna posición, dibuja flechas más largas o más cortas.



- Hay confusión con la Tercera Ley, piensan que la fuerza que ejerce la mesa sobre el objeto anula a la fuerza de gravedad y dibujan a la fuerza gravitación sobre los objetos que no tienen apoyo y la omiten en donde hay apoyo. Esto se observa en la pregunta 4 del postest (Figura 5.2)

Figura 5.2
Pregunta 4 del postest

4. A continuación se presentan dos casos. En cada uno de ellos aparece una jarra en tres posiciones. Representa mediante una flecha la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra sobre la jarra en cada posición. Si consideras que la fuerza gravitacional puede tener diferente magnitud en alguna posición, dibuja flechas más largas o más cortas.



En la explicación de dibujos como el anterior trasladan su experiencia personal a la jarra. Cuando un objeto está sobre un soporte (igual que cuando se está sentado o de pie sobre la tierra) no existe sobre él fuerza de gravedad. Esta fuerza aparece sólo cuando no hay soporte y el objeto cae hacia la tierra. Esta idea es consistente con la noción errónea que considera la existencia de una fuerza sólo cuando un objeto se mueve. Si un objeto está en reposo no se piensa que sobre él estén actuando fuerzas. Esta es una idea previa que impide la formación del concepto de fuerza necesario para poder conformar a la idea 1 citada anteriormente. En la idea 4 hubo mucha resistencia al cambio. En 23 alumnos no se percibieron modificaciones en sus ideas. Probablemente esto se debe a que esta es una idea compleja y a que las actividades de la estrategia no pusieron suficiente énfasis en ella.

Idea 5. Al desaparecer la fuerza centrípeta que origina el movimiento circular de un objeto, éste continúa con movimiento rectilíneo uniforme.

Esta fue una idea que logró cambio en la respuesta de los alumnos. Las explicaciones confusas escritas en el postest fueron aclaradas satisfactoriamente por los alumnos de manera verbal durante las entrevistas. De tales explicaciones se desprende que los alumnos:

- Tienen dificultad para articular los aspectos cinemáticos (trayectoria) con los aspectos dinámicos (fuerzas).
- Se les dificulta expresarse de manera escrita y en menor medida de manera verbal.

Idea 6. La fuerza de gravedad que ejerce el Sol sobre los planetas es la causa de sus trayectorias en torno a este astro.

En las respuestas a las cuestiones que indagaban por esta idea hubo poco cambio. Lo que sí se modificó fueron las explicaciones emitidas. En el pretest se pensaba en las trayectorias como 'camino' prefijados que los planetas debían seguir. Mientras que en el postest se ubica a la fuerza de gravedad como la responsable de 'curvar' la trayectoria de los planetas.

Idea 7. La fuerza de gravedad es una fuerza débil.

Cerca de 2/3 partes de los alumnos identifica correctamente que la fuerza de atracción gravitacional es una fuerza débil. Se compara la magnitud de la fuerza de gravedad entre dos objetos comunes, con la fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre los objetos de nuestro entorno. Incluso se ubica que la gran masa (o peso) de la Tierra es la responsable de esto.

Idea 8. La fuerza de gravedad ejerce diversos efectos sobre los objetos.

Aproximadamente el 75% proporciona ejemplos aceptables pero sus explicaciones son pobres. No es posible precisar si interpretan acertadamente a las situaciones que proponen.

Valoración de la propuesta didáctica

Con base en la información recabada por la Bitácora, la Guía de Observación y la Evaluación de la Estrategia Didáctica, se identifica que:

- a. En la construcción del instrumento de evaluación diagnóstica no se incluyeron reactivos que indagaran acerca de los conceptos de fuerza y aceleración. Durante la operación de la estrategia y sobre todo al finalizar se hizo evidente que los alumnos no lograron desarrollar el concepto de fuerza de gravedad y aceleración de la gravedad por carecer de antecedentes (subsumidores). Es necesario incluir reactivos acerca de los conceptos de fuerza, aceleración y nociones matemáticas básicas en la evaluación diagnóstica y con base en los resultados adecuar la enseñanza.
- b. En la Bitácora y en la Guía de Observación se señala que en general había una respuesta favorable por parte de los alumnos hacia el desarrollo o cambio de ideas, sin embargo en la Tabla 5.4 'Cantidad de ideas modificadas', se observa que la mayoría de los alumnos presentó entre 2 y 3 cambios en sus respuestas. Esto es poco si se considera que las ideas en juego en la estrategia eran 6. Esto denota que los intentos de desarrollo o cambio logrados en cada sesión, no llegaron a consolidarse. Probablemente es necesario promover actividades de consolidación. Esto deriva en la necesidad de más tiempo para aplicar esta propuesta didáctica en el aula.
- c. Si se hubiera calificado con base en las respuestas correctas del postest, el 70% de los alumnos tendría una calificación aprobatoria. Esto es consistente con lo que señalan los alumnos en el concentrado de la Evaluación de la Estrategia Didáctica: el orden de los conceptos facilitó la comprensión, las actividades fueron interesantes, las explicaciones del profesor se entendían y los ejemplos facilitaron la comprensión del tema.
- d. El diseño de las actividades favoreció que todos los alumnos participaran, sin embargo la estructura de éstas no daba mucha apertura para la espontaneidad.

- e. La percepción de los jóvenes acerca del tema fue que era accesible ya que las actividades en clase no fueron complicadas, los conceptos tratados no fueron difíciles y la solución de problemas fue sencilla (Tabla 5.6 Respuestas a la Evaluación de la propuesta didáctica). Esto promueve la modificación de las expectativas de éxito que los alumnos tienen respecto al aprendizaje de este tema.
- f. En términos generales podría pensarse que los alumnos aprendieron mucho. Quizá emitan más respuestas correctas que antes pero aún hay dificultades en las explicaciones que dan en torno de ellas. La operación de la propuesta logró iniciar procesos de cambio, pero no conformó y consolidó conceptos. Esto pudo deberse a varias causas: no se había trabajado (tanto el profesor como los alumnos) una propuesta didáctica con este enfoque, el tiempo para las discusiones fue insuficiente, la cantidad de alumnos dificulta atender a las necesidades personales de todos, la evaluación diagnóstica no indagó conceptos clave como fuerza, aceleración y nociones matemáticas básicas, y no hubo tiempo para analizar a fondo los cuadernillos con las respuestas de cada alumno.
- g. La propuesta didáctica sí logró interesar a los alumnos. A pesar de que el ambiente en el plantel no era propicio para asistir a clase y concentrarse, ya que las fechas en que se operó dicha propuesta coincidieron con el Mundial de Fútbol, la asistencia fue elevada (90%) y el grupo asistió a todas las sesiones.

En general esta propuesta puede operarse sin grandes obstáculos en grupos escolares equivalentes. Sin embargo, en cuanto al docente, el tiempo de planeación, diseño y evaluación de esta propuesta (40 horas), es mayor al tiempo necesario para aplicarla (12 horas).

Esto conduce a repensar las formas de trabajo de los docentes. Para lograr cambios en las formas de enseñanza, con un enfoque similar al de esta propuesta didáctica, puede ser de gran utilidad cambiar del trabajo individual efectuado por cada docente de manera aislada, por trabajo en equipo en el que sea posible compartir propuestas de enseñanza en torno a diferentes temas para cubrir todos los contenidos incluidos en un programa de estudios.

6. REFLEXIONES FINALES

El análisis de este trabajo permitió identificar señalamientos de tres tipos: conclusiones, aportaciones y recomendaciones. A continuación se describen cada uno de ellos.

a. Conclusiones. Se refieren nuevas ideas sobre la enseñanza de la teoría de la gravitación universal. Quizá algunas de ellas no sean enteramente nuevas para la comunidad educativa, sin embargo fueron construidas (o reconstruidas) por quien esto escribe. En este sentido su señalamiento es relevante ya que dan indicios de los conocimientos, metodologías y formas de reflexión adquiridas como resultado de haber cursado una Especialidad. Dentro de las conclusiones se encuentran:

- La práctica en el aula de la propuesta didáctica para la enseñanza de la gravitación universal permite modificar ideas que los estudiantes tienen sobre esta teoría. Adicionalmente, se tienen indicios de que los estudiantes también modifican otras ideas (como la noción de fuerza y aceleración), actitudes (como el interés por la asignatura) y expectativas (como el éxito en el aprendizaje de la física).
- Algunas ideas fueron muy resistentes al cambio, como pensar que sobre un mismo objeto la Tierra ejerce una fuerza gravitacional muy diferente cuando es colocado a alturas poco diferentes. Otras ideas como fuerza gravitacional y aceleración gravitacional se dificultan porque nociones previas como fuerza y aceleración no están bien construidas. Esto hace pensar que probablemente las ideas sobre gravitacional universal no se encuentren aisladas en la mente de los estudiantes, sino que están entrelazadas con otras ideas formando entidades más complejas que conforman un modelo que explique fenómenos como el movimiento que describe un objeto que cae.
- En las respuestas de los estudiantes a las cuestiones sobre la idea *la fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre los objetos cercanos a su superficie (peso) es la misma para cada objeto*, se hizo evidente que los

estudiantes emplean modelos explicativos en situaciones de examen, diferentes a los modelos que emplean en situaciones cotidianas. Esto pone en evidencia que en el estudiante coexisten al menos dos modelos explicativos para un mismo fenómeno, que emplean dependiendo del contexto en que se solicita su respuesta.

- Para valorar si los estudiantes modificaron sus ideas no es suficiente un instrumento en que el alumno responda cuestiones. Se requieren procedimientos adicionales, como entrevistas, para identificar el porqué de sus respuestas. En ocasiones sí existe cambio de idea pero los estudiantes no se expresan correctamente, o no cambian de idea y responden repitiendo lo que el profesor señala y en sus explicaciones se hace evidente la ausencia de cambio.
- El empleo de material impreso diseñado con base en aspectos históricos, psicológicos y epistemológicos logra que los estudiantes se interesen. La graduación de las cuestiones presentadas en las actividades permite que los estudiantes identifiquen que pueden tener éxito en el aprendizaje de la teoría de gravitación universal. Esto promueve su motivación para aprender este tema.
- El diseño, aplicación y evaluación de propuestas de este tipo requiere de mucho más tiempo y esfuerzo que las propuestas tradicionales.
- El tiempo y esfuerzo dedicado al diseño de esta propuesta conduce a revalorar el trabajo en equipo. Si inicialmente en un grupo de trabajo se comparten ideas y procedimientos básicos, la tarea de diseño de propuestas didácticas para temas específicos de un programa de estudios puede ser un trabajo individual. Así, al reunir a los trabajos de cada integrante del grupo es posible conformar una serie de propuestas que abarquen a todo un curso.
- La propuesta que se presenta en este trabajo de ninguna manera corresponde a una respuesta acabada para la enseñanza de la teoría de gravitación universal, aunque sí es un ejemplo que puede orientar la generación de alternativas didácticas en las que se pretendan cambios en los contenidos, métodos y metas sobre la enseñanza de otros temas.

b. Aportaciones. Éstas se refieren a productos originales elaborados durante el diseño de esta propuesta y ajustados con su aplicación, que proporcionan apoyo para poner en juego las ideas de los estudiantes cuando se trata de que aprendan la teoría de gravitación universal. Dentro de éstas se encuentran:

- Pretest – postest sobre ideas de gravitación universal
- Cuadernillo para abordar la noción de fuerza centrípeta
- Actividad para relacionar a la fuerza con el cuadrado de la distancia
- Lectura de la acción a distancia de la fuerza de gravedad
- Problemario
- Cuadernillo para estimar la masa de la Tierra
- Simulador escrito

c. Recomendaciones. Estas se refieren a consideraciones relevantes para replicar la operación en el aula de esta propuesta didáctica. Dentro de éstas se encuentran:

- Hacer una revisión integral de la propuesta antes de llevarla al aula.
- Conseguir con antelación los materiales y equipos necesarios.
- Asegurarse de la disponibilidad de instalaciones (aulas y laboratorios) y de personal de apoyo (laboratoristas).
- Considerar las conclusiones y ponerlas en juego durante la réplica.
- De ser posible, comparar los resultados con un grupo testigo en donde se trabaje a la gravitación universal de manera tradicional.

BIBLIOGRAFÍA

- **Arons, A. (1990).** *A guide to introductory physics teaching*. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- **Ausubel D., Novak D. y Hanesian H. (1983).** *Psicología educativa*. México: Trillas.
- **Bachelard, G. (1985).** *La formación del espíritu científico*. México: Ed. Siglo XXI.
- **Barojas, J. (1998).** *Solución de problemas y metacognición*. En proceso de publicación.
- **Benson, H. (1995).** *Física universitaria. Volumen I*. México: CECSA.
- **Black, P.J. (1997).** *Evaluación y medición*. Tr. Angel López Mota. En proceso de publicación.
- **Bueche F. (1979).** *Fundamentos de física*. México: Mc. Graw Hill.
- **Catañeda S., López M., Orduña L. y Pineda L. (1992)** – *Diagnóstico de habilidades cognitivas de estudio en alumnos del primer ingreso (1992 B) del Colegio de Bachilleres*. Documento interno. México: Colegio de Bachilleres.
- **Cohen, B – (1996).** *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. España: Alianza Editorial.
- **De Swaan, B. (1990)** – *El inglés de la manzana*. México: Pangea – Conacyt.
- **Driver R., Guesne E. y Tiberghien A. (1990).** *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Morata.
- **Dykstra, D.I. (1995).** *Construcción de nuevas ideas acerca de la luz y formación de imágenes*. Notas de curso. Tr. María del Rocío Nava Álvarez y Miguel Díaz Chávez.
- **Flores, F. (1994).** *Epistemología y ensayos de la ciencia*. Serie Seminarios Instruccionales. México: UNAM, Facultad de Medicina.
- **French, A. (1990)** – *Newtonian Mechanics. The M.I.T. Introductory Physics Series*. New York: W.W. Norton & Company Inc.
- **Gil D., Carrascosa J., Furió C. y Martínez – Torregrosa J. (1991).** *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- **Gutiérrez, G. (1984).** *Metodología de las Ciencias Sociales – i*. Colección Textos Universitarios en Ciencias Sociales. México: Harla S.A. de C.V.
- **Harlen, W. (1989)** – *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia y Ed. Morata.
- **Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (1999).** *Metodología de la investigación*. México: Mc. Graw Hill.
- **Hewitt, P. (1995).** *Física Conceptual*. Estados Unidos: Addison Wesley Iberoamericana.
- **Hierrezuelo M. y Montero M.(1988).** *La ciencia de los alumnos*. Cuadernos de Pedagogía. Barcelona: Ed. Laia.
- **Hodson, D. (1994).** *Hacia un enfoque más crítico del trabajo en laboratorio*. *Enseñanza de las ciencias*. V. 12, No. 3, pp. 299 – 313.
- **Koballa, T. (1995).** *Childrens attitudes toward learning science*. En S.M. Glynn y R. Duit (Eds.), *Learning Science in school*. Hillsdale: New Jersey.
- **Kuhn, T. (1986).** *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- **Léon, J. (1998).** *Gravitation*.
http://perso.club-internet.fr/jac_leon/gravitation/article-english/e-intro.html
 Fecha de consulta: 29 de julio de 2001
- **López, A. (1991).** *Los procesos científicos en los niños: una perspectiva pedagógica*. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. V. 3, pp. 85 – 99.
- **Lourida J. y Nuñez J. (1988)** – *Física 10º Grado. Orientaciones metodológicas para las demostraciones y prácticas de laboratorio*. Cuba: Editorial Pueblo y educación.
- **Mathews M.R. (1994).** *Historia, Filosofía y Enseñanza de las ciencias: una aproximación actual*. *Enseñanza de las Ciencias*. V. 12, No. 2, pp. 255 – 277.

- **Moreira, M. (1993)** – La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel. Adaptado del Capítulo 2 del libro *Uma abordagem cognitivista a ensino de Física*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- **Moulines, U. (1988)**. Un programa de reconstrucción estructural de las ciencias físicas. En *Exploraciones Metacientíficas*. México: Alianza Editorial.
- **Novak D. y Gowin B. (1988)**. Aprendiendo a aprender. Barcelona: Martínez Roca.
- **Osborne R. y Freyberg, P. (1991)**. *El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid: Narcea.
- **Posner F., Strike K., Hewson P. y Gertzog W. (1982)**. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66 (2), 211 – 227.
- **Pozo J. y Gómez M. (1997)**. ¿Qué es lo que hace difícil al comprensión de la ciencia?, Algunas explicaciones propuestas para la enseñanza. En L. Del Carmen (Ed.), *Cuadernos de Formación del Profesorado de Educación Secundaria: Ciencias de la Naturaleza*. Barcelona: Horsori.
- **Pozo J. (1989)**. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- **Pozo J. y Gómez M. (2000)**. *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- **Pozo J., Gómez M., Limón M. y Sanz A. (1991)**. *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: ideas de los alumno sobre la química*. Madrid: MEC.
- **Rutherford J., Holton G. y Watson G. (1975)** – *Project Physics*. New York: Holt, Rinehart y Watson.
- **Simpson R., Koballa T., Oliver J. y Crawley J. (1994)**. Research on the effective dimension of science learning. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan.
- **Solves J. y Traver M.J. (1996)**. La utilización de la historia de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 14 (1)
- **Tipler, P. (1991)** – *Physics. For scientists and engineers. Extended Version*. Estados Unidos: Worth Publishers.
- **Vygotskii, L. (1979)**. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.
- **Wartofsky, M. (1983)**. *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Textos Alianza Universidad.
- **Young, H. (1992)**. *University Physics. Extended version and Modern Physics*. Estados Unidos: Addison Wesley Publishing Company Inc.

ANEXO 1

PROPUESTA DIDÁCTICA Y MATERIALES DE APOYO

DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

SESIÓN 1. CONTEXTO. FUERZA CENTRÍPETA.

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Indagar ideas previas						APERTURA: <u>Alumno:</u> resolver evaluación diagnóstica. <u>Profesor:</u> exponer contenidos. Construir durante la exposición un diagrama de ideas. <u>Profesor:</u> revisar contenidos de Primera y Segunda Ley con apoyo de una lámina. Ésta quedarán fija durante toda la sesión. Servirá de consulta.	Evaluación diagnóstica acerca de ideas previas.	R-1: Instrumento de evaluación diagnóstica.			Hacer explícitas a los alumnos sus ideas previas.
Identificar el contexto en que se ubica la gravitación universal	Contexto en que nace la gravitación: <ul style="list-style-type: none"> • Auge de sociedades científicas • Rápido crecimiento científico • Principia (logros generales) • Idea central de la gravitación 	Iniciar el desarrollo del concepto de fuerza de gravedad al proporcionar un contexto en donde ubicarlo. Presentar la idea central: cada objeto en el universo atrae a todos los demás objetos. La cantidad de atracción depende de manera sencilla de las masas de los objetos y de las distancias entre ellos.						Identificar el significado de unificar explicaciones de lo celeste y lo terreno. Importancia de poder explicar el comportamiento del sistema solar con base en una sola causa.	Importancia del auge de las sociedades científicas en el momento en que nace la gravitación universal.	Proponer la idea central es introducir un subsumidor débil, que se irá modificando paulatinamente mediante el aprendizaje significativo.	
Actualizar conocimientos previos	<ul style="list-style-type: none"> • 1ª y 2ª leyes de Newton • Diferencias entre movimiento libre (MRU) y movimiento forzado • Método del paralelogramo • Áreas de triángulos • Marcos de referencia 						Evaluación diagnóstica. Solicitar verbalmente ejemplos o ideas a los alumnos conforme se van revisado los contenidos de la lámina de apoyo.			Activar subsumidores necesarios para anclar al nuevo conocimiento. Organizar los conceptos de apoyo (al ver en la lámina) a los conocimientos previos.	

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Desarrollar un razonamiento similar al seguido por Newton para identificar la naturaleza centrípeta de la fuerza gravitacional	<ul style="list-style-type: none"> Leyes de Kepler (1ª y 2.ª) Leyes de Newton (1ª y 2ª) Fuerza centrípeta (contra fuerza centrífuga con base en marcos de referencia) Articulación cualitativa de leyes de Newton y leyes de Kepler Describir el movimiento de la Luna con base en F_g Derivar consecuencias de la ausencia de F_g sobre la Luna 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar la descripción del movimiento de Sol-planetas y -Tierra Cambiar el concepto de fuerza centrífuga por el de fuerza centrípeta en el movimiento circular Desarrollar articulación cualitativa entre leyes de Kepler y de Newton Desarrollar el concepto de F_g centrípeta como la causa del movimiento planetario 	<p>Apoyo para el desarrollo de habilidades científicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Manejo del lenguaje y de la sintaxis de la Física Interpretación de esquemas y diagramas Seguir instrucciones Exponer ideas de manera clara y concisa Realizar trazos y mediciones Interpretar geoméricamente fuerzas y desplazamientos 		<ul style="list-style-type: none"> Comprender enunciados que planteen situaciones problemáticas Interpretar resultados numéricos 	<p>DESARROLLO: <u>Alumno:</u> Dar solución al cuadernillo 'Isaac en el C.B.' <u>Profesor:</u> supervisar el trabajo del grupo. <u>Forma de trabajo:</u> Intercambiar opiniones y comentarios en equipos de 4. Registro individual de respuesta en el cuadernillo.</p>	<p>Evaluación formativa: Al supervisar al grupo indagar si los conceptos y habilidades se van desarrollando. Preguntar al alumno el por qué de sus respuestas.</p>	R-2: Cuadernillo 'Isaac en el C.B'	Reconstruir para sí la forma de pensar de Newton al pasar de una descripción de áreas iguales en tiempos iguales en un movimiento libre, a otra de áreas iguales en tiempos iguales para un movimiento circular. Redescubrir a la fuerza centrípeta como originaria de un movimiento circular.	Considerar a las leyes de Kepler como un punto de partida para la desarrollo de las ideas de gravitación universal. Valorar la propuesta de Hooke.	Solicitar actividades al alumno, favorece al aprendizaje significativo. La actividad propuesta es de un grado de dificultad medio. Permite tener pequeños 'éxitos'. Se promueve el cambio de fuerza centrífuga por fuerza centrípeta. Se consideran ideas previas.
Consolidar los conocimientos adquiridos			Analizar y valorar las ideas de otras personas			<p>CIERRE. <u>Profesor:</u> intercambiar cuadernillos de los alumnos. comentar sus respuestas. <u>Alumno:</u> comentar ideas, al revisar el cuadernillo de alguno de sus compañeros.</p> <p>Tareas: 1. Construir un diagrama de las</p>	<p>Evaluación formativa: Cada alumno señalará los aciertos y errores de su compañeros y valorará sus ideas.</p> <p>Evaluación sumativa: La solución del cuadernillo y entrega de tareas forman parte de esta evaluación.</p>			Reconocer aciertos aumenta la confianza en sí mismos y origina cambios en las expectativas de éxito para esta asignatura. Identificar errores sin castigo para la calificación favorece su corrección.	

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
						ideas más importantes del cuadernillo (esto será el Registro 3) Estudiar relaciones. Dar solución al cuestionario del Registro 4.					

SESIÓN 2. $F \propto 1 / r^2$

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Actualizar conocimientos previos	Conceptos de la sesión precedente. Relaciones entre variables	Repaso y consolidación de los conceptos de la sesión precedente.	Recuperar consideraciones para establecer relaciones entre variables			APERTURA: <u>Profesor:</u> Recoger tareas. Construir con la participación de los alumnos un diagrama de ideas de los conceptos de la sesión anterior. Comentar las respuestas al cuestionario de relaciones.	Evaluación diagnóstica: solicitar la participación de los alumnos con base en las tareas que entregaron. Aclarar dudas o corregir errores.	R-3: Tarea Diagrama de ideas de los conceptos de la sesión 1. R-4: Respuestas del cuestionario de relaciones.			Actualizar a los subsumidores que se pondrán en juego al tratar a los conceptos de esta sesión.
Encontrar la relación entre F_g y r^2	Fuerza gravitacional Distancia entre masas (puntuales) $F_g \propto 1/r^2$	Desarrollar la relación entre F_g y r hasta llegar a $F_g \propto 1/r^2$	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar registros Medir longitudes Estimar distancias y fuerzas con base en el uso de escalas Construir tablas de registros Construir gráficas Interpretar gráficas Identificar relaciones entre variables (proporcionalidad inversa) 	Los alumnos no tienen acceso a la observación de planetas con un telescopio. Se emplea como recurso el uso de registros ya hechos. Ellos los interpretan como las distancias entre astros y como las fuerzas con que se atraen. Con base en esto relacionan a F_g con r .	<ul style="list-style-type: none"> Análisis: considerar que en todos los casos las masas de los cuerpos propuestos en el ejercicio son iguales Diseño: comentar un plan de solución Algoritmo: aplicar el procedimiento para establecer proporciones. Revisión: en un primer intento se obtiene una relación inversa entre F y r. Revisar y obtener una relación entre F y r^2. 	DESARROLLO: <u>Alumno:</u> dar solución al ejercicio 'Fuerza y distancia'. Medir distancias y fuerzas en registros ya hechos. Construir tablas y gráficas. Encontrar el tipo de relación. <u>Profesor:</u> Orientar al alumno en el proceso. Permitir que trate de relacionar F con r , analizar si es una proporción inversa (además de la gráfica,	Evaluación formativa: al supervisar e indagar mediante preguntas sencillas si los alumnos van desarrollando conceptos y habilidades. Constantemente preguntar el por qué de sus respuestas. Conducir para que todo el grupo obtenga la relación correcta entre F y r^2 .	R-5: Solución al ejercicio 'Fuerza y distancia'. Tablas y gráficas.	Promover la reflexión del razonamiento inductivo seguido para obtener la generalización de la relación entre F y $1/r^2$. Se interpretan registros ya hechos como distancias entre astros y fuerzas gravitacionales entre ellos.	Al igual que en la sesión anterior se promueve la realización de actividades por parte de los alumnos. El intercambio de opiniones favorece la ayuda entre iguales. La supervisión continua contribuye a que todos accedan a la relación correcta. Esto motiva al alumno y ayuda a la modificación de las expectativas de éxito.	

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
						considerar el producto F_r y constatar que no es constante). Proponer que se indague por el tipo de relación que existe entre F y r^2 . <u>Forma de trabajo:</u> no se integran equipos de manera formal, pero se permite y alienta el intercambio de opiniones. La entrega de trabajo es individual.					
Consolidar la relación entre F_g y r^2 Reflexionar acerca de que los objetos celestes (Luna) y los terrestres (manzana) se comportan de acuerdo a las mismas leyes.	Caída de objetos terrestres (manzana) = caída de objetos celestes (Luna). Prueba de Newton: F_g sobre la Tierra es 3600 veces más pequeña que F_g sobre una manzana.	La ley de gravitación universal se aplica tanto a objetos del cielo como de la Tierra. La F_g de la Tierra sobre la Luna se comporta de acuerdo a $F_g \propto 1/r^2$.	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar dibujos y esquemas • Interpretar cálculos de un fenómeno • Extrapolar consecuencias • Usar la imaginación para tratar situaciones límite • Valorar ideas de otras personas 			CIERRE: Alumno: presentar de manera personal sus trabajos. Tarea: Lectura 'La Luna y la manzana caen'. Solución de una guía de lectura. Éste es el Registro 6.	Evaluación sumativa: La realización del trabajo se considera para esta evaluación.		Trascender lo evidente y abstraer. Considerar casos límite, permite acceder a nuevas ideas. Éstas pueden conformar hipótesis que requieren pruebas, evidencias. Poner a prueba hipótesis requiere, además de ingenio, un sustento teórico que oriente.	Esta 'prueba' de Newton apoyó su idea de que F_g 'se diluía' con la distancia.	Esta lectura consolida la idea de la relación entre la fuerza y distancia.

SESIÓN 3. $F \propto m_1 m_2$; $F \propto m_1 m_2 / r^2$; $F = G m_1 m_2 / r^2$

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Actualizar conocimientos previos	Contenidos de la sesión anterior. 3ª Ley de Newton	Repaso y consolidación de los conceptos de la sesión anterior.				APERTURA: <u>Profesor:</u> recoger guías de lectura. Intercambiar respuestas. Con la participación de los alumnos comentar las respuestas. Recordar 3ª Ley de Newton.	Evaluación diagnóstica: indagar ideas de los alumnos conforme se vaya analizando las respuestas de la guía de lectura.	R – 6: Guía de lectura resuelta.			Actualizar subsumidores que serán necesarios para el tratamiento de los conceptos de esta sesión.
Reconocer que F_g es una interacción	3ª Ley de Newton $F \propto m_1 m_2$ Noción de centro de masa	Pasar de concebir a una sola fuerza originada por el Sol a una interacción entre dos cuerpos (3ª Ley de Newton). Cambio de situación en donde $F_{Tierra/Luna}$ es más grande que $F_{Luna/Tierra}$ a fuerzas gravitacionales iguales. Reconocer que F_g involucra a las masas y que entre F_g y las masas existe una proporción directa. Diferenciar entre F_g y a_g . (retomar 2ª Ley de Newton)				DESARROLLO: <u>Profesor:</u> exponer conceptos. Desarrollar secuencia de ideas. Emplear esquemas.	Evaluación formativa: Intercalar preguntas durante la exposición. Por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Si F_g es una fuerza, de acuerdo a la 3ª Ley ¿se presentará aislada, sola? • Si F_g es una interacción ¿cómo serán las magnitudes de la pareja de fuerzas? 		Encontrar que F_g depende de las masas con base en la tercera ley de Newton.	Se considera esta secuencia de contenidos con significado ‘lógico’ para el alumno. El significado psicológico proviene de lo significativo que puede ser para el alumno la forma en que se presentan los contenidos.	

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Conformar a la ley de gravitación en la forma $F \propto m_1 m_2 / r^2$	Combinar $F \propto 1/r^2$ con $F \propto m_1 m_2$	Pasar de dos entidades separadas a $F \propto m_1 m_2 / r^2$	<ul style="list-style-type: none"> Articular expresiones matemáticas 			Profesor: articular ideas y secuenciarlas durante su presentación.					
Reconocer a $F \propto m_1 m_2 / r^2$ como una aproximación que permite obtener valores relativos.	Ley de gravitación universal en los términos propuestos por Newton: $F \propto m_1 m_2 / r^2$	$F \propto m_1 m_2 / r^2$ permite la obtención de valores relativos como las masas de los planetas y del Sol con respecto a la masa de la Tierra	<ul style="list-style-type: none"> Reconocer los alcances de una propuesta científica 				Evaluación formativa: Intercalar preguntas como: <ul style="list-style-type: none"> Si se duplica (triplica, etc.) alguna masa ¿qué sucederá con F_g? Si se duplica (triplica, etc.) r ¿qué sucederá a F_g? 	Analizar cómo se pasa de una proporción a una igualdad. Identificar los alcances predictivos de: $F_g \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$	Newton sólo arriba a una relación de proporcionalidad. El modelo que nosotros conocemos es una versión posterior a los estudios de Newton.	Se procura el cambio gradual del subsumidor presentado al alumno en la primera sesión, por uno más rico en el que ya se hayan ‘fundido’ las nuevas informaciones.	
Identificar a G como la constante de proporcionalidad para establecer a $F = G m_1 m_2 / r^2$	Modelo matemático de la gravitación: $F = G m_1 m_2 / r^2$. F es pequeña, adquiere importancia cuando al menos una de las masas es muy grande. El efecto más sensible a nosotros de la fuerza de gravedad es el peso. F_g origina el Δv de los objetos que caen a la Tierra. Nuevamente diferenciar entre F_g y a_g	Cómo estimar G. La experimentación está asociada a la solución de problemas técnicos. El valor de G permite apreciar que F_g es pequeña a menos que las masas involucradas sean muy grandes.	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar fenómenos del entorno con base en una teoría 	Interpretar al peso como un efecto de F_g . Interpretar que Δv de los objetos que caen se debe a F_g (movimiento forzado, fuerza neta $\neq 0$)			Evaluación formativa: Intercalar preguntas como: ¿Qué implicaciones tiene para la magnitud de la fuerza que la constante ‘G’ sea del orden de 10^{-11} ?	Reconocer el valor de obtener la constante de proporcionalidad para conformar al modelo: $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	Reconocer la aportación de Cavendish. Ubicar a qué se le llama ‘la pesada de la Tierra’.	El tiempo disponible y la cantidad de contenidos a tratar no permiten la realización de más actividades por parte del alumno.	

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Dar solución a ejercicios y problemas cualitativos y cuantitativos.	Ley de gravitación universal.		<ul style="list-style-type: none"> Identificar información relevante Interpretar información escrita y gráfica 	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar a F_g como una fuerza débil al calcular la fuerza de atracción gravitacional entre dos objetos comunes. Apreciar a la magnitud de la F_g debida a la Tierra, con respecto a objetos comunes Apreciar la magnitud de F_g entre planetas. Considerarla como la responsable de la 'forma' del sistema solar (los planetas giran en órbitas cerradas alrededor del Sol). 	<ul style="list-style-type: none"> Analizar: hacer suposiciones. Diseñar: proponer planes de acción (de manera general) para encontrar la solución Algoritmo: emplear el modelo $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ <ul style="list-style-type: none"> Revisar: resultados y procedimiento 	<p><u>Alumno:</u> dar solución a problemas planteados por el profesor.</p> <p><u>Profesor:</u> proponer ejercicios y problemas graduados. De tipo cualitativo y cuantitativo (Ejercicios y problemas, R - 7).</p> <p>Dar solución a algunos ejercicios con ayuda de los alumnos. Hacer en todo momento explícito el razonamiento seguido para obtener la solución.</p>	<p>Evaluación formativa: Intercalar preguntas acerca de los procedimientos y conceptos necesarios para dar respuesta a ejercicios y problemas.</p>	R – 7: Ejercicios y problemas.	El ejercicio del poder explicativo (y predictivo) de las teorías se lleva a cabo en la solución de problemas.		La solución de problemas promueve el aprendizaje significativo de los conceptos inculcados.
						<p>CIERRE:</p> <p>Tarea: Solución en casa del los problemas que hayan quedado pendientes en el Registro 7.</p>	<p>Evaluación sumativa: La entrega de tareas se considera para esta evaluación.</p>				

SESIÓN 4. PROBLEMAS / ACTIVIDAD EXPERIMENTAL. LOGROS

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Actualizar conocimiento previo	Ley de gravitación universal	Repasar y consolidar los contenidos de la sesión anterior.				APERTURA: <u>Profesor:</u> Solicitar tareas (solución de problemas). Aclarar posibles dudas.	Evaluación diagnóstica: Hacer algunas preguntas a los alumnos respecto de los problemas	R-7: Ejercicios y problemas resueltos.			Actualizar subsumidores para el desarrollo de esta sesión.
Aplicar el modelo de la gravitación universal al cálculo de la masa de la Tierra.	Modelo matemático de la ley de gravitación.	Precisar que el dinamómetro permite medir a F_g mediante un análisis con base en la 3ª Ley de Newton. La altura desde la que dejamos caer objetos cercanos a nosotros es muy pequeña en comparación del radio de la Tierra. Se puede considerar concentrada a la masa de un cuerpo en un punto (centro de masa).	<ul style="list-style-type: none"> Identificar magnitudes, unidades y escalas en que miden los dinamómetros y balanzas Medir masas y pesos Manejar algebraicamente modelos matemáticos Realizar operaciones con notación científica Seguir instrucciones Considerar señalamientos que aparecen en libros para decidir si un resultado es correcto o no 	Interpretar al peso como un efecto de la gravedad.	Algoritmo: emplear procedimientos adecuados para despejar, sustituir y hacer cálculos con notación científica.	DESARROLLO: <u>Alumno:</u> realizar la actividad 'La masas de la Tierra': medir masas y pesos diferentes y calcular la masa de la Tierra. <u>Forma de trabajo:</u> cada alumno medirá la masa y peso de un objeto diferente. Éstos deberán registrarse en su cuadernillo. No deberán presentarse cuadernillos con los mismos valores en un equipo, aunque se intercambien opiniones para efectuar el cálculo.	Evaluación formativa: Durante la supervisión se irán haciendo preguntas del por qué de las respuestas indicadas en el cuadernillo. Es recomendable un corte después de resolver el punto 2 del cuadernillo para que los alumnos expresen sus ideas y se aclaren dudas. Evaluación sumativa: La realización de esta actividad es considerada para la evaluación sumativa.	R – 8: Cuadernillo 'La masa de la Tierra' (todos con datos diferentes).	Una vez obtenida G , el cálculo más importante en la historia de la teoría de la gravitación, fue el de la masa de la Tierra. Después fue posible calcular la masa de los demás planetas del sistema solar.	El empleo del modelo de gravitación para el cálculo de la masa de la Tierra consolida su aprendizaje, ya que contribuye a darle significado a los conceptos e ideas involucrados la teoría de gravitación. Nuevamente se considera la importancia de la participación activa de los alumnos.	

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Identificar algunos logros obtenidos al aplicar la ley de gravitación universal.	<ul style="list-style-type: none"> Adams y Leverrier descubren Neptuno Explicación de las mareas Los cometas son miembros del sistema solar (orbitan) Satélites artificiales 	Desarrollar la idea de que la ley de gravitación universal permite explicar fenómenos no explicados hasta entonces. Incluso permite predecir fenómenos como la existencia de nuevos planetas.	Explicar fenómenos aparentemente diferentes con base en un mismo principio. Trascender lo evidente.	Interpretar a las mareas como una consecuencia de la F_g de la Luna sobre la Tierra.		<p>CIERRE: Profesor: expone brevemente algunos logros de la gravitación universal. Construir un cuadro sinóptico en el pizarrón.</p> <p>Tarea: Construir un breve escrito (que será el Registro 9) en donde el alumno señale tres situaciones de su vida diaria que serían diferentes si no existiese F_g. Solicitar que señale: a) qué sería diferente b) explicar en qué sería diferente (cómo sería) c) explicar por qué piensa que sería diferente.</p>	Evaluación sumativa: la entrega de la tarea tiene peso en esta evaluación.		Identificar el poder explicativo y predictivo de la ley de gravitación universal.	Descubrimiento de Neptuno con base en la gravitación. Explicación de las mareas, problema que Galileo no había resuelto. Criticar la concepción de que los cometas son presagios de buenos (o malos) sucesos.	La construcción de cuadros sinópticos facilita la organización, memorización y recuperación de la información. Solicitar al alumno la explicación de fenómenos de su entorno con base en principios físicos, sirve para darle significado a los aprendizajes.

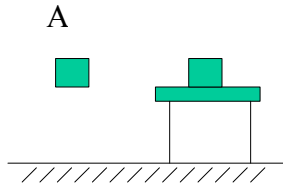
SESIÓN 5. CONSOLIDACIÓN. EVALUACIÓN SUMATIVA.

OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
Valorar las consecuencias de la existencia de la fuerza de gravedad.	Ley de gravitación universal		<ul style="list-style-type: none"> Explicarse fenómenos del entorno cotidiano con base en una teoría. Abstraer. Imaginar qué sucedería en casos límite (por ejemplo en ausencia de fuerza de gravedad) 	Depende de los casos que los alumnos presenten.		APERTURA: <u>Profesor:</u> recoger tareas. Elegir algunas al azar y comentar los casos propuestos. Es posible hacer una revisión rápida al momento de ir recogiendo las tareas y escoger algunas particularmente interesantes.	Evaluación diagnóstica: Aclarar dudas de interpretación acerca de la acción de la gravitación en los casos presentados por los alumnos.	R – 9: Tareas de los alumnos.	Emplear una teoría para explicar fenómenos o situaciones del entorno.		Revisar, repasar contenidos vistos anteriormente y solicitar su aplicación para explicar situaciones del entorno.
Evaluar el aprendizaje logrado por los alumnos						DESARROLLO. <u>Alumno:</u> realización de la actividad ‘Un alumno que juega en clase’ <u>Profesor:</u> llenado de listas de verificación (al menos 2, una para cada ruta)	Evaluación sumativa: La realización de la actividad será considerada para la calificación, sin importar la ruta elegida por el alumno. El análisis de las rutas seguidas y de las listas de verificación, servirán de base para valorar a la estrategia.	R – 10: Hoja de registro de ruta R – 11: Lista de verificación.	Identificar la forma en que el alumno concibe a la solución de un problema de Física (de manera deductiva o inductiva), dará algunas ideas de cómo concibe al trabajo científico.		

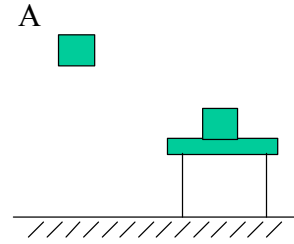
OBJETIVOS	CONCEPTOS, LEYES Y PRINCIPIOS	PERSPECTIVA EDUCATIVA				DISEÑO DE ACTIVIDADES		REGISTROS	JUSTIFICACIÓN		
	Contenidos	Desarrollo de Conceptos	Habilidades científicas	Interpretación fenomenológica	Habilidades de solución de problemas	Fase de la sesión	Evaluación		Aspectos epistemológicos	Aspectos históricos	Aspectos psicológicos
						CIERRE: <u>Alumno:</u> Registrar la ruta que sigue y llevar a cabo las acciones solicitadas en la actividad. Solución de la evaluación sumativa. Evaluación de la estrategia.	Evaluación sumativa: Aplicar instrumento equivalentes al de la evaluación diagnóstica para ubicar cambios o desarrollo en conceptos. Evaluación de la estrategia.	R – 12: Evaluación sumativa. R – 13: Evaluación de la estrategia.			Se esperan cambios en el manejo conceptual que hace el alumno acerca de la explicación de algunos fenómenos de gravitación universal.

MATERIALES DE APOYO

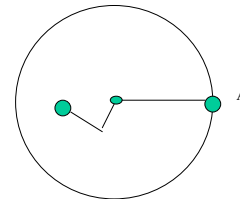
5. La figura muestra al mismo objeto A en dos situaciones: cuando está sobre una mesa y cuando se deja caer desde una altura igual a la que tiene cuando está sobre la mesa. Dibuja la fuerza gravitacional que actúa sobre el objeto en cada caso.



6. Si ahora el objeto se deja caer desde una altura mayor a la que tenía en la mesa, dibuja cómo sería la fuerza de atracción gravitacional:



7. Un niño juega a hacer girar sobre su cabeza una piedra atada a un hilo. A continuación se presenta una vista superior de esta situación. Si se rompe el hilo en el punto A, dibuja cuál piensas que sería la trayectoria de la piedra.



8. Elabora un dibujo en que muestres al Sol y a los tres primeros planetas (Mercurio, Venus y Tierra). Incluye en tu dibujo cómo es la trayectoria de los planetas. ¿Por qué piensas que los planetas tienen la trayectoria que dibujaste?

En esta tarea el alumno debe presentar un diagrama en el que se incluyan cómo mínimo:

- Leyes de Kepler (1^a. y 2^a.)
- Fuerza dirigida hacia el centro de la trayectoria circular (fuerza centrípeta)
- Marco de referencia para el estudio de la fuerza de gravitación
- Leyes de Newton (1^a. y 2^a.) y su relación con las Leyes de Kepler
- Movimiento de la Luna en torno a la Tierra con base en la fuerza de gravedad
- Consecuencias en la trayectoria de la Luna si no existiese la fuerza de gravedad

CUESTIONARIO

1. Señala dos aspectos que te permitan reconocer:
 - a) a una proporción directa entre dos variables
 - b) a una proporción inversa entre dos variables

2. Cuál es el modelo matemático general que describe:
 - a) a una proporción directa
 - b) a una proporción inversa

Nombre: _____ Grupo: _____

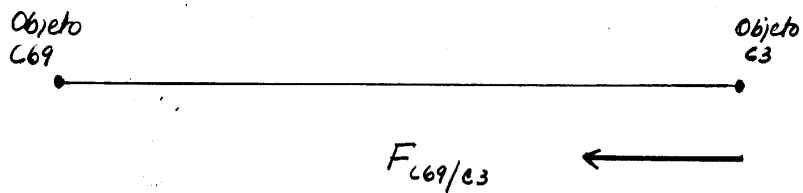
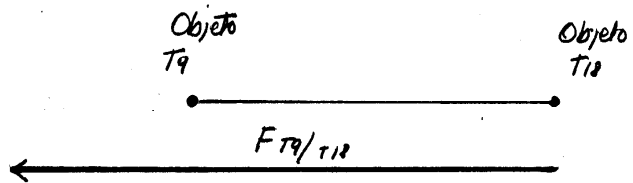
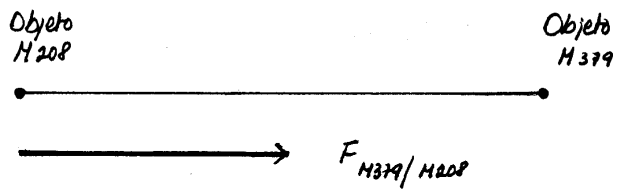
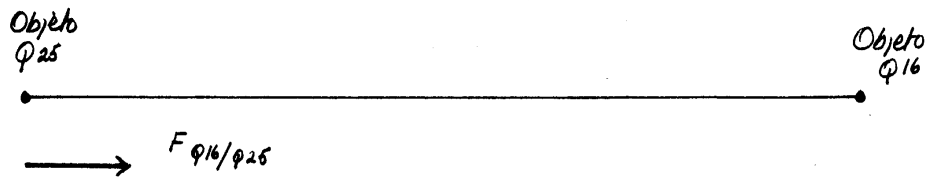
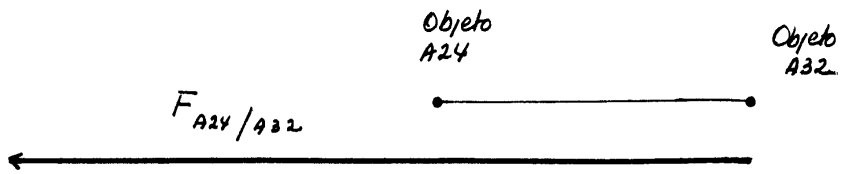
FUERZA Y DISTANCIA

El sábado pasada Sandra (alumna del C.B.) tuvo que ordenar el cuarto donde se encontraban las cosas de su hermano Roberto. Él estudió la carrera de Físico y en este momento se encuentra en Estados Unidos haciendo estudios en Astrofísica.

Dentro de las muchas cosas que encontró Sandra, llamó su atención una serie de tiras de acetato que se encontraban en un sobre. El sobre tenía el siguiente letrero: **Fuerzas de atracción gravitacional y distancias entre diferentes objetos con masas casi idénticas (con estos datos es posible encontrar la relación entre F_g y r que apoya la construcción del modelo matemático de la Ley de Gravitación Universal).**

Sandra, que es muy curiosa, se preguntó ¿cuál será esa relación?. Recordó entonces que en clase de Física habían visto cómo encontrar relaciones entre variables. Revisó sus apuntes y llevó a cabo varias acciones que le permitieron encontrar esta relación. ¿Qué piensas que hizo Sandra?, ¿podrías tú encontrar también esta relación?

Nota: a los estudiantes se les proporcionó un sobre con tiras de acetato que contenían los trazos que se presentan en la hoja anexa.

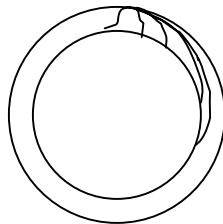


RELACIÓN DE F_g CON R

En muchos textos se dice que Newton ‘descubre’ la ley de gravitación universal. Él no descubre a esta ley, lo que sí descubre es que ésta es universal. Algunas décadas antes, Galileo ya había estudiado la caída de los cuerpos. Sus estudios se habían concentrado en objetos cercanos a la superficie terrestre, había descrito su movimiento empleando leyes ‘terrenales’. Así, de acuerdo con una anécdota muy conocida, al ver caer una manzana Newton tuvo la perspicacia de comprender que la fuerza que actúa entre la Tierra y la Luna es la misma fuerza que tira de las manzanas hacia la Tierra. Newton une al cielo con la Tierra al proponer explicaciones acerca del movimiento en estos dos ámbitos con base en una misma ley.

Ésta idea, tan sencillamente planteada en el párrafo precedente, con seguridad tenía una forma más complicada en la mente de Newton con consideraciones como la ley de áreas de Kepler o las ideas de Hooke acerca de la fuerza centrípeta.

Lo cierto es que Newton compara la caída de un objeto cualquiera (que bien podía ser una manzana) con el movimiento o caída de la Luna. En su obra Principia aparece un dibujo en el cual muestra como un objeto, lanzado con rapidez suficiente, caería alrededor de la Tierra convirtiéndose en un satélite. Análogamente la Luna cae alrededor de la Tierra y es un satélite de ella.



En su dibujo Newton imaginó que la cima desde la que se lanzaba el objeto, estaba por encima de la atmósfera terrestre para que la resistencia del aire no frenase su movimiento. Si el objeto era lanzado con una rapidez horizontal pequeña describiría una trayectoria parabólica y pronto caería a la Tierra. Si su rapidez inicial fuese mayor, la curvatura de la trayectoria sería menor y caería más lejos. Si el objeto se disparase con la

rapidez suficiente, concluyó Newton, la trayectoria parabólica se convertiría en una curva cerrada sobre la que el objeto se movería por tiempo indefinido. Es decir, se pondría en órbita.

Tanto el objeto como la Luna tienen una componente de velocidad paralela a la superficie de la Tierra (un movimiento tangente como propuso Hooke). Esta es llamada velocidad tangencial. En el caso de la Luna su magnitud es suficiente para garantizar que el movimiento se efectuará alrededor de la Tierra y no hacia la Tierra. Así, no hay resistencia que reduzca su rapidez, la Luna 'cae' alrededor continuamente.

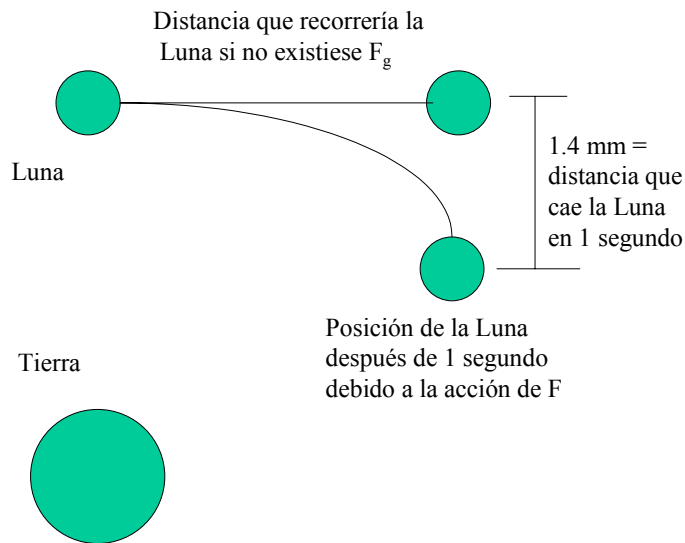
La idea de Newton parecía correcta. Pero debía ser probada. La prueba de Newton consistió en comprobar que la 'caída' de la luna por debajo de su trayectoria recta, estaba en proporción correcta respecto de la caída de una manzana o de cualquier objeto respecto de la superficie de la Tierra.

Newton no parte de 'cero' para descubrir que la fuerza que atrae a la manzana y a la luna son de la misma naturaleza. Él ya posee una serie de ideas que guían sus observaciones. Piensa que la fuerza se 'diluye' o disminuye conforme aumenta la distancia entre un objeto y la Tierra. Incluso él ya sospecha (muy probablemente con base en las ideas de Hooke y en sus análisis de la 3ª Ley de Kepler para órbitas circulares) que entre la fuerza de atracción gravitacional y la distancia al cuadrado existe una proporción inversa.

Para comprobar su idea Newton propuso un razonamiento de este tipo:

- a. la distancia recorrida por la Luna y un objeto (manzana) al caer, dependerá de sus respectivas distancias al centro de la Tierra.
- b. una manzana recorre aproximadamente 5 metros durante el primer segundo de su caída hacia la Tierra.
- c. La Luna que se encuentra 60 veces más lejos del centro de la Tierra que una manzana en su superficie, ¿cuánto cae en un segundo?

Para responder a esta cuestión Newton, con base en la velocidad tangencial de la Luna, estimó cuánto se aleja el círculo de la órbita de la Luna de la distancia de la línea recta que ésta recorrería en un segundo, de no haber gravedad. El resultado que obtuvo fue de 1.4 mm.



- d. Al comparar las distancias de caída Newton encontró que estaban en una relación de 60 x 60:

$$\frac{5m}{.0014m} = 3571.42 \approx 3600 \rightarrow 60 \times 60$$

- e. La fuerza que atrae a un objeto (manzana), produce un efecto 60^2 veces menor cuando actúa sobre un objeto (Luna) 60 veces más lejano. Es decir, la fuerza de atracción gravitacional sobre la luna debe ser 3600 veces más pequeña que sobre la manzana. Matemáticamente:

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

$$\text{cuando } r \rightarrow 60r ; F \propto \frac{1}{60^2} ; F \propto \frac{1}{3600^2}$$

Cuando Newton comprueba que $F \propto \frac{1}{r^2}$ ha transformado la regla cinemática de la 2ª y 3ª Leyes de Kepler en un principio causal sobre las fuerzas en el movimiento planetario.

NOMBRE:

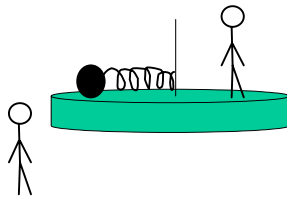
GRUPO:

GUÍA DE LECTURA

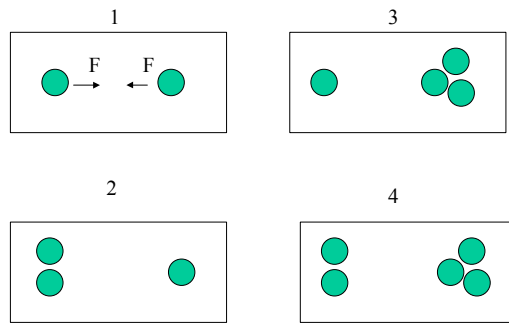
1. Explica por qué se dice que la Luna 'cae' hacia la Tierra.
2. Si se aumentara la distancia entre la Luna y la Tierra qué ocurriría con la fuerza gravitacional entre ellas. Explica.
3. Un objeto es atraído hacia la Tierra con una fuerza de 7200 N. Si ese objeto estuviese a una distancia de la Tierra igual a la distancia a la que se encuentra la Luna ($60r$), ¿qué fuerza ejercería la Tierra sobre el objeto?, ¿por qué?

EJERCICIOS

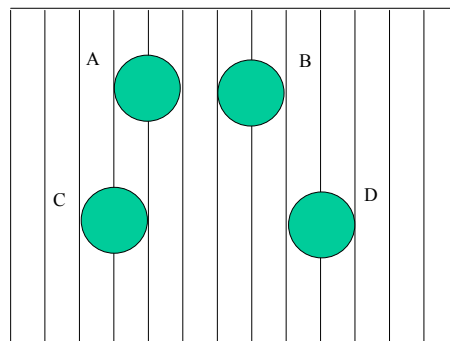
- Una pesada bola de acero está sujeta por medio de un resorte a una plataforma giratoria, como se muestra en la figura. Dos observadores, uno en el marco de referencia giratorio y otro en reposo en la Tierra, estudian su movimiento. ¿Cuál de ellos ve una fuerza que tira de la bola hacia fuera estirando el resorte?, ¿cuál de ellos ve que el resorte tira de la bola, forzándola a moverse en trayectoria circular?



- Con base en la ley de acción – reacción la Tierra experimenta una F_g y una aceleración a la piedra que cae.
 - cómo es la fuerza sobre la Tierra comparada con la fuerza sobre la piedra que cae
 - cómo es la aceleración de la Tierra comparada con la aceleración de la piedra que cae. Por qué.
- Si existe una fuerza de atracción entre todos los objetos ¿por qué no nos vemos atraídos hacia los edificios masivos que nos rodean?
- Si la F_g que el Sol ejerce sobre la Tierra desapareciera repentinamente, ¿qué tipo de trayectoria describiría la Tierra? , ¿por qué?
- En el diagrama 1 se presentan dos cuerpos de masas iguales que ejercen uno sobre otro una fuerza gravitacional de magnitud F . ¿Cuál es la magnitud de las atracciones gravitacionales en los casos 2, 3 y 4?



6. A, B, C y D son cuerpos de masas iguales. Cómo es la fuerza de atracción que se ejercen entre sí A y B comparada con la fuerza de atracción entre C y D, ¿por qué?



7. Construye un diagrama similar al anterior en el que muestres que F_g depende del producto de las masas de los objetos interactuantes.
8. Cuántas veces se reduciría tu peso si estuvieses cinco veces más lejos del centro de la Tierra de lo que estás ahora.
9. Supón que la gravedad terrestre tira de una manzana que está en la copa de un árbol con una fuerza de 1 N. Si el árbol fuese dos veces más alto, ¿se reduciría la F_g que se ejerce sobre la manzana a $\frac{1}{4}$? Explica tu respuesta.
9. La masa del planeta Júpiter es 300 veces mayor que la de la Tierra, por lo que parecería que el peso de un objeto en la superficie de Júpiter sería 300 veces mayor que su peso en la Tierra. Pero resulta que un objeto en la superficie de Júpiter pesaría apenas tres veces más que en la superficie de la tierra. ¿Puedes dar una explicación a este hecho?

10. La masa del Sol es aproximadamente 27 000 000 veces más grande que la masa de la Luna. Sin embargo el sol está aproximadamente 400 veces más lejos de la Tierra que lo lejos que está la Luna de ella. ¿Cómo es la fuerza gravitacional que el Sol ejerce sobre la Tierra comparada con la ejercida por La luna?
11. Calcula la fuerza de atracción gravitacional entre tú y el compañero que se sienta a tu lado.
12. La fuerza calculada en el ejercicio anterior, ¿es pequeña o grande comparada con tu peso?. A qué piensas que se deba esta diferencia.

TAREA

En esta tarea el alumno proporciona ejemplos de situaciones, acciones, cosas que serían diferentes si no existiese la fuerza de gravedad.

Es abierto el tipo de ejemplos que puede considerar el alumno. Sin embargo, debe incluir :

- a) mínimo tres situaciones o casos
- b) explicar en qué consistiría la diferencia (cómo sería)
- c) explicar por qué piensa que sería diferente en términos de los efectos de F_g

SIMULADOR DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

NOMBRE _____ GRUPO _____

Instrucciones:

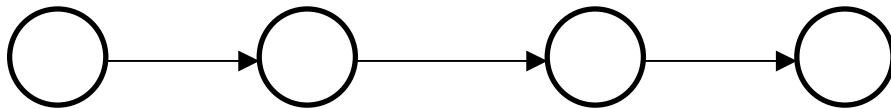
En esta actividad de evaluación encontrarás la solución a un problema que se le presenta a un compañero que fue sorprendido por el profesor cuando jugaba en clase.

Existen varias rutas para llegar a la solución. Por ejemplo, puedes encontrarte con situaciones que te lleven a hacer mediciones o que te lleven a hacer cálculos. Todo depende del camino que tu elijas.

Seguramente llegarás al resultado, por eso no te preocupes. Las respuestas que tú escojas te irán guiando. Lo que interesa es saber qué camino seguiste para llegar a la respuesta.

Elige la ruta de acuerdo a lo que tú harías en cada situación. No hay un camino correcto o un camino incorrecto. Cada uno refleja la forma en que piensa cada persona. Eso es lo importante en esta actividad.

Conforme vayas tomando decisiones registra el número de la cuestión por la que pasas dentro de los círculos de la Hoja de Registro de Ruta como se muestra en el ejemplo:



UN ALUMNO QUE JUEGA EN CLASE

Luis es un alumno del grupo 142 que es muy juguetón y distraído. En cierta ocasión en que el profesor de Física estaba hablando en el laboratorio acerca de Gravitación Universal, sorprendió a Luis cuando estaba jugando con una pequeña máquina electrónica de videojuegos.

El profesor le dijo muy serio a Luis que debía permanecer en el laboratorio para realizar ‘un trabajo extra’ (evidentemente se trataba de un profesor constructivista que no castiga).

El profesor le dijo a Luis: “vas a encontrar la relación que existe entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y la masa de éstos. Puedes disponer de estos libros (varios de Física General) y del material que se encuentra en esta mesa de trabajo (balanza, regla cronómetro y dinamómetro). Cuando tengas una respuesta pasas a mi cubículo. Si es correcta te podrás retirar”.

1. Si tu fueras Luis ¿cómo empezarías a realizar ese ‘trabajo extra’?
- a. haces un plan ir a 61
 - b. consultas en los libros ir a 4
 - c. revisas tus apuntes ir a 39
 - d. te diriges a la mesa y tomas los instrumentos ir a 52

2. Revisar y reflexionar sobre el proceso seguido es muy importante ya que puedes darte cuenta de posibles errores u omisiones en la forma de tu proceder para encontrar la solución. Una vez que estés seguro de que tu procedimiento es un ‘buen procedimiento’ es recomendable que consultes en libros acerca del tema. Recuerda que la comunidad científica presenta en ellos a la información que considera válida.

ir a 75

3. Bien. La masa de la Tierra, en la situación que debe considerar Luis, no cambia. Es decir, es una constante.

La G estaba fácil. Entre paréntesis se decía que ésta es la constante de gravitación universal. Su magnitud para el sistema internacional es de $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$. Este valor es el mismo para cualquier parte del universo.

Compara ahora la altura desde la que Luis puede dejar caer objetos (o sea la distancia del objeto a la Tierra) con el radio terrestre. Calcula la distancia total desde donde se deja caer a los objetos en cada caso, hasta el centro de la Tierra y escribe tu resultado en la última columna.

Altura desde la que Luis puede dejar caer un objeto (por ejemplo un cuaderno)	Radio terrestre	distancia total (r_t) (altura desde la que Luis deja caer un objeto + radio terrestre)
Dentro del laboratorio: Luis de pie: 1 m. Luis sobre un banco: 1.8 m. Desde el techo: 2.4 m.	6 370 000 m 6 370 000 m. 6 370 000 m.	
Desde el 3er. piso: 13 m.	6 370 000 m.	

Para que Luis calcule la fuerza con que la Tierra atrae al cuaderno mediante el modelo $F = G m_1 m_2 / r^2$ ¿qué valor es conveniente que considere para r:

- a. r = altura desde la que se deja caer al objeto ir a 32
- b. r = 6.37×10^6 m. ir a 27

4. Consultar en libros siempre es básico. En ellos se encuentran conocimientos que te serán útiles para que consigas una buena solución.

¿Qué información buscarías en los libros?

- a. la relación que existe entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y su masa ir a 47
- b. información acerca de la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos (fuerza gravitacional) ir a 44
- c. cómo hacer un experimento para encontrar la relación ir a 14

5. En los apuntes encuentras un resumen que dice:

“La fuerza con que la Tierra atrae a los objetos que se encuentran cerca de ella (como nosotros y los objetos que nos rodean) se puede estimar mediante el modelo matemático de la Ley de la Gravitación Universal ($F_g = G m_1 m_2 / r^2$). En éste m_1 y m_2 son las masas de los objetos que se atraen, por ejemplo el cuaderno de apuntes y la Tierra, F_g es la fuerza de atracción gravitacional entre ellos y r es la distancia entre sus centros de masa”.

Después de haber leído esto, ¿qué haces?

- a. buscar en libros la relación que existe entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y su masa ir a 47
- b. proceder como lo has hecho cuando llevas a cabo una actividad experimental ir a 76

6. Completa la siguiente tabla:

Instrumento	Magnitud que mide	Unidades en que está graduado
Balanza		
Cronómetro		
Dinamómetro		
Regla		

ir a 13

7. Tus cálculos son correctos, pero tus unidades no. Recuerda que $N = kg \cdot m / s^2$. Haz este desglose en tu análisis. Regresa a 9 y con base en un nuevo análisis de unidades elige otra respuesta.

ir a 9

8. El sol y los planetas sí se comportan de acuerdo a la Ley de Gravitación Universal. Pero esta ley es ‘universal’, así que no son los únicos objetos que se comportan de acuerdo a ella. Regresa a 41, reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 41

9. ¡Muy bien! En esta relación directamente proporcional: ¿cuánto vale la constante de proporcionalidad?

Sugerencia: para obtener esta magnitud sustituye en Gm_T / r^2 a los valores de $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$, masa de la tierra = $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ y radio terrestre = $6.37 \times 10^6 \text{ m}$. Realiza las operaciones para calcular el valor de la constante de proporcionalidad.

Escribe en este espacio el procedimiento y los cálculos para encontrar a la constante de proporcionalidad:

El valor de la constante de proporcionalidad es:

a. $6.25 \times 10^6 \text{ Nm/kg}$

ir a 24

b. 9.81 m/s^2

ir a 58

c. 9.81 Nm

ir a 7

10. Correcto: $F = \text{cte} (m_o)$. O sea que al multiplicar a la masa de un objeto por una constante, lo que vamos a obtener es la fuerza con que la tierra lo atrae (además éste es un objeto cercano a la tierra).

¿Qué relación existe entonces entre F y m_o ?

a. relación directa

ir a 37

b. relación directamente proporcional

ir a 9

11. En efecto, la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y la masa de los objetos son variables relevantes en la situación que Luis tiene que estudiar.

ir a 25

12. A continuación se presenta una tabla en donde aparecen las literales que considera el modelo matemático de la ley de gravitación universal. Complétala.

Literal	Magnitud que representa	Unidades
F_g		
m_1		
m_2		
r		
G		

ir a 41

13. ¿Qué magnitudes piensas que es conveniente medir para encontrar la relación que se le solicita a Luis?

- a. fuerza y tiempo
- b. masa y distancia
- c. masa y fuerza

ir a 29

ir a 30

ir a 25

14. Para llevar a cabo una actividad experimental:

- a. propones una hipótesis que oriente a la investigación
- b. ubicas a las variables relevantes que es necesario cuantificar

ir a 76

ir a 13

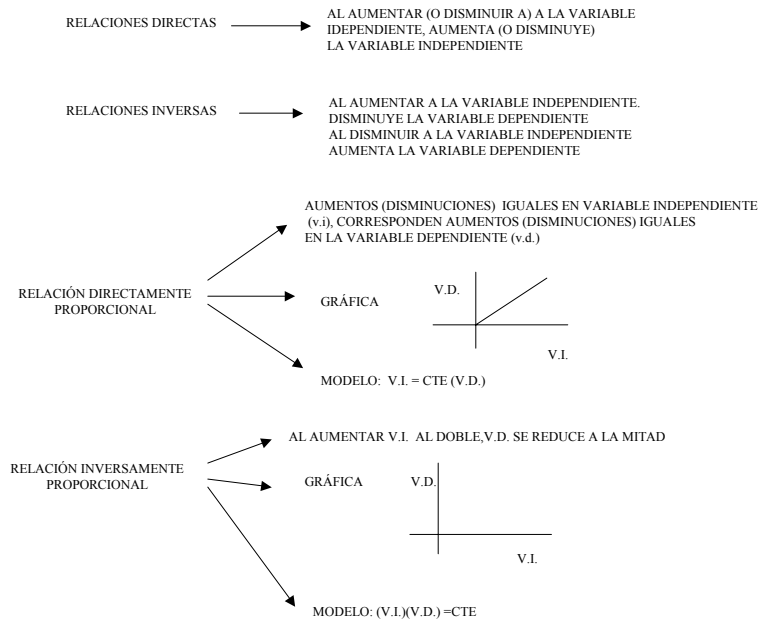
15. Tu aseveración es correcta pero no es un supuesto que responda al problema y que sea susceptible de comprobación. Recuerda que el problema de Luis es encontrar la relación que existe entre la masa de un objeto y la fuerza con que la Tierra lo atrae. Regresa a 76, reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 76

16. Aunque Luis seguramente debe sufrir mucho porque debe hacer 'trabajo extra', éste no es el problema a resolver desde el punto de vista de la Física. Regresa a 19. Reflexiona y elige otra respuesta.

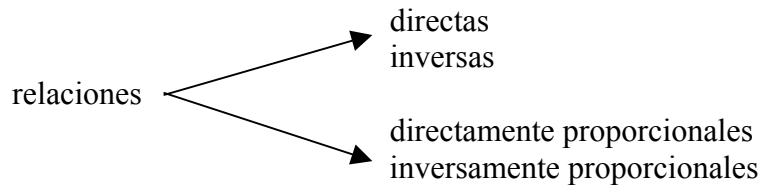
ir a 19

17. Al buscar en tus apuntes encuentras el siguiente esquema:



ir a 21

18. Encuentras en tus apuntes este cuadro:



Después de repasarlo: ¿qué harías?

a. decidir si es conveniente hacer mediciones

ir a 26

b. buscar en los apuntes cuáles son las características de cada uno de estos tipos de relaciones

ir a 17

19. Es muy importante comprender cuál es el problema que se te plantea. Una clara comprensión de qué es aquello a lo que tu debes encontrar solución te dará más posibilidades de éxito.

¿Cuál piensas que es el problema que requiere solución?

a. ayudar a Luis para que pueda retirarse

ir a 16

b. emplear eficientemente los recursos disponibles (materiales de la mesa de trabajo + libros de Física)

ir a 64

c. encontrar la relación entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y la masa de éstos

ir a 4

20. Éstos son instrumentos con los que puedes medir magnitudes. No son variables. Las variables son aspectos que pueden cambiar dentro del fenómeno que se está estudiando. Reflexiona. Regresa a 21 y elige otra respuesta.

ir a 21

21. Al revisar tus apuntes, recuerdas que al inicio de semestre trabajaste con problemas similares. Tuviste que encontrar la relación que existía entre las variables que estaban involucradas en cada problema.

De repente una nota llama tu atención:

Antes de tratar de encontrar la relación entre variables, tienes que haber precisado cuáles son las variables relevantes que vas a considerar en tu relación.

¿Cuáles piensas que son las variables relevantes en la situación que Luis tiene que estudiar?

a. cronómetro, balanza, regla, dinamómetro

ir a 20

b. fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y masa de los objetos

ir a 11

22. En enfoque cualitativo proporciona una primera aproximación al estudio de un fenómeno. Sin embargo, recuerda que para Física siempre se pretende medir (cuantificar). Reflexiona. Regresa a 26 y elige otra respuesta.

ir a 26

23. Si $\frac{Gm_r}{r^2} = cte$ al sustituir en $F = G \frac{m_k m_o}{r^2}$, todo lo encerrado en la línea curva es constante. Reflexiona. Regresa a 51 y elige otra respuesta.

ir a 51

24. Revisa el manejo de tus potencias de 10. Es muy probable que hayas olvidado elevar al cuadrado a la distancia. Corrige tus cálculos y unidades. Regresa a 9 y elige, con base en tus nuevos cálculos, otra respuesta.

ir a 9

25. La fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y la masa de éstos son variables relevantes. Es conveniente cuantificarlas. Sin embargo antes de medir, es necesario identificar cuál es la variable dependiente y cuál la independiente.

¿Cuál consideras que es la variable dependiente y cuál la variable independiente para esta situación?

a. V.I. = masa; V.D. = fuerza

ir a 68

b. V.I. = fuerza; V.D. = masa

ir a 28

26. ¿Desde qué enfoque consideras que es conveniente tratar de establecer la relación entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y la masa de éstos?

a. cuantitativo

ir a 52

b. cualitativo

ir a 22

27. Correcto. La altura de los objetos cerca de la Tierra es muy pequeña en comparación del radio terrestre. Así que es posible considerar que la distancia es el radio terrestre (una constante) para el cálculo de la fuerza de atracción gravitacional entre la Tierra y los objetos muy cercanos a ella.

Nota que no es lo mismo que G (constante de gravitación universal) sea constante, a haber hecho la consideración de que los objetos cercanos a la Tierra tienen una altura que no es significativa en comparación de la magnitud del radio terrestre. Aunque el efecto es el mismo (tener una magnitud constante), cada una provienen de consideraciones diferentes.

Si m_T = masa de la tierra, y m_o = masa del objeto, ¿qué expresión consideras conveniente a partir de $F = G \frac{m_T m_o}{r^2}$?

a. $G \frac{m_o}{r^2} = \text{cte}$

ir a 78

b. $G \frac{m_T}{r^2} = \text{cte}$

ir a 51

28. La variable independiente es la que es posible modificar dentro de un fenómeno. El experimentador la puede controlar. En este caso Luis puede elegir cualquier objeto de su entorno (cuadernos, libretas, mochila) y colocarlo en la balanza para medir su masa.

Al medir, con el dinamómetro, la fuerza con que la Tierra atrae a cada objeto ésta será diferente para cada uno. Así al cambiar las masas con que se trabaja, como consecuencia cambia el peso medido. Aquella variable que cambia como consecuencia de haber variado otra, recibe el nombre de variable dependiente.

Reflexiona. Regresa a 25 y elige otra respuesta.

ir a 25

29. Revisa la cuestión que debe resolver Luis (puedes leer nuevamente el planteamiento inicial): ¿en ella tiene algo que ver el tiempo? Reflexiona. Regresa a 13 y elige otra respuesta.

ir a 13

30. Revisa la cuestión que debe resolver Luis (puedes leer nuevamente el planteamiento inicial): ¿la distancia está considerada en ésta? Reflexiona. Regresa a 13 y elige otra respuesta.

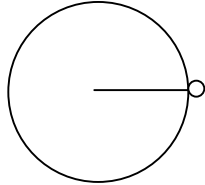
ir a 13

31. Realiza tú mismo tus mediciones. Con los instrumentos necesarios mide la masa de diferentes objetos y la fuerza con que la tierra los atrae. ¿Cuántas mediciones consideras conveniente hacer?

- a. una bien hecha
- b. tres o cuatro
- c. seis o siete

ir a 38
 ir a 54
 ir a 70

32. Cuando dos cuerpos se atraen entre sí debido a una fuerza gravitacional, la distancia que se debe considerar entre ellos es la distancia entre sus centros de masa. El centro de masa en las figuras geométricas regulares (como las esferas) se encuentra en su centro geométrico. Observa que el radio terrestre es muy grande con respecto al radio del objeto agrandado. Regresa a 3. Reflexiona y elige otra respuesta.



agrandado
 cercano a

ir a 3

33. Registra en esta tabla tu información. Fíjate en las unidades en que debes expresar cada magnitud.

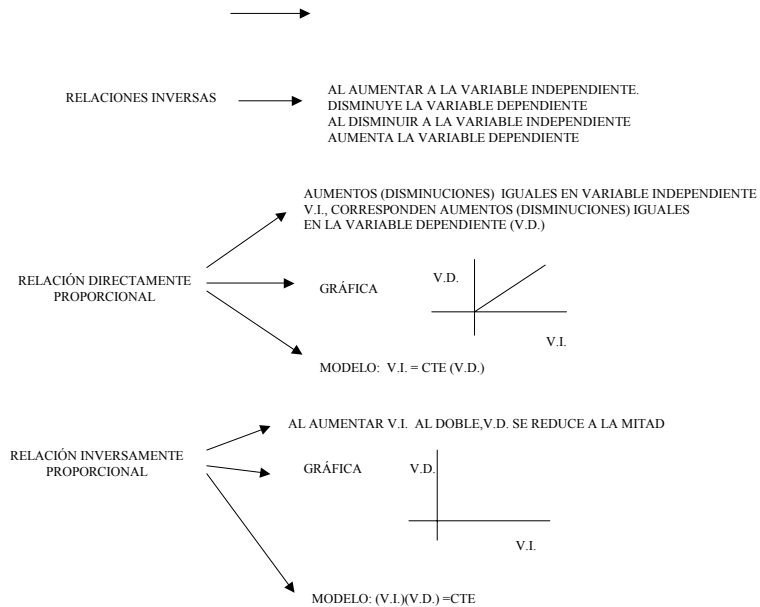
Masa (kg)	Fuerza de atracción gravitacional (N)

ir a 34

34. ¿Qué relación existe entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y su masa?
- a. relación directa
 - b. relación directamente proporcional
 - c. no estoy seguro, es conveniente hacer una gráfica

ir a 35
 ir a 46
 ir a 71

35. Tu respuesta no considera información muy importante como es la que se puede obtener a través de una gráfica. Revisa las características de las relaciones que se presentan en la siguiente página.

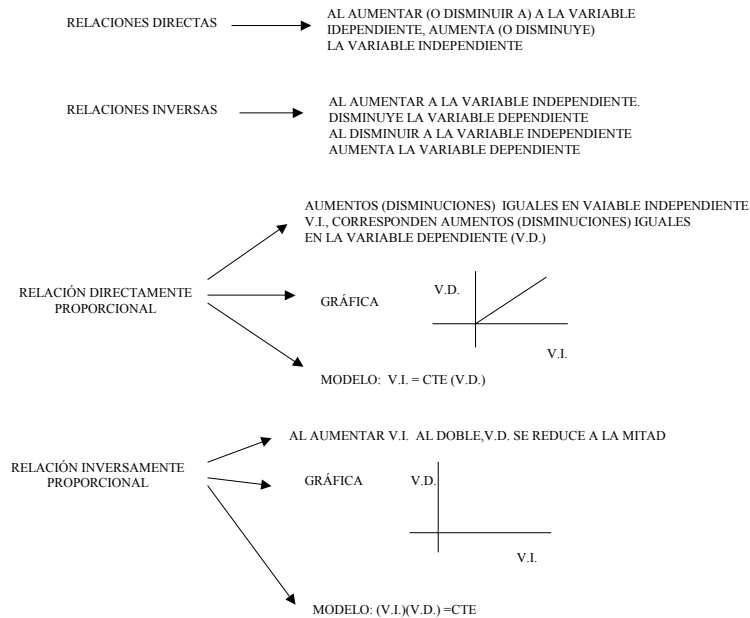


ir a 34

36. Construye en este espacio tu lista. Recuerda que la masa debe estar expresada en kilogramos y la fuerza en newtons.

ir a 34

37. Revisa las características de las relaciones. Trata de ubicar $F = cte (m_0)$ a qué tipo de relación corresponde.



Reflexiona. Regresa 10 y elige otra respuesta.

ir a 10

38. ¿Piensas que en un experimento es suficiente solo una observación para establecer una conclusión? Seguramente es insuficiente. Regresa a 31. Reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 31

39. ¿Qué buscas en los apuntes?

a. qué es la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos (fuerza gravitacional)

ir a 5

b. qué es una relación

ir a 18

c. algún problema parecido al que debe resolver Luis

ir a 21

40. Dile a Luis cómo obtuviste la solución. Escribe brevemente en la hoja de respuestas la explicación que le darías.

FIN

41. ¿Qué objetos se comportan de acuerdo a la Ley de Gravitación Universal?

a. el Sol y los planetas

ir a 8

b. todos los objetos

ir a 67

c. proyectiles y satélites

ir a 77

42. La distancia (o altura) a la que se encuentran los objetos de la Tierra no es la misma. Tú puedes elevar a un objeto a diferentes alturas y estos 'caen' (se acercan a la Tierra) debido

a la interacción gravitacional. Si la altura desde la que cae un objeto puede variar, ésta no es una constante. Regresa a 67. Reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 67

43. Una parte muy importante para establecer relaciones es identificar qué aspectos cambian en un fenómeno y qué aspectos no se modifican. Los primeros reciben el nombre de variables y los segundos de constantes. Una buena guía para identificar a las variables que son importantes (relevantes) dentro de un fenómeno es el análisis del problema o cuestión a resolver. En este caso el problema consiste en encontrar la relación entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y su masa. Tener esto presente te ayudará.

ir a 21

44. Al consultar un libro encuentras la siguiente información:

“...La ley de gravitación universal de Newton dice que todo objeto atrae a todos los demás objetos con una fuerza que, para dos objetos cualesquiera, es directamente proporcional a las masas. Cuanto mayores sean las masas, mayor será la fuerza de atracción que ejercen una sobre otra. Newton dedujo que la fuerza disminuye como el cuadrado de la distancia que separa los centros de masa de los objetos. Cuanto más alejados estén los objetos, menor será la fuerza de atracción que ejercen uno sobre otro.

Podemos expresar esta en símbolos de la siguiente manera:

$$F = G m_1 m_2 / r^2$$

Donde m_1 es la masa de uno de los objetos, m_2 es la masa del otro y r es la distancia entre sus centros de masa. Cuanto mayores sean las masas m_1 y m_2 , mayor será la fuerza de atracción que ejerce una sobre otra. Cuanto mayor sea la distancia r entre los objetos menor será la fuerza de atracción¹”

ir a 12

45. Recuerda que en tu entorno (y en el de Luis) hay diversos objetos. Ellos tienen masas diferentes. Si la masa de los objetos que atrae la Tierra es diferente, ésta no puede ser constante. Regresa a 67. Reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 67

46. Muy bien. Entre la fuerza con que la Tierra atrae a un objeto y su masa existe una relación directamente proporcional que se representa mediante el modelo $F_g = cte (m)$. Para obtener el valor de la constante de proporcionalidad:

a. eliges el registro de la masa y de la fuerza de atracción que consideras que es más certera y con el calculas la constante de proporcionalidad

ir a 49

b. para cada registro de la masa de un objeto con su correspondiente fuerza de atracción, calculas un valor de constante y luego haces un promedio

ir a 73

47. Encontrar en los libros la relación que existe entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y su masa es encontrar la respuesta al problema de Luis. Piensas que si solo fuera

¹ Hewitt, P (1995). Física conceptual. Addison – Wesley Iberoamericana. Estados Unidos. P.182.

necesario abrir el libro y encontrar la respuesta, ¿el profesor le hubiera dejado a Luis los libros ‘tan a la mano’? Seguramente sí se requiere consultar los libros, pero hay que comprender lo que presentan y a partir de esta información, construir la solución. Regresa a 4. Reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 4

48. Considerar lo que uno sabe acerca de un tema es decisivo para lograr una buena solución. Muchas veces hacemos esto de manera automática e inconsciente. Hacerlo de manera deliberada hará que recordar los aprendizajes sea más eficiente.

Para recordar al tema ¿qué consultas?

- a. libros
- b. apuntes

ir a 4

ir a 39

49. No es suficiente considerar un valor. Es conveniente retomar a todos los valores disponibles, así disminuyes el efecto de posibles errores en el valor de la constante. Pasa a 73 y considera todos los registros disponibles para calcular a la constante de proporcionalidad.

ir a 73

50. ¿Cómo podrías saber si el valor que calculaste para la constante de proporcionalidad es acertado?

- a. consulto libros
- b. reviso los pasos que seguí

ir a 75

ir a 2

51. Bien: $\frac{Gm_T}{r_2} = cte$. Si ahora sustituyes en modelo $F = G\frac{m_T m_o}{r^2}$, ¿qué expresión es la

correcta:

- a. $F = (cte) m_T$
- b. $F = (cte) m_o$

ir a 23

ir a 10

52. Toma los instrumentos de la mesa. A continuación:

a. revisas que todos estén en buen estado de funcionamiento y checas que marquen cero cuando no están midiendo alguna magnitud

ir a 62

b. haces una lista de los instrumentos en donde incluyes qué magnitud miden y en qué unidades está calibrado cada uno de ellos

ir a 6

53. ¿Cuál de estos aspectos consideras que debe ser el que de inicio a la ejecución de tu plan?

- a. comprender qué te pregunta el profesor
- b. recordar lo que sabes del tema
- c. identificar qué aspectos pueden modificarse en la posible relación entre la fuerza y masa

ir a 65

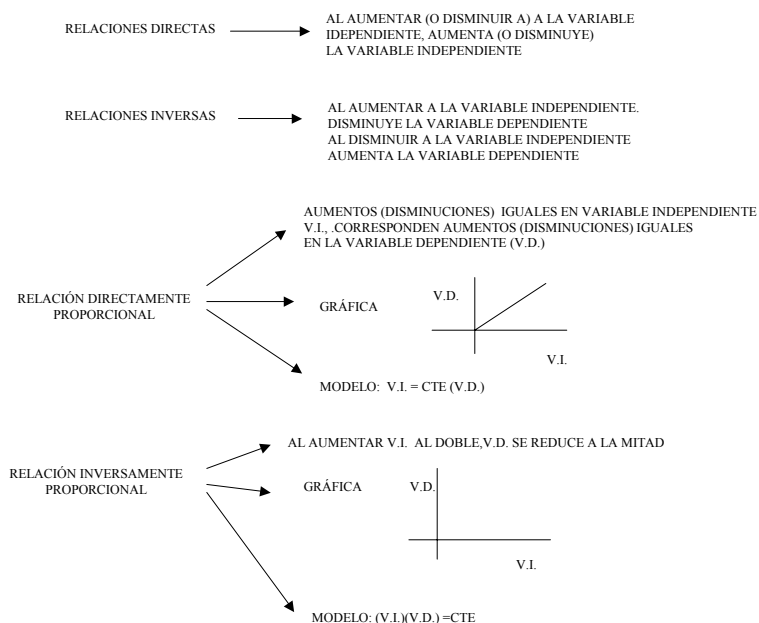
ir a 48

ir a 43

54. Tres o cuatro mediciones es fácil realizarlas. Sin embargo ¿qué conclusión consideras que puede tener más confiabilidad: una basada en pocas observaciones o una basada en muchas? Reflexiona. Regresa a 31 y elige otra respuesta.

ir a 31

55. Información acerca de los tipos de relaciones:



ir a 69

56. Compara el valor de la constante que tu obtuviste con el valor propuesto por el libro. ¿Es correcta tu apreciación?

- a. sí
- b. no

ir a 40

ir a 74

57. Considerar lo que uno sabe acerca de una situación problemática siempre nos va a dar elementos para acceder a la solución. Muchas veces esta recuperación de conocimiento previo la hacemos de manera automática e inconsciente. Es muy positivo que tú lo pongas de manera deliberada.

¿Qué haces para recuperar tus conocimientos previos?

- a. revisas tus apuntes
- b. recurres a tu memoria

ir a 39

ir a 60

58. ¿Te parece familiar este 9.8 m/s^2 ? Este valor corresponde a la aceleración con que los objetos cercanos a la Tierra se acercan a ella (caen).

ir a 50

59. ¿Por cuál de estos tres aspectos darías inicio para ejecutar tu plan?

- a. comprender qué te pregunta el profesor ir a 19
- b. recordar lo que sabes del tema ir a 57
- c. buscar la respuesta en libros ir a 4

60. Deseamos que tengas una memoria privilegiada. Sin embargo en general no recordamos todos los detalles de la información que se encuentra en nuestra mente. “Más vale un papel opaco que una brillante memoria”. Regresa a 57. Reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 57

61. ¿Qué consideras importante incluir en tu plan?

- 1. comprender qué te pregunta el profesor
- 2. recordar lo que sabes acerca del tema de gravitación
- 3. preguntarle a tus amigos qué saben de gravitación
- 4. identificar qué aspectos pueden modificarse en la posible relación de la fuerza con la masa
- 5. checar que todos los instrumentos funcionen
- 6. buscar la respuesta en libros

- a. 1,3 y 5 ir a 63
- b. 1,2 y 6 ir a 59
- c. 1,2 y 4 ir a 53

62. Revisar las condiciones de funcionamiento de cada instrumento y su calibración es muy importante. También es necesario que identifiques qué magnitud mide cada uno de ellos y las unidades en que se encuentran graduados.

ir a 6

63. Es muy importante comprender cuál es el problema que se te plantea. Una clara comprensión de qué es aquello a lo que tú debes encontrar solución te dará más posibilidades de éxito.

Muchas veces es conveniente preguntar a los compañeros, ya que ellos nos pueden dar explicaciones desde una perspectiva más cercana a nosotros.

E indudablemente se requiere que, para poder efectuar mediciones, funcionen los instrumentos.

Sin embargo hay otros aspectos más importantes a considerar en un buen plan. Regresa a 61. Reflexiona y elige otra opción.

ir a 61

64. Es muy importante hacer un uso adecuado de los recursos disponibles. Aunque este no es el problema fundamental. Regresa a 19. Reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 19

65. Es muy importante comprender cuál es el problema que se te plantea. Una clara comprensión de qué es aquello a lo que tú debes encontrar solución te dará más posibilidades de éxito. El problema, desde el punto de la vista de la Física, es encontrar la relación entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y su masa.

ir a 21

66. Qué harías para saber si tu hipótesis ‘funciona’

- a. revisas los libros que te dejó el profesor
- b. mides diferentes masas y fuerzas y verificas si hay una relación directa o no

ir a 4

ir a 25

67. ¡Correcto! Todos los objetos se comportan como describe esta ley ya que ella está en función de las masas.

El problema de Luis habla de la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos. Esta es una delimitación importante ya que, de todos los objetos en el universo, Luis sólo tiene que tratar con la Tierra y los objetos que se encuentran cerca de ella. Como nosotros y los objetos que nos rodean. Reflexiona un momento en esto.

Para que Luis pueda encontrar la solución a su problema: ¿qué debe considerar como un aspecto constante para la situación Tierra – objetos cerca de ella?

- 1. Masa de la Tierra
- 2. G (constante de gravitación universal)
- 3. Masa de los objetos cercanos a la Tierra
- 4. Distancia de cada objeto a la Tierra (altura)

a. 2 y 3

ir a 45

b. 2 y 4

ir a 42

c. 1 y 2

ir a 3

68. Ya que has identificado que la variable independiente es la masa y la variable dependiente es la fuerza, ¿qué haces ahora?

- a. consultas libros que te ayuden a establecer la relación
- b. mides la masa de diversos objetos y la fuerza con que la Tierra los atrae

ir a 4

ir a 31

69. ¿Qué relación existe entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y su masa?

- a. relación directa
- b. relación directamente proporcional
- c. no estoy seguro, necesito más información

ir a 72

ir a 46

ir a 55

70. Seis o siete es un número aceptable. Esto quiere decir que de entre los objetos que tienes cerca de ti puedes escoger seis o siete (libros, cuadernos, mochila, chamarra, por

ejemplo). De ellos tienes que determinar sus masas (empleando una balanza) y la fuerza con que la tierra los atrae (empleando un dinamómetro).

¿cómo ordenarías tu información?:

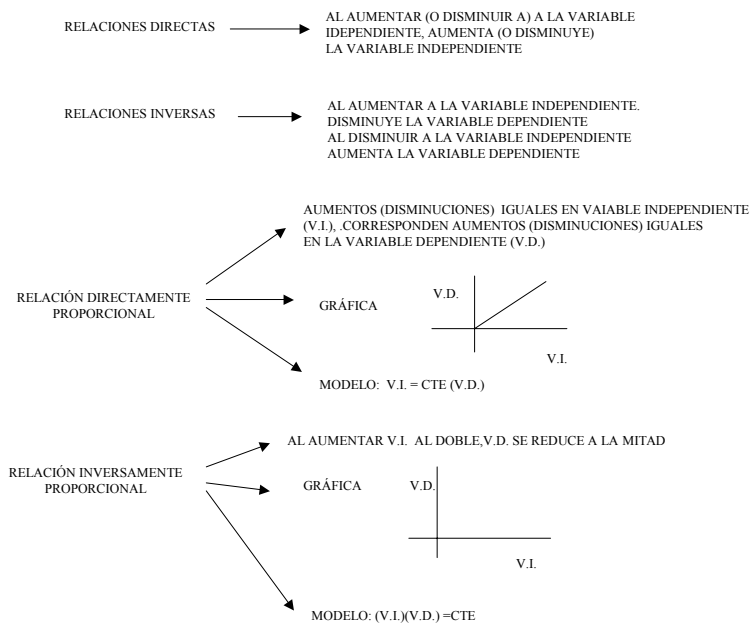
- a. en una lista
- b. en una tabla

ir a 36
ir a 33

71. Construye aquí la gráfica. Recuerda que en eje horizontal se coloca a la variable independiente (masa) y en la vertical a la variable dependiente (fuerza):

ir a 69

72. En tu respuesta no estas considerando a la información que se puede obtener de la gráfica que construiste. Revisa las características de las relaciones que se presentan en la siguiente página.



ir a 69

73. Copia los datos con que llenaste la tabla del paso 33 (o los datos de la lista del paso 36, si seguiste esa ruta) y con ellos calcula el valor de la constante:

Masa (kg)	Fuerza de atracción gravitacional (N)	$cte = \frac{F_g}{m}$
PROMEDIO		

ir a 50

74. ¿En qué piensas que te pudiste haber equivocado?

- a. en medir masas y fuerzas
- b. en la construcción de la gráfica
- c. en el cálculo de la constante

ir a 70

ir a 71

ir a 73

75. Al consultar un libro lees:

“Evidentemente la fuerza gravitacional es débil, se vuelve importante cuando al menos una de las masas es muy grande. La fuerza gravitacional sobre la masa de 1 kg es de 9.8 N en la superficie de la Tierra. Sabemos esto porque, si dejamos caer una masa de 1 kg, ésta descende con una aceleración de 9.8 m/s^2 .”

ir a 56

76. Entonces propones una hipótesis que trate de dar respuesta al problema de Luis. ¿Cuál piensas que puede ser una hipótesis útil para resolver el problema?

- a. entre la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos y la masa de éstos existe una relación directa ir a 66
- b. la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos es la fuerza gravitacional ir a 15
- c. los objetos caen porque la Tierra los atrae ir a 79

² Rutherford, Holton y Watson (1975) . Project Physics . Unidad II Motions in heavens. P. 105.

77. Bien, los proyectiles y satélites se comportan de acuerdo a la ley de gravitación universal, pero esta ley es 'universal'. Así que éstos no son los únicos objetos cuyo comportamiento es descrito por esta ley. Regresa a 41. Reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 41

78. La masa de los objetos que puede dejar caer Luis (o tú) puede ser diferente. La masa del objeto m_0 no es una constante. Regresa a 27. Reflexiona y elige otra respuesta.

ir a 27

79. Tu aseveración es correcta pero no es un supuesto que responda al problema y que sea susceptible de comprobación. Regresa a 76, reflexiona y elige otra respuesta. Recuerda que el problema de Luis es encontrar la relación que existe entre la masa de los objetos y la fuerza con que la tierra los atrae.

ir a 76

RUTA MEDICIONES (52 – 21)

Nombres de los alumnos:

Nombre del evaluador:

Plantel:

Fecha:

HABILIDAD PARA MEDIR	SI	NO
1. Manipula sólo balanza y dinamómetro		
2. Manipula balanza, dinamómetro y regla		
3. Checa que el instrumento esté calibrado (en cero inicialmente)		
4. Reconoce a las unidades de medida de cada instrumento		
5. Checa o repite mediciones para mejorar su precisión		
HABILIDAD PARA REGISTRAR Y COMUNICAR		
6. Describe y comunica sus observaciones a sus compañeros		
7. Registra sus observaciones		
8. Toma notas durante el proceso		
HABILIDAD PARA HACER SUPOSICIONES		
9. Se plantea más de una suposición a lo largo del proceso		
HABILIDAD PARA APLICAR E INTERPRETAR CONCEPTOS		
10. Emplea la información de los tipos de relación para hallar la respuesta		
11. Reconoce a la gráfica como correspondiente a una proporción directa		
HABILIDAD ARITMÉTICA		
12. Calcula F_g/m para cada observación sin cometer errores		
13. Calcula el promedio correctamente		
HABILIDAD PARA VALORAR PROCEDIMIENTOS		
14. En caso de haber error identifica su origen		
15. Realiza acciones para corregir errores detectados		

DESEMPEÑO		
16. Muestra interés		
17. Avanza con fluidez		
18. Comprende la lectura		
19. Se le dificulta la actividad		

OTRAS OBSERVACIONES:

RUTA DE CONCEPTOS (4 –44)

Nombres de los alumnos:

Nombre del evaluador:

Plantel: _____ Fecha: _____

HABILIDAD PARA INTERPRETAR Y APLICAR CONCEPTOS	SI	NO
1. Identifica a las magnitudes y unidades de la fórmula de la gravitación		
2. Reconoce el carácter universal de la gravitación		
3. Reconoce que el radio terrestre es grande comparado con las alturas cotidianas		
4. Asocia a Gm_{Tt} / r^2 para encontrar a la constante de proporcionalidad		
5. Emplea a la información de los tipos de relación para hallar la respuesta		
6. Reconoce que $F = (cte) m$ es una proporción directa		
HABILIDAD PARA REGISTRAR Y COMUNICAR		
7. Describe y comunica sus observaciones a sus compañeros		
8. Registra sus observaciones		
9. Toma notas durante el proceso		
HABILIDAD PARA HACER SUPOSICIONES		
10. Se plantea más de una suposición a lo largo del proceso		
HABILIDAD MATEMÁTICA		
11. Emplea notación científica correctamente en el cálculo de g		
HABILIDAD PARA MANEJO DE UNIDADES		
12. Obtiene la unidad adecuada (m / s^2) para g		
HABILIDAD PARA VALORAR PROCEDIMIENTOS		

13. En caso de haber error identifica su origen		
14. Realiza acciones para corregir errores detectados		
DESEMPEÑO		
15. Muestra interés		
16. Avanza con fluidez		
17. Comprende la lectura		
18. Se le dificulta la actividad		

OTRAS OBSERVACIONES:

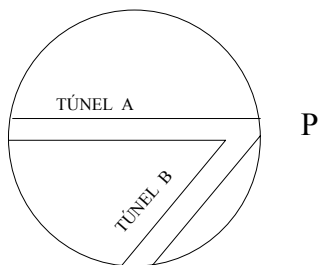
GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Evaluación sumativa

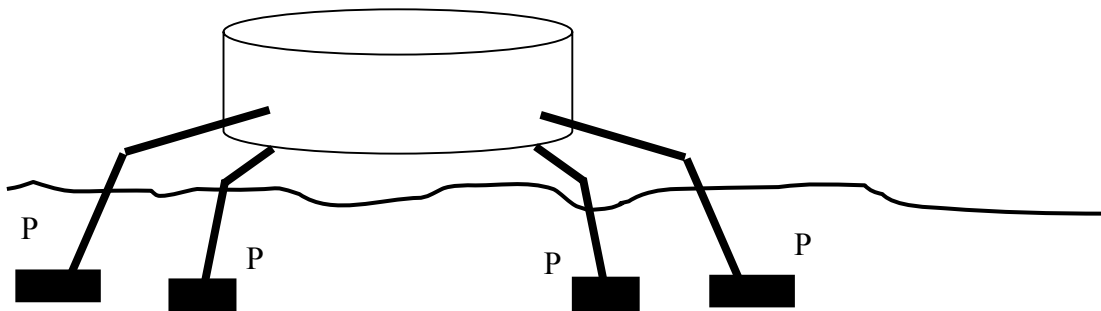
Nombre _____ Grupo _____

Instrucciones: Lee con cuidado y responde con claridad a los siguientes enunciados.

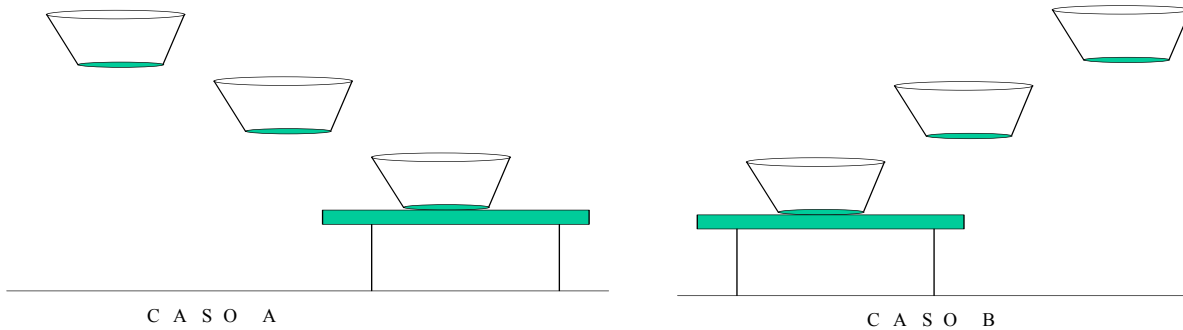
1. Explica la diferencia entre fuerza de gravedad, aceleración de la gravedad y gravedad.
2. Imagina que existen dos túneles que atraviesan la Tierra como se muestra en la figura. Si la persona representada en P cayera, ¿por qué túnel lo haría?, ¿por qué?



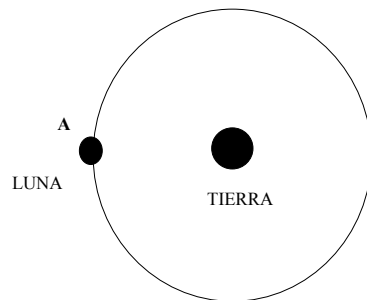
3. En el siguiente esquema se representa a una sonda espacial que se encuentra posada sobre la superficie de la Luna. ¿Qué sucedería si las piezas P se quitaran?



4. A continuación se presentan dos casos. En cada uno de ellos aparece una jarra en tres posiciones. Representa mediante una flecha la fuerza gravitacional que ejerce la tierra sobre la jarra en cada posición. Si consideras que la fuerza gravitacional puede tener diferente magnitud en alguna posición, dibuja flechas más largas o más cortas.



5. Si la Tierra repentinamente dejara de existir, dibuja la trayectoria que seguiría la Luna a partir de la posición A. ¿Por qué piensas que ésa es la trayectoria?



6. Explica qué piensas que le pasaría al sistema solar si no existiera la fuerza de gravedad.
7. La fuerza gravitacional con que se atraen un camión (5 toneladas) y un 'bochito' (800 kg) no es apreciable por nosotros, explica por qué.
8. Explica una situación en que tu cuerpo experimente los efectos de la fuerza de gravedad.

EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Instrucciones: escribe una **X** en el espacio que consideres que describe la forma en que se llevaron a cabo las acciones presentadas en la siguiente tabla.

	Completa- mente de acuerdo	De acuerdo	En duda	En desacuerdo	Completa- mente en desacuerdo
1. El orden en que se presentaron los conceptos permitió su comprensión					
3. Las actividades en clase fueron interesantes					
3. Las explicaciones del profesor se entendían con claridad					
4. La cantidad de problemas resueltos fue excesiva					
5. Los ejemplos facilitaron la comprensión del tema					
6. Las actividades en clase fueron complicadas					
7. Las tareas extraclase fueron sencillas					
8. Los conceptos tratados en clase fueron difíciles					
9. La solución de problemas fue sencilla					
10. El tiempo fue suficiente					

ANEXO 2

BITÁCORA Y

GUÍA DE OBSERVACIÓN

(Formatos)

BITÁCORA
Guía para registro

Tema: _____
Grupo: _____ Sesión: _____ Fecha: _____

APERTURA

	Diseño	Operación	Ajustes realizados
Actividades			
Tiempo (aprox)			
Motivación			
Otros			

DESARROLLO

	Diseño	Operación	Ajustes realizados
Actividades			
Tiempo (aprox)			

Motivación			
Desempeño de los equipos			
Intervenciones de los alumnos			
Articulación de contenidos previos con los nuevos			
Cambios conceptuales (indicar evidencias)			
Otros			

CIERRE

	Diseño	Operación	Ajustes realizados
Actividades			
Tiempo (aprox)			
Otros			

EVALUACIÓN

	Resultados esperados	Resultados obtenidos	Posibles causas de desviación - ajustes
Diagnóstica			
Formativa			
Sumativa			

TAREAS

Cantidad de tareas entregadas: _____ %

Descripción general de la calidad de las tareas:

COMPORTAMIENTO DEL GRUPO

Descripción general:

OTROS COMENTARIOS:

ESPECIALIDAD PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

COLEGIO DE BACHILLERES

ASIGNATURA 12 REPORTE LABORAL

**GUÍA GENERAL DE OBSERVACIÓN POR SESIÓN
DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA**

La presente guía es una sugerencia de puntos a observar y para anotar al final de la clase. Este registro tiene el objetivo de apoyar la observación de los aspectos más relevantes de la sesión en cuanto a las ideas y actitudes de los estudiantes, durante las sesiones de la aplicación de propuesta didáctica.

Tema de la estrategia didáctica: _____

Fecha de la sesión: _____ Tema de la sesión: _____

Identifique las ideas generales de la discusión, argumentos generales o de índole particular pero de importancia en el desarrollo del tema que expresan los estudiantes al inicio, durante y al concluir la sesión.

Antes:

Durante:

Al concluir:

Identifique la línea de razonamiento principal de los alumnos que permite identificar el aprendizaje de los conceptos tratados.

En general, qué actitud tuvieron los alumnos durante la sesión.

Los estudiantes propusieron algún experimento, problema o actividad de aprendizaje y la realizaron para apoyar lo que expresaban.

Indique qué actitud tuvieron los alumnos en general durante y después de realizar las actividades de aprendizaje programadas y propuestas como: experimento, lectura, resolución de problemas planteados, ejercicios, etc.

Indique qué resultados obtuvieron los alumnos en general al realizar las actividades de aprendizaje propuestas como: experimentos, lecturas, resolución de problemas, ejercicios, etc.

ACTITUD	Participación	Comentarios	Aportaciones	Análisis de actividad	Considera resultados
ACTIVIDAD					
Experimento					
Lectura					
Problema 1					
Problema 2					
Discusión					
Actividad Propuesta					
Otros					

ANEXO 3

BITÁCORA Y

GUÍA DE OBSERVACIÓN

(Muestra de sesiones 1 y 2)

BITÁCORA
Guía para registro

Tema: Fracturas Unilaterales
 Grupo: 208 Sesión: 1, contexto Fecha: 4 de junio

num. alumnos: 41

APERTURA

	Diseño	Operación	Ajustes realizados
Actividades	<p>Aplicar el diag- nóstica</p> <p>Contexto en que nace en G.M.</p> <p>actividad conse.</p>	<p>salud en: diagnóstica</p> <p>Exposición con apoyo en diagrama de ideas</p> <p>Apoyo en láminas</p>	<p>Se hizo una breve presen- tación en donde se ex- plicó el objetivo del tema</p> <p>Se fotocopió el diagrama de ideas y se distribuyó ningún ajuste</p>
Tiempo (aprox)	40 min	60 min	(ver al recurso)
Motivación	<p>Emplear apoyos visuales</p>	<p>Los apoyos visuales lograron captar la atención</p>	<p>El diagrama de ideas les agradó. Un alumno señaló que le ayudó a organizar sus ideas</p>
Otros		<p>Normalmente se solicita al alumno el costo de la fotocopia, como ahora no se hizo se sintieron a gusto</p>	

DESARROLLO

	Diseño	Operación	Ajustes realizados
Actividades	<p>Resaltar sus- trínfo de 'Joase en el CB'</p>	<p>Se resaltaron las pri- meras páginas del cuadernillo, aproxima- damente el 40%</p>	<p>Se solicitó que revi- eran el resto del cuadernillo en casa.</p>
Tiempo (aprox)	60 min	40 min en clase +	Dejar de Tarea el resto de la actividad.

lo que tardan en casa
(alto 40 por lo menos)
Aunque esta actividad les
gusto tiene el problema
de que es tardada.

Tiempo:

Se inició la sesión a las 9:15 (hora normal para el C.B.)

Se emplearon 3 a 5 min para dar la introducción.

35 min para la solución de la evaluación diagnóstica.

15 min para desarrollo del contexto

5 min para actualizar conocimientos previos

⇒ Hora de inicio de la fase de desarrollo 10:15

Cuando estaban resolviendo la evaluación diagnóstica, me di cuenta que no iba a alcanzar el tiempo si continuaba con la programación (por el contexto e ir construyendo el diagrama de ideas), ya que los alumnos tardan en copiar del pizarrón. Así que decidí que a la primera persona que terminara la evaluación diagnóstica la mandaría a fotocopiar mi diagrama de ideas. así lo hice y considero que logré ahorrar 10 a 15 minutos.

Motivación		Los alumnos estuvieron atentos y concentrados en sus cuadernillos	
Desempeño de los equipos	Trabajar en equipos de 4	Como la sesión fue en laboratorio, los equipos fueron de 4 de cuatro. Se dejó libertad para comentar, aunque en un inicio trabajaron solos concentrados en la lectura.	En lugar de dar la indicación de trabajar en equipos de 4, se indicó que podrían comentar con sus compañeros, dando libertad para elegir.
Intervenciones de los alumnos		En general, todos consultaron con sus compañeros. A 4 jóvenes que no identificaban la dirección de la fza en el mov. circular, se les dio hilo y objetos para que experimentaran.	Con base en las dudas planteadas se les dio hilo (material sencillo) para que eso dejara la situación del cuadernillo.
Articulación de contenidos previos con nuevos	Retorno a y 2a ley de Newton, mov libre, mov forzado, m. parabológico, áreas de triángulos, momentos de referencia	3 alumnos se acercaron a consultar y comentar las láminas de repasa cuando estaban realizando su cuadernillo. Retornaron a y 2a ley. Esto es un intento de anticipación.	En 2 equipos fue necesaria señalar que consultaron las láminas de apoy.
Cambios conceptuales (indicar evidencias)	Cambio de fza centrípeta a centrífuga.	Un alumno identificó que la fza con que jalaba a una botella era 'como una fza de atracción'. Incluso les dijo a sus compañeros: 'ya sabes el sal y la botella es la tina'.	me aleje hablando un poco + fuerte para atraer la atención y que todo el grupo observara a este alumno.
Otros		-> confunden trayectoria con fza (cuando se pregunta hacia dónde se dirige la fuerza, responden dibujando la trayectoria curva del objeto.	

• tienen dudas de cómo se representa proporción ($T^2 \propto R^3$), en general escriben $T^2 = R^3$ aunque varios (50%) identificaron que no fue así.

-> cuando se dejó la actividad de hacer girar un objeto, si identificaron y diferenciaron entre fza que aplica la mano y fza sobre el objeto se tardaron mucho en hacer lo del clip. Aunque les gustó, tomó mucho tiempo.

-> la mano aplica fza al objeto

CIERRE

	Diseño	Operación	Ajustes realizados
Actividades	Intercambiar cuadernillos y calificar. Dejar tarea	No se hizo	se dejó de tarea concluir el cuadernillo y hacer el diagrama de ideas.
Tiempo (aprox)			
Otros			

EVALUACIÓN

	Resultados esperados	Resultados obtenidos	Posibles causas de desviación - ajustes
Diagnóstica	Las respuestas son justas los esperados: gravitación, confusión en la dirección de F_g de la Tierra y las personas, la gravedad actúa sólo sobre las botas del astronauta, la gravedad actúa + a mayor altura, la trayectoria curva en ausencia de F_g sigue siendo recta, y desconocimiento del porqué de la trayectoria de los planetas.	confusión en el término gravitación, confusión en la dirección de F_g de la Tierra y las personas, la gravedad actúa sólo sobre las botas del astronauta, la gravedad actúa + a mayor altura, la trayectoria curva en ausencia de F_g sigue siendo recta, y desconocimiento del porqué de la trayectoria de los planetas.	
Formativa	Esperaba que identificaran con relativa facilidad que la F_g en movimiento circular está dirigida hacia el centro de la trayectoria.	<ul style="list-style-type: none"> comprenden dirección, de la F_g con dirección del mov. no se identifica con facilidad que hay una F perpendicular al mov. 	<ul style="list-style-type: none"> confusión conceptual entre F_g y trayectoria Falta de referentes para interpretar la experiencia de hacer girar un objeto $F \perp$ al mov no es fácil
Sumativa			

TAREAS

Cantidad de tareas entregadas: _____ %

Descripción general de la calidad de las tareas:

COMPORTAMIENTO DEL GRUPO

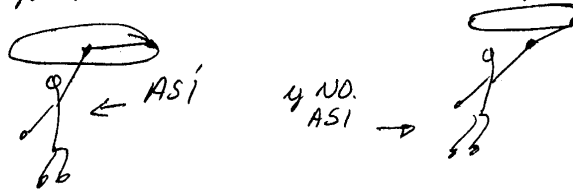
Descripción general:

El grupo mostró interés. Todos se centran en la realización del ejercicio, no hubo ningún problema de orden.

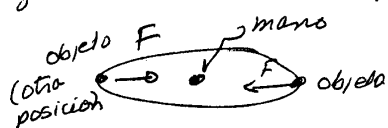
Algunos mostraron desconcierto acerca de la dirección de la F en un mov. circular.

OTROS COMENTARIOS:

Pienso que los dibujos de las páginas 3 y 4 hubieran quedado mejor si el hilo hubiese sido dibujado horizontal.



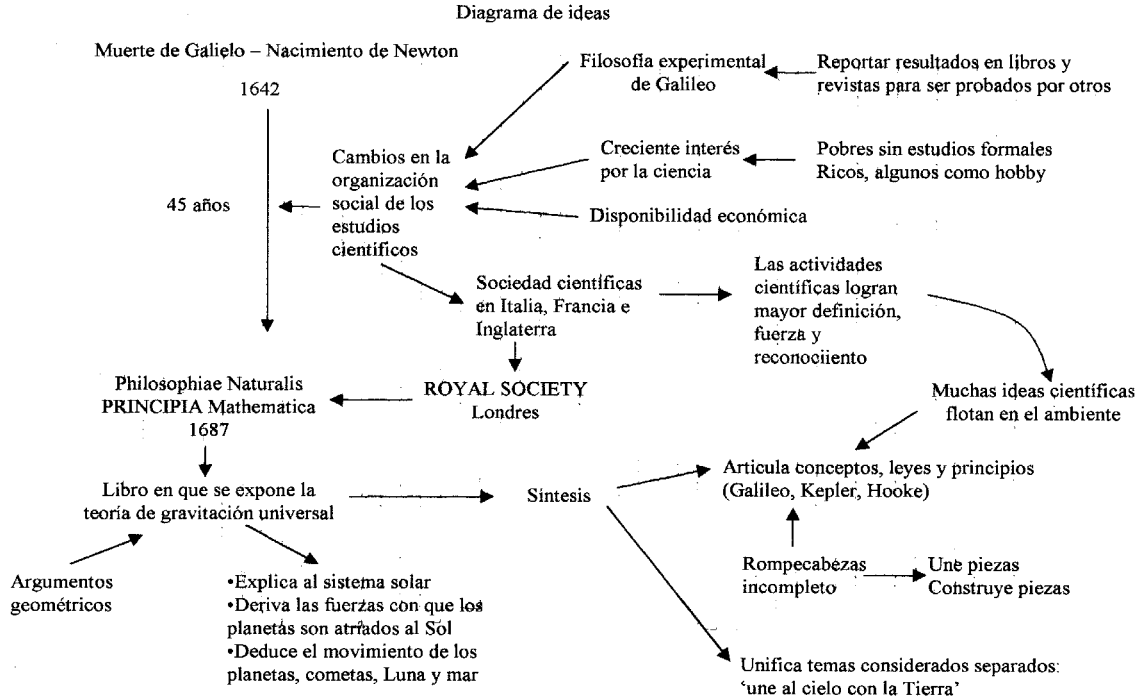
No hubo mucho problema porque gracias a la supervisión continua me percaté que un alumno decía 'la fuerza sobre el objeto va hacia abajo'. Al preguntarle '¿cómo hacia abajo?', él señaló que hacia la mano. Con esto, ya en lo sucesivo hice hincapié, durante la supervisión, de que la fuerza se dirige hacia la mano. Y también de que en el detalle había una pequeña inclinación pero que se observaba el componente que estaba moviéndose el objeto y que esto era horizontalmente. En 2 o 3 equipos dibujamos algo como esto



Visto desde arriba

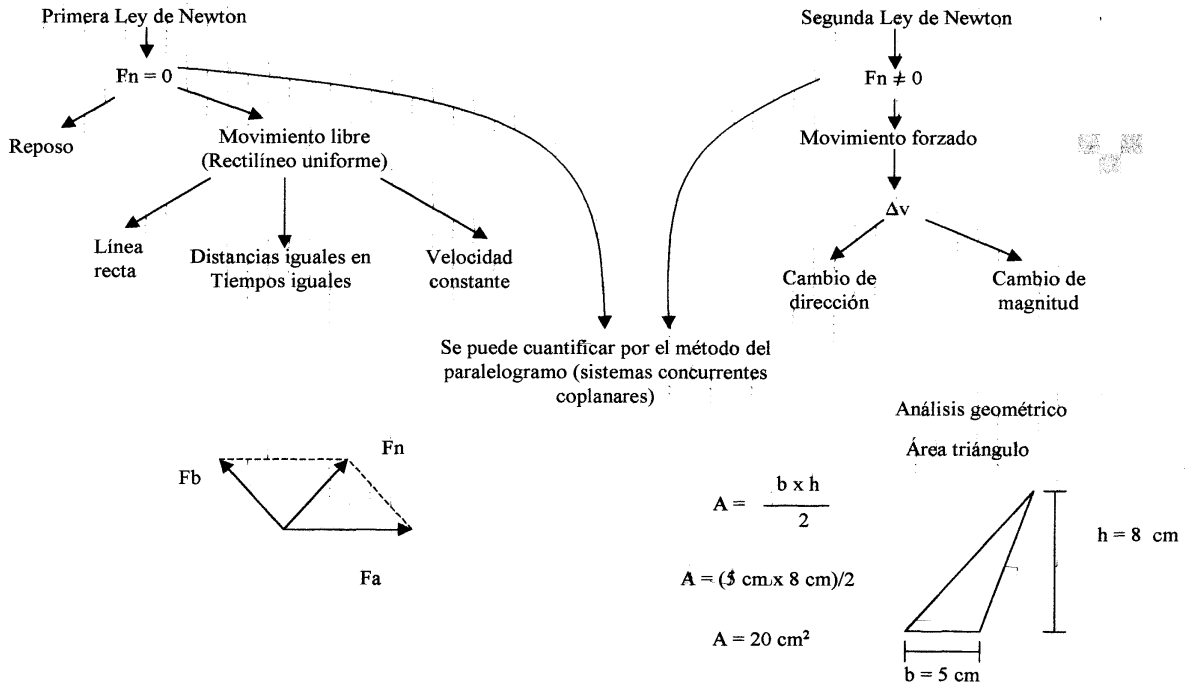


CONTEXTO EN QUE NACE LA TEORÍA DE GRVITACIÓN UNÏVERSAL



144

LÁMINA



145

ESPECIALIDAD PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

COLEGIO DE BACHILLERES

ASIGNATURA 12 REPORTE LABORAL

**GUÍA GENERAL DE OBSERVACIÓN POR SESIÓN
DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA**

La presente guía es una sugerencia de puntos a observar y para anotar al final de la clase. Este registro tiene el objetivo de apoyar la observación de los aspectos más relevantes de la sesión en cuanto a las ideas y actitudes de los estudiantes, durante las sesiones de la aplicación de propuesta didáctica.

SESION 2

Tema de la estrategia didáctica: Gravitación Universal.

Fecha de la sesión: 10 de junio Tema de la sesión: Fza centripeta.

Identifique las ideas generales de la discusión, argumentos generales o de índole particular pero de importancia en el desarrollo del tema que expresan los estudiantes al inicio, durante y al concluir la sesión.

Antes: *No articulan leyes de Newton con leyes de Kepler, no identifican al movimiento tangencial y al movimiento dirigido hacia el centro de la trayectoria*

Durante: *Se familiarizan con las leyes de Kepler. Recuerdan + a las leyes de Newton, pero no articulan. Reconocen al mov. tangencial y al mov. dirigido hacia el centro aunque aún no logran comprender su composición, o el efecto de combinar ambos. Algunos empiezan a identificar que una fuerza centrípeta es la responsable de un mov. circular.*

Al concluir:

- *articulan poco a los leyes de Kepler con las leyes de Newton*
- *Diferencian entre descripción del mov (cinemática) y causas del mov (dinámica).*
- *identifican la trayectoria de la luna si no existiese la Tierra y relacionaron este comportamiento con el de un objeto que gira atado a una cuerda.*
- *Identificaron que la dirección de una fuerza en un mov. circular es hacia el centro de la trayectoria. Es decir, se trata de una fuerza centrípeta.*

Identifique la línea de razonamiento principal de los alumnos que permite identificar el aprendizaje de los conceptos tratados.

Pienso que varios trabajaron por ensayo y error. Me preguntaban a mí o a los alumnos + avanzados y corrigen.
 Sin embargo sí hubo estudiantes que reflexionaron y efectuaron las tareas que el cuadernillo solicitaba. Ellos sí lograron derivar como consecuencia a la Fza centripeta como causante de un mov. circular. Pienso que el razonamiento propuesto en el cuadernillo es inductivo (cuando se establece la trayectoria en un mov. con una F dirigida hacia el centro. Pero después es deductivo

En general, qué actitud tuvieron los alumnos durante la sesión.

→
ATEAS

Hubo angustia porque no pudieron resolver el cuadernillo como tarea. Además había inquietud por el mundial de fútbol. En esta sesión hubo menos interés que en la anterior

Los estudiantes propusieron algún experimento, problema o actividad de aprendizaje y la realizaron para apoyar lo que expresaban.

NO.

Indique qué actitud tuvieron los alumnos en general durante y después de realizar las actividades de aprendizaje programadas y propuestas como: experimento, lectura, resolución de problemas planteados, ejercicios, etc.

Para los alumnos quedó claro que:

- una trayectoria circular se debe a una fuerza dirigida hacia el centro de dicha trayectoria
- en ausencia de la fuerza dirigida hacia el centro, el móvil se desplazará rectilíneamente en forma tangente al mov. circular que describía cuando existía la fuerza centripeta.

Indique qué resultados obtuvieron los alumnos en general al realizar las actividades de aprendizaje propuestas como: experimentos, lecturas, resolución de problemas, ejercicios, etc.

ACTITUD	Participación	Comentarios	Aportaciones	Análisis de actividad	Considera resultados
ACTIVIDAD					
Experimento					
Lectura					
Problema 1					
Problema 2					
Discusión	<i>Se dio de manera informal.</i>	<i>La discusión ayudó a aclarar dudas</i>	<i>Algunos actores se explicaban como tra-zar.</i>	<i>Permite conocer las ideas de otros.</i>	<i>Con lo que sea en claro de la discusión, puede responder al ciudadano.</i>
Actividad Propuesta	<i>Todos la llevaron a cabo.</i>	<i>Estaba difícil</i>	<i>No hubo.</i>	<i>Está bien trae pensos</i>	
Otros					

ANEXO 4

CAMBIO EN LAS RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES

CAMBIO EN LAS RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES

IDEA	ANTES	DESPUÉS	INTERPRETACIÓN
<p>1. Gravedad, fuerza de gravedad y aceleración de la gravedad son nociones que difieren..</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 30 estudiantes equiparan fuerza de gravedad con gravedad. No distinguen la diferencia entre estos términos. 	<ul style="list-style-type: none"> • 12 estudiantes explican la diferencia entre fuerza de gravedad, aceleración de la gravedad y gravedad. • 20 estudiantes dudan. Manejan términos pero sus explicaciones son confusas, piensan que G (constante de gravitación universal) es la 'gravedad'. • 2 estudiantes señalan que la F_g es la fuerza de gravedad, a la aceleración de la gravedad la relacionan con la velocidad (no con el cambio de velocidad), y el concepto de gravedad es visto como un conjunto de fenómenos en donde los cuerpos se atraen. 	<p>La estrategia didáctica sirvió para que los estudiantes identificaran que gravedad es un concepto más amplio que solo fuerza de atracción gravitacional. La estrategia no permitió que los alumnos lograran diferenciar con claridad entre los conceptos que intervienen. La confusión entre los conceptos de fuerza de gravedad y aceleración de la gravedad, tiene raíces en un manejo incorrecto de los conceptos de fuerza y aceleración en general.</p>
<p>2. La fuerza de gravedad en nuestro entorno se dirige hacia el centro de la Tierra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 20 estudiantes dibujaron a la Tierra redonda y a la fuerza de gravedad dirigida hacia su centro. • 19 estudiantes se expresan con poca claridad, aunque a partir de sus dibujos y explicaciones se identifica que perciben un 'abajo' absoluto. 	<ul style="list-style-type: none"> • 21 estudiantes reconocen que la fuerza de gravedad se dirige hacia el centro de la Tierra. • 13 estudiantes siguen pensando en un 'abajo' absoluto. <p>Otras ideas expresadas por los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La fuerza de gravedad es una propiedad de la Tierra. • Los alumnos que no dibujaron correctamente a la fuerza de gravedad en la evaluación diagnóstica, en la entrevista señalaron que no se expresaron correctamente en su dibujo. • 5 estudiantes que respondieron correctamente en un inicio, cambiaron a responder aludiendo a un 'abajo' absoluto. 	<p>Si se considera al grupo como un todo, el cambio en esta idea fue nulo. La proporción de estudiantes que pensaban correctamente, siguen haciéndolo. Al interrogar a los alumnos en la entrevista algunos señalaron que no pensaron que la figura presentada en el pretest pudiera representar a la Tierra. Indicaron que sólo vieron un círculo con 'túneles' y como los objetos caen hacia abajo, no pensaron que un objeto pudiera caer al centro del un círculo que representaba a la Tierra. Probablemente el alumno tiene un modelo parcial de la caída de los objetos en el cual éstos caen hacia el centro de 'su' Tierra y con este modelo explica todos los fenómenos.</p>

IDEA	ANTES	DESPUÉS	INTERPRETACIÓN
<p>3. La gravedad es un fenómeno de aplicabilidad universal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 31 estudiantes responden que la gravedad actúa sólo sobre las botas de un astronauta y no sobre todo él. Es decir, la gravedad es selectiva. • 3 estudiantes tienen dudas, sin embargo se inclinan a pensar que la fuerza de gravedad es menor sobre el astronauta que sobre sus botas que ‘son las que pesan’.. 	<ul style="list-style-type: none"> • 22 estudiantes identifican que la fuerza de gravedad actúa, además de sobre las patas de una nave, sobre la misma nave. Es decir, la fuerza de gravedad afecta a todos los objetos y a sus partes. <p>Otras ideas expresadas por los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El peso es una propiedad de los cuerpos y es responsable de la fuerza de atracción gravitacional. • La gravedad es el peso de un objeto. • Los objetos con más masa atraen a los objetos de menos masa. No sucede a la inversa. Quienes admiten que sí hay una interacción piensan que ésta es de diferente magnitud. 	<p>Aproximadamente 2/3 de los estudiantes modifican su respuesta acerca de la selectividad de la gravedad. La estrategia fue útil en este sentido. Al indagar en la entrevista varios alumnos tiene claro que la gravedad es universal. Pero esta universalidad esta matizada con las ideas presentadas en la columna anterior.</p> <p>Para los estudiantes parece más fundamental el peso. Quizá por ser más cercano a ellos el peso toma el lugar de la masa para explicar la fuerza de gravedad. Se complica trascender lo evidente. Si la nave es atraída a la Luna, es porque la Luna ejerce más fuerza sobre la nave. No se ha conformado un marco para interpretar lo que se observa.</p>
<p>4. La fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre los objetos cercanos a su superficie (peso), es la misma para cada objeto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno de los 34 no tienen idea acerca de la magnitud de la fuerza de gravedad sobre los objetos que nos rodean. • 10 alumnos dibujan una fuerza vertical hacia arriba que actúa sobre la jarra cuando está sobre la mesa. <p>En la entrevista dos alumnos aludieron a la Tercera Ley de Newton. Señalaron que pensaron que la mesa ejerce una fuerza sobre el objeto. Algunos expresaron que sólo existe fuerza de gravedad cuando un objeto no se encuentran sobre un soporte. Si está sobre un soporte (una mesa, por ejemplo), sobre el no actúa la fuerza de gravedad porque el soporte la anula..</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 11 estudiantes dibujaron sobre la jarra en las tres posiciones una fuerza de la misma magnitud y hacia abajo. En la entrevista sólo dos explicaron correctamente esta idea, los demás tenían confusiones. <p>Otras ideas expresadas por los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A mayor distancia entre dos objetos, la fuerza de atracción gravitacional es menor. Sin embargo al dibujar a las fuerzas sobre los objetos, dibujan más larga a la flecha del objeto que se encuentra más lejos. Incluso en la entrevista expresan que a mayor distancia, mayor fuerza. • Se dibuja más larga a la fuerza del objeto más lejano a la Tierra porque ‘debe recorrer más para llegar al suelo. 	<p>Pocos estudiantes comprendieron esta idea. La estrategia no promovió satisfactoriamente el cambio de este concepto.</p> <p>En la entrevista todos expresaron que a mayor distancia entre los objetos la fuerza de atracción era menor (recuerdan bien la proporción inversa), pero no la aplican en el caso de la jarra. Esto hace pensar que construyen un modelo ‘científico’ para el examen , pero conservan su modelo explicativo original. Cada uno de estos modelos se emplea en contextos diferentes. Existe confusión entre fuerza y trayectoria.</p> <p>El hecho de que los estudiantes no han tratado el tema de vectores hace que no se identifique que la longitud de la flecha que representa a un vector está asociada a su magnitud.</p>

IDEA	ANTES	DESPUÉS	INTERPRETACIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> • Es dudosa la relación de la longitud de la flecha con la magnitud de la fuerza que representa. • Los objetos sobre un soporte (mesa), experimentan menos fuerza de gravedad. Esto es porque el soporte ejerce una fuerza hacia arriba (3ª. Ley) que reduce (e incluso puede anular) a la fuerza de gravedad. 	<p>Hay confusión respecto de la Tercera Ley. Piensan que la fuerza de la mesa sobre el objeto hace que la fuerza de gravedad desaparezca.</p> <p>Su experiencia personal les dice que si un objeto está sobre un soporte (como cuando ellos están sentados en una silla), no existe fuerza de gravedad. Ésta aparece cuando no hay soporte y por eso los objetos caen.</p>
<p>5. Al desaparecer la fuerza centrípeta que origina el movimiento circular de un objeto, éste continúa con movimiento rectilíneo uniforme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 27 alumnos describen trayectorias variadas cuando desaparece la fuerza centrípeta de un movimiento circular. • 7 alumnos identificaron la trayectoria correcta, pero no pudieron explicar por qué. 	<ul style="list-style-type: none"> • 31 alumnos dibujaron la trayectoria correcta, aunque sus explicaciones acerca de la naturaleza de la fuerza que origina dicha trayectoria son confusas. <p>Otras ideas identificadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al desaparecer la fuerza de gravedad, la trayectoria que seguiría el planeta sería recta (nadie mencionó movimiento libre). 4 de los entrevistados indicaron que el planeta no requería de fuerza alguna para mantener su movimiento. Incluso un alumno habló de inercia. 	<p>En las respuestas de los alumnos se percibió gran cambio. Para la entrevista se pensó que la confusión de los alumnos podía deberse a que consideraban explicaciones diferentes para el comportamiento de una pelota atada a una cuerda (objeto terrestre) y un planeta (objeto celeste). La confusión resultó no estar en el tipo de objeto sino en las condiciones del problema. En el postest era más evidente para los alumnos la existencia de una fuerza ejercida por la Tierra sobre la Luna. En el pretest la existencia de una fuerza hacia el centro ejercida sobre la pelota no era evidente. Así las explicaciones en el postest tienden a lo dinámico, mientras que en el pretest tienden a lo cinemático.</p>
<p>6. La fuerza de gravedad que ejerce el sol sobre los planetas es causa de sus trayectorias en torno a este astro..</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 21 estudiantes identifican la forma de la trayectoria (curva sin más). • 10 señalan a la fuerza de gravedad, pero indican que el movimiento de traslación (y el de rotación) son los responsables de las trayectorias. Algunos señalan al Sol como responsable, pero estas menciones son escasas y breves. 	<ul style="list-style-type: none"> • 28 alumnos identifican a la fuerza de gravedad como la responsable de la conformación del sistema solar y que sin ella éste no existiría. Varios señalaron que sin tal fuerza los planetas se moverían en un 'caos'. 	<p>Desde el inicio, los estudiantes hacían, una descripción correcta del sistema solar. Sin embargo no lograban explicar el por qué de su conformación.</p> <p>Después de la aplicación de la propuesta didáctica ya ubican que la fuerza de gravedad es responsable de la conformación del sistema solar.</p>

IDEA	ANTES	DESPUÉS	INTERPRETACIÓN
7. La fuerza de gravedad es una fuerza débil.	No se indagó directamente, pero puede estar asociada a la idea 4.	<ul style="list-style-type: none"> • 24 estudiantes reconocen que la fuerza de gravedad es una fuerza débil cuya magnitud es apreciable por nosotros cuando al menos una de las masas en interacción es muy grande. • 12 alumnos comparan la fuerza de atracción entre un carro compacto y un trailer con la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre estos objetos. 	Los ejercicios, la actividad experimental y el simulador escrito, contribuyeron a que se identificara a la fuerza de gravedad como una fuerza débil. Impresionó a los estudiantes el expresar en decimales el valor de la constante de gravitación universal.
8. La fuerza de gravedad ejerce diversos efectos sobre los objetos.	No se indagó.	<ul style="list-style-type: none"> • 25 incluyen ejemplos aceptables, aunque su explicación es muy breve y no permite apreciar si se interpreta correctamente o no. En las entrevistas las explicaciones son cortas y en todas se aludió al hecho de brincar (ejemplo empleado por la mayoría). • 3 alumnos señalan como ejemplo el comer. • Una alumna señaló que el alimento llega al estómago por la fuerza de gravedad. 	Los ejemplos propuestos son pobres. Las explicaciones aluden a lo que se observa (los objetos caen, si brinco regreso a la Tierra) y no profundiza en más.

ANEXO 5

RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES

AL PRETEST Y AL POSTEST

(Muestra de un alumno)

Evaluación diagnóstica

Nombre: Morales Cruz Ivonne Grupo: 208

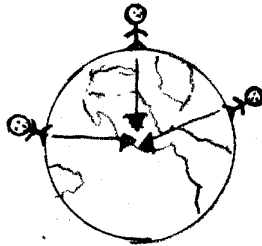
Instrucciones: lee con cuidado cada enunciado y proporciona la respuesta que consideres correcta en el espacio disponible. Recuerda que la claridad de tus ideas ayudará a una mejor planeación de este tema. Este examen NO tiene peso sobre tu calificación.

1. ¿A qué se refiere el término **gravitación** dentro de la Física?. Explica.

Es la cantidad de gravedad que tiene un determinado cuerpo en la tierra, es decir el peso de un cuerpo o un objeto.

2. Elabora un dibujo en el que representes a toda la tierra.

- ◆ después dibuja a tres personas en diferentes lugares sobre la tierra
- ◆ finalmente dibuja a la fuerza de gravedad que actúa sobre estas personas



3. Explica por qué construiste el dibujo anterior en la forma en que lo hiciste.

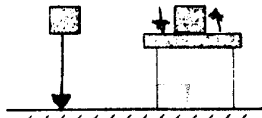
Todo cuerpo que tiene gravedad, tiene peso y es por ello que yo me pienso que si una persona se encuentra en la tierra con cierta gravedad es atraída hacia el centro de la tierra.

4. En una transmisión por televisión de la caminata de un astronauta sobre la superficie de la luna, se observó que éste tiene botas especiales. ¿Qué sucedería si el astronauta se quitara las botas? Explica.

Las botas al ser especiales es porque están constituidas por cierto elemento para poder estar en la superficie de la luna, es decir que las botas tienen cierto peso para que el astronauta pueda caminar sin problemas. Si el astronauta se las quitara, él volaría en el espacio por falta de peso.

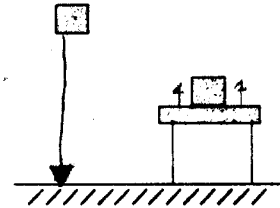
* El peso del astronauta es insignificante a comparación la gravedad de la luna.

5. La figura muestra al mismo objeto A en dos situaciones: cuando está sobre una mesa y cuando se deja caer desde una altura igual a la que tiene cuando está sobre la mesa. Dibuja la fuerza gravitacional que actúa sobre el objeto en cada caso.



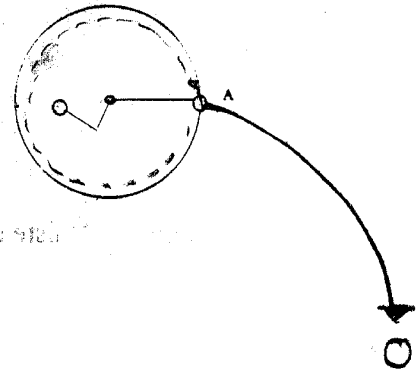
* el primer objeto lo detiene la mesa y a su vez al objeto atrae a la mesa, pero el segundo no tiene nada que lo sostenga, a no ser el suelo.

6. Si ahora el objeto se deja caer desde una altura mayor a la que tenía en la mesa, dibuja cómo sería la fuerza de atracción gravitacional:

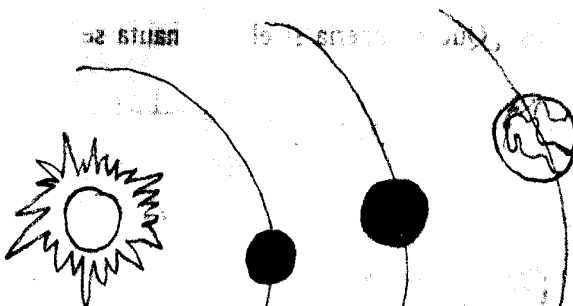


* la fuerza de atracción gravitacional es mayor.

7. Un niño juega a hacer girar sobre su cabeza una piedra atada a un hilo. A continuación se presenta una vista superior de esta situación. Si se rompe el hilo en el punto A, dibuja cuál piensas que sería la trayectoria de la piedra.



8. Elabora un dibujo en que muestres al sol y a los tres primeros planetas (Mercurio, Venus, Tierra). Incluye en tu dibujo cómo es la trayectoria de los planetas. ¿Por qué piensas que los planetas tienen la trayectoria que dibujaste?



Por que cada planeta se encuentra en una orbita diferente, es decir en cada uno hay un espacio, y además cada uno gira sobre su propio eje.

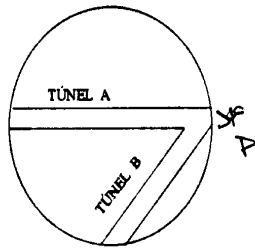
GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Evaluación sumativa

Nombre Morales Cruz Luonne Grupo 208

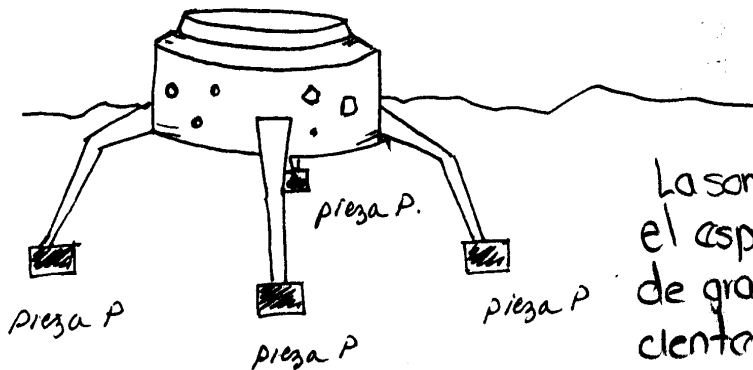
Instrucciones: Lee con cuidado y responde con claridad a los siguientes enunciados.

1. Explica la diferencia entre fuerza de gravedad, aceleración de la gravedad y gravedad.
1. La fuerza de gravedad es la fuerza con que la tierra atrae a los planetas
2. La aceleración de gravedad es la velocidad con que caen los objetos
3. La gravedad es una constante promedio
2. Imagina que existen dos túneles que atraviesan la tierra como se muestra en la figura. Si la persona representada en A cayera, ¿por qué túnel lo haría?, ¿por qué?



Por el túnel B, por que caera en forma de línea tangente por la fuerza y aceleración de gravedad.

3. En el siguiente esquema se representa a una sonda espacial que se encuentra posada sobre la superficie de la Luna. ¿Qué sucedería si las piezas P se quitaran?



La sonda flotaría en el espacio porque la fuerza de gravedad no es suficiente para la fuerza de gravedad para la luna.

