

CAPACIDAD GENERATIVA DE CONCEPTOS SOBRE MASA, PESO Y GRAVEDAD DE UN MODELO ANALÓGICO.

Javier E. Viau; Raúl O. Zamorano; Horacio M. Gibbs; Lucrecia E. Moro
Universidad Nacional de Mar del Plata
mrauloscarzamorano@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

Las dificultades que presentan los alumnos para la comprensión de los conceptos de masa, peso y gravedad han sido estudiadas por diferentes autores (Gustone y White, 1981; Clement, 1982; Watts, 1982; Noce, Toro Santucci y Vicentini, 1986; Mayer, 1987; Berg y Brouwer, 1991; Palmer, 2001; Camino y Martinez, 2005). No son conceptos que se derivan de sí mismos, sino que los estudiantes los van adquiriendo a medida que avanza la instrucción.

Para los físicos, la naturaleza esencial de la gravedad se encuentra dentro de lo profundo de la teoría de la relatividad de Einstein. Pero los cursos de enseñanza media y del ciclo básico universitario están basados en las tres leyes de Newton y en la ley de gravitación universal (Watts, 1982). Si bien los alumnos reciben la instrucción por medio de asignaturas en las cuales la mecánica es abordada desde currículums correspondientes a los niveles medio y universitario, la ley de gravitación universal no es tratada en forma integrada con los principios de Newton. Por lo tanto no se les otorga un marco conceptual pertinente que les permita reconocer a la interacción gravitatoria y diferenciarla en distintas problemáticas.

Nosotros estudiamos las analogías, las metáforas y los modelos como herramientas para la exploración de la continuidad del progreso científico. Pero además, como señalamos más adelante, nos brinda la posibilidad de una planificación didáctica, contextualizando la enseñanza de los conceptos a los procesos cognitivos de los estudiantes. La aplicación didáctica del modelado puede ser considerada como un razonamiento continuo en el cual el profesor comienza conociendo las capacidades representacionales básicas de los alumnos y trata de aproximarse al entramado de conocimientos científicos (modelos teóricos). En el medio tiene que existir una forma de intermediación representacional (modelos didácticos analógicos). Y continuando con nuestra línea de investigación (Zamorano, Gibbs, Moro, y Viau, 2006) proponemos una estrategia didáctica para mejorar la conceptualización, que consiste en la utilización de un modelo didáctico analógico aplicado a diferenciar entre los conceptos de masa, peso y gravedad.

MARCO TEÓRICO

La perspectiva de la utilización del modelado en la enseñanza concuerda con la evidencia de que los primeros razonamientos de los niños están contenidos dentro de una amplia variedad de dispositivos representacionales, los que inicialmente involucran imágenes visuales y alguna otra forma de simbolización del mundo externo (Lehrer y Schauble, 2000). Aún en etapas

tempranas se observa en los niños la capacidad fundamental de expresar a una cosa como representada por otra. La ciencia cognitiva, que incorpora conceptos desde la filosofía de la ciencia, la neurofisiología y la lingüística parte de la noción de representación. Un proceso cognitivo es un conjunto de operaciones de pensamiento que manipulan representaciones y éstas deben tener contenidos que los hagan semánticamente evaluables y valorables epistémicamente.

Con las primeras formas de competencia representacional de la naturaleza se establecen los cimientos para el desarrollo de razonamientos basados en modelos. Un modelo, además de operar con representaciones, debe llevar a un entendimiento de fenómenos naturales controlando su ejecución e infiriendo relaciones entre elementos de información. Las analogías son herramientas poderosas que se utilizan en el proceso de enseñanza-aprendizaje para hacer familiar aquello que no es muy asequible. Permiten relacionar una situación cotidiana para el alumno con otra desconocida o nueva, facilitando la relación de la información y la elaboración de estructuras de conocimiento más comprensibles.

La conceptualización no necesariamente procede por la acomodación del marco conceptual previo, sino que incorpora los conceptos independientemente de los previos. Aún en dominios científicos hay diferencias ontológicas y epistemológicas entre modelos. Aquí es donde utilizamos la noción, introducida por Mortimer (1995), de perfil conceptual, que establece que un único concepto puede estar disperso entre varios tipos de pensamiento y presentar también características ontológicas diversas, de modo que todo alumno puede poseer más de un modelo conceptual que podrá ser usado en contextos apropiados.

Modelos de los alumnos sobre masa, peso y gravedad.

Varios estudios ponen de manifiesto las concepciones alternativas de los alumnos con respecto a la gravedad, (Gunstone y White, 1981; Watts, 1982; Noce et. al, 1986; Mayer, 1987; Berg y Brouwer, 1991; Palmer, 2001; Camino y Martínez, 2005). Uno de estos resultados nos muestra que la Luna no tiene gravedad porque es considerada como un cuerpo menor, por ser satélite de la Tierra y por no tener gravedad ningún otro cuerpo que no sea la Tierra. Otro resultado sugiere que la luna no tiene gravedad debido a la ausencia de atmósfera, estableciéndose aquí una relación de tipo causal directa entre la existencia de atmósfera y gravedad. Asimismo, se afirma en problemas similares, que en el vacío no hay gravedad. Es interesante notar que la asociación vacío-no gravedad está presente en los casos en que se asocia menor gravedad con una atmósfera más tenue, supuesta en la Luna, como caso límite de la anterior asociación vacío-no gravedad (es decir la cantidad o densidad de atmósfera graduaría la cantidad de gravedad).

Por otra parte, los físicos tienden a dar una idea de interacción muy “débil” (Bondi, 1971), a pesar de que la fuerza de atracción gravitacional puede ser tratada como cualquier otra fuerza, siendo ésta una idea que es contraintuitiva. Una fuerza que mantiene los planetas en sus órbitas,

y está vinculada a las mareas a través de la influencia lunar, es incompatible con el adjetivo “débil”, a menos que se dé una idea de las cantidades y rangos involucrados.

A estas concepciones, en general, la enseñanza tradicional de la física no las toma en cuenta con toda la consideración que debería tener. Esta falla en la instrucción es en parte responsable de la incomprensión de los alumnos, ya legendaria, en los cursos introductorios de física, (Halloun y Hestenes, 1985).

Modelos didácticos analógicos

Los alumnos tienen necesidad de participar en el proceso de construcción de modelos cualitativos, pudiendo comprender mejor las relaciones y las diferencias entre los conceptos. El desarrollo de un concepto es un proceso interactivo de refinamientos sucesivos. El primer encuentro con un nuevo concepto debería estar íntimamente ligado a las observaciones y a la experiencia de los alumnos. Las dificultades conceptuales persistentes deben ser explícitamente tratadas con problemas variados dentro de contextos diferentes y los alumnos deben ser activos para desarrollar una comprensión funcional (McDermontt, 1998).

Disparamos el interés de los alumnos con modelos didácticos analógicos. El modelo que planteamos tiene por objetivo introducir los conceptos de masa, peso y gravedad mediante una especie de juego entre los alumnos del curso y el profesor. La idea es poder modelizar estos conceptos mediante el uso de analogías. Los recursos que poseemos para acceder a los modelos teóricos son escasos, más aún si tenemos en cuenta la edad de los alumnos (15 años), que están siendo instruidos con el formalismo físico de los principios de Newton.

METODOLOGÍA

Este trabajo se llevó a cabo en dos etapas: la primera consistió en la elaboración del perfil conceptual de los alumnos sobre los conceptos de masa, peso y gravedad, sobre el que nos basamos para diseñar un modelo didáctico analógico aplicado a dichos conceptos.

Primera etapa: elaboración del perfil conceptual.

Diseño y procedimiento: El diseño de investigación de esta fase corresponde al de un estudio exploratorio descriptivo a través del análisis de las respuestas de los estudiantes.

El objetivo fue elaborar el perfil conceptual con todas las concepciones que estuvieran presentes en alumnos de diferentes niveles educativos con distintos tipos de instrucción.

Participantes: Se trabajó con un total de 252 alumnos, de cuatro instituciones educativas de la ciudad de Mar del Plata, EGB 3, Polimodal y Facultad de Ingeniería de la UNMdP, con edades comprendidas entre 13 y 19 años, que se encontraban cursando el ciclo lectivo 2006.

Materiales y validación: La caracterización de las zonas del perfil conceptual se realizó teniendo en cuenta los trabajos sobre concepciones alternativas y dificultades de los alumnos (Berg y

Brouwer, 1991; Clement, 1982; Palmer, 2001) y mediante la utilización de determinados conjuntos de opciones de un cuestionario de respuestas múltiples, que nos permitiera obtener información de las zonas del perfil conceptual. Este cuestionario fue confeccionado teniendo en cuenta las actividades de evaluación propuestas por Watts (1982), Camino y Martínez (2005) y, Osborne y Gilbert (1980). Para su validación se le aplicó a 50 alumnos universitarios de segundo año (19–21 años de edad) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata que se encontraban cursando la asignatura Física 1. Luego fueron realizadas entrevistas a 10 alumnos seleccionados al azar que habían respondido el cuestionario a los efectos de corroborar la correcta interpretación del contenido, lenguaje y ubicación de las preguntas dentro del instrumento (ver Anexo).

Recolección y organización de datos: Los alumnos de todos los grupos respondieron el cuestionario dentro de los respectivos horarios de clases con una duración asignada de 30 minutos. Con los resultados obtenidos realizamos la categorización de las respuestas para los conceptos de masa, peso y gravedad.

Resultados de la primera etapa: La elaboración del perfil conceptual implica estructurar las ideas de los alumnos en zonas que suponen diversos compromisos epistemológicos y ontológicos. Se utilizó el análisis propuesto por Ribeiro do Amaral y Mortimer (2004). En el cuadro 1 se presenta el perfil conceptual elaborado. La zona percepto-intuitiva manifiesta la falta de conceptualización entre masa, gravedad y peso, como consecuencia de la necesidad de encontrar una relación intuitiva causal de los mismos. La zona empírica muestra una evolución hacia una conceptualización causal que involucra la relación con distintas propiedades, instrumentos de medida y medios. Es clara la evolución, con la instrucción, hacia las zonas formal y racionalista en las cuales los conceptos asumen un carácter ontológico diferente y quedan identificados por un formalismo matemático apropiado.

ZONAS DEL PERFIL CONCEPTUAL				
Conceptos Involucrados	ZONA PERCEPTO-INTUITIVA	ZONA EMPÍRICA	ZONA FORMAL	ZONA RACIONALISTA
MASA	La masa es el peso. La masa es el tamaño del cuerpo. La masa es el volumen del cuerpo.	A mayor volumen, mayor tamaño o mayor peso tiene mayor masa.	La masa se opone a la acción de una fuerza.	Se relacionan magnitudes macroscópicas con microscópicas: masa está relacionada con la cantidad de materia. Se conceptualiza una masa inercial y una gravitacional.
GRAVEDAD	La causa de la gravedad es el peso. La gravedad requiere de un medio: - Si hay vacío no hay gravedad - La causa de la gravedad es la atmósfera	Medir la gravedad es medir el peso de un cuerpo. La gravedad de la tierra o un planeta aumenta con el peso. La gravedad de la tierra o un planeta aumenta con el volumen.	La gravedad apunta siempre hacia abajo. La gravedad es una aceleración que actúa cuando los objetos caen. Predomina el formalismo matemático para el establecimiento de leyes: Ley de Gravitación universal, Segunda ley de Newton.	Se le otorga un carácter ontológico diferente a la gravedad y al peso.
PESO	El peso es la masa del cuerpo. El peso es la presión de un cuerpo sobre la tierra.	No hay distinción entre las balanzas de platillos y las de resorte. Toda balanza mide peso. El peso depende del tamaño y del volumen	El peso es el producto de la masa por la gravedad.	Se amplía el concepto de fuerza como manifestación de un campo.

Cuadro 1: Perfil conceptual.

Segunda etapa: Diseño de un modelo didáctico analógico.

Introducción: Si existe un punto de partida ese debe ser la ley de gravitación universal junto con el tercer principio de Newton. En primer lugar es de vital importancia el análisis previo del concepto de interacción involucrado en el tercer principio, analizando distintos tipos de ejemplos en los cuales quede en evidencia que el mecanismo de interacción entre dos cuerpos determina la existencia de fuerzas en la naturaleza. Las fuerzas de acción a distancia, como en el caso de la atracción gravitatoria, traen aparejada una dificultad conceptual adicional, el “agente transmisor” de dichas fuerzas. Las fuerzas de “contacto” producen una aceptación natural por parte de los alumnos, que creen que el contacto existe y no es necesario ningún agente. Pero, en el caso gravitatorio es totalmente diferente, y es precisamente en este punto en donde se encuentra la dificultad inicial. Esta dificultad hay que sortearla, y la utilización de una analogía puede ayudar a una correcta conceptualización.

Objetivo y aplicación: El modelo didáctico que planteamos tiene por objetivo introducir estos conceptos en una especie de juego entre el profesor y los alumnos participantes del curso. Es función del docente lograr la correcta adecuación de los conceptos involucrados mediante la correspondencia entre este modelo a gran escala y el modelo teórico objeto de la enseñanza.

Presentación en el aula:

Un buen ejemplo como para desarrollar en el aula y lograr una adecuada comprensión de los conceptos es el de la interacción entre la Luna y la Tierra. Planteamos entonces a los alumnos que imaginen a la Luna siendo atraída por la Tierra (y la Tierra por la Luna) de acuerdo con la ley de gravitación universal y el tercer principio de Newton. Se plantea ahora la siguiente cuestión

¿cómo se entera la Luna de la presencia de la Tierra?. El alumno debe acceder a una relación de tipo causal para poder incorporar los conceptos involucrados a su razonamiento.

Planteada la pregunta, la ampliamos presentando la siguiente situación problemática: imaginemos que la Luna, es tomada por King Kong y corrida un metro de su órbita. La Luna, inmediatamente registra el aumento de la distancia que la separa a la Tierra en un metro, y ajusta la fuerza de atracción con la Tierra de acuerdo con la ley de gravitación universal, pero ¿cómo se entera la Tierra de dicho cambio?. Esta pregunta tiene asociadas a varias problemáticas: el agente, o mediador, o si se quiere el interlocutor que controla la interacción gravitatoria, y el retardo necesario que tiene que existir para que la información del corrimiento llegue hasta la Tierra. Este panorama brinda un verdadero marco de abstracción, necesario para pensar en una fuerza como resultado de la interacción entre dos cuerpos.

Esperamos que salgan a la luz los modelos conceptuales de los alumnos sobre gravitación y según distintos contextos, seguramente se mencionarán las palabras gravedad, gravitación, campo, campo gravitatorio, el medio, vacío, etc. Ahora podemos introducir el nombre con que el físico reconoce al agente de la interacción: el gravitón. Introducir al gravitón sin un recurso didáctico adecuado puede llevar a un desconcierto aún mayor. Por eso recurrimos a la utilización de una dramatización en la cual el profesor y un alumno representarán a la Luna y a la Tierra, y una tiza a un gravitón intercambiado. El profesor arroja la tiza al alumno, al que se le solicita que cuando la reciba la vuelva arrojar hacia profesor, generándose un intercambio continuo de la tiza, entre el profesor y el alumno. Los estudiantes podrán comenzar a visualizar el mecanismo de la interacción: un intercambio del agente (gravitón) entre los dos objetos que desarrollan la interacción. Para evidenciar lo que ocurre cuando varía la distancia, el profesor se aleja del alumno dificultando aún más el intercambio de la tiza, lo que requiere un “ajuste” por parte del receptor en cómo la recibe y cómo la tiene que volver a arrojar. Este “ajuste” pone en evidencia que fue modificada la distancia y por lo tanto el intercambio es diferente. Si el profesor disminuye la distancia, el intercambio se hace más frecuente y la forma de recibir y arrojar debe sufrir un ajuste sustancial. Logrado esto, se dificulta aun más la interacción, trabajando con dos tizas en forma simultánea, el profesor le arroja una al alumno y el alumno le arroja otra al profesor. Si se consiguiera mantener esta situación con la habilidad del profesor y la del alumno, se verá claramente la existencia de un intercambio mutuo entre los dos cuerpos, y se notará la necesidad de un “ajuste” al momento de acortar o agrandar la separación entre los cuerpos.

Esta dramatización realizada en forma conjunta entre el docente y los alumnos, ha permitido desarrollar un nuevo modelo conceptual que tiene en cuenta los conceptos de interacción, agente y campo. La segunda etapa de la analogía propuesta consiste en recurrir a imágenes visuales del mecanismo de la interacción gravitatoria que tiene que lograr cubrir e involucrar:

- La masa es una característica intrínseca del cuerpo.

- El agente involucrado conduce a la idea de campo gravitatorio como un medio que provee el mecanismo de interacción.
- Toda interacción necesita la presencia de dos cuerpos (que intercambien el agente).

En la Figura 1 se representa un modelo analógico de un cuerpo que posee una cierta masa. En él se modeliza su estructura interna. Como agente de interacción se utiliza una representación similar a una medusa con sus tentáculos. En los tentáculos se ha caricaturizado al gravitón y se puede visualizar también que la distribución radial de los “tentáculos” nos permite introducir la idea de campo gravitatorio. La Figura 2 muestra un detalle de las partículas que componen su estructura interna, en donde puede apreciarse el detalle interno de la molécula (con un martillo sé modeliza la energía interna con capacidad de realizar trabajo) y su “tentáculo” a modo de campo. La Figura 3 representa la interacción entre dos cuerpos, en particular se muestra a la Tierra interactuando con un cuerpo cualquiera, poniéndose de manifiesto la atracción mutua debido a que ambos comparten la misma propiedad: tienen masa. En la Figura 4 se representa a un cuerpo que interactúa con otros tres a través del agente de interacción, el gravitón.

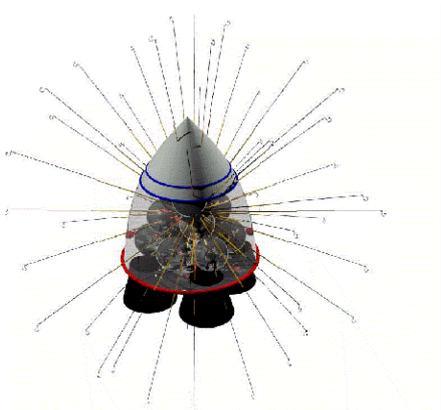


Figura 1: cuerpo que posee masa.



Figura 2: Detalle de las partículas y del agente de interacción.

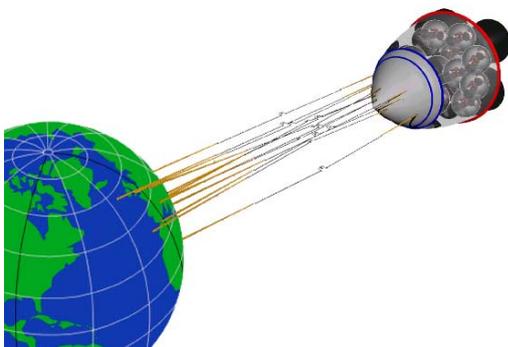


Figura 3: Cuerpo en interacción con la Tierra.

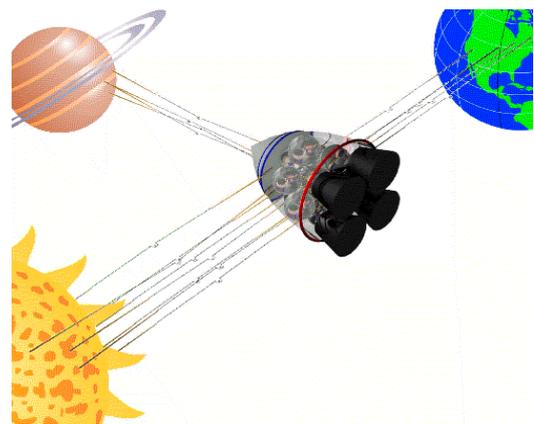


Figura 4: varios cuerpos interactuando

CONSIDERACIONES FINALES

La elaboración del perfil conceptual de los estudiantes se constituye en un instrumento para el planeamiento y análisis de la enseñanza de la Física. Entonces el aprendizaje de los conceptos podrá interpretarse como cambio de los perfiles conceptuales. De modo que una tarea esencial del docente es ayudar a superar los conflictos epistemológicos e inducir a los alumnos a reflexionar sobre sus propias ideas para conducirlo a las ideas científicas.

Las analogías son herramientas poderosas que se utilizan en el proceso de enseñanza-aprendizaje para hacer familiar aquello que no es muy asequible. Permiten relacionar una situación cotidiana para el alumno con otra desconocida o nueva, facilitando la relación de la información y la elaboración de estructuras de conocimiento más comprensibles. Contribuyen, de esta forma, a un aprendizaje menos memorístico y más significativo (Duit, 1991; Glynn, 1991). Su objetivo es facilitar la comprensión de los conceptos científicos teóricos, para los que no existen ejemplos perceptibles en el entorno.

La evaluación de la efectividad de la aplicación del modelo didáctico analógico propuesto será una tarea de nuestro próximo trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BERG, T. y BROUWER, W. (1991). Teacher awareness of student alternative conceptions about rotational motion and gravity. *Journal of Research in science teaching*. 28(1), 3-18.
- BONDI, H. (1971). Europe's space effort and gravitation. En H., Messel and T. S., Butler (Ed.), *Pioneering in Outer Space*. London: Heinemann Educational.
- CAMINO, N. y MARTÍNEZ, J. M. (2005). Algunas concepciones sobre la gravedad en la luna. *Memorias REF 14 (Reunión de Educadores en Física)*. San Carlos de Bariloche. Argentina.
- CLEMENT, J. (1982). Students' preconceptions in Introductory Mechanics. *American Journal of Physics*. 50, 66-71.
- DUIT, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*. 75(6), 649-672.
- GLYNN, S. (1991). Cap. 10, Explaining Science Concepts: A Teaching with Analogies Model. En S, Glynn; R, Yeany and R, Britton (Ed), *The Psychology of Learning Science*. (pp 219-240).
- GUNSTONE, R y WHITE, R (1981). Understanding of gravity. *Science education*. 65(3), 291-299.
- HALLOUN, I.A. y HESTENES, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*. 53(11), 1043-1055.
- LEHRER, R. y SCHAUBLE, L. (2000). Modeling in mathematics and science. In R., Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*. Mahwah, N. Y., Laurence Erlbaum.
- MAYER, M. (1987). Common sense knowledge versus scientific knowledge: the case of pressure, weight and gravity. *Proceedings of the second international seminar: misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. CORNELL, USA.
- MCDERMONTT, L. C. (1998). Section C1, Student's conceptions and problem solving in mechanics from: Connecting Research in Physics Education with Teacher Education. *En I.C.P.E. Book International Commission on Physics Education*.

- MORTIMER, E. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science and Education*. 4, 267-285.
- NOCE, G.; TORO SANTUCCI, G. y VICENTINI, N. (1986). Peso, aria e gravità: rappresentazioni mentali a vari livelli di eta. *La Fisica nella Scuola XIX*. 4, 242-251.
- OSBORNE, R. y GILBERT, J. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education*. 15, 376-379.
- PALMER, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*. 23(7), 691-706.
- RIBEIRO AMARAL, E. y MORTIMER, E.F. (2004). "Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química". *Educación Química*. 15 (3), 218-233.
- WATTS, D. (1982). Gravity - don't take it for granted! *Physics Education*. 17, 116-121.
- ZAMORANO, R. GIBBS, H. MORO, L. VIAU, J. (2006). Evaluación de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 3(3), 392-408.

ANEXO

CUESTIONARIO: MASA, PESO y GRAVEDAD. Para responder este cuestionario tenga en cuenta la siguiente consideración:
Las preguntas 7 y 9, desarróllelas en la parte de atrás de esta hoja.

1.- Tu peso en la Luna con respecto de tu peso en la Tierra es:

- a) igual
- b) mayor
- c) menor
- d) menor y vale cero porque en la Luna flotás
- e) ninguna de las anteriores

2.- Tu masa corporal en la Luna respecto de tu masa corporal en la Tierra es:

- a) igual
- b) mayor
- c) menor
- d) menor y cero porque en la Luna flotás
- e) ninguna de las anteriores

3.- Indique con una cruz respecto de la existencia de gravedad en los siguientes lugares:

LUGAR	¿Hay gravedad?	
	SI	NO
En la Tierra		
En la Luna		
En un Planeta		
Dentro de un recipiente en que se ha hecho vacío y que se encuentra sobre la superficie terrestre		
En la cima de una montaña		
En el fondo del mar		

4.- La gravedad de la Tierra es consecuencia de:

- a) la atmósfera
- b) su peso
- c) su masa
- d) su volumen
- e) ninguna de las anteriores

5.- El peso de un cuerpo es consecuencia de:

- a) la atmósfera
- b) la gravedad
- c) del tamaño
- d) el volumen
- e) ninguna de las anteriores

6.- Indique con una cruz ¿en qué lugares un cuerpo pesa?

LUGAR	¿Pesa un cuerpo?	
	SI	NO
En la Tierra		
En la Luna		
En un Planeta		
Dentro de un recipiente en que se ha hecho vacío y que se encuentra sobre la superficie terrestre		
En lugares donde hay ausencia de gravedad		
En el fondo del mar		

7.- Defina con sus palabras en no más de 3 renglones qué entiende por MASA y PESO.

8.- La masa de un cuerpo es consecuencia de:

- a) su peso
- b) su tamaño
- c) la gravedad
- d) la cantidad de materia que posee
- e) su volumen
- f) ninguna de las anteriores

9.- Realice un dibujo esquemático de un cuerpo en donde se pueda visualizar gráficamente lo que usted entiende por MASA y PESO del cuerpo.