

La enseñanza del concepto de masa a partir de un modelo de enseñanza por investigación

Manuel Alonso Sánchez

Conseguir que los estudiantes de secundaria y/o de bachillerato construyan y utilicen correctamente el concepto de masa es uno de los mayores retos que ha de afrontar el profesorado de física en estos niveles de enseñanza. En este trabajo se discute un conjunto de actividades de aprendizaje que, desde una orientación de la enseñanza de las ciencias como investigación, puede contribuir a una progresiva apropiación por las alumnas y los alumnos de este concepto central en la enseñanza de la física. La presentación y discusión en torno a esta secuencia de actividades pretende también mostrar algunas de las principales potencialidades del modelo de enseñanza desde el que han sido elaboradas.

Introducción

La dificultad para lograr que los estudiantes se apropien de las diferentes definiciones de esta magnitud (masa como cantidad de materia, masa inercial, masa gravitatoria) y hagan un uso correcto de las mismas, hace necesario realizar un esfuerzo por aportar soluciones didácticas que puedan contribuir a una mejor enseñanza de este concepto.

Sobre este particular existen trabajos recientes que han llamado la atención sobre errores conceptuales en los libros de texto (y en el profesorado) en torno a esta magnitud (Zalamea y Paris, 1992) y otros que se han centrado en clarificar las diferentes definiciones de la misma y sugerir criterios para decidir qué definición o definiciones pueden resultar didácticamente más significativas y teóricamente consistentes (Domenech, 1992). Aquí vamos a discutir un conjunto de actividades de aprendizaje diseñadas para contribuir a la construcción y una correcta utilización de este concepto en clase. Estas actividades han venido siendo planteadas desde nuestro modelo de enseñanza-aprendizaje de la física como investigación (Gil y otros, 1991), como parte de las ejemplificaciones que dicha propuesta global de enseñanza ha producido acerca de los diferentes apartados didácticos, desde los trabajos prácticos de laboratorio (Gil y Payá, 1988; Payá, 1991), hasta la misma evaluación (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1991; Alonso, 1994), pasando por la introducción de los conceptos (Carrascosa, 1987) y la resolución de problemas (Gil y Martínez Torregrosa, 1987; Gil y otros, 1989). Trataremos de mostrar que una secuencia de aprendizaje, conformada por actividades referidas a cada uno de los aspectos citados, puede contribuir a una progresiva apropiación por los estudiantes de este concepto central en la enseñanza de la física.

El trabajo práctico sobre la caída de graves. Un buen proyecto para plantear el tema de la masa

Aunque el problema de la masa se puede plantear con anterioridad -y, cuando menos, es conveniente que los estudiantes adquieran una idea de masa como *cantidad de materia* en un nivel 12-14 años (Martínez Torregrosa, Alonso y otros, 1993)-, es posiblemente al enfrentar a los grupos de clase con el trabajo práctico sobre la caída de graves cuando se suelen hacer evidentes por primera vez algunas de las dificultades que plantea este concepto. En nuestra propuesta curricular este trabajo práctico se ha diseñado para alumnos de 15-16 años y contextualizado en un tema de cinemática (Calatayud, M.L.; Gil, D. y otros, 1990; Martínez Torregrosa, Alonso y otros, 1995). Reproducimos a continuación la actividad que da inicio a dicho trabajo práctico, junto con los oportunos comentarios en relación con el tema que nos ocupa:

1. ¿Qué puede decirse, partiendo de la experiencia y observaciones cotidianas, sobre el movimiento de caída de los cuerpos?

Comentario 1. Los comentarios de los equipos en esta actividad suelen poner de manifiesto la complejidad del problema de la caída libre, mostrando la necesidad de acotarlo (por ejemplo, se señala la conveniencia de eliminar el rozamiento o hacerlo prácticamente nulo) y, una vez hecho esto (es decir, una vez precisado el problema como "estudio cinemático de la caída de los cuerpos en ausencia de rozamiento"), permiten recoger hipótesis acerca:

- a. Del tipo de movimiento (que los estudiantes suponen de rapidez creciente y, probablemente, uniformemente acelerado);
- b. De la influencia de la masa sobre la velocidad.

Sobre esta segunda cuestión, se opina mayoritariamente que cuanto mayor sea la masa, antes llegará el cuerpo al suelo e, incluso, algunos estudiantes precisan que si la masa aumentara al doble, el tiempo de caída (desde una cierta altura) se reduciría a la mitad. Si instamos a los equipos a exponer las razones de esta predicción, expresan que ha de ser así porque la Tierra atrae más a los cuerpos con más masa.

Como vemos, esta primera actividad permite hacer explícita la hipótesis de dependencia del tiempo de caída libre con la masa. Formulada esta hipótesis, en las siguientes actividades del trabajo práctico (que no comentaremos aquí) los equipos proponen un diseño experimental para contrastarla y, seguidamente, proceden a realizar el experimento correspondiente. Esta experiencia pone de manifiesto que, en contra de lo predicho, la masa no afecta (en ausencia de rozamiento) al tiempo de caída, si bien los estudiantes no pueden entender en este momento las razones de este hecho. Más aún, la discusión posterior permite aclarar que las razones que fundaron su hipótesis son correctas y pueden corroborarse (se puede, en efecto, comprobar que la Tierra atrae más a los cuerpos de mayor masa, simplemente, colgando dos cuerpos de distinta masa de un mismo dinamómetro). De manera que el problema en este momento queda planteado en los siguientes términos:

¿A qué puede deberse que, a pesar de que la Tierra atrae más a los cuerpos de más masa, todos los cuerpos caen (en ausencia de rozamiento) con la misma aceleración?

Las actividades de invención de conceptos un primer eslabón en el proceso de apropiación de los conceptos de *masa inercial* y *masa gravitatoria*

Un primer avance hacia la clarificación de los conceptos de masa tiene lugar en nuestro proyecto cuando se propone a los equipos "inventar" y poner a prueba esta magnitud en un determinado momento del desarrollo de los temas sobre dinámica y gravitación. En el estudio de la dinámica se produce una primera aproximación al concepto de masa inercial y al presentar la ley de gravitación se introduce la idea de una masa gravitatoria (Calatayud, Gil y otros, 1990; Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1995).

Por lo que se refiere a la masa inercial, la construcción de este concepto está ligada a la construcción del concepto de fuerza, que puede comenzar con las siguientes actividades:

2. Toda nuestra práctica habitual conduce al concepto de fuerza como causa del movimiento. Este concepto de fuerza encierra dificultades que quedan reflejadas en los Diálogos de Galileo. El profesor, junto con un alumno, procederá a la lectura o representación de un fragmento de estos diálogos.
3. A partir del análisis del diálogo anterior, señalad si pueden considerarse correctas las siguientes afirmaciones:
 - a. Los cuerpos tienden al reposo.
 - b. Para que un cuerpo permanezca en movimiento ha de estar actuando fuerza sobre él.

4. Según la física aristotélica, "las fuerzas son las causas del movimiento, de la velocidad que tiene un cuerpo". Esta expresión puede considerarse como una definición cualitativa de fuerza. Proponed una definición alternativa a partir de lo discutido hasta aquí.

Sin entrar a comentar estas actividades (pueden consultarse comentarios detallados en Calatayud, Gil y otros, 1990), diremos que mediante las mismas es posible conseguir que los equipos lleguen a plantear el principio de inercia en términos de que no es necesaria ninguna fuerza para que un cuerpo esté con movimiento rectilíneo uniforme, cuestionando de este modo a la idea de fuerza como causa del movimiento y acercándose a una concepción de dicha magnitud como causa de la modificación del movimiento. Una vez logrado este avance, se puede proceder a la operativización del concepto y del concepto asociado de masa inercial. Esto es lo que se pretende con las actividades que se comentan a continuación:

5. El concepto cualitativo de fuerza de la física aristotélica sugiere una proporcionalidad entre la fuerza F , aplicada a un objeto y la velocidad que tiene, es decir, en un lenguaje actual: $F=Kv$, expresión que puede considerarse como definición operativa de fuerza. Dad, a título de hipótesis, otra definición operativa coherente con las nuevas ideas cualitativas.

6. Intentad dar significado a la constante K . Considerad para ello qué ocurrirá con cuerpos de K muy grande o muy pequeña.

Comentarios 5 y 6. En la actividad 5, los equipos proponen $F=Ka$ como forma operativizada de expresar el concepto de fuerza introducido cualitativamente en las actividades anteriores. A partir de aquí, la discusión en torno a los distintos valores de K permite realizar la primera aproximación al concepto de masa inercial. Puesto que, cuanto mayor sea K , la aceleración producida por una fuerza de valor determinado será más pequeña, parece lógico considerar que K ha de ser una propiedad de cada cuerpo, tal que cuanto menor es la K de un cuerpo más fácilmente se acelera (entendiendo por ello que una fuerza dada puede provocar mayores cambios de velocidad en un determinado intervalo de tiempo) y cuanto mayor es la K de un cuerpo, menor es la variación de velocidad que puede producir una fuerza dada en un intervalo de tiempo determinado. Estas consideraciones se pueden enriquecer aludiendo a ejemplos de cuerpos que tienen una K *grande o pequeña* (por ejemplo, camiones, rocas, guijarros,...), lo que ayuda a asociar esta propiedad (la masa inerte o masa inercial) a la cantidad de materia.

Así, al construir el concepto newtoniano de fuerza se tiene una primera aproximación a la construcción del concepto asociado de masa inercial, m_i , magnitud que se introduce como una propiedad de los cuerpos, cuyo valor mayor o menor va a suponer que una fuerza determinada podrá producir sobre dicho cuerpo una menor o mayor aceleración. Vamos a ver ahora cómo pueden los equipos aproximarse a la idea de una masa gravitatoria, m_g . Esto ocurre al presentar la ley gravitación, concretamente con la ayuda de la siguiente actividad:

7. Señalad a título de hipótesis, de qué factores dependerá la fuerza gravitatoria entre dos cuerpos.

Comentario 7. Los estudiantes no tienen aquí especial dificultad en avanzar la dependencia de la fuerza con las masas de los cuerpos (consideran que cuanto mayor sea la masa de cualquiera de los dos cuerpos mayor será la fuerza de interacción entre ellos) y con la distancia (debiendo el profesor precisar la dependencia de la fuerza con el inverso del cuadrado de la misma), lo que permite expresar, a modo de hipótesis, la ley de gravitación.

Es decir, al producir la hipótesis de gravitación universal, aparece una propiedad de los cuerpos (que los alumnos también asocian a la cantidad de materia de éstos), cuyo valor influye en las fuerzas de interacción gravitatoria, de modo que cuanto mayor sea esta masa gravitatoria, m_g , mayor será la fuerza de atracción y cuanto menor sea dicha masa gravitatoria, menor será dicha fuerza. No vamos a entrar a discutir aquí si habría que considerar la masa gravitatoria como otra forma de operativizar la idea de cantidad de materia o si, de acuerdo con la interpretación de Einstein (Einstein e Infeld, 1939), habría que poner el énfasis en entender la masa inercial y la masa gravitatoria como dos propiedades independientes, cuyos valores coinciden. Lo que en todo caso es esencial, llegados aquí, es que los estudiantes perciban que el hecho de que todos los cuerpos caen con la misma aceleración sería (de

acuerdo con la primera interpretación) una consecuencia de la equivalencia entre ambas masas o (según la segunda posibilidad) una evidencia experimental de dicha equivalencia (Brown, 1960; Misner y otros, 1973). Esto es, justamente, lo que se pretende enfatizar en la siguiente actividad:

8. A partir de la ley de gravitación universal, mostrad que la aceleración de caída libre ha de ser la misma para todos los cuerpos, independientemente de su masa (como ya pudimos comprobar empíricamente en cinemática).

Comentario 8. Los equipos no encuentran especial dificultad en resolver operativamente esta actividad, es decir, en obtener la aceleración de caída $a=GM/d^2$ (independiente de la masa del cuerpo) a partir de las expresiones $a=F/m$ (expresión del segundo principio de la dinámica) y $F=GMm/d^2$ (expresión de la ley de gravitación). Pero la verdadera riqueza de este desarrollo quedará enmascarada si (tal como suele ocurrir en los textos) no se hacen las oportunas alusiones al significado de las masas que aparecen en cada una de las expresiones de partida. En este sentido nos parece esencial, para contribuir a una comprensión significativa por los alumnos del problema de la masa, recordar que la masa que aparece en la expresión de la segunda ley de Newton es la propiedad que se ha introducido en la actividad 6 (la masa inercial, m_i), mientras que la masa que aparece en la segunda expresión (correspondiente a la ley de gravitación) es la masa gravitatoria, m_g , que se acaba de introducir en la actividad 7. De manera que es debido a la equivalencia entre ambas propiedades, por lo que la aceleración de caída es la misma para todos los cuerpos o, si queremos, el hecho de que todos los cuerpos caigan con la misma aceleración evidencia la equivalencia entre ambas masas.

Así, al final de este desarrollo, los estudiantes pueden empezar a comprender por qué dos cuerpos de distinta masa caen (en ausencia de rozamiento) con la misma aceleración, a pesar de que la Tierra atrae más a los cuerpos de mayor masa. A la luz de los conceptos de masa inercial y masa gravitatoria, pueden apreciar que la Tierra atrae más a los cuerpos de mayor masa (gravitatoria), los cuales, sin embargo adquieren menor aceleración que aquellos que poseen menos masa (inercial). En el movimiento de caída libre la masa "más evidente" para los alumnos y alumnas es la masa gravitatoria, lo que explica que sea la única que consideran inicialmente cuando hacen sus predicciones sobre el tiempo de caída.

Los problemas como investigación

Una herramienta didáctica muy potente para afianzar los conceptos construidos

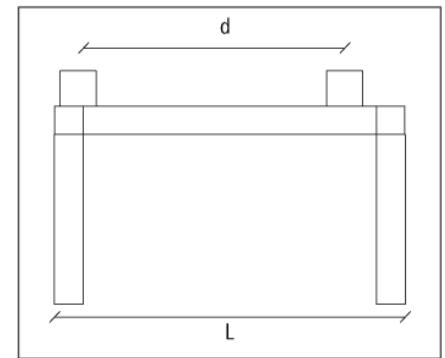
Lo mostrado hasta aquí nos ha permitido apreciar que es posible favorecer que los estudiantes de secundaria se acerquen a la comprensión del problema de la masa, llegando a precisar esta magnitud en términos de masa inercial y masa gravitatoria y a establecer la equivalencia entre ambas. Sin embargo, *el problema de la masa* puede reaparecer fácilmente en otros contextos, ya que, si en el ejemplo que se ha discutido (la caída libre) la dificultad puede estar en no utilizar la idea de masa como masa inercial (reduciendo el análisis a la *más evidente* masa gravitatoria), en otras muchas situaciones la dificultad proviene justamente de la tendencia contraria, es decir, de la tendencia a no utilizar el concepto de masa gravitatoria cuando la influencia del campo gravitatorio sobre el movimiento que se esté estudiando es *menos evidente* que la influencia de la propiedad masa inercial. Es necesario, por ello, continuar la secuencia de aprendizaje con otras actividades, para ayudar al alumnado (tanto en secundaria como, después, en bachillerato) a afianzar estos conocimientos. En este sentido, puede jugar un papel destacado la realización de problemas abiertos planteados como investigación (Gil y Martínez Torregrosa, 1987; Gil y otros, 1989), mediante los cuales los equipos van a poder explicitar sus concepciones sobre el tema que nos ocupa, contrastarlas y cuestionarlas si es necesario. A continuación mostramos un problema muy sencillo (en el que *la masa más evidente* para los estudiantes es la masa inercial), que puede ilustrar la potencial contribución de estas situaciones de aprendizaje a asentar estos conceptos (Gil y Martínez Torregrosa, 1987):

9. Se hace deslizar un objeto sobre una mesa (horizontalmente). ¿Se caerá de la mesa?

Comentario 9: Ante la situación planteada, las primeras consideraciones cualitativas en las que los grupos de alumnos y alumnas coinciden sin dificultad, conducen a simplificar la situación asociándola a

un deslizamiento horizontal del objeto sobre la mesa. Los equipos consideran que el objeto se desliza con movimiento acelerado (siendo la aceleración contraria al sentido del movimiento) y operativizan el problema en términos de buscar cuál es la distancia d recorrida por el móvil hasta que se detiene (ver Figura 1). Si esta distancia es menor o igual que la longitud de la mesa L , el objeto no se caerá de ésta.

Figura 1



Acotado el problema de este modo, los grupos proceden a exponer, a modo de hipótesis, de qué factores puede depender la magnitud buscada d , la forma de esta dependencia y algunos casos límite de fácil interpretación. Concretamente, consideran que la distancia d recorrida por el móvil dependerá de la velocidad inicial v_0 que lleva el objeto una vez ha abandonado la mano y comienza a deslizar sobre la mesa, del coeficiente de rozamiento μ y de la masa m del cuerpo (algún alumno puede aludir al tiempo que tardará el objeto en detenerse, pero, en este caso, rápidamente surgen comentarios sobre la dependencia de este tiempo de los factores anteriormente considerados). Una vez formuladas estas hipótesis, conviene pasar a su discusión y profundización. Así, los estudiantes expresan que d aumentará si lo hace v_0 , debiendo ser nula si v_0 es nula (o que tenderá a infinito si lo hace v_0), consideran que d disminuirá si lo hace μ (tendiendo a cero si μ tiende a infinito) y, acerca de la influencia de la masa, los estudiantes predicen que d aumentará al aumentar ésta, ya que consideran que cuanto mayor sea la masa del cuerpo, menos frenará sobre la mesa.

Es decir, en la fase de emisión de hipótesis de este problema los estudiantes sólo consideran la influencia de la masa inercial, olvidando la *menos evidente* influencia de la masa gravitatoria. Tras esta reflexión cualitativa, se procede a la elaboración de posibles estrategias de resolución y a la resolución propiamente dicha (que no comentaremos aquí), las cuales permiten obtener finalmente el resultado conocido $d = v_0^2 / 2\mu g$. Este resultado confirma las hipótesis emitidas acerca de la influencia de v_0 y μ , pero cuestiona la predicción efectuada por los alumnos y alumnas acerca de la influencia de la masa. Es ahora el momento de llamar la atención a la clase sobre este hecho, lo que obliga a realizar un análisis más detenido de la influencia de la masa en términos de masa inercial y masa gravitatoria. Este análisis permite aclarar que, tal como han predicho los equipos, es verdad que cuanto mayor es la masa (inercial) del objeto, menor es la distancia, y obliga a tener en cuenta también que cuanto mayor es la masa del objeto (gravitatoria), mayor es la fuerza de interacción entre éste y la mesa y, por tanto, mayor es la fuerza de rozamiento y menor la distancia recorrida. De hecho, al resolver el problema se puede expresar la segunda ley de Newton en función de la masa inercial ($F = m_i a$) y la fuerza de rozamiento en función de la masa gravitatoria ($F_{roz} = \mu m_g g$). En este caso, puede mostrarse operativamente que el resultado obtenido para la distancia ($d = m_i v_0^2 / 2\mu m_g g$) coincide con el resultado obtenido anteriormente debido a la equivalencia entre m_i y m_g .

Con este sencillo ejemplo vemos que el problema de la masa puede reaparecer en contextos distintos, siendo muy conveniente realizar un análisis cualitativo de la influencia de la masa en términos de masa inercial y (en presencia del campo gravitatorio) masa gravitatoria, para llegar a comprender completamente las situaciones planteadas. Con esta premisa, se puede completar la secuencia de actividades con una variedad de situaciones adecuadas para que los estudiantes puedan apropiarse de los conceptos de masa, secuencia de actividades que puede constar de una variedad de problemas de distintos niveles, preguntas de interregulación y autorregulación, etc. Dedicamos el siguiente apartado a comentar muy brevemente otros ejemplos de actividades que podrían formar parte de este conjunto.

Ejemplos de otras actividades de refuerzo y de evaluación

Como acabamos de señalar, el problema de la masa reaparece, a lo largo del estudio de la mecánica clásica, en cualquiera situación problemática en la que los estudiantes deban predecir la influencia de esta magnitud sobre otras propiedades del movimiento. Algunas de estas situaciones pueden ser especialmente adecuadas para contribuir a afianzar este concepto, si se integran en la secuencia de

aprendizaje que se acabamos de discutir y se explotan sus cualidades en la dirección apuntada por la misma. Veamos ahora algunas de estas actividades, acompañadas de unos breves comentarios:

10. Se construye un péndulo, consistente en una esfera de plástico llena de agua. Predecid cómo será el movimiento de la esfera suponiendo que se le hagan dos agujeritos por los que la esfera pierde agua a medida que oscila (Figura 2).

Figura 2

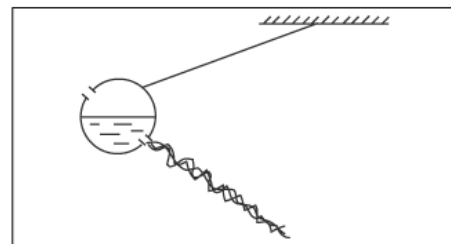
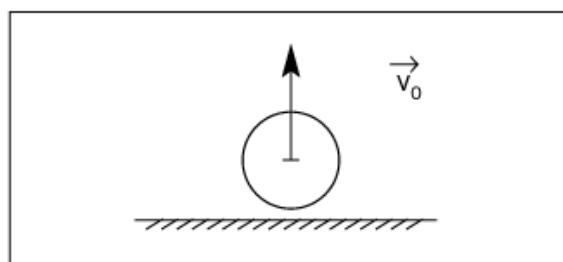


Figura 3

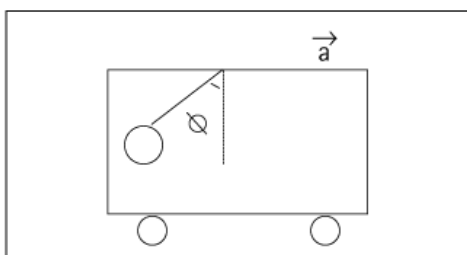


11. A una persona se le ha pedido que exprese cómo cabe esperar que influya la masa de un objeto en la altura que alcanza cuando es lanzado verticalmente hacia arriba (supuesto que el objeto inicia el movimiento con la misma velocidad v_0) (Figura 3). Su respuesta ha sido la siguiente: "Cabe esperar que cuanto mayor sea la masa del objeto, menor será la altura que alcance, ya que a mayor masa mayor fuerza de atracción por parte de la Tierra y, por tanto, más le cuesta al cuerpo subir". Dad argumentos a esta persona para que se dé cuenta de que su respuesta no es correcta y proponed una respuesta mejor.

su respuesta no es correcta y proponed una respuesta mejor.

Comentarios 10 y 11. Actividades como las anteriores son adecuadas para evidenciar que los alumnos consideran únicamente la influencia de la masa gravitatoria y no la inercial cuando predicen la influencia de esta magnitud en movimientos de caída libre o ascensión de objetos en un campo gravitatorio, a menos que se haya construido en clase el concepto de masa inercial y se haya explicitado la equivalencia entre ésta y la masa gravitatoria. La actividad 10 puede plantearse, por ejemplo, después de realizar un trabajo práctico sobre los factores que influyen en el movimiento de oscilación de un péndulo (Calatayud, Gil y otros, 1990), mostrando a los equipos que, aunque en dicho trabajo práctico han podido comprobar que la masa no influye (exactamente, la masa inercial y la masa gravitatoria influyen en sentidos opuestos) en el período, poco después vuelven a considerar que "al ir perdiendo agua la esfera, el movimiento se va haciendo más lento". Algo similar ocurre cuando se plantea la actividad 11 en la que los estudiantes suelen considerar (aunque acaben de realizar el trabajo práctico sobre la caída libre) que "cuanto mayor sea la masa, menor será la altura alcanzada por el cuerpo". Se ha redactado esta pregunta como una actividad de autorregulación (Alonso, 1994; Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1995), es decir, hemos incluido en el enunciado la respuesta errónea y solicitado a los alumnos y alumnas que argumenten en contra de ella. De este modo, la actividad puede aprovecharse como actividad de evaluación dedicada, no sólo a comprobar qué saben los estudiantes, sino sobre todo a impulsar su aprendizaje.

Figura 4



12. Se cuelga un péndulo del techo de un vagón de tren. ¿Cuanto se desviará de la vertical al acelerar el tren? (Figura 4).

13. Obtened la velocidad de giro de un satélite artificial en órbita circular alrededor de la Tierra.

14. Obtened el alcance de un tiro horizontal.

15. Se deja deslizar un cuerpo por un plano inclinado. ¿Con qué velocidad llegará a la base del plano? (Lo mismo lanzando el

cuerpo hacia arriba y preguntando qué altura alcanzará.)

Comentarios 12. 13. 14 y 15. En todos estos problemas abiertos, las predicciones de los estudiantes acerca de la influencia de la masa en el resultado pueden ser contradichas por éste si no se considera la influencia de ambas masas. Si se explicitan dichas masas al utilizar la segunda ley de Newton (m_i) y al expresar el peso del péndulo, el satélite o el objeto (m_g), el resultado obtenido en cada uno de estos problemas remite directamente a la equivalencia entre m_i y m_g , lo que ayudará a los equipos a reconsiderar su tendencia a tener en cuenta solamente la influencia de alguna de las masas. Por su parte, el tradicional problema del plano inclinado, además de poseer estas mismas virtudes, se puede resolver y analizar utilizando el principio de conservación de la energía, lo que permite hacer reflexiones sobre la influencia de la masa inercial (en relación con la energía cinética, $E_c=m_iv^2$) y de la masa gravitatoria (en relación con la energía potencial gravitatoria, $E_p=m_ggh$). Este análisis complementario de los problemas, utilizando las relaciones entre trabajo y energía, puede contribuir a afianzar la apropiación del concepto de masa al hacer evidente a los alumnos y alumnas la equivalencia entre ambas masas desde este otro contexto teórico.

16. Se envía un electrón entre las placas de un condensador ¿cuánto avanzará hasta chocar con una de ellas?

17. ¿Dónde incidirá una partícula cargada (por ejemplo, una partícula alfa) que se hace pasar por un espectrógrafo de masas?

18. Obtend una expresión para el radio de la órbita del electrón del átomo de hidrógeno.

Comentarios 16. 17 y 18. Para terminar de afianzar la apropiación por los estudiantes de las ideas de masa inercial y masa gravitatoria, es muy adecuado utilizar también situaciones en las que la influencia de una de las masas es despreciable. Esto ocurre cuando se trata de movimientos de partículas cargadas donde las propiedades intrínsecas de dichas partículas relevantes para el movimiento son la carga y la masa inercial y es despreciable la influencia de la masa gravitatoria, dado que la influencia del campo gravitatorio es, en estos casos, mínima frente a la del campo electromagnético. En estos problemas, los equipos pueden efectuar predicciones respecto de la influencia de la masa (inercial) y comprobar después su influencia en el resultado (que no es compensada ahora por la carga).

Últimos comentarios

Como hemos intentado mostrar, la apropiación del concepto de masa requiere la interiorización y un manejo significativo por los estudiantes de las ideas de masa inercial y masa gravitatoria, interiorización y manejo significativo que se pueden favorecer y poner a prueba mediante un conjunto de actividades en las que los estudiantes tengan ocasión de construir tentativamente estos conceptos, realizar predicciones acerca de la influencia de los mismos sobre el movimiento, poner a prueba estas predicciones, analizar resultados de problemas donde dichos conceptos reaparecen, etc. Estas actividades no pueden considerarse aisladamente, sino como parte del proyecto curricular global al que nos hemos venimos refiriendo a lo largo de todo el trabajo, cuyas ejemplificaciones abarcan desde la etapa 12-16 años (Martínez Torregrosa, Alonso y otros, 1993 y 1995), hasta el final del bachillerato (Calatayud, Gil y otros, 1990). Dentro de este contexto se pueden explotar las potencialidades de estas y otras muchas actividades de aprendizaje pensadas para incidir sobre el problema a que hemos dedicado este trabajo.

Manuel Alonso Sánchez

Profesor del IFP Virgen del Remedio de Alicante y colaborador del Servicio de Formación del Profesorado de la Comunidad Valenciana