

## 32 problemas de física y química resueltos como investigación

Presentamos «32 problemas de física y química para ESO y bachillerato resueltos como actividad de investigación», un recurso didáctico elaborado por Jaime Carrascosa, Salvador Martínez y Manuel Alonso. Al respecto, el modelo didáctico de resolución de problemas como investigación ayuda a impulsar y desarrollar la competencia científica entre el alumnado. De cada problema, se aporta una resolución literal y animaciones informáticas interactivas.

### Tipo de material

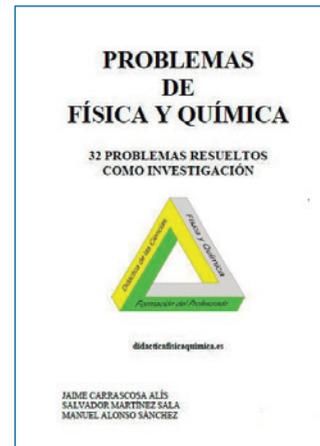
Página web «Problemas de Física y Química. 32 problemas resueltos como investigación»: <http://didacticafisicaquimica.es/problemas-fisica-quimica-resueltos-investigacion>.

### Destinatarios

Profesorado de física y química de ESO y bachillerato.

### Breve descripción

Las investigaciones son actividades diseñadas para dar al alumnado la oportunidad de trabajar de un modo que guarda similitudes con el utilizado por los científicos en la resolución de problemas, brindando, por tanto, la posibilidad de familiarizarse con el quehacer científico en un marco escolar. Este recurso tiene como finalidad ofrecer al profesorado un material suficiente de partida a partir del cual comenzar a trabajar este modelo y poder efectuar sus propias aportaciones para llevarlas a la práctica en sus clases.



### Finalidad del material y destinatarios

La competencia científica se puede definir como: «Emplear el conocimiento y la metodología científica de forma coherente, pertinente y correcta en la interpretación de los sistemas y fenómenos naturales, así como de las aplicaciones científico-tecnológicas más relevantes en diferentes contextos, para comprender la realidad desde la evidencia científica y tomar decisiones responsables en todos los ámbitos y situaciones de la vida». Esta competencia se puede desglosar en varios componentes, entre los que señalaríamos: «Identificar problemas de índole científica y realizar pequeñas investigaciones de documentación y experimentales en el tratamiento de situaciones problemáticas, valorando, utilizando y mostrando de forma adecuada habilidades y conductas propias de la actividad científica, para la resolución de dichas situaciones problemáticas y la obtención de evidencias como paso previo a la toma de decisiones». Esto implica que el profesorado de ciencias ha de impulsar una metodología de resolución de problemas como investigación, una estrategia adecuada para desarrollar la competencia científica del alumnado. Como hemos apuntado más arriba, las investigaciones son actividades elaboradas para que los alumnos y alumnas experimenten y se familiaricen con el modo de operar de los científicos a la hora de resolver problemas.

La mayor parte del profesorado de física y química reconoce que sería relativamente sencillo evitar presentar los trabajos prácticos «experimentales» como simples recetas y pasar a diseñarlos de una forma más coherente

con la investigación científica, contemplando en ellos aspectos esenciales de la misma como la generación de hipótesis, el diseño y realización de experimentos, el análisis crítico de resultados, etc. Sin embargo, no existe el mismo grado de acuerdo cuando se plantea llevar a cabo algo similar en la resolución de problemas «teóricos», una actividad también clave para la enseñanza-aprendizaje de la física y la química.

El Centro de Innovación, Formación y Recursos para el profesorado (CEFIRE) de Valencia organizó en 2019 un taller sobre resolución de problemas donde se mostró que también es posible incorporar la metodología de investigación a la resolución de problemas «teóricos» de física y química, a la luz de las investigaciones e innovaciones realizadas en este campo (Gil Pérez y Martínez Torregrosa, 1983; Gil Pérez y otros, 1991; Furió, Iturbe y Reyes, 1995; Martínez Torregrosa y Sifredo, 2005), aportaciones en las que se basa el modelo didáctico de resolución propuesto en este material que presentamos, en donde se muestran diversos ejemplos concretos. Dirigido al profesorado de física y química de ESO y bachillerato, este recurso didáctico tiene como fin proporcionar un material de partida a partir del cual comenzar a trabajar este modelo, de manera que cada docente pueda enriquecerlo con sus propias aportaciones y llevarlo a la práctica en sus clases.

## Adecuación y valoración del material

El material contempla 32 problemas de física y química para ESO y bachillerato resueltos como actividad de investigación. Para cada problema, se aporta una resolución literal y animaciones informáticas interactivas con las que el alumnado puede modificar los valores de los parámetros, poniendo así a prueba sus hipótesis. Esta aplicación informática de animación se puede bajar de la Red. Para abrirla, se debe instalar el programa Modellus 2.5 (ordenadores de 32 bits) o usar la aplicación Modellus 3 (ordenadores de 64 bits).

Los problemas se clasifican en:

- Problemas de cinemática.
- Problemas de dinámica.
- Problemas de gravitación.
- Problemas de hidrostática.
- Problemas de electrostática y electrodinámica.
- Problemas de otros temas de física.
- Problemas de química.

Todos los problemas están resueltos siguiendo las orientaciones metodológicas de Martínez Torregrosa y otros (2018). Para ejemplificar estos principios tomamos el primero de los 32 ejemplos que contiene el material.

### Situación problema: «Se lanza un cuerpo hacia arriba. ¿Qué altura máxima alcanzará?»

#### 1. Presentación de la situación problemática, discusión de su posible interés, precisión del problema y análisis cualitativo de la situación.

La situación abierta que se plantea en el enunciado se puede relacionar con el problema del lanzamiento de proyectiles y comentar brevemente la importancia histórica de los trabajos de Galileo en este campo o el fenómeno de la gravedad en general.

Asimismo, se puede precisar el enunciado considerando una de las situaciones más simples: el lanzamiento vertical desde el suelo de un objeto pequeño y compacto, de forma que podamos ignorar el efecto de rozamiento con el aire. Por otra parte, supondremos que no llega tan alto como para que podamos medir ninguna variación en el peso de dicho objeto.

Al lanzar el cuerpo hacia arriba desde el suelo, este sale con una rapidez inicial  $v_0$ , pero, debido a la gravedad, cada vez sube más lentamente, hasta que llega un momento en que se detiene y comienza a descender cada vez más aprisa. Tanto en la subida como en la bajada el objeto se halla sometido solo a la fuerza peso y se mueve con la aceleración de la gravedad.

En principio podemos suponer que el valor de la altura máxima alcanzada dependerá de la rapidez inicial con que se lance y del valor de la aceleración de la gravedad. Estas ideas se pueden resumir mediante la ecuación:  $h_{\max} = h(v_0, g)$  (imagen 1).

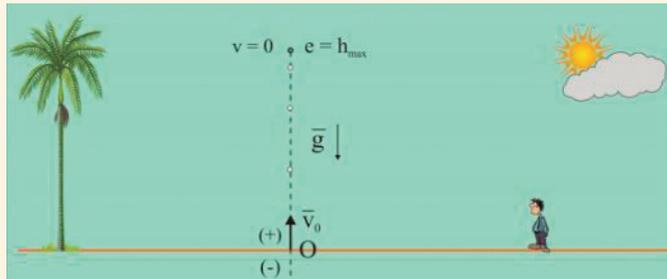


Imagen 1

### 2. Emisión de hipótesis

Generar hipótesis fundadas acerca de los factores de los que puede depender la magnitud buscada y la forma de dicha dependencia, imaginando, en particular, posibles casos límite de fácil interpretación física. Siguiendo con el ejemplo, podemos articular alguna hipótesis respecto a cómo van a influir cada una de esas variables en la altura máxima alcanzada. Así, por ejemplo, cabe pensar que:

- Cuando  $v_0$  aumente (se lance hacia arriba con mayor rapidez) más alto llegará.
- Cuando la gravedad disminuya la aceleración del objeto también será menor y su rapidez irá disminuyendo más lentamente, por lo que la altura máxima aumentará.

### 3. Diseño de posibles estrategias de resolución

Elaboración y exposición, de manera clara y concisa, de una posible estrategia para la resolución del problema antes de proceder a intentarlo, evitando recurrir al simple ensayo y error.

En nuestro ejemplo, dado que la trayectoria es conocida (línea recta perpendicular al suelo), podemos aplicar un tratamiento escalar para resolver el problema. Para ello escogeremos arbitrariamente un punto de la trayectoria como origen de espacios (por ejemplo, el punto del suelo desde donde se lanza) y un sentido como positivo (por ejemplo, hacia arriba).

La aceleración tangencial es constante y, según el esquema anterior, será negativa e igual a la aceleración de la gravedad. Se trata, pues, de un movimiento uniformemente acelerado, cuyas ecuaciones de movimiento son:

$$v = v_0 + a (t-t_0)$$

$$e = e_0 + v_0 (t-t_0) + \frac{1}{2} a (t-t_0)^2$$

Teniendo en cuenta las condiciones del problema los datos serían:

Un objeto de masa  $m$  que en el instante  $t_0 = 0$  se lanza desde el suelo ( $e_0 = 0$ ) verticalmente hacia arriba con una rapidez inicial  $v_0$  (positiva) y que se mueve con una aceleración sobre la trayectoria constante y negativa ( $-g$ ).

De acuerdo con lo anterior, la ecuación de la rapidez  $v$  y de la posición  $e$  en cualquier instante, vendrán dadas respectivamente por:

$$(1) v = v_0 - gt$$

$$(2) e = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$$

Otra posibilidad para resolver el problema es mediante consideraciones de trabajo y energía relativas al sistema objeto-Tierra. En este caso, de acuerdo con las condiciones del problema, la energía mecánica se conserva, mientras que la disminución de energía cinética en la subida ha de coincidir exactamente con el aumento de energía potencial gravitatoria.

#### 4. Resolución, análisis de resultados, implicaciones y nuevas perspectivas

Se trata de proceder a la resolución del problema de acuerdo con la estrategia escogida, razonando lo que se hace y por qué se hace, sin caer en «operativismos» carentes de significado, analizar el o los resultados obtenidos mediante resolución literal a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límites considerados. Efectuar también un sencillo análisis dimensional, analizar los valores encontrados planteándose si son valores lógicos o no y, finalmente, considerar nuevas perspectivas tras la resolución del problema.

Siguiendo con el ejemplo, mediante la primera estrategia, a partir de la ecuación (1) hacemos  $v = 0$  y despejamos con lo que:  $0 = v_0 - gt \rightarrow t = v_0/g$

Sustituyendo ahora en la ecuación (2) se obtiene que la altura máxima es:  $h_{\max} = v_0^2/2g$

Por medio de la segunda estrategia, bastaría con tomar como nivel 0 de energía potencial gravitatoria el suelo y tener en cuenta que, al alcanzar la altura máxima  $h$ , el objeto se para momentáneamente, con lo que la energía cinética en ese punto será nula. Así pues:

$$E_{p_0} + E_{c_0} = E_p + E_c$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = mgh_{\max} \rightarrow h_{\max} = v_0^2/2g$$

Mediante las dos estrategias propuestas se llega al mismo resultado literal, lo que refuerza su validez. Por otra parte, esta forma de proceder permite analizar dicho resultado y observar si se cumplen o no las hipótesis de partida. En primer lugar, la ecuación es dimensionalmente homogénea (L en ambos lados). Además, cuanto mayor es la rapidez con que se lanza el objeto mayor altura máxima alcanzará, si bien, ahora, es posible darse cuenta de una forma más precisa de cómo influye esa variable que, al estar elevada al cuadrado, hace que a doble rapidez inicial no se obtenga doble altura máxima sino cuádruple. También hay que llamar la atención, en su caso, sobre la no presencia de la masa en dicho resultado. Por último, se pueden dar unos valores lógicos y obtener un resultado numérico.

Además, es posible proponer nuevos problemas relacionados, que pueden resolverse en cursos de física posteriores, como podría ser el caso de que el lanzamiento no fuese vertical.

**5. Refuerzo**

Para reforzar los conceptos implicados en este problema, el material aporta una animación Modellus. Esta aplicación va representando paulatinamente el movimiento de ascensión y caída del objeto y dejando una huella estroboscópica de dicho movimiento (quedando así señaladas posiciones sucesivas del mismo a intervalos iguales de tiempo). Sobre el objeto también se dibujan (en todo instante) los vectores que representan la velocidad y la aceleración y en la pantalla también podemos ver cómo se van dibujando las gráficas de la evolución de la energía cinética y la energía potencial gravitatoria. Estas gráficas permiten al estudiante comprobar que la suma de ambas energías proporciona en todo momento el mismo valor (conservación de la energía mecánica). Finalmente, en la animación también se aporta (a través de un segmento vertical graduado) la altura máxima que alcanza el cuerpo, y, por tanto, la solución del problema. La animación es interactiva, de forma que el alumnado puede entrar en la ventana reservada a las condiciones iniciales del movimiento para modificar los parámetros que influyen en este resultado (velocidad inicial y aceleración de la gravedad) o, si lo prefiere, usar a tal efecto sendos cursores manuales de estas magnitudes.

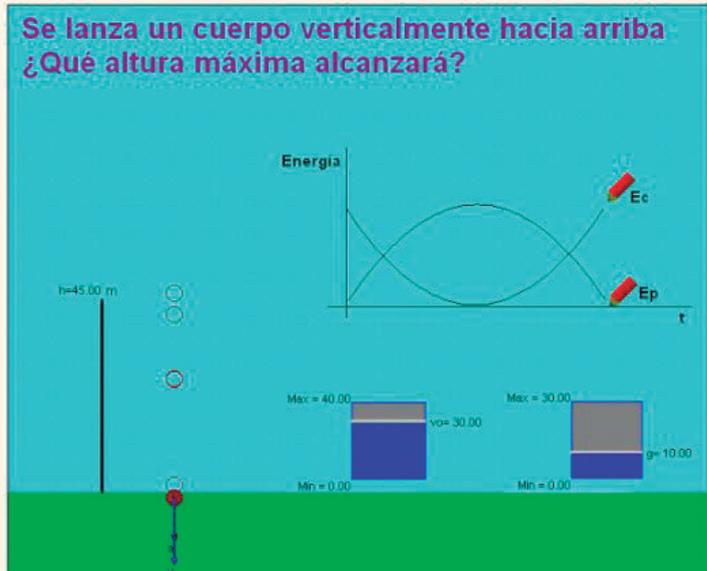


Imagen 2

La imagen 2 muestra el estado final de la pantalla correspondiente a un movimiento en el que se ha lanzado verticalmente el cuerpo (desde el suelo) con una velocidad inicial de 30 m/s.

La animación y el programa para hacerla correr están disponibles en la página «Web de materiales para la enseñanza y la divulgación de la Física», de la Sección Local de Alicante de la Real Sociedad Española de Física (RSEF): <http://rsefalicante.umh.es/fisica.htm>.

**¿Cómo aplicarlo en el aula?**

El desarrollo de la competencia científica supone enseñar a los estudiantes a enfrentarse a situaciones problemáticas, a resolver problemas. En general, los problemas científicos son, inicialmente, «situaciones problemáticas complejas». Enseñar, pues, al alumnado a resolver problemas implica desarrollar la enseñanza-aprendizaje en un contexto problematizado, o bien donde existan oportunidades sistemáticas y reiteradas de poner en práctica las formas de pensamiento y acción de la actividad científica.

En la enseñanza habitual, no obstante, el intento de enseñar a los estudiantes a resolver problemas suele limitarse a la resolución de enunciados típicos al final de los temas. Este material que hemos descrito facilitará al profesorado la puesta en práctica de una metodología que ayudará a sus alumnos y alumnas a resolver problemas: a aprender, en definitiva, qué hacer y cómo pensar ante un problema concreto, tal como lo haría un científico. Por otra parte, todos los ejemplos pueden usarse en las clases de física y química de ESO y bachillerato.

### Referencias bibliográficas

- FURIÓ, C.; ITURBE, J.; REYES, J. V. (1995): «¿Cuánto contaminará una central térmica que funciona con fuel? Un ejemplo de resolución de problemas como investigación». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 5, pp. 27-36.
- GIL PÉREZ, D.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1983): «A model for problem-solving in accordance with scientific methodology». *European Journal of Science Education*, vol. 5, núm. 4, pp. 447-455. Disponible en línea en: [https://www.researchgate.net/publication/233215448\\_A\\_model\\_for\\_problem-solving\\_in\\_accordance\\_with\\_scientific\\_methodology](https://www.researchgate.net/publication/233215448_A_model_for_problem-solving_in_accordance_with_scientific_methodology). [Consulta: diciembre de 2020.]
- GIL PÉREZ, D. y otros (1991): *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/Universidad de Barcelona. Barcelona. Horsori, cap. II, pp. 41-54.
- MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; SIFREDO, C. (2005): «¿Cómo convertir los problemas de lápiz y papel en auténticos desafíos de interés?», en GIL PÉREZ y otros (eds.): *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago. OREALC/Unesco, cap. 5, pp. 103-121.
- MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y otros (2018): «¿Podemos mejorar la enseñanza de la resolución de problemas de "lápiz y papel" en las aulas de Física y Química?». *Educación Química*, vol. 16, núm. 2, pp. 230-245.

M.<sup>a</sup> Elvira González Aguado

[elvira.gonzalez@beritzegunenagusia.eus](mailto:elvira.gonzalez@beritzegunenagusia.eus)