

Estudios originales y rigurosos de interés general que involucren análisis, organización sistemática y reflexionada, explicación teórica y predicciones viables.

Problemas algorítmicos y conceptuales: Influencia de algunas variables instruccionales

Joan Josep Solaz Portolès¹ y Vicent Sanjosé López²

Abstract (*Algorithmic and conceptual problems: the influence of some instructional variables*)

The influence of four versions of a scientific text on the performance of High School students in solving algorithmic and conceptual problems has been investigated. Text versions differed in variables improving text base and/or situation model. The results obtained reveal that: 1) success in solving algorithmic problems does indicate mastery of concepts; 2) only the group of students who read the text containing variables that improve the textual coherence and connect textual information with the previous knowledge performed significantly better in conceptual problem solving, and 3) the proportion of students giving the correct solution to the algorithmic problem is not altered of statistically significant way with these variables.

Introducción

Está muy extendida en las aulas de ciencias la práctica de utilizar problemas numéricos en los que el alumno manipula ecuaciones, efectúa cálculos numéricos o literales, sustituye valores y repite conocimientos memorizados. En opinión de Zoller y colaboradores (1995) esta metodología instruccional pone en evidencia una enseñanza orientada hacia habilidades de bajo nivel cognitivo. En los libros de texto hallamos con excesiva profusión una buena muestra de este tipo de problemas de carácter *algorítmico*, que únicamente implican la aplicación de fórmulas o reglas (Stinner, 1992).

En relación con esto, Hellman (1988) encontró en sus exámenes de Física que tenía bastantes casos

de alumnos con capacidad para contestar preguntas *no conceptuales* —aquellas que requerían sólo la sustitución de valores en fórmulas— que, sin embargo, daban un bajo rendimiento en las preguntas *conceptuales* —aquellas que exigen seleccionar y aplicar conceptos, principios o leyes sin utilizar ecuaciones ni realizar cálculos. También Mazur (1996) revela que sus estudiantes de Física, en la mayoría de los casos, memorizaban ecuaciones y algoritmos de resolución de problemas pero no comprendían realmente los conceptos subyacentes. Finalmente, un amplio número de trabajos muestran que el éxito en la resolución de problemas algorítmicos de Química no indica dominio de los conceptos relacionados con ellos (Nurrenbern y Pickering, 1987; Sawrey, 1990; Pichering, 1990; Nakhleh, 1993; Nakhleh y Mitchell, 1993; Gabel y Bunce, 1994).

El objetivo principal del presente estudio es analizar la influencia que tienen distintas variables instruccionales sobre el éxito en la resolución de problemas *algorítmicos* y *conceptuales* en educación secundaria, aunque también compararemos las capacidades de resolución de los sujetos en ambos tipos de problemas. Como ya se ha apuntado, llamaremos problemas *algorítmicos* a los que comportan únicamente resolver ecuaciones, aplicar reglas y realizar cálculos; en cambio, llamaremos problemas *conceptuales* a los que demandan comprensión de conceptos y razonamiento inferencial. Las variables instruccionales que vamos a considerar están presentes o ausentes en un texto de aprendizaje que cada sujeto debe leer. Estas variables van a ser manipuladas en el experimento mediante cambios textuales deliberados que se inspiran en el modelo de comprensión de textos de Kinstch y van Dijk (Kinstch, 1998; Kinstch y van Dijk, 1978; van Dijk y Kinstch, 1983).

El modelo de Kinstch y van Dijk, que ha sido contrastado experimentalmente en diversos estudios (Perrig y Kintsch, 1985; Schmalhofer y Glavanov, 1986; Solaz-Portolés, 1995) postula que, tras la lectura de un texto y para su comprensión, se construyen dos representaciones mentales diferentes denominadas Base del Texto (BT) y Modelo de la

¹ IES Benaguasil / C.Tomás y Valiente de la UNED. Valencia. España.

Correo electrónico: jjsolpor@telefonica.net

² Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València. España.

Correo electrónico: Vicente.Sanjose@uv.es

Recibido: 30 de mayo de 2005; aceptado: 12 de octubre de 2005.

Situación (MS). La BT se elabora a partir de las proposiciones del texto y expresa su contenido semántico tanto a nivel global como local, y se elabora a partir de proposiciones. Esta representación refleja sobre todo las relaciones de coherencia interna entre las proposiciones, así como su organización. El MS se construye mediante la integración del contenido textual en los esquemas de conocimiento previo que el lector ha desarrollado en sus experiencias anteriores con el mundo, y puede incluir imágenes, contextos espacio-temporales, modelos analógicos de fenómenos, cadenas causales, etc.

Naturalmente ambas representaciones no son independientes. De hecho, existen datos que apuntan que “la base del texto es un paso necesario hacia el modelo de la situación (van Dijk y Kinstch, 1983, p. 343; Vidal-Abarca y Sanjosé, 1998). Es decir, construir una adecuada BT es condición necesaria aunque no suficiente para la elaboración de un MS apropiado.

Usualmente la formación de la BT influye en el recuerdo de los sujetos lectores y puede ser evaluada mediante tareas de recuerdo libre. Sin embargo, el MS afecta a la capacidad de generalizar y transferir la información a nuevos contextos de aplicación. Por ello, el MS se evalúa con más eficacia por medio de tareas de alto nivel cognitivo como, por ejemplo, la resolución de problemas.

Metodología

Sujetos

Participaron en nuestra investigación un total de ochenta y cinco alumnos de primero de Bachillerato (16-17 años) pertenecientes a un centro público de Educación Secundaria de Valencia (España). Cuarenta y tres de ellos estudiaban primero de Bachillerato durante el curso académico 2001-2002. El resto lo hacían el curso siguiente (2002-2003). Todo este alumnado cursaba la asignatura de Física y Química, y solamente dos de ellos no tuvieron como optativa Física y Química en el curso anterior. En consecuencia, únicamente dos estudiantes no conocían el tema sobre el que versaban nuestros materiales: “*Modelos Atómicos*”.

Materiales

Textos: Para la elaboración de los textos elegimos una parte de los contenidos de la Unidad Didáctica “*El átomo y sus enlaces*”, perteneciente al currículo de Física y Química de Primero de Bachillerato Español.

En concreto, la parte que va desde las hipótesis atómicas de Dalton hasta el modelo de Rutherford y las partículas subatómicas (Modelos Atómicos): Modelo de Dalton, Electrones, Modelo de Thomson, Experiencia de Rutherford, Modelo de Rutherford, Núcleo Atómico, Protones, Ordenación de los Elementos, Experimento de Moseley, Número Atómico, Neutrones, Número Másico, Representación de los Átomos.

Se construyeron cuatro versiones textuales a partir de un contenido común: Texto A, o texto control; Texto B, un texto manipulado que incluye variables que, por hipótesis, ayudan a la formación de la Base de Texto; Texto C, que incluye variables que, por hipótesis, facilitan la elaboración de un Modelo de Situación, y Texto D, que recoge a la vez las variables de los Textos B y C. En el Anexo I se presenta una misma parte del texto en las cuatro versiones.

Tomando como base el Texto A, las variables textuales incluidas en los Textos B y D son las siguientes:

- Partir de los principios conceptuales, situándolos al comienzo del texto, apartados o párrafos.
- Buscar una secuencia de ideas apropiada para el estudiante.
- Añadir resúmenes con la información más importante y frases introductorias que anuncien el contenido.
- Dar a conocer los distintos temas tratados en títulos o encabezamientos bien colocados.
- Destacar las ideas principales contenidas en el texto mediante tipos en negrita.
- Emplear partículas o expresiones que dirijan la atención del lector y le permitan interconectar mejor los conceptos.
- Ser redundante en las ideas clave o problemáticas.
- Utilizar párrafos diferentes para unidades de información distintas.
- Eliminar ideas poco relevantes para el contenido tratado.

Las variables textuales introducidas en los textos C y D son:

- Introducir la materia a partir de los que el lector ya sabe.
- Establecer relaciones explícitas entre ideas de tal manera que se reduzcan las inferencias que el lector tiene que realizar.
- Presentar el contenido en forma de pregunta/respuesta.

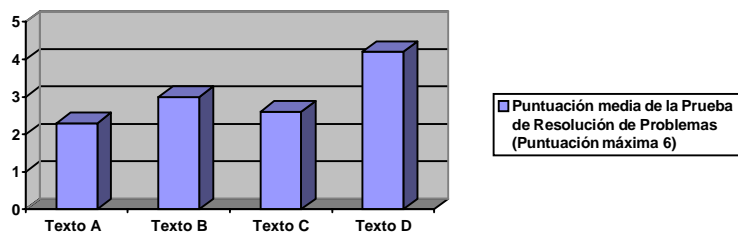


Figura 1. Puntuación media en la Prueba de Resolución de Problemas según el texto leído por los estudiantes.

- Poner énfasis en los conceptos que contradigan las concepciones espontáneas del lector.
- Incluir analogías y ejemplos que relacionen la información textual con el mundo real del lector.

Prueba de resolución de problemas: El propósito de esta prueba fue evaluar la capacidad de los sujetos para transferir y aplicar los conocimientos adquiridos a contextos o situaciones nuevas. Se trata, por consiguiente, de una medida del aprendizaje tras la modificación de los esquemas de conocimiento a partir de la conexión entre la nueva información y la que el sujeto tenía previamente. Por hipótesis, esta prueba valora la construcción de un adecuado MS.

Elaboramos para esta prueba un cuestionario abierto de seis ítems sobre *Modelos Atómicos* (Anexo II). Cinco de ellos pueden ser considerados como conceptuales (ítems, 2, 3, 4, 5 y 6) y uno *algorítmico* (ítem 1). En los ítems 1 (algorítmico) y 6 (conceptual) están implicados los mismos conceptos, razón por la cual serán objeto de nuestro análisis comparativo. La cuantificación de la prueba se efectuó mediante una categorización previa de las contestaciones de los alumnos, que condujo a una única categoría de respuesta correcta por ítem presentado, y una posterior valoración de la presencia/ausencia de la respuesta correcta como 1/0.

Procedimiento

Empleamos una sesión de cincuenta y cinco minutos. Al comienzo de la sesión, se avisó a los estudiantes de su participación en una investigación en el campo de la didáctica de las ciencias, y que las notas de las sucesivas pruebas se tendrían en cuenta en la evaluación trimestral del alumno. A continuación, los cuatro textos fueron distribuidos aleatoriamente entre los sujetos participantes. La tabla 1 muestra el número de sujetos que leyeron cada una de las versiones.

Tabla 1. Número de sujetos que leyó cada una de las cuatro versiones textuales.

	Texto A	Texto B	Texto C	Texto D
Nº de sujetos	19	21	21	24

Los estudiantes leyeron el texto correspondiente durante veintidós minutos. Después, se retiró el texto y se efectuó la prueba de resolución de problemas (alrededor de veinte minutos). Entre la lectura del texto y la prueba medió un lapso de tres minutos donde los estudiantes llevaron a cabo tareas distractoras. El tiempo fue suficiente para todos ellos.

Resultados

Para ofrecer una visión global de los resultados obtenidos, mostramos una representación gráfica, en la figura 1, de la puntuación media obtenida en la prueba de resolución de problemas por cada uno de los cuatro grupos de sujetos, de acuerdo con el tipo de texto leído.

La aplicación de la prueba estadística t-Student revela diferencias estadísticamente significativas, en un nivel inferior al 5% ($p < 05$), sólo entre el grupo que leyó del texto D y el resto de grupos (no existen diferencias significativas entre el resto de versiones textuales).

Por otra parte, la tabla 2 clasifica a los sujetos según su puntuación (0 o 1) en los ítems 1 (algorítmico) y 6 (conceptual), en los que se ven implicados los mismos conceptos.

Tabla 2. Frecuencias de puntuaciones 0 y 1 en los ítems 1 (algorítmico) y 6 (conceptual).

	Puntuación 0 ítem conceptual	Puntuación 1 ítem conceptual
Puntuación 0 ítem algorítmico	16	1
Puntuación 1 ítem algorítmico	41	27

A partir de esta tabla de contingencia se pone de manifiesto:

- Diferencias estadísticamente significativas en el éxito de los estudiantes en ambos ítems mediante la aplicación de la prueba *chi* cuadrado ($\chi^2 = 7.04$, g.l. = 1, $p < 01$).
- La mayor dificultad del ítem conceptual respecto del algorítmico (índice de facilidad del algorítmico 0.80 e índice de facilidad del conceptual 0.33).
- Que el 96.4% de los sujetos que responden correc-

Tabla 3. Frecuencias de puntuaciones 0 y 1 en el ítem 1 (algorítmico) según el texto leído por los sujetos.

	Texto A	Texto B	Texto C	Texto D
Puntuación 0 Ítem Algorítmico	4	7	4	2
Puntuación 1 Ítem Algorítmico	15	14	17	22

Tabla 4. Frecuencias de puntuaciones 0 y 1 en el ítem 1 (conceptual) según el texto leído por los sujetos.

	Texto A	Texto B	Texto C	Texto D
Puntuación 0 Ítem Conceptual	15	16	17	9
Puntuación 1 Ítem Conceptual	4	5	4	15

tamente al ítem 6 responden bien el ítem 1; en cambio, sólo el 39.7% de los que responden correctamente el ítem 1 hacen lo propio en el ítem 6.

Las tablas 3 y 4 proporcionan el número de sujetos según la respuesta dada a los ítems algorítmico y conceptual, respectivamente, y en función del tipo de texto leído.

La aplicación de la prueba *chi* cuadrado en las tablas 3 y 4 da los siguientes valores: en la primera, $\chi^2 = 4.40$, g.l. = 3, p. > 05; y en la segunda, $\chi^2 = 13.33$, g.l. = 3, p. < 01. En consecuencia, leer un texto u otro no produce diferencias significativas a la hora de resolver el ítem algorítmico (el porcentaje de sujetos que lo responden bien es muy similar en los cuatro grupos). Sin embargo, sí que se observan diferencias significativas en el ítem conceptual: los estudiantes que leyeron el texto D responden significativamente mejor este ítem. De hecho, de los 28 alumnos que resuelven bien este ítem, 15 (el 53.6%) habían leído dicho texto. Además, de los 24 sujetos que leyeron el texto D, el 62.5% resolvió bien dicho ítem, mientras que los porcentajes equivalentes en el resto de grupos son bastante menores: 21.1% (Texto A), 23.8% (Texto B) y 19.0% (Texto C).

Discusión

A partir de la representación gráfica que se muestra en la figura 1 y de la prueba t-Student, parece entreverse que la inclusión de variables que favorecen la coherencia textual y a la vez posibilitan la conexión entre la información textual y la que los sujetos ya poseen (Texto D), produce mejoras significativas en tareas de resolución de problemas, como ya habíamos obtenido en otros trabajos (Solaz-Portolés, 1995). Estos resultados son, en cierto modo, congruentes con los de Hegarty-Hazel y Prosser (1991) que constatan que los estudiantes que hacen uso de *estrategias de estudio* en las que se intenta dar estructura y organización a la nueva información, además de relacionarla con lo que ya saben, generan un mejor conocimiento proposicional o conceptual y resuel-

ven mejor los problemas. También son acordes con los de Ferguson-Hessler y de Jong (1990), quienes señalan que los alumnos que mejor resuelven los problemas son aquellos que procesan la información textual con más profundidad; esto es, los que son capaces de *integrar los diversos contenidos y obtener un significado global del texto* (Ferguson-Hessler y de Jong, 1990).

En relación con los problemas algorítmicos y conceptuales, de acuerdo con la tabla 2 y la correspondiente prueba *chi* cuadrado, concluimos que cuando están implicados los mismos conceptos, saber resolver los algorítmicos no comporta saber resolver los conceptuales, y para saber solucionar estos últimos es importante dominar los primeros. Esto es, los resultados indican que el conocimiento procedimental del algoritmo es condición necesaria aunque no suficiente para la apropiada comprensión y aplicación de los conceptos. Todo ello está en completa consonancia con las conclusiones obtenidas en problemas de Química por Gabel y Bunce (1994) y por Nurrembern y Pickering (1987), y estas últimas replicadas con posterioridad por Sawrey (1990) y Nakhleh y Mithell (1993). Lo mismo podemos decir, en el caso de problemas de Física, de los trabajos de Hellman (1989) y Mazur (1996).

Por último, queremos destacar el papel del texto leído en la resolución de problemas algorítmicos y conceptuales. Las tablas 3 y 4 junto a la prueba *chi* cuadrado ponen de manifiesto que sólo el Texto D, que contiene variables que favorecen simultáneamente la formación de la Base de Texto –aumentan la coherencia textual– y de un Modelo de Situación –conectan la información textual con la que ya disponen los sujetos–, es capaz de incrementar significativamente el número de estudiantes que resuelven bien los problemas conceptuales, aunque no se mejora de manera significativa el resultado en los algorítmicos, que es bueno en todos los casos. Quizás este resultado pueda explicarse por el hecho de que los sujetos de este nivel académico encuentran dificultades tanto para formar la base del texto (BT)

como para formar un modelo de la situación (MS) adecuado. Las ayudas proporcionadas únicamente para formar la BT (Texto B) no son suficientes para la resolución de problemas conceptuales (requieren un MS apropiado), y las manipulaciones efectuadas para elaborar un MS (Texto C) se muestran ineficaces porque los sujetos no han podido construir la BT, que es condición necesaria para formar el MS. En consecuencia, sólo el texto D, que contiene el conjunto de las intervenciones efectuadas en los Textos B y C, produce resultados significativamente mejores en la resolución de problemas conceptuales.

Por otro lado, los resultados obtenidos revelan que para resolver problemas algorítmicos no se necesitan ayudas textuales especiales, dada su escasa exigencia cognitiva.

Implicaciones didácticas

Nuestro estudio sugiere que el uso de estrategias instruccionales que tomen como referencia los problemas algorítmicos no es adecuado para la comprensión y aprendizaje de los conceptos. Por ello, nuestro trabajo en el aula debería orientarse hacia tareas de alto nivel cognitivo, como por ejemplo, problemas que requieran capacidad de análisis y síntesis, así como llevar a cabo conexiones conceptuales y evaluación de decisiones en situaciones problemáticas que no sean familiares (Zoller *et al.*, 1995). En este sentido, tanto los trabajos de Leonard (1987) y Leonard y Lowery (1984), como los de Perderson y colaboradores (1988) confirman el hecho de que cuantas más operaciones cognitivas se le requieren al estudiante tanta más información es capaz de asimilar.

Con todo, a pesar del poco valor de los problemas algorítmicos como indicadores de comprensión de conceptos, lo que cuestiona su extensa utilización en la evaluación del aprendizaje y la profusión con que suelen aparecer en los textos con finalidad pedagógica, no podemos descartarlos taxativamente como herramientas útiles en determinadas situaciones educativas. Pueden ser útiles para los primeros contactos didácticos con los conceptos y las leyes, además de facilitar luego la resolución de problemas conceptuales que presentan también demandas procedimentales algorítmicas.

Para acabar, no dejaremos de resaltar la función que, como hemos comprobado, puede y debe ejercer el texto educativo en la elaboración de un modelo mental apropiado para resolver problemas con éxito—especialmente los conceptuales—; esto es, una

representación interna en la que la información relevante ha sido codificada, modificada y almacenada en el cerebro. La conjunción de variables que facilitan la conexión e integración de los contenidos con las que permiten encajarlos en los esquemas de conocimiento de que dispone el alumno, resulta ser especialmente fructífera en la elaboración de dicho modelo mental. ■

Bibliografía

- Ferguson-Hessler, M.G. y de Jong, T., Studying Physics Texts: Differences in study processes between good and poor performers, *Cognition and Instruction*, **7**, 41-54, 1990.
- Gabel, D.L. y Bunce, D.M. Research on problem solving: chemistry. En D.L. Gabel (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching*. MacMillan, New York, 1994.
- Hegarty-Harzel, E. y Prosser, M. Relationship between students' conceptual knowledge and study strategies- part 1: students learning in physics. *International Journal of Science Education*, **13**, 303-312, 1991.
- Hellman, W. Conceptual versus nonconceptual questions in the grading of physics students, *The Physics Teacher*, **26**, 383-386, 1989.
- Kintsch, W. *Comprehension: a paradigm for cognition*. Cambridge University Press, Cambridge UK, 1998.
- Kintsch, W. y van Dijk, T. A. Toward a model of discourse comprehension and production. *Psychological Review*, **85**, 363-394, 1978.
- Leonard, W.H. Does the presentation style of questions inserted into text influence understanding and retention of science concepts?, *Journal of Research in Science Teaching*, **24**, 27-37, 1987.
- Leonard, W.H. y Lowery, L.F. The effects of question types in textual reading upon retention of biology concepts, *Journal of Research in Science Teaching*, **21**, 377-384, 1984.
- Mazur, E. *Conceptests*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1996.
- Nakhleh, M.B. Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers?, *Journal of Chemical Education*, **70** (1), 52-55, 1993.
- Nakhleh, M.B. y Mitchell, R.C. Concept learning versus problem solving: There is a difference. *Journal of Chemical Education*, **70** (3), 190-192, 1993.
- Nurrenbern, S.C. y Pickering, M. Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, **64** (6), 508-509, 1987.
- Pedersen, J., Bonnett, R.J., Corkill, A.J. y Glover, J.A. Learning Chemistry from text: The effect of decision making, *Journal of Research in Science Teaching*, **25**, 15-21, 1988.
- Perrig, W. y Kintsch, W. Propositional and situational representations of text, *Journal of Memory and Language*, **24**, 505-518, 1985.
- Pickering, M. Further studies on concept learning versus problem solving, *Journal of Chemical Education*, **67** (3), 254-255, 1990.
- Sawrey, B.A. Concept learning versus problem solving: Revisited, *Journal of Chemical Education*, **67** (3), 253-254, 1990.
- Schmalhofer, F. y Glavanov, D. Three components of understanding a programmer's manual Verbatim, prepositional and situational representations, *Journal of Memory and Language*, **25**, 279-294, 1986.

- Solaz-Portolés, J.J. Análisis de las interacciones entre variables textuales, conocimiento previo del lector y tareas en el aprendizaje de textos educativos de Física y Química. En P. Cepeda (Ed.). *Escuela y Sociedad. XIII Premios F. Giner de los Ríos a la Innovación Educativa*. Fundación Argentaria, Madrid, 1995.
- Stinner, A. Science textbooks and science teaching: From logic to evidence, *Science Education*, **76**, 1-16, 1992.
- Van Dijk, J. A. y Kintsch, W. *Strategies of discourse comprehension*. Academic Press, New York, 1983.
- Vidal-Abarca, E. y Sanjosé, V. Levels of Comprehension of Scientific Prose: The role of Text variables, *Learning and Instruction*, **8**, 215-233, 1998.
- Zoller, U., Lubezky, A., Nakhleh, M.B., Tessier, B. y Dori, Y.J. Success on algorithmic and LOCS vs. conceptual chemistry exam questions, *Journal of Chemical Education*, **72** (11), 987-989, 1995.

Anexo I. Parte del texto en las cuatro versiones

Texto A.

1. La electricidad y el átomo

El primer modelo atómico lo formuló Dalton en su teoría atómica. De ella extraemos dos de sus ideas fundamentales: los átomos son indivisibles y los átomos de cada elemento químico se diferencian por su masa.

La materia en estado normal es eléctricamente neutra, y simplemente por frotamiento algunas sustancias se cargan positivamente, y otras negativamente. En unas experiencias llevadas a cabo estableciendo entre los electrodos de un tubo de descarga que contiene gases a baja presión una fuerte diferencia de potencial, se observó la presencia de partículas portadoras de carga negativa. Estas partículas de carga negativa recibieron el nombre de electrones. Así pues, el modelo de Dalton resultó inadecuado por ambas razones.

Texto B.

1. Modelo atómico de Dalton y su incoherencia con la presencia de cargas en el átomo.

El primer modelo atómico lo formuló Dalton en su teoría atómica. De ella extraemos dos de sus ideas fundamentales:

a) Los átomos son indivisibles.

b) Los átomos de cada elemento químico se diferencian por su masa.

No obstante, el modelo planteado por Dalton resultó inadecuado por dos razones:

a) **La materia en estado normal es eléctricamente neutra**, y simplemente por frotamiento algunas sustancias se cargan positivamente y otras negativamente.

b) En unas experiencias llevadas a cabo sometiendo a los gases a descargas eléctricas, **se observó la presencia de partículas portadoras de carga negativa**. Estas partículas de carga negativa recibieron el nombre de **electrones**. Así pues, todo indica que **en el átomo existen cargas negativas** que se arrancan con relativa facilidad, los electrones. **Y por ser el átomo eléctricamente neutro, debe de haber en su seno cargas positivas** que neutralicen a los electrones. En consecuencia, salta a la vista **que la presencia de partículas cargadas en el átomo se halla en clara contradicción con la indivisibilidad del átomo del modelo de Dalton**.

Texto C.

1. La electricidad y el átomo

Ya conocemos el primer modelo atómico, el que formuló Dalton en su teoría atómica. De ella extraemos dos de sus ideas fundamentales: los átomos son indivisibles, es decir, forman un bloque compacto sin partes ni divisiones; y los átomos de cada elemento químico se diferencian por su masa (la masa del átomo de hierro es diferente a la del azufre, por ejemplo).

Como ya hemos estudiado en el tema de Electroestática, la materia en estado normal es el eléctricamente neutra, y simplemente por frotamiento algunas sustancias se cargan positivamente, por pérdida de cargas negativas, y otras negativamente, por ganancia de cargas negativas. En unas experiencias llevadas a cabo estableciendo entre los electrodos de un tubo que contiene gases a baja presión una fuerte diferencia de potencial (voltaje o tensión eléctrica), se observó la presencia de partículas que únicamente podían proceder de los átomos constituyentes del gas. Estas partículas de carga negativa recibieron el nombre de electrones. Así pues, el modelo de Dalton resultó inadecuado por ambas razones.

Texto D.

1. Modelo atómico de Dalton y su incoherencia con la presencia de cargas en el átomo.

Ya conocemos el primer modelo atómico, el que formuló Dalton en su teoría atómica. De ella extraemos dos de sus ideas fundamentales:

- a) **Los átomos son indivisibles, es decir, forman un bloque compacto sin partes ni divisiones.**
- b) Los átomos de cada elemento químico se diferencian por su masa (la masa del átomo de hierro es diferente a la del azufre, por ejemplo).

No obstante, el modelo planteado por Dalton resultó inadecuado por dos razones:

- a) Como ya hemos estudiado en el tema de Electroestática, **la materia en estado normal es eléctricamente neutra**, y simplemente por frotamiento algunas sustancias se cargan positivamente, por pérdida de cargas negativas, y otras negativamente, por ganancia de cargas negativas.
- b) En unas experiencias llevada a cabo sometiendo a los gases a descargas eléctricas, **se observó la presencia de partículas portadoras de carga negativa** que únicamente podían proceder de los átomos constituyentes del gas. Estas partículas de carga negativa recibieron el nombre de **electrones**.

Así pues, todo indica que **en el átomo existen cargas negativas** que se arrancan con relativa facilidad, los electrones. **Y por ser el átomo eléctricamente neutro, debe de haber en su seno cargas positivas** que neutralicen a los electrones. En consecuencia, salta a la vista **que la presencia de partículas cargadas en el átomo se halla en clara contradicción con la indivisibilidad del átomo del modelo de Dalton.**

Anexo II. Prueba de resolución de problemas

1. Indica qué partículas subatómicas están presentes en el átomo ${}_{13}^{27}\text{Al}$
2. ¿A qué se debe que unas partículas positivas (los proyectiles) se desvíen más que otras en la experiencia de Rutherford?
3. ¿Por qué resulta más fácil arrancar o añadir electrones que protones en un átomo?
4. Si en el experimento de Rutherford se hubieran utilizado átomos cargados negativamente como proyectiles, y los resultados obtenidos hubieran sido los mismos, ¿qué modelo propondrías para el átomo?
5. Haciendo uso del modelo que acabas de proponer, ¿cómo explicarías una experiencia de electrificación por frotamiento?
6. Un átomo con 6 protones, 6 electrones y 6 neutrones, y otro átomo con 6 protones, 5 electrones y 8 neutrones, ¿son átomos de un mismo elemento químico? ¿Por qué?