

Dificultades en el aprendizaje significativo de algunos conceptos de electrostática (*)

Guisasola J. (1)
Universidad del País Vasco

Furió C. (2)
Universidad de Valencia



RESUMEN

El presente artículo está dedicado, principalmente, a identificar las concepciones de los estudiantes sobre los conceptos básicos de la Electricidad, como son la carga y el potencial, así como, sobre la idea "intuitiva" de campo eléctrico. Además, se ha tratado de ver si existen similitudes entre las concepciones que presentan los estudiantes y aquellas que se han dado a lo largo de la construcción de la teoría eléctrica.

Introducción

La experiencia docente muestra que, en general, el aprendizaje del electromagnetismo, tanto en la Enseñanza Secundaria, como en el primer ciclo de Enseñanza Universitaria, presenta serias dificultades a los estudiantes (Manriquez, 1989).

Son diversas las causas que pueden llevar al mencionado fracaso, pero de acuerdo con las aportaciones que realiza la investigación didáctica en el campo de las Ciencias Experimentales, podemos considerar los siguientes factores:

a- La no consideración de las ideas previas de los estudiantes .

b- La no consideración de la evolución histórica de la disciplina, así como, las principales contradicciones que se produjeron en su desarrollo.

c- La diferencia entre la experiencia vital de los alumnos y los conceptos básicos de la disciplina, muy alejados de su experiencia cotidiana.

Problemas a considerar e hipótesis

Este trabajo está dedicado, principalmente, a identificar las concepciones de los estudiantes sobre los conceptos básicos de la Electricidad, como son la carga y

(*) Este trabajo es una versión ampliada de la comunicación que se presentó en el I Congreso Ibérico de Enseñanza de la Física dentro de la XXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física.

(1) Departamento de Física Aplicada I. Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Industriales de San Sebastián. Euskal Herriko Unibertsitatea/Universidad del País Vasco.

(2) Departament de Didáctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.



el potencial, así como, sobre la idea "intuitiva" de campo eléctrico. Además, teniendo en cuenta las deficiencias enumeradas en la introducción, vamos a explicitar una serie de suposiciones que constataremos con los resultados obtenidos en las concepciones de los estudiantes.

La eficacia de la enseñanza basada en la mera transmisión verbal de los conocimientos, ha sido cuestionada a partir de la década de los 70 con trabajos, como los de Viennot (1977) y Driver (1988). Estas evidencias empíricas vienen a sumarse a la difusión de los modelos constructivistas del aprendizaje (Ausubel, 1976), y de cambio conceptual (Posner et al., 1982), que insisten sobre la importancia de la construcción de los procesos mentales, con los que las personas explican la realidad. De acuerdo con todo esto, supondremos como hipótesis de trabajo que la mayoría de las ideas de los alumnos tendrán más componentes "mágicos" y de no aceptación de la naturaleza eléctrica de la materia, que de componentes coherentes con el marco teórico de la teoría electromagnética. Estas concepciones sufrirán pocas variaciones a lo largo de los años de instrucción en la Enseñanza Secundaria y primer curso de Universidad. En cuanto al movimiento de cargas, suponemos como hipótesis, que los alumnos presentarán un modelo hidrostático, considerando el movimiento de cargas como el de un fluido que se mueve de donde hay más carga a donde hay menos, no teniendo en cuenta el concepto de potencial eléctrico.

Por otra parte, en cuanto al concepto de campo eléctrico, vamos a suponer que los estudiantes no tendrán una noción clara del mismo.

Estudios realizados (Solomon, 1988) muestran que los estudiantes utilizan, en contextos científicos, palabras de uso común cuyos significados son ricos y variables por lo que hay un margen de negocia-

ción y cambio. Pero en el contexto científico, palabras como carga, potencial eléctrico y campo eléctrico tienen una definición más convergente y menos negociable, cuando ha sido aceptada por la comunidad científica. Hemos tenido en cuenta esta dificultad, tanto en el enunciado de las pruebas como en el análisis de las mismas, utilizando dichos conceptos en el sentido que tienen dentro del marco teórico.

La Historia de la Ciencia nos puede ayudar a conocer las principales dificultades que hubo que superar para llegar a las teorías actuales (Gagliardi, 1988). Por ello, vamos a suponer que las concepciones erróneas de los alumnos/as tendrán, en su mayoría, componentes de concepciones erróneas que se han ido explicitando a lo largo de la Historia de la Ciencia. Pretendemos poner en evidencia la necesidad de tener en cuenta las dificultades epistemológicas en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje. Esto no significa que se proponga una identificación entre la Historia de la Ciencia y el desarrollo del conocimiento individual, sino que es razonable esperar que la Historia de la Ciencia dé pistas sobre las principales dificultades, a nivel epistemológico, con que se van a enfrentar los alumnos (Saltiel y Viennot, 1985).

Diseño experimental

Para constatar las hipótesis anteriores se ha diseñado un cuestionario en forma de preguntas de opción múltiple, dividido en tres partes (Ver Anexo 1).

La primera parte consta de 5 ítems. Los tres primeros están dedicados a la interpretación de fenómenos electrostáticos sencillos. En el segundo ítem, se expone un fenómeno de atracción por inducción eléctrica y los estudiantes deben interpretarlo a través de una pregunta abierta. En el tercer ítem se presenta un fenómeno de

inducción eléctrica que los estudiantes deben identificar.

Los ítems cuatro y cinco se refieren a la conservación de la carga. En el cuarto ítem se presenta un fenómeno de carga de dos cuerpos por frotamiento mutuo, los estudiantes deben opinar sobre la cantidad de carga que adquiere cada cuerpo. En el quinto ítem, dos cuerpos cargados por frotamiento mutuo se separan durante un rato y se vuelven a juntar, el estudiante debe decidir sobre la carga final de los cuerpos una vez juntos.

La segunda parte consta de dos ítems donde se indaga sobre el concepto de potencial sin que sea necesario explicitar una teoría sobre el mismo. Es decir, se trata de ver hasta qué punto los estudiantes tienen una noción de potencial eléctrico como causa del movimiento de cargas. Para ello, en el ítem 6 se presentan dos esferas, una doble que la otra, con la misma carga, debiendo el estudiante decidir si circulará carga o no. En el ítem 7, se presentan de nuevo las mismas esferas, pero ahora la esfera de doble radio tiene doble carga que la otra, la pregunta a responder es la misma que en el ítem anterior.

La tercera parte consta de dos ítems y trata sobre la noción de campo eléctrico, pretende establecer la diferencia entre una noción intuitiva de campo eléctrico, que confunde en un único concepto la electricidad y la atmósfera eléctrica que rodea

los cuerpos cargados, y una concepción de acuerdo con el marco teórico actual. Así pues, en el ítem 8 se presenta un fenómeno de acción a distancia, donde el estudiante debe identificarlo con el concepto de campo eléctrico. En el ítem 9, se representa un conocido dibujo de las líneas de campo eléctrico entre dos cargas puntuales y el estudiante debe elegir la definición correcta de lo que representa.

Resultados y análisis de los mismos

La muestra ha sido tomada en 2º, 3º de Bachillerato, C.O.U. y 1º curso de Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial. El número total de encuestados ha sido de 130, repartiéndose de la siguiente manera: 2º de BUP, 31 alumnos. 3º de BUP, 28 alumnos. COU, 35 alumnos. 1º curso de Escuela Universitaria de Ingenieros Tecnicos Industriales (E.U.I.T.I.), 36 alumnos.

1ª parte: Interpretación de los fenómenos eléctricos y conservación de la carga

* Ítem 1: Interpretación de la electrificación por frotamiento como intercambio de cargas entre cuerpos frotados

Tabla de Porcentajes

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3º B.U.P.	2º B.U.P.
a	11,11	5,71	0	12,9
b *	77,77	74,28	71,43	32,25
c	8,33	11,42	25	45,16
d	2,77	8,57	3,57	9,67

* Explicación correcta

* Item 2 : Identificación del fenómeno de la atracción de dos objetos ligeros por inducción eléctrica.

Tabla de Porcentajes

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3° B.U.P.	2° B.U.P.
el *	22,22	11,42	0	0
e2 *	41,66	57,14	46,42	45,16
e3	27,77	17,14	39,28	0
nc/ne	8,33	14,28	14,28	19,35

* Explicación correcta

nc/ne : corresponden a preguntas sin contestar o con explicaciones sin sentido.

Las explicaciones recogidas se pueden clasificar en tres grandes grupos que, como se vé en las tablas, agrupan a la práctica totalidad de las mismas. Estos grupos son :

Explicación 1 (e1)- interpreta el suceso en base a un fenómeno de inducción, dando las aclaraciones oportunas

Explicación 2 (e2)- atribuye el suceso a que el bolígrafo se carga, sin indicar nada sobre los trozos de papel. Una respuesta standar de este tipo sería:

" esto ocurre ya que al frotar el bolígrafo éste se carga (o se crea un campo eléctrico), de forma que hay una inte-

racción con todo lo que está a su alrededor".

Explicación 3 (e3)_ explica el suceso en base a que el bolígrafo y el papel tienen cargas de signo contrario y se atraen. Una explicación standar sería:

"El bolígrafo al cargarlo por frotamiento adquiere un excedente de cargas y queda cargado. Entonces el papel que tiene carga contraria es atraído por el bolígrafo".

* Item 3 : Conflicto cognitivo entre la interpretación de la influencia del objeto cargado por inducción y por emisión de cargas.

Tabla de Porcentajes

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3° B.U.P.	2° B.U.P.
SI	8,3	8,57	3,57	9,67
NO	61,11	80	89,28	45,16
NC/NE	30,55	11,42	7,14	45,16

En el ítem 1 a partir de 3º de BUP hay una mayoría (alrededor del 75%) que interpretan adecuadamente el fenómeno de cargar un cuerpo por frotamiento (respuesta b). En el curso 2º de BUP, solo disponen de la información recibida en E.G.B., siendo la interpretación mucho más variada y dispersa. Prácticamente es mayoría la concepción del fenómeno como un proceso de creación de carga (respuesta c).

Se nota una incidencia clara de la instrucción, al comparar los resultados de 2º de BUP con el resto de los cursos. Sin embargo, se observa un estancamiento en los restantes niveles, manteniéndose casi constante el porcentaje de interpretaciones correctas.

En el ítem 2 se vé una mala interpretación del fenómeno eléctrico planteado, incoherente con la definición dada por la mayoría en el ítem 1.

En el ítem 3 parece que la instrucción no tiene influencia a la hora de interpretar correctamente el fenómeno. La mayoría de las explicaciones que se utilizan para justificar la respuesta "no" pueden representarse mediante la siguiente:

"La madera no es conductora y por tanto, no favorece el transporte de cargas".

O bien esta otra:

"La bolita no es atraída, porque aunque la lámina está cargada, la madera no es conductora, luego las cargas no pueden

pasar a través de ella y por ello, la madera no atraerá a la bolita".

En el ítem 3 se confunde el fenómeno de inducción eléctrica con la transmisión de un "fluido" de carga, por ello al ser la madera no conductora, no se produce influencia entre la hoja de plástico y la bolita.

De los tres ítems podríamos inferir que aunque los alumnos "saben" que las cargas son las causantes de los fenómenos eléctricos (ítem 1), a la hora de interpretarlos no lo hacen correctamente (ítem 2 y 3). La mayoría no tiene una idea clara del fenómeno inducción eléctrica, que no se clarifica a lo largo de la instrucción. Esto induce a pensar, que la mayoría de los estudiantes no asimila en su esquema conceptual que toda la materia es de naturaleza eléctrica, y por ello, a la hora de interpretar los fenómenos aparecen concepciones pseudo-mágicas (ítem 2) o interpretaciones próximas a la teoría del fluido único de Franklin, donde la hoja de plástico cargada ejerce su influencia a través de la emisión de un "fluido eléctrico" que al llegar a la madera no se conduce por ser conocido, en general, su carácter aislante (ítem 3).

* ítem 4 y 5: Conservación de la carga eléctrica

* ítem 4 : Reconocer que el frotamiento mutuo entre dos cuerpos produce cargas iguales y de signo contrario.

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3º B.U.P.	2º B.U.P.
correcto	66,66 %	74,28 %	46,42 %	25,80 %

* item 5 : Reconocer que por frotamiento mutuo no puede producirse carga neta (exceso de positiva o negativa)

Tabla de Porcentajes

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3º B.U.P.	2º B.U.P.
a	5,55	5,71	14,28	6,45
b	11,11	5,71	25	29,03
c *	66,66	74,28	46,42	25,80
nc/ne	16,66	14,28	14,28	35,48

* Respuesta correcta

En el item 4 se observa que la mayoría contesta correctamente (respuesta c), habiendo un incremento significativo desde 2º de BUP hasta el último curso.

Las explicaciones que dan para justificar la respuesta correcta varían en su elaboración según el curso. Por ejemplo, en 2º de BUP una respuesta típica es:

"Si se frota entre sí, a los dos les pasará lo mismo, es decir, tendrán el mismo nivel eléctrico".

Para el 1º de universidad las explicaciones son del tipo:

"El cuerpo B tendrá la misma carga que el A pero de sentido contrario, ya que al frotarlos habrá un exceso de electrones en uno y un defecto en el otro".

Las demás opciones no parecen significativas en cuanto a sacar conclusiones.

En el item 5 se observa un aumento de la respuesta correcta (opción c) conforme aumentan los años de instrucción, sin embargo el porcentaje de éxito no alcanza

(15% menos) el de la pregunta anterior y sólo a partir de COU supera el 50%. Las explicaciones de los que eligen la respuesta a, es que consideran que el volver a juntar los dos cuerpos no tiene influencia en la carga. Sin embargo, para los que toman la opción b sí se produce una pérdida de carga porque se han juntado o bien, por el paso del tiempo, con explicaciones del tipo:

"Después del contacto el cuerpo A tiene carga pero menos que antes" o bien, "después de pasar un tiempo el cuerpo pierde carga".

De los resultados items 4 y 5 podemos deducir que los estudiantes consideran que la carga se conserva (item 4), pero que es una sustancia que fluye con facilidad, de forma que si pasa un cierto tiempo, ésta deja el cuerpo, o bien, que al intercambiarse se pierde con facilidad. Parece pues, que se verificaría el principio de conservación de la carga concebida como fluido.

2º parte - El concepto de Potencial Eléctrico. (Influencia de la distribución de la carga en el comportamiento eléctrico de los cuerpos cargados)

* Item 6 : Identificación del movimiento o no de cargas entre dos esferas que están a diferente potencial.

Tabla de Porcentajes

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3º B.U.P.	2º B.U.P.
a *	30,55	42,85	7,14	25,80
b	8,33	5,71	17,85	16,12
c	58,33	51,43	57,14	35,48
ns/nc	2,77	0	17,85	22,58

* Respuesta correcta

*Item 7 : Identificación del movimiento o no de cargas al conectar dos esferas que están al mismo potencial.

Tabla de Porcentajes

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3º B.U.P.	2º B.U.P.
a	47,22	37,14	35,71	35,48
b	16,66	8,57	14,28	3,22
c *	33,33	34,28	14,28	32,25
ns/nc	2,77	17,14	35,71	29,03

* Respuesta correcta

En el ítem 6 el porcentaje de la respuesta correcta "a" es bajo y mejora poco con la instrucción. El tipo de explicaciones que los alumnos indican son del tipo:

"Al ser la densidad de carga mayor en la esfera 1, la carga circula de la esfera 1 a la 2".

O bien otras más intuitivas como:

"Al ser distinta la relación carga superficie irá de la esfera 1 a la 2" o bien, "La carga es la misma pero en la esfera más pequeña estará más apretada que en la grande de forma que la carga irá de la 1 a la 2".

La respuesta mayoritaria es la c con un porcentaje, prácticamente constante, que no mejora con la instrucción. La explicación que dan es:

"No circulará carga ya que aunque una de las esferas es mayor las dos tienen la misma carga, y para que circule tiene que haber una diferencia de cargas entre las esferas".

Las respuestas en las que indican mal el sentido de circulación de las cargas es debido a que calculan mal el potencial, en los cursos superiores, y a respuestas sin sentido, en los inferiores.

Por otra parte, en los resultados del ítem 7 se observa la coherencia del razo-

namiento expresado por los alumnos en el ítem anterior, siendo mayoritaria la respuesta "a".

De acuerdo con los resultados, se puede decir que la mayoría de los estudiantes consideran el movimiento de cargas como el de un fluido que circula de donde hay más cantidad de carga a donde hay menos. En esta concepción del movimiento de cargas no es necesario utilizar el concepto de potencial eléctrico para explicarlo, es decir, no se utiliza el análisis energético, tal y como queda comprobado empíricamente en los ítems 6 y 7, siendo el porcentaje de estudiantes que contesta correctamente a los dos ítems el siguiente:

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3º B.U.P.	2º B.U.P.
ítems 6 y 7 correctos	28 %	30,5%	7 %	16 %

3ª parte - Concepciones sobre el Campo Eléctrico

* Ítem 8 : Interpretación de la acción a distancia como acción de un campo de fuerza.

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3º B.U.P.	2º B.U.P.
correcto	63,88 %	68,57 %	60,71 %	41,93 %

* Ítem 9 :Definición de campo eléctrico entre dos cargas puntuales y de signo contrario

	E.U.I.T.I.	C.O.U.	3º B.U.P.	2º B.U.P.
correcto	55,55 %	62,85 %	28,57 %	19,35 %

Parece que el concepto intuitivo de relacionar fuerza ejercida sobre un cuerpo con campo de fuerza en esa zona lo tienen en un porcentaje alto (41,93% en 2º BUP del ítem 8) y se va afianzando con la instrucción. Sin embargo, cuando se pretende que concreten el concepto de campo (ítem 9) no saben hacerlo. En este ítem se obtiene una respuesta estadísticamente aleatoria, aunque la respuesta correcta "b" crece con la instrucción, el tipo de respuesta es: *Porque lo he visto así en el libro*. Por lo que se podría deducir que la respuesta es meramente memorística.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos resumir su análisis diciendo que la mayoría de los estudiantes no tienen en cuenta la naturaleza eléctrica de la materia, interpretando los fenómenos eléctricos dando explicaciones pseudo-mágicas, donde el cuerpo cargado influye sobre todo lo que está a su alrededor (ítem 2). Esta influencia se ejerce mediante un fenómeno de conducción de carga o de transmisión del "fluido eléctrico" (ítem 3). En esta concepción no tiene cabida el concepto de inducción eléctrica, tal y como ha quedado confirmado empíricamente.

La concepción de carga eléctrica como fluido que aparece en las explicaciones del ítem 3 se ve confirmada por los resultados que se obtienen en los ítems 4 y 5, en los que se considera la carga como una sustancia cuya masa se conserva (ítem 4), pero que fluye con facilidad (ítem 5). De esta forma, la carga fluiría de donde hay más cantidad a donde hay menos, tal y como queda comprobado en los ítems 6 y 7. Esta concepción de la carga no necesita un análisis energético del movimiento de cargas, y por tanto del concepto de potencial eléctrico.

Las concepciones de los estudiantes expuestas tienen algunas características parecidas a los modelos mecanicistas que proponían los científicos de mediados y finales del siglo XVIII, como B. Franklin y W. Watson. Pero sería un grave error epistemológico hacer de forma mecánica un paralelismo entre las concepciones de los estudiantes y los modelos históricos, dado que estos fueron producidos en contextos y situaciones completamente diferentes.

En cuanto al concepto de campo eléctrico los estudiantes explicitan una concepción de campo de fuerza que influye sobre los cuerpos que hay en la zona. Pero, mayoritariamente no hay una concepción de campo coherente con el marco teórico. Se puede decir que hay una concepción de campo eléctrico anterior a la instrucción y que después prevalece una concepción memorística de dicho concepto.

La instrucción no parece influir de forma determinante sobre conceptos básicos de los fenómenos eléctricos como la carga, el campo eléctrico y el potencial eléctrico. Esto acarrea problemas graves a la hora de interpretar fenómenos de movimiento de cargas o bien, fenómenos más complejos de interacción electromagnética.

Para concluir, podemos decir que los resultados obtenidos confirman la dificultad que tienen los estudiantes para un aprendizaje significativo de los conceptos básicos de la electricidad (carga, campo y potencial eléctrico), presentando una mayoría de estudiantes concepciones erróneas que impiden una interpretación correcta de los fenómenos de inducción eléctrica o de movimiento de cargas.

Asimismo, de acuerdo con los resultados obtenidos, parece que estas concepciones no varían con la instrucción. No obstante, estos resultados abren nuevas perspectivas y nuevos problemas (análisis de las dificultades que plantean los conceptos de carga, campo y potencial eléctrico).

co) cuya solución permitirá avanzar en el objetivo de un aprendizaje significativo de estos conceptos. Este será el objetivo de nuestro próximo trabajo.

REFERENCIAS

- AUSUBEL, (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*, Mexico: Trillas.
- BERKSON, W. (1985). *Las teorías de los campos de fuerza desde Faraday hasta Einstein*. Madrid: Alianza Universidad.
- BENSEGHIR, A. (1987). Formation des concepts d'électrocinétique: un point de vue historique. *Actas del Congrès S.F.P.* Strasbourg.
- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo de un curriculum de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- FRANKLIN, B. (1988). *Experimentos y observaciones sobre la electricidad*. Madrid: Alianza Universidad.
- GAGLIARDI, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.
- GAMOW, G. (1962). *Biografía de la Física*. Revista de Occidente. Madrid.
- HARLEM, W. (1989). *Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias*. Morata/MEC.
- HOLTON, G. (1989). *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Reverté.
- HOLTON, G. y ROLLER, D. (1963). *Fundamentos de la Física moderna* Reverté.
- MANRIQUEZ, M. J.; VARELA, P. y FAVIERES, A. (1989). Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 7, (3).
- ROLLER, D.E. y BLUM, R. (1986). *Electricidad, magnetismo y óptica*. Reverté.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 221-227.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?, *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), 137-144.
- SOLBES, J. y MARTIN, J. (1991). Analisis de la introducción del concepto de campo, *Revista Española de Física*, 5 (3), 34-39.
- SOLOMON, J. (1988). Una perspectiva social de los esquemas conceptuales. *Investigación en la Escuela*, 5, 17-20.
- TATON, R. (1988). *Historia General de las Ciencias*. Madrid: Orbis.
- TIPLER, P.A. (1987). *Física*. Reverté.
- VIENNOT, L. (1977). Le raisonnement spontané des élèves en dynamique. Tesis doctoral. Universidad de París 7.

SUMMARY

The present article is focused on identifying the student's conceptions about the basic ideas of Electricity, such as electric charge and electric potential; as well as, the "intuitive" notion of electric field. Moreover, it has been tried to find out if there are similarities between student's conceptions and those given through the electrical theory construction.

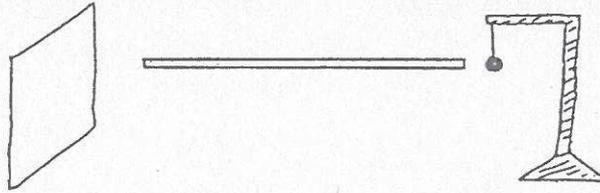
RESUMÉE

On prétend dans cet article identifier les conceptions des étudiants sur les concepts basiques d'électricité, comme la charge et le potentiel, et aussi sur l'idée intuitive de champ électrique. Depuis, on a traité de voir s'il y a quelques similitudes entre les conceptions des étudiants et lesquelles qu'on présent dans l'histoire de la construction de la théorie électrique.

ANEXO I - PRUEBA

- 1_ Al frotar un bolígrafo de plástico con tu jersey de lana, el boli queda cargado. Este fenómeno se explica debido a que :
- a_ el frotamiento hace que el fluido eléctrico contenido en el bolígrafo salga de éste creando un campo eléctrico a su alrededor.
 - b_ Debido al frotamiento hay un intercambio de cargas entre el bolígrafo y el jersey, quedando ambos cargados pero con signo contrario.
 - c_ El frotamiento hace que aparezcan cargas en el bolígrafo donde antes no había.
 - d_ Otra explicación _____

- 3_ Se aproxima una hoja de plástico cargada al extremo de una barra larga de madera como se vé en la figura 1. En el otro extremo de la barra hay una bolita muy ligera de poliuretano colgada.



Explica si será o nó atraída la bolita y porqué.

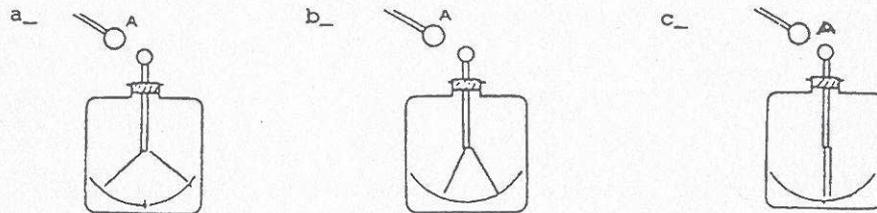
Sí Nó No lo sé

Explicalo en el reverso de la hoja

- 5_ Dos cuerpos A y B se frotan uno contra otro, se separan, y despues de un rato se les pone en contacto:

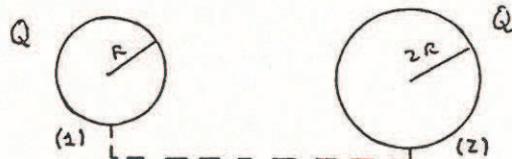


Despues, cogemos el cuerpo A y lo acercamos al electroscopio. ¿Cuál de las tres posibilidades sucederá?



Explicación _____

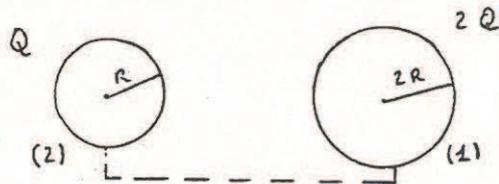
- 6_ Hay dos esferas, una de radio doble que la otra, con la misma carga. Se conectan mediante un hilo conductor, ¿Qué puede suceder?



- a_ circulará carga de la esfera (1) a la esfera (2)
 b_ circulará carga de la esfera (2) a la esfera (1)
 c_ no circulará carga.

Explica tu respuesta en el reverso de la hoja

- 7_ Se dispone de dos esferas, la (1) tiene doble carga que la (2) y, también es de doble radio como se vé en la figura adjunta. ¿Qué sucederá al conectarlas?



- a_ circulará carga de la esfera (1) a la (2)
 b_ circulará carga de la esfera (2) a la (1)
 c_ no circulará carga.

Explicación _____