

# DetECCIÓN DE LAS IDEAS PREVIAS EN CINEMÁTICA UTILIZANDO LA COMPOSICIÓN DE MOVIMIENTOS

Sánchez Velázquez, J. Lorenzo.  
I.B. "Fuerte de Cortadura" (Cádiz). (\*),  
Oliva Martínez, J. M  
I.B. Fuerte de Cortadura Cádiz  
Rosado Barbero, L.  
Facultad de Ciencias. UNED (Madrid).  
Cruz González, M I  
I.F.P. Felanitx (Mallorca).



## RESUMEN

En este trabajo se muestran los resultados de una investigación acerca de las ideas previas de los/as alumnos/as de 3º de BUP sobre algunos aspectos de la composición de movimientos, utilizando un test de respuesta múltiple con explicación de respuesta, elaborado por nosotros. Hemos analizado la aplicación o no de la ley de la inercia cuando uno de los movimientos no se da explícitamente, así como la influencia de uno de los movimientos en el otro. De las respuestas dadas por los alumnos, se desprende un esquema de razonamiento alternativo con cierto grado de coherencia, menos consistente que el modelo científico, a veces contradictorio, pero siempre influido por el contexto.

## Introducción

Las principales características del modelo constructivista del aprendizaje las resume Driver (1986) en los siguientes términos: importancia de los conocimientos o ideas previas, el aprendizaje a largo plazo sólo se produce cuando los conocimientos están muy estructurados e interrelacionados de múltiples formas, importancia de las analogías con los conocimientos ya adquiridos y la responsabilidad del estudiante en su propio aprendizaje.

Cada individuo tiene una concepción del mundo que le rodea, que ha desarrollado a largo de su vida conforme ha tenido que racionalizar todo lo que ha sucedido a su alrededor. Con frecuencia estas ideas previas o preconceptos son erróneos, y la enseñanza tiene por objeto su sustitución por conceptos científicos.

Así por ejemplo, las ideas de los alumnos acerca del movimiento implican una causa que llaman fuerza. Esta "fuerza", resultado de una combinación de los conceptos de fuerza, cantidad de movi-

(\*) C/ Príncipe Felipe, 20 Bajo B,  
37770 Guijuelo (Salamanca).



miento y energía cinética, está ligada a los objetos, puede ir consumiéndose y es la causa de la velocidad. Algunos autores (Viennot 1979 y 1989, McCloskey 1983) han visto, en estas características, reminiscencias de la teoría medieval del "impetus". Otros autores (Champagne et al. 1980, Watts y Zylbertjan 1981 y Whitaker 1983), consideran que los alumnos asocian la posibilidad de hacer fuerza a algo activo (personas, animales, motores, etc), que provoca los movimientos violentos (en contraposición a los movimientos espontáneos y naturales) y que los mantiene, de forma que al desaparecer las causas, desaparecen los movimientos. Estos autores ven en estas características similitudes con la concepción aristotélica del movimiento. Esta interpretación, sin embargo, es hoy en día criticada pues la distinción aristotélica entre movimientos naturales y violentos (Baig y Agustanch 1987) no parece ajustarse a los esquemas intuitivos de los alumnos (Hierrezuelo y Montero 1989).

El problema de la interpretación del movimiento por los alumnos, se agudiza aún más en la composición de movimientos, pues a los problemas cinéticos y dinámicos que acompañan a cada uno de los dos movimientos, se añadirá la dificultad de componerlos. Es preciso comentar aquí la gran dificultad histórica que supuso la explicación de los movimientos parabólicos (Baig y Agustanch 1987).

Algunos autores han utilizado movimientos compuestos en sus investigaciones didácticas, generalmente en relación al concepto de fuerza y en la caída libre (Viennot 1979 y 1989, McCloskey 1983, Whitaker 1983). Así por ejemplo, Whitaker detectó, mediante un test de respuesta múltiple, que los errores más frecuentes en la composición de movimientos, se relacionan con no tener en cuenta uno de ellos, cuando éste no se da explícitamente.

En nuestro país hay pocos datos en relación a las preconcepciones en cinemática, sobre todo en lo que se refiere a la composición de movimientos. Acevedo (1989), utilizando el tiro horizontal en el estudio de la caída libre, obtuvo, entre otras cosas, que los alumnos prescindían total o parcialmente del movimiento horizontal.

## 2. Objetivos de la investigación

Con el ánimo de contribuir al aumento del caudal de información didáctica en este área, planteamos detectar las concepciones de los alumnos puestas en juego a la hora de interpretar cuestiones relacionadas con la composición de movimientos, una vez que ya han abordado los conceptos elementales de cinemática, en cursos anteriores, siguiendo una metodología tradicional. Más concretamente, estamos interesados en determinar;

- a. En qué medida hacen uso de la ley de la inercia en la composición de movimientos.
- b. En qué medida distinguen las dos componentes del movimiento al analizar el fenómeno.
- c. Con qué consistencia emplean dichas ideas.

Consideramos el estudio de estas cuestiones como un paso previo al diseño de cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje en esta área de la mecánica, que tenga como objetivo la reestructuración de las ideas previas detectadas para provocar el consiguiente cambio conceptual.

## 3. Diseño experimental

Para la realización de la experiencia se ha utilizado un test de respuesta múltiple con explicación de respuesta elaborado por nosotros que consta de 12 cuestiones, procurando repetir un mismo fe-

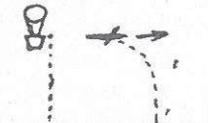
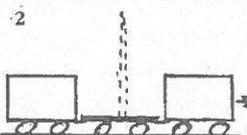
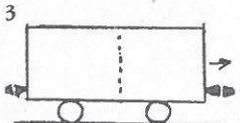
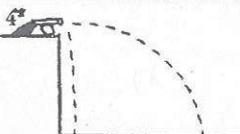
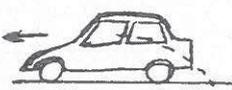
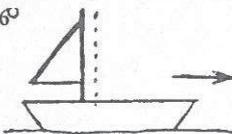
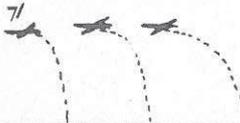
Cuestión	Tipo lanzamiento	Tipo movimiento	¿Resulta evidente el movim. horizon. inicial, una vez que se deja en libertad?	Incognita
<p>1</p> 	Exterior	Caída	No	Tiempo caída
<p>2</p> 	Exterior	Subida/Bajada	No	Posición final
<p>3</p> 	Interior	Caída	No	Posición final
<p>4</p> 	Exterior	Caída	Si	Tiempo Caída
<p>5</p> 	Exterior	Caída	No	Posición final
<p>6</p> 	Exterior	Caída	No	Posición final
<p>7</p> 	Exterior	Caída	No	Tiempo Caída

Tabla explicativa

nómeno en al menos dos items, pero en diferentes contextos. En el anexo presentamos los 7 items utilizados en este trabajo. En ellos hemos ordenado las opciones para una mejor interpretación de las tablas que se muestran. En el modelo de cuestionario presentado al alumno la distribución de las opciones era aleatoria y el coeficiente de confiabilidad para todo el test, medido por método de Kuder-Richarson, dio 0'67.

Pasamos el test a 104 alumnos de 3º de BUP de un instituto público de Cádiz, con un el alumnado de clase "media", en marzo de 1990, antes del comienzo del estudio de la Cinemática. Se determinaron los porcentajes de alumnos que elegían cada cuestión en cada item, se compararon entre sí items que describían un mismo fenómeno en diferentes contextos utilizando el coeficiente de correlación phi ( $\phi$ ), que es una medida del coeficiente de correlación  $r$  de Pearson adaptado a variables dicotómicas (elección o no de una de las soluciones de un item determinado) (Garrett, 1983). Estos coeficientes se determinaron utilizando las correspondientes tablas de contingencia.

#### 4. Resultados y discusión

##### 4.1. Utilización de la ley de la inercia en la composición de movimientos.

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en las cuestiones donde se les pedía a los alumnos que determinaran la posición final de un objeto en movimiento parabólico (cuestiones 2, 3, 5 y 6). En ella hemos agrupado opciones que representan dos concepciones del movimiento: según una, el movimiento horizontal desaparece totalmente al iniciarse la caída (modelo aristotélico), la otra, supone que la velocidad horizontal va disminuyendo poco a poco hasta desaparecer (modelo del "impetus"). Los números entre paréntesis indican los porcentajes.

Es de destacar, en primer lugar, que las respuestas se reparten entre dos o tres opciones de cada item, siendo escasa la acogida que tienen la opción hacia adelante y las respuestas tales como "no se" y "otra posibilidad". Esto sugiere que las interpretaciones parecen ser ampliamente compartidas, estando ligadas a representaciones comunes. Una de ellas estaría relacionada con los modelos aristotélicos o del "impetus" y la otra con el modelo newtoniano.

Item	2	3	5	6
Ley de la inercia	44 (42'3)	70 (67'3)	23 (22'1)	50 (48'1)
Aristotel/impetus	56 (53'9)	21 (20'2)	79 (75'9)	42 (40'4)
Adelante	-- ---	1 (1'0)	1 (1'0)	4 (3'8)
Otros	4 (3'8)	12 (11'5)	1 (1'0)	8 (7'7)

TABLA I

Las interpretaciones newtonianas y aristotélico-impetus se reparten prácticamente por partes iguales en los items 2 y 6; en cambio, destacan el alto porcentaje de aciertos en la cuestión 3 y el bajo porcentaje de respuestas correctas en el item 5 donde el fenómeno y las circunstancias son prácticamente los mismos que en las cuestiones 2 y 6.

La inconsistencia general de las respuestas se hace evidente al considerar la relación crítica de las diferencias de los porcentajes de aciertos (Garrett 1983) en las cuatro cuestiones (tabla II). Solamente los porcentajes de los items 2 y 6 son estadísticamente equivalentes (podrían intercambiarse); en las demás parejas de items, se aprecian diferencias significativas más allá del nivel 0.01.

Para analizar la consistencia individual, clasificamos a los alumnos en tres niveles según el grado de coherencia de sus respuestas a las cuestiones 2, 3, 5, y 6 (ver tabla III).

RC	2	3	5	6
2	0	4.8	3.2	1.2
3		0	7.0	3.7
5			0	4.8
6				0

TABLA II

Nivel I: En él hemos agrupado a aquellos estudiantes que se muestran escasamente consistentes. Estos alumnos no son capaces de dar el mismo argumento en más de dos cuestiones.

Nivel II: Alumnos que son consistentes en aportar el mismo argumento en tres cuestiones.

Nivel III: Dan respuestas iguales a los cuatro items.

Nivel de consistencia		
	frecuencia	%
Nivel I	26	25
Nivel II	46	44
Nivel III	32	31

Tabla III

Destacamos el alto porcentaje de alumnos que se encuentran en el nivel I y los pocos que son totalmente coherentes en sus respuestas (nivel III).

Todos estos datos parecen sugerir que la importancia del contexto en el que se desarrolla un determinado fenómeno es muy importante en la interpretación que hacen los estudiantes. Pensamos, por ejemplo, que el alto porcentaje de respuestas correctas a la cuestión 3, se debe al hecho de que el movimiento transcurre en el interior de un vehículo en marcha, donde el rozamiento del aire y el viento, no afectan al movimiento horizontal. Queremos destacar que en todos los enunciados, y durante la resolución del test, se les insistió en que debían prescindir en sus razonamientos del rozamiento del aire y del viento. Esto nos da idea de la gran resistencia que presentan los alumnos a fabricar una mecánica donde no actúen los rozamientos (Driver 1986).

El bajo porcentaje de respuestas correctas en el item 5, donde, como ya hemos señalado, el fenómeno y las circunstancias son prácticamente los mismos que en los items 2 y 6, lo atribuimos a la distinta familiaridad de los contextos. Los datos parecen sugerir que hay determinado tipo de experiencias cotidianas (dejar caer un objeto dentro de un vehículo en movimiento o lanzar objetos desde la ventanilla de un coche en marcha), que pueden con-

tribuir a disminuir o aumentar un determinado error conceptual.

Por otro lado, la diferencia porcentual entre los ítems 5 y 6 es muy importante y sin embargo el contexto es prácticamente el mismo (ver tabla explicativa). Pensamos que a la distinta familiaridad de las situacio-

nes, a la que aludíamos en el párrafo anterior, hay que añadir el sistema de referencia físico que supone el mástil del velero en la cuestión 6. Será interesante estudiar en trabajos futuros la importancia de los sistemas de referencia reales en la interpretación de los fenómenos por los estudiantes.

Esquema newtoniano					Esquema aristot-impetus				
$\phi$	2	3	5	6	$\phi$	2	3	5	6
2	1	0.43	0.29	0.50	2	1	0.37	0.29	0.41
3		1	0.12*	0.42	3		1	0.11*	0.32
5			1	0.32	5			1	0.23
6				1	6				1

TABLA IV

Para estudiar la consistencia individual de los esquemas newtoniano y aristotélico-impetus, hemos calculado los coeficientes de correlación  $\phi$  (tabla IV) entre ítems para ambos modelos, de forma similar a como ya lo han hecho otros autores (Gentil Iglesias y Oliva 1989) en el campo de la discontinuidad de la materia. Todos, menos los que llevan \*, son significativos más allá del nivel 0.01 y podemos decir que ambos modelos presentan algún tipo de coherencia a nivel individual. Sin embargo, los coeficientes de correlación  $\phi$  del esquema newtoniano son mayores que sus equivalentes en el modelo aristotélico-impetus. Esto nos sugiere que el esquema científico es más consistente en los alumnos que lo han asimilado, que el esquema aristotélico-impetus alternativo.

Finalmente, hemos intentado ver si los alumnos distinguen en sus razonamientos entre el modelo aristotélico y el del impetus, o si, por el contrario, emplean ambos modelos indistintamente según el contexto. Las opciones b de los ítems 2 y 5 representan el modelo aristotélico (al desaparecer la "fuerza", desaparece completamente el movimiento en la dirección horizontal)

mientras que la opción d de estos mismos ítems es elegida por quienes siguen el modelo del "impetus" (la velocidad horizontal se va consumiendo poco a poco). Los coeficientes de correlación  $\phi$  valen 0.19 y 0.11 para las opciones b y d respectivamente. El primero es significativo más allá del nivel 0.05 y el segundo no lo es para ese mismo nivel. Los valores, sin embargo, son muy pequeños y por ello estimamos que los alumnos son incoherentes en su aplicación: individualmente emplean un modelo u otro en función del contexto.

#### 4.2. Los razonamientos de los alumnos y la conceptualización simultánea de ambos movimientos.

Otro de los errores conceptuales de los alumnos está en no considerar los movimientos compuestos independientemente uno del otro; por ello suelen razonar aplicando las características de un movimiento a otro (Whitaker 1983, McCloskey 1983, Hierrezuelo y Molina 1989). Concretamente hemos estudiado, en el movimiento parabólico, la influencia de la velocidad horizontal en el tiempo de caída.

En la tabla V, presentamos los resultados obtenidos para las cuestiones 1, 4 y 7 (ver tabla explicativa), en las que al pedirles el tiempo de caída para móviles con distinta velocidad horizontal inicial, pueden poner

de manifiesto este error. Hemos agrupado todas las opciones que implican la influencia del movimiento horizontal en el tiempo de caída.

Item	1	4	7
Mov. Independientes	29 (28)	7 (7)	47 (45)
Mov. Horizontal influye en mov. vertical	49 (47)	92 (83)	45 (43)
Otras	26 (25)	5 (5)	12 (12)

TABLA V

Destaca el bajo porcentaje de respuesta correctas en la cuestión 4 donde el movimiento parabólico lo describe un proyectil disparado por un arma de fuego. Otro dato importante es el indicado por la opción d del item 1, escogido por 25 alumnos, y donde, antes que cualquier otra respuesta, consideran al peso del cuerpo como el factor que más influye en el tiempo de caída.

El cálculo de la relación crítica de las diferencias de los porcentajes de aciertos, ha dado valores que indican diferencias significativas, para las tres parejas de items, más allá del nivel 0.01. Esto nos conduce a una inconsistencia general de las respuestas de los alumnos, por lo que pensamos que el contexto en el que se desarrolla el fenómeno es importante para explicar estas diferencias.

De las respuestas dadas a la cuestión 4, se desprende que los alumnos asignan implícitamente una velocidad muy alta a los proyectiles disparados por armas de fuego, haciendo que, si el disparo es horizontal, el móvil vaya en línea recta durante una buena parte del recorrido, para finalmente caer. Esta interpretación es compartida por una gran mayoría de alumnos como se pone de manifiesto en la tabla V. Para estos

mismos estudiantes, la velocidad de los aviones es bastante menor que la de los proyectiles y los objetos que se desprenden de ellos, describen desde el principio trayectorias parabólicas. Por ello los porcentajes de los items 1 y 7 son bastante parecidos, estando además correlacionados significativamente (tabla VI).

Los comentarios de los alumnos, para justificar la opción elegida, apuntan hacia un modelo alternativo que coincide con el aristotélico-impetus. En el tiro horizontal, el objeto pierde poco a poco su velocidad horizontal, a la vez que manifiesta su "tendencia natural" a caer por ser un cuerpo pesado (modelo aristotélico). Este "impetus" horizontal retiene la caída, haciendo que ésta sea más lenta que en la caída libre.

Los coeficientes de correlación  $\Delta$  de la tabla VI, salvo el que aparece con \*, son significativos más allá del nivel 0.01 y por ello pensamos que ambos esquemas presentan alguna forma de coherencia a nivel individual. Destacamos que los valores mayores se dan, para ambos esquemas, entre los items 1 y 7, donde las velocidades horizontales iniciales son parecidas (se sueltan objetos desde aviones en vuelo

Modelo científico				Modelo alternativo			
$\phi$	1	4	7	$\phi$	1	4	7
1	1	0.35	0.43	1	1	0.07*	0.51
4		1	0.22	4		1	0.19
7			1	7			1

TABLA VI

horizontal). Las diferencias en los coeficientes para los ítems 1 y 4, y 4 y 7, ya las hemos relacionado anteriormente con la gran velocidad inicial que los alumnos asignan implícitamente a los proyectiles.

### 5. Conclusiones

En consonancia con los resultados de Whitaker (1983), hemos obtenido que los alumnos, en la composición de movimientos, tienden a prescindir total o parcialmente de uno de ellos cuando no se les da explícitamente. Pensamos que este error puede estar originado por dos errores más fundamentales que pueden actuar o no simultáneamente. Uno de ellos consiste en no aplicar la ley de la inercia; el otro está relacionado con la dificultad que presentan los alumnos de prescindir de la influencia de los rozamientos, aún cuando así se les haya pedido explícitamente.

Por otro lado, los estudiantes no suelen considerar los dos movimientos de forma independiente. Por ello afirman que, en el tiro horizontal, la velocidad horizontal influye en el tiempo de caída. Este razonamiento les lleva a asegurar que, para velocidades grandes (aquellas que intuitivamente consideran muy altas como las de los proyectiles disparados por armas de fuego), la trayectoria es horizontal durante una buena parte del recorrido, para finalmente caer. Esta interpretación resulta de

la experiencia cotidiana de los alumnos, que han disparado con escopetas de aire comprimido o han visto disparar con armas de fuego; el que dispara apunta directamente al blanco. Sin embargo, para móviles más lentos (consideran que los objetos que caen desde los aviones llevan una velocidad inicial mucho menor que la de los proyectiles), la velocidad influye en el tiempo de caída, reteniéndola. Sin embargo, el objeto cae desde el primer momento.

El contexto en el que se desarrolla un determinado fenómeno puede influir drásticamente en la interpretación de los estudiantes, que les lleva a elegir unas veces el modelo newtoniano y otras el modelo aristotelico-impetus alternativo. Concretamente, hemos obtenido resultados muy diferentes cuando un objeto se dejaba caer desde la ventanilla de un coche en movimiento, que cuando ese objeto se dejaba caer desde lo alto del mástil de un velero. Aquí el mástil puede servir como referencia física que ayuda al alumno a responder correctamente. El simple detalle de lanzar un objeto hacia arriba dentro del vagón de un tren en movimiento o hacerlo desde una plataforma de ese mismo tren, da lugar como hemos visto de diferencias significativas.

Otro factor inherente al contexto fenomenológico es la familiaridad de las situaciones planteadas. Pensamos que, cuando un error conceptual se da dentro de un

contexto habitual, está más enraizado que cuando el contexto no es habitual. Así, el error de no considerar uno de los movimientos en la composición de movimientos, es porcentualmente mayor cuando el objeto se deja caer desde la ventanilla de un coche en movimiento, que cuando se suelta desde lo alto del mástil de un velero. Paralelamente, la familiaridad del contexto puede conducir a mejores resultados. Por ejemplo, el porcentaje de respuestas correctas es mucho mayor cuando el objeto se deja caer dentro del vagón de un tren en movimiento.

Los modelos aristotélicos y del "impetus" son aplicados por un individuo indistintamente, dependiendo siempre del contexto. En la mecánica intuitiva de los alumnos ambos modelos parecen coexistir, y la aplicación de uno u otro depende del contexto y del individuo. Por ello, pensamos que el modelo de los alumnos consiste en una mezcla de los esquemas aristotélico y del "impetus", que en muchas ocasiones es contradictorio e inconsistente, pero que está íntimamente asociado al contexto fenomenológico. Otra característica importante de este esquema de razonamiento es su naturaleza acrítica y superficial que le proporciona la gran resistencia al cambio conceptual ampliamente comprobada.

Existen otros factores detectados y no medidos en este test, que pensamos tratar en futuros trabajos. Entre ellos destacamos la influencia del peso de los objetos, la importancia que pueda tener el hecho de que el movimiento sea de subida o de bajada, o la existencia de sistemas de referencia físicos dentro del contexto. Su estudio contribuirá a determinar, en mayor medida, cuáles son las concepciones previas de los alumnos, a fin de diseñar actividades con ejemplos y contraejemplos capaces de provocar el cambio conceptual.

#### REFERENCIAS

- ACEVEDO, J. A. (1989). Comprensión Newtoniana de la caída de cuerpos. Un estudio de su evolución en el Bachillerato. *!Enseñanza de las Ciencias*1, 7 (3), 241-246.
- BAIG, A. y AGUSTANCH, M. (1987). *!La revolución científica en los siglos XVI Y XVIII*. Biblioteca de recursos didácticos. Alhambra.
- CHAMPAGNE, A. B. KLOPPER, L. E. Y ANDERSON, J. H. (1980). Factor influencing the learning of classical mechanics. *!American Journal of Physics*3, 1Vol. 8, 1074-1079.
- DRIVER, R. 1986 Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *!Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), pp 3-15.
- GARRETT, H. E. 1983, *!Estadística en Psicología y Educación*1, (Paidós: Barcelona).
- GENTIL, C. IGLESIAS, A. OLIVA, J.M. (1989). Nivel de apropiación de la idea de la discontinuidad de la materia en alumnos de Bachillerato. Implicaciones didácticas. *!Enseñanza de las Ciencias*3, 17 (2), 126-131.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1989). *!La ciencia de los alumnos*. 1Ediciones LAIA/MEC.
- MCCLOSKEY, M. (1983). Intuitive Physics. *!Scientific American* 1Vol6t1248, 122-130.
- VIENNOT, 1979, Spontaneous reasoning in elementary dynamics, *!Eur. J. Sci. Educ.*1, 1, pp 205-221.
- VIENNOT, L. (1989). La didáctica de la enseñanza superior ¿para qué?. *!Enseñanza de las Ciencias*1, 7 (1), 3-13.
- WATTS, D. M. Y ZYLBERSZTAJN, A. (1981). A survey of some ideas about force. *!Physics Education*1, Vol 16, 360-365.
- WHITAKER, R. J. (1983). Aristotle es not dead: student understanding of trajectory motion. *!American Journal of Physics*1, Vol 51, 352-357.

**SUMARY**

*In this work, we show the results of a piece of research into the previous ideas that students of secondary education give about some aspects of the motion composition, using a self-made multiple reply test with reply explanation. The application or not of the Law of Inertia is analysed when one of the motion doesn't take place explicitly, as soon as the influence of one of the motions on the other one. It is clear from the replies given by the students an alternative reasoning scheme with a certain level of coherence, less consistent than the scientific model, sometimes contradictory, but always influenced by the particular context.*

**RESUMÉE**

*Dans ce travail, on montre les résultats d'une recherche à propos des conceptions des élèves de 3<sup>e</sup> de BUP dans des lycées, sur quelques aspects relationnés avec la composition de mouvements. Nous avons utilisé un test de réponse multiple avec l'explication de la réponse. On analyse l'application de la loi de l'inertie quand un des mouvements n'est pas explicité dans l'autre. Les réponses données par les élèves détachent un schéma de raisonnement alternatif avec un certain degré de cohérence, moins consistant que le modèle scientifique, parfois contradictoire, mais toujours influencé par le contexte.*

**ANEXO**

1.-Disponemos de un globo situado a una cierta altura y de una avioneta que se mueve en línea recta y con velocidad constante a la misma altura. Desde ambos aparatos se deja caer simultáneamente un objeto. ¿Cuál llegará antes al suelo y con qué velocidad? Prescindir del viento y del rozamiento con el aire.

- a/ llegarán a la vez al suelo.
- b/ llegará antes el que cae desde el globo por que recorre un camino menor.
- c/ llegará antes el que cae desde el avión por que éste lo impulsa más.
- d/ llegará antes el más pesado.

2.-Una persona va en la plataforma de un tren que se mueve con velocidad constante. Lanza verticalmente hacia arriba una pelota. Si no existe rozamiento con el aire ni existe viento;

- a/ La pelota caerá en sus manos,
- b/ La pelota caerá detrás de él.
- c/ Caerá delante de él.
- d/ Si se lanza a poca altura caerá en sus manos, pero si se lanza a gran altura quedará atrás.

3.-Vamos dentro de un tren que se mueve a 60 Km/h. En el suelo del vagón existe un agujero. Desde la vertical del agujero dejamos caer un pequeño objeto ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

- a/ El objeto cae y pasa por el agujero.
- b/ El objeto cae detrás del agujero.
- c/ El objeto cae al suelo de la plataforma delante del agujero.
- d/ Otra posibilidad.

4.-Desde una altura de 20 m. sobre un acantilado disparamos un proyectil horizontalmente, al mismo tiempo que dejamos caer verticalmente una piedra. La piedra y el proyectil tienen el mismo peso. El proyectil caerá al suelo;

- a/ Al mismo tiempo que la piedra.
- b/ Después que la piedra.
- c/ Antes que la piedra.
- d/ Puede llegar antes, a la vez, o después, según la velocidad del proyectil.

5.-Desde la ventanilla de un coche en marcha con velocidad constante dejamos caer un objeto. Si prescindimos del rozamiento del aire y del viento, el objeto chocará contra el suelo;

- a/ En el mismo punto en el que, en ese momento, se encuentra el coche.
- b/ Encima del punto donde se dejó caer.
- c/ Delante de la posición del coche cuando el objeto choca contra el suelo.
- d/ Algo detrás de la posición del coche.

6.-Un velero se desplaza rápidamente sobre la superficie de un lago en calma. Se deja caer una bola desde lo alto del mástil. La bola caerá;

- a/ Al pie del mástil.
- b/ Detrás del mástil.
- c/ Delante del mástil.
- d/ Otra posibilidad.

7.-Tres bombarderos viajan horizontalmente a la misma altura y con velocidades de 500, 600 y 700 Km/h. En el mismo instante sueltan una bomba cada uno de ellos. ¿Cuál llegará antes al suelo?

- a/ Los tres caen a la vez con movimiento parabólico.
- b/ El primero porque recorre un camino menor.
- c/ El tercero porque viaja a mayor velocidad,
- d/Los tres caen a la vez verticalmente.