****

**MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA, BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

CURSO 2022-2023

**TÍTULO DEL TRABAJO**

**TÍTULO EN INGLÉS DEL TRABAJO**

**ESPECIALIDAD**: Física y Química

**APELLIDOS Y NOMBRE**: Olivares López Eduardo

**DNI**: 48081621Y

**CONVOCATORIA**: JUNIO/SEPT/FEBRERO

**TUTOR/A:** Ángel Ezquerra Martínez. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Centro de Formación del Profesorado.

1. **RESUMEN**

En este trabajo, se caracteriza el cambio conceptual en un grupo de alumnos de 2ºESO en nociones sobre cinemática. En concreto se categorizan las respuestas de los estudiantes en una actividad de aula que consiste en una serie de preguntas acerca de este tema. Se realiza la categorización antes y después de una intervención didáctica fuertemente apoyada en el tema “El Movimiento” del repositorio multimedia Science Bits, basado en el método de enseñanza-aprendizaje 5E.

Los resultados son así por esto y esto. Resumir conclusiones.

1. **ABSTRACT**

Resumen, pero en inglés.

1. **PALABRAS CLAVE**

* concepciones alternativas
* concepciones científicas
* cambio conceptual
* modelo 5E
* RDR
* CAQDAS

1. **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, JUSTIFICACIÓN, Y OBJETIVOS**

Siendo los conceptos elementos básicos de construcción de conocimiento en todas las disciplinas académicas, juega un papel crítico la sólida comprensión de estos conceptos en la ayuda de estudiantes a desarrollar las bases y estructuras de su conocimiento, y en la aplicación de concepciones correctas y resolución de problemas, todo para desarrollar competencia en sus profesiones (Streveler, 2008). De hecho, se ha demostrado que las concepciones científicamente incorrectas que los alumnos pueden presentar (también denominadas concepciones alternativas) son una de las causas principales de un desempeño académico y resolución de problemas pobres en muchas disciplinas, pero particularmente en las disciplinas STEM (Brown, 1999). La presencia de estas concepciones alternativas puede disrumpir la formación de concepciones científicamente correctas, también llamadas concepciones científicas.

Es especialmente relevante combatir las concepciones alternativas del tema de cinemática, ya que de él emergen conceptos presentes en toda la física, como el de velocidad, aceleración, o posición (BUSCO AUTOR, AÑO). Al fin y al cabo, los conceptos aprendidos en este tema sentarán la base para el desarrollo de conocimiento futuro en física, más complejo. Sumado a esto, y por numerosos testimonios de docentes y estudiantes por igual, en demasiadas ocasiones, los alumnos se preocupan de resolver exámenes sin entender realmente a nivel profundo los conceptos físicos que subyacen de los problemas resueltos. Así convierten la Física en la habilidad para resolver problemas más que en el saber a través del cual entender el universo que nos rodea.

Por todo lo expuesto en los párrafos anteriores, considero de vital importancia que se facilite el cambio conceptual de los estudiantes al máximo. Debido a que las concepciones alternativas pueden ser robustas y difíciles de corregir (Michelene T. H. Chi et al., 1991), la dimensión de un trabajo que investigue como facilitar el cambio conceptual puede exceder la de un TFM, tanto en extensión como en tiempo. En su lugar, el objetivo general de este TFM será estudiar cómo una intervención didáctica basada en el repositorio multimedia Science Bits afecta al cambio conceptual de los estudiantes.

Los objetivos concretos son:

* Caracterizar la corrección y justificación de respuestas de los alumnos antes y después de la intervención.
* Caracterizar la transformación de las respuestas, es decir, el cambio conceptual tras la intervención.
* Proponer conjeturas sobre la relación entre las concepciones alternativas o científicas emergentes y los contenidos de la intervención didáctica.

1. **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y ESTADO DEL ARTE**
   1. **Concepciones alternativas, científicas, y cambio conceptual.**

En el pasado han se han referido a ellas como preconcepciones (preconceptions), concepciones alternativas (alternative conceptions), ideas equivocadas (misconceptions), intuiciones científicas de niños (children’s scientific intuitions), ciencia de niños (children’s Science), conceptos de sentido común (common sense concepts), o conocimiento espontáneo (spontaneous knowledge) por autores como Novak, Driver & Easley, Helm, Sutton, Gilbert & Watts & Osborne, Halloun & Hestenes, o Pines & West respectivamente. Aunque pueda haber sutiles diferencias en la definición de estos términos, por simplicidad y comodidad del lenguaje, en este trabajo nos referiremos como “concepciones alternativas” a todas aquellas concepciones que existan en la mente de los alumnos que sean científicamente incorrectas. Una variedad de concepciones alternativas ya está presente en los estudiantes antes de llegar al centro educativo (Novak, 2002). Algunas están basadas en su experiencia del mundo físico. Estas experiencias, basadas en el sentido común, se consideran hipótesis razonables basadas en su experiencia cotidiana. A veces, estas experiencias pueden no siempre ser verdad y son a menudo inconsistentes con los conceptos que se aprenden en clases formales, así recibiendo el nombre de concepciones alternativas (Azita Seyed Fadaei & César Mora, 2015). Las concepciones alternativas son altamente resistentes al cambio e influencian el proceso de enseñanza-aprendizaje en cualquier materia de estudio, especialmente en física (Pfundt, 1988). Algunas concepciones alternativas incluso violan los principios científicos y matemáticos enseñados por el docente en el aula (Smith III, 1994).

Por otro lado, el cambio conceptual es el evento en el que los estudiantes realizan cambios en sus concepciones iniciales de tal forma que pasan de ser incorrectas a ser correctas. Pasan así a denominarse concepciones científicas (Makhrus, 2014). El cambio conceptual se produce cuando el conocimiento previo entra en conflicto con la nueva información (Murdani et al., 2018). Aún después del aprendizaje, algunas concepciones alternativas pueden permanecer inherentes al alumno, impidiendo el aprendizaje (Demirci, 2005).

* 1. **Causas de concepciones alternativas.**

En general, las causas principales de concepciones alternativas son 5: los grupos de estudiantes, los docentes, los libros de texto, el contexto, y la manera de enseñar (Suparno, 2013). La tabla 1 muestra las causas especiales de concepciones alternativas derivadas de las cinco principales anteriormente mencionadas, según (Suparno, 2013).

Tabla 1. Causas principales y especiales de concepciones alternativas (Suparno, 2005).

A picture containing text, document, receipt, screenshot

Description automatically generated

* 1. **Cómo facilitar el cambio conceptual.**

Existen diversos pasos que se deben tomar para superar (o al menos reducir) las concepciones alternativas (Berg, 1990).

Primero se deben detectar las concepciones previas de los estudiantes. Antes de comenzar la clase, el profesor debería tenerlas ya en mente. Esto se puede saber a partir de la literatura, de tests diagnósticos, de observación directa de las actividades de los alumnos, o de la experiencia previa del docente.

Luego, se debe diseñar una experiencia de aprendizaje que empiece con dichas preconcepciones y las refine la parte buena a la vez que corrige la parte mala de cada concepto. El principio característico en la corrección de concepciones previas es que los estudiantes experimenten un aprendizaje que ponga en contraste sus conceptos con eventos naturales. Se espera así que la contradicción entre las nuevas experiencias y los viejos conceptos den lugar a la corrección de las concepciones alternativas. Según (Piaget, 1978), niños y adultos utilizan patrones mentales o esquemas para guiar el comportamiento y la cognición, e interpretar nuevas experiencias o material en relación con esos esquemas previos. Investigaciones por Silva et al. y Scoboria et al. (2006) muestran que, en vez de recordar una muestra de detalles precisos, las personas tienden a recordar eventos que incorporan pocos detalles dentro del esquema del evento complejo. Las concepciones alternativas afloran cuando las experiencias nuevas se interpretan a la luz de las experiencias previas y la nueva comprensión se injerta en los entendimientos previos. Generalmente las memorias se recuperan primero recordando el esquema y luego asociando los detalles. Si un concepto no cabe en un esquema preexistente y no es relevante, muy probablemente será recordado o incluso rechazado de primeras. (Scoboria, 2006; Silva et al., 2006).

El tercer paso es practicar varias preguntas para entrenar los nuevos conceptos adquiridos y refinarlos. Las cuestiones elegidas idealmente deberían poner de claro manifiesto la distinción entre la concepción científica y la concepción alternativa, evidenciando el porqué de la correctitud de la científica.

* 1. **Concepciones alternativas relativas a cinemática de 2ºESO.**

La tabla 2 muestra la codificación de concepciones alternativas encontradas en la literatura reciente acerca del tema de cinemática a nivel de 2ºESO. Es por ello que las concepciones relativas a movimientos circulares o parabólicos se excluyen; así como concepciones relativas a la aceleración como cambio en el sentido (y no módulo) de la velocidad; o a la dinámica (correspondiente al tema siguiente en el currículum de la clase del estudio). Nótese que las concepciones alternativas se codifican según siglas específicas – todas ellas comenzando por “CA(…)”, de “Concepción Alternativa”. Las siglas que siguen se refieren a la temática relacionada con la concepción en cuestión, cuyo título se elige de manera arbitraria. Por ejemplo, en el caso de la CADD1, la temática se etiqueta como “Distancia – Desplazamiento”. La cifra del final numera cada concepción alternativa. En algún caso se encuentra más de una relacionada con la misma temática (CAVA1 y CAVA2, por ejemplo, tienen que ver ambas con la relación “Velocidad – Aceleración”). De manera similar, las concepciones científicas se codifican comenzando por las siglas “CC(…)”. A partir de ahora, se referirá a las concepciones alternativas y científicas por los códigos mostrados en la tabla 2, por comodidad de escritura y por evitar cargar el documento con información redundante.

Se puede observar que la concepción alternativa CADVA1 carece de concepción científica asociada, ya que se trata de una concepción muy genérica, prácticamente presente en mayor o menor medida a lo largo de la totalidad de los artículos de investigación correspondientes.

Tabla 2. Concepciones alternativas y científicas relativas a los contenidos de Cinemática en 2ºESO.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **código** | **Concepción alternativa** | **código** | **Concepción científica** | **fuente** |
| CADD1 | La distancia recorrida por un móvil es siempre la misma que su desplazamiento. | CCDD | La distancia recorrida por un móvil puede ser igual al desplazamiento, pero también mayor. | (Murdani et al., 2018) |
| CADVA1 | Los conceptos distancia, velocidad, y aceleración no se diferencian bien. | - | - | (Abou Halloun & Hestenes, 1985)  (Trowbridge & Mcdermott, 1981a, 1981b). |
| CASR1 | La velocidad de un móvil es absoluta y no depende del sistema de referencia. | CCSR1 | La velocidad de un móvil depende del sistema de referencia. | Profesoras Alfredo Kraus |
| CASV1 | La rapidez (speed) y la velocidad (velocity) son iguales. | CCSV1 | La rapidez es el módulo de la velocidad. La velocidad es una magnitud vectorial que se define como el cambio de la posición con el tiempo multiplicado por el vector unitario en el sentido del movimiento. s = ||. = ∆d / ∆t \* | (Jones, 1983) |
| CAA1 | La aceleración de un móvil mide un aumento en la velocidad exclusivamente. | CCA1 | La aceleración de un móvil mide el ritmo de cambio de la velocidad con el tiempo. Contempla aumentos y disminuciones de velocidad. | Profesoras Alfredo Kraus |
| CAVA1 | Si la velocidad de un móvil es 0, su aceleración es siempre 0. | CCVA1 | Si la velocidad de un móvil es 0, la aceleración no es necesariamente 0 y si la aceleración es 0, la velocidad no es necesariamente 0. | (Murdani et al., 2018) |
| CAVA2 | Si un móvil va rápido, también tiene aceleración. (pedal acelerador). | CCVA2 | Si un móvil va rápido, no tiene por que tener aceleración si su velocidad es constante, ya que la aceleración se define como el cambio de la velocidad con el tiempo: a = ∆v / ∆t. | (Jones, 1983) |
|  | Acceleration was perceived by the students to be increasing if the speed was increasing. |  |  |  |
| CAITIT | Intervalo de tiempo e instante de tiempo son lo mismo. |  | CCITIT | (Abou Halloun & Hestenes, 1985) |
| CAPCP | Posición y cambio de posición son lo mismo. v = d / t es una expresión correcta, como v = ∆d / ∆t. (Esto sugiere que se confunde velocidad media con velocidad instantánea). | CCPCP | Posición y cambio de posición no son lo mismo. Para calcular la velocidad media se emplea v = ∆d / ∆t. v = d / t es solo correcta cuando la distancia y el tiempo iniciales se toman como 0, siendo d y t la posición y tiempo finales. | (Trowbridge & Mcdermott, 1981a, 1981b).  (Abou Halloun & Hestenes, 1985) |
| CAVCV | Velocidad y cambio de velocidad son lo mismo. a = v / t es una expresión correcta, como a = ∆v / ∆t. | CCVCV | Velocidad y cambio de velocidad no son lo mismo. Para calcular la aceleración media se emplea a = ∆v / ∆t. a = v / t es solo correcta cuando la velocidad y el tiempo iniciales se toman como 0, siendo v y t la velocidad y tiempo finales. | (Trowbridge & Mcdermott, 1981a, 1981b). |
| CAA1 | Si dos móviles están en la misma posición, deben tener la misma velocidad. | CCA1 | Dos móviles no tienen la misma velocidad en la misma posición en un adelantamiento. Sus velocidades coinciden en posiciones diferentes al adelantamiento. | (Murdani et al., 2018)  (Trowbridge & McDermott, 1980)  (Trowbridge & Mcdermott, 1981a, 1981b).  (Jones, 1983) |
| CAA2 | Un móvil puede adelantar a otro si tienen la misma aceleración. | CCA2 | Un móvil puede adelantar a otro si tienen la misma posición. | (Murdani et al., 2018) |
| CAA3 | Si un móvil va por delante de otro significa que es más rápido y si va por detrás significa que es más lento. | CCA3 | Lo lento o rápido que va un móvil en un momento determinado depende exclusivamente de la velocidad instantánea. El móvil con mayor velocidad instantánea es el más rápido, independientemente de la posición que ocupe. | (Trowbridge & McDermott, 1980) |
| CATV1 | Un móvil que se tira verticalmente hacia arriba tiene velocidad hacia arriba pero no tiene aceleración. | CCTV | Un móvil que se tira verticalmente hacia arriba tiene velocidad hacia arriba y aceleración hacia abajo siempre (tanto en la fase ascendente como en la descendente). | (Murdani et al., 2018) |
| CATV2 | Un móvil que se mueve verticalmente hacia arriba tiene aceleración hacia arriba en la fase ascendente. | CCTV | Un móvil que se tira verticalmente hacia arriba tiene velocidad hacia arriba y aceleración hacia abajo siempre (tanto en la fase ascendente como en la descendente). | (Clement, 1982) |

Como ya se verá en la sección de Metodología, las concepciones alternativas en color **negro** aparecieron en la actividad de aula con la que se categorizan, pero las que aparecen en **morado** no aparecieron.

* 1. **Modelo 5E y Science Bits**

La tabla 3, extraída directamente del resumen ejecutivo sobre el modelo 5E por (Bybee et al., 2006). muestra en qué consiste cada una de las 5 fases de este método de enseñanza-aprendizaje. Se puede observar cómo la metodología propone incitar la afloración de conocimiento previo y concepciones alternativas en las dos primeras fases, en línea con el procedimiento expuesto por Berg (1990). Es la fase “Exploration” la de especial interés para este estudio, ya que es ahí donde se atacan las concepciones alternativas de los estudiantes, y la que consta de una mayor carga temporal (un total de 4 sesiones de 50 minutos frente a una sola de 50 minutos empleada en las dos primeras). En concreto, la apuesta del recurso digital del que ellos disponían apoyaba las explicaciones de la unidad en simulaciones sobre las que se discutirá algo más en los resultados. En esta misma fase también se van integrando ejercicios propuestos para que los alumnos resuelvan en casa, coincidiendo así con el tercer paso para el cambio conceptual propuesto por Berg (1990). Este tercer paso también estaría incluido en la fase “Elaboration” del modelo 5E, que ocupó una sesión más de 50 minutos.

Tabla 3. Resumen de las fases de enseñanza-aprendizaje propuestas en el modelo 5E.

**A picture containing text, screenshot, font, number

Description automatically generated**

1. **METODOLOGÍA**

Para observar el cambio conceptual de los alumnos se emplea una hoja en la que se lista una serie de preguntas relativas al tema de cinemática para el nivel académico de 2ºESO. La figura 1 muestra la hoja en cuestión. Habría mejor emplear un cuestionario validado por algún organismo de autoridad, como por ejemplo EL CUESTIONARIO INDIO ESTE. Al fin y al cabo, este tipo de cuestionarios son de respuesta múltiple, por lo que las categorías de las respuestas ya vienen predefinidas y no hay que hacer interpretaciones sobre lo que se cree que tiene el alumno en mente. La categorización se hace mucho más sencilla. La razón de emplear la actividad de aula para la caracterización y no el cuestionario es que fue imposible acceder a cuestionarios validados de los que se empleaban en la literatura investigada. La hoja de la figura 1 se completa dos veces por parte de los alumnos: una antes de la intervención didáctica, en la que no se corrige; y otra después, que se aprovecha para una actividad RDR (Respuesta – Debate – Reflexión).



Figura 1. Actividad de aula para el RDR sobre Cinemática.

Para agrupar los tipos de cambio conceptual se emplea una categorización de las respuestas recibidas antes y después de la intervención de tal manera que “muchas palabras se clasificen en muchas menos” (Weber, 1990). Para ello se emplea el CAQDAS (computer assisted qualitative data asnalysis software) gratuito QDA Miner Lite (Provalis Research, 2023). Las respuestas se categorizan en una codificación similar a la codificación por líneas. Se categoriza cada respuesta a cada pregunta de la actividad, tanto en la iteración inicial como en la final, para ver claramente la evolución en la respuesta. De esta manera se mantiene una proximidad considerable a los datos. Los códigos empleados no van mucho más allá de lo meramente descriptivo, ya que, al tratarse la física de una materia objetiva, se complica la obtención de códigos más analíticos o teóricos. Sí es cierto que en ocasiones las justificaciones o respuestas elaboradas carecen de información explícita que permita agruparlas en una u otra categoría, pero por el contexto se puede deducir hasta qué punto el alumno comprende la física relativa a la pregunta. Estas deducciones se hacen más frecuentes sobre todo en grupos de alumnos más jóvenes, ya que no están tan habituados a redactar o justificar respuestas como lo están los alumnos más mayores. Estas deducciones asumen que las unidades de análisis se pueden clasificar en la misma categoría si tienen significados parecidos en el contexto en el que se presentan, o, en otras palabras, si tienen validez semántica (Krippendorp, 2004).

La idea inicial era comparar la aparición de concepciones alternativas con las encontradas en la literatura (tabla 2), aunque se observará que aparecen concepciones alternativas no encontradas en la búsqueda bibliográfica. Sin embargo, estas sí que estaban presentes en las mentes de las profesoras, con una experiencia docente en la materia de 6, 7, y 8 años.

La categorización de la información fue una larga y tediosa, aunque interesante tarea, en la que se siguieron los siguientes pasos:

* Se transcribieron todas las respuestas a QDA Miner. Se creó un caso por alumno. En cada caso se listaban las respuestas para cada alumno tanto antes de la intervención como después.
* Una vez transcritas, se leyeron las respuestas para las diferentes preguntas en el instante previo a la intervención didáctica
* Luego, en una segunda lectura, se inventaron códigos que pudieran agrupar las respuestas y se asignaron a las diferentes respuestas. Este paso se relaciona con lo que (Cohen et al., n.d.) llama “codificación abierta”, o “open coding”, donde el investigador codifica creando nuevos códigos a medida que lee.
* Analizando las cuentas por cada código, se profundizó en aquellos con menos cuentas, por si se pudieran combinar con otros de cuentas mayores. Fue habitual la presencia de códigos innecesariamente específicos que se pudieran combinar, además de otros demasiado generales que se convirtieron en más discriminatorios (Miles, 1994).
* Se realizaron los pasos anteriores para las respuestas tras la intervención didáctica.
* Una vez categorizadas todas las respuestas, se mostraron los resultados obtenidos de manera gráfica en un diagrama de cajas y flechas como el de la figura 2. Se puede observar cómo se establece una jerarquía de grado de “corrección” de las respuestas obtenidas, tal y como indica la flecha ascendente amarilla de la derecha. Las “más correctas” pertenecen a las cajas de más arriba en el diagrama y las “menos correctas” pertenecen a las cajas de más abajo en el diagrama. Ésta no fue la única jerarquía empleada. Aunque no se vea directamente en el diagrama, por no entorpecer la lectura, se creó una jerarquía de categorías (categorías y subcategorías) cuando fue necesario, e integrando códigos cuando se hace relevante hasta completar la codificación (Cohen et al., 2007. Estas se comentan en la discusión específica de cada gráfica, que se verá en el apartado de “Resultados y Discusión”.

Dado que la intención de la actividad de aula fue atacar las concepciones alternativas de la literatura por separado con cada pregunta, se observa que se representa un diagrama diferente por pregunta. Sí que se puede distinguir sin embargo entre preguntas de respuesta binaria (sí o no), y preguntas sobre definiciones, cuya respuesta era algo más abierta. Las preguntas de respuesta binaria analizadas en este trabajo son la 1, 2, 9, y 11 de la figura 1. Las de definiciones son la 3, 4, y 5.

En la codificación de las preguntas de respuesta binaria se clasificaron dos aspectos:

* Corrección de las respuestas: correctas o incorrectas.
* Justificación de las respuestas: se podían agrupar según una de las siguientes categorías: NS / NC, sin justificar, justificación incorrecta, justificación incorrecta razonable, o justificación correcta

Teniendo estos dos aspectos en cuenta se decidió la jerarquía en la corrección, o el grado de corrección de las respuestas – el indicado por la flecha amarilla ascendente en la figura 2. Así se sale de la binariedad del “bien o mal” y se emplea un espectro continuo de corrección donde, por ejemplo, las preguntas correctas con justificación razonable se consideran “más correctas” que las correctas sin justificación.

La codificación de preguntas sobre definiciones no siguió una regla general de categorización, ya que cada caso particular era diferente. Sin embargo, sí que se pudo mantener esa jerarquía en la corrección de las respuestas.

Además de las representaciones de los resultados, se incluyen observaciones específicas para cada diagrama, o sea, para cada pregunta. Estas observaciones atienden a temas como la corrección de las respuestas, el cambio conceptual, y observaciones más específicas. Además, se comenta al final del apartado de Resultados y Discusión una serie de observaciones generales, comunes a todas las preguntas.

Las evoluciones de corrección en las respuestas se agruparán en categorías elegidas de manera totalmente arbitraria, para poder interpretarlas cualitativamente de alguna manera. La tabla 4 muestra las agrupaciones elegidas para las evoluciones en la corrección:

Tabla 4. Categorización cualitativa de la evolución en el grado de corrección de las respuestas.

|  |  |
| --- | --- |
| AUMENTO EN LA CORRECCIÓN DE LAS RESPUESTAS () | DESCRIPCIÓN CUALITATIVA ASOCIADA |
| -100 a 0 |  |
| 0 a 25 |  |
| 25 a 50 |  |
| 50 - 100 |  |

Tomando de nuevo la figura 2 como referencia, describamos brevemente cómo interpretar cada diagrama y la información que se puede extraer de ellos:

* Cada caja encierra una categoría.
* Cada flecha representa un cambio conceptual en un alumno. Si la flecha va acompañada de un número en una caja gris, significa que la flecha representa una cantidad de cambios conceptuales igual al número indicado en la caja gris.
* Las colas de flecha indican las respuestas antes de la intervención.
* Las puntas de flecha indican las respuestas después de la intervención.
* La región verde engloba las categorías que se consideran respuestas correctas.
* La región roja engloba las categorías que se consideran respuestas incorrectas.
* La región amarilla engloba las categorías que corresponden a respuestas incorrectas, pero con justificaciones razonables.
* La corrección de las respuestas se jerarquiza tal y como indica la flecha gruesa del lateral del diagrama: Las respuestas “más correctas” están situadas arriba del todo mientras que las “más incorrectas” se encuentran abajo del todo.
* Por ello, las flechas en color verde indican “cambios conceptuales favorables” - un aumento en la “corrección de la respuesta”. También se usan flechas verdes para indicar cambios conceptuales que no cambian su nivel de corrección, pero que se mueven en la región correcta (la región verde).
* Además, las flechas en color rojo indican “cambios conceptuales no favorables” - una disminución en la “corrección de la respuesta”. También se usan flechas rojas para indicar cambios conceptuales que no cambian su nivel de corrección, pero que se mueven en la región incorrecta (la región roja).
* Contando las colas de flecha en la región verde se puede contar el número de respuestas correctas previas a la intervención.
* Contando las puntas de flecha en la región verde se puede contar el número de respuestas correctas tras la intervención.
* Contando las colas de flecha en la región roja se puede contar el número de respuestas incorrectas previas a la intervención.
* Contando las puntas de flecha en la región roja se puede contar el número de respuestas incorrectas tras la intervención.
* Los códigos en rojo (CADD1 en el ejemplo) corresponden a concepciones alternativas listadas en la tabla 2 de arriba, con las que conectan las cajas de la región roja.
* los códigos en verde (CCDD1 en el ejemplo) corresponden a concepciones científicas, listadas en la tabla 2 de arriba, con las que conectan las cajas de la región verde.

1. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**CATEGORIZACIÓN DE RESPUESTAS A LA PREGUNTA 1:**

**¿La distancia recorrida por un móvil y su desplazamiento son iguales o diferentes? Justifica tu respuesta.**

La figura XXX muestra los resultados de la pregunta 2 del cuestionario.

**A picture containing text, diagram, plan, screenshot

Description automatically generated**

**Observaciones**:

* **Corrección de las respuestas:**
  + Antes de la intervención hay 9 / 21 concepciones correctas. Se han considerado correctas todas las respuestas que indicaban que la distancia y el desplazamiento eran diferentes, teniendo en cuenta las justificadas de manera correcta como las no justificadas.
  + Después, los aciertos ascienden a 20 / 21.

Parece que la hay una evolución global enormemente favorable en la corrección de las respuestas.

* **Cambio conceptual:**
  + Se observa que tantas como 20/21 incrementan su nivel de corrección o permanecen correctas.
  + Solo 1/21 mantiene su nivel de corrección en la región incorrecta.
  + Está claro que la simulación vista en Science Bits (figura XXX) ayuda a los pupilos con el cambio conceptual, ya que todas las justificaciones se podían subclasificar en 3 nociones aprendidas en la simulación:
    - Comparar las definiciones de ambos términos para clarificar por qué son diferentes
    - Acudir al ejemplo visual del movimiento del tractor empleado en la simulación.
    - Comparar las cantidades distancia y desplazamiento, haciendo notar que el desplazamiento siempre será igual o menor que la distancia.

Algunas justificaciones combinaban ideas que entran en dos o más de estas subcategorías.

* **Observaciones puntuales:**
  + Igual que se puede subcategorizar la categoría “DIFERENTES. Justificación vista en clase”, esto se puede hacer también con “DIFERENTES. Sin justificar”. En concreto, las respuestas dentro de esta agrupación se dividían en las que no expresaban ningún intento de justificación; las que, como justificación solo definían uno de los dos términos, dando a entender que el otro se sobreentendía; y las que justificaban con argumentos “vacíos”, como el mostrado en la figura XXX. En cuanto a la categoría “IGUALES. Sin justificar”, esta también se subdivide en las respuestas que carecen de justificación y las que empleaban argumentos vacíos de índole similar al mostrado en la figura XXX.
  + Todas las justificaciones que se etiquetan como razonables en la categoría amarilla argumentaban lo mismo: los conceptos son iguales porque la unidad de medida es la misma. Esto pudo haber sido una idea inducida de sesiones previas del curso en las que la profesora argumentaba que dos magnitudes no eran iguales si no son iguales sus unidades de medida (LO DE LA FALACIA NOSEQUÉ. SOLO UNIDIRECCIONAL).

**CATEGORIZACIÓN DE RESPUESTAS A LA PREGUNTA 2:**

**¿La velocidad de un móvil es absoluta o depende del sistema de referencia? Justifica tu respuesta.**

La figura XXX muestra los resultados de la pregunta 2 del cuestionario.

A picture containing text, diagram, plan, screenshot

Description automatically generated

**Observaciones**:

* **Corrección de las respuestas:**
  + Antes de la intervención hay 10 / 21 concepciones correctas. Se han considerado correctas todas las respuestas que indicaban que la velocidad era relativa, teniendo en cuenta las justificadas de manera correcta como las no justificadas, pero sin contar las de justificación errónea.
  + Después, los aciertos ascienden a 14 / 21.

Parece que la hay una evolución global favorable en la corrección de las respuestas.

* **Cambio conceptual:**
  + Se observa que tantas como 15/21 incrementan su nivel de corrección o permanecen correctas.
  + De las 6/21 que disminuyen su nivel de corrección o permanecen incorrectas, se puede apreciar que provienen de respuestas iniciales injustificadas, y que las respuestas finales carecen de justificación también. Esto podría sugerir que los alumnos habrían podido adivinar correctamente la respuesta al inicio y herrar en la adivinación al final. Podría tratarse de estudiantes que no atendieron al ejemplo de Science Bits, aunque no hay manera de confirmarlo.
  + Parece que la simulación vista en Science Bits (figura XXX) ayuda a los pupilos a justificar sus respuestas correctas, ya que antes de la intervención, 2 / 21 son capaces de justificar la respuesta con otros ejemplos, mientras que tantos como 8 / 21 incluyen el ejemplo de la simulación en la segunda iteración.
* **Observaciones puntuales:**
  + Profundizando en el bruto de los datos, se observa que la única respuesta inicial calificada como “ABSOLUTA. Justificación razonable.” es la siguiente:

“Absoluta, ya que un coche va a 120 km/h independientemente de dónde lo mires.”

Se ve que proviene de experiencias previas del alumno, tal y como demostraba TAL (AÑO).

* + La única respuesta final clasificada como “ABSOLUTA. Justificación razonable.” es la siguiente:

“Es absoluta porque aunque lo mires desde diferentes perspectivas la distancia y el tiempo siempre son el mismo.”

Aquí la alumna no acierta la respuesta, pero se ve que integra aprendizaje nuevo en los esquemas anteriores (AUTOR, AÑO), al demostrar que ahora sabe relacionar velocidad con distancia y tiempo. Además, la noción de tiempo absoluto proviene también de experiencias previas (a esta edad los alumnos no han estado expuestos a la relatividad de Einstein). Sí que comete el error de considerar la distancia como absoluta, pero de nuevo se debe a sus experiencias previas. A pesar de haber resuelto ejercicios específicos de sistemas de referencia en clase, todos los demás ejercicios resueltos, tanto aislados, como relativos a laboratorios, coincidían en resultado para toda la clase, ya que siempre se elegía el mismo sistema de referencia y esto no se mencionaba de manera explícita.

Graphical user interface

Description automatically generated

**CATEGORIZACIÓN DE RESPUESTAS A LA PREGUNTA 9:**

**Un móvil se desplaza a una velocidad muy alta. ¿Es su aceleración también muy alta? Justifica tu respuesta.**

La figura XXX muestra los resultados de la pregunta 9 del cuestionario.

A picture containing text, diagram, plan, screenshot

Description automatically generated

**Observaciones**:

* **Corrección de las respuestas:**
  + Antes de la intervención hay 11 / 21 concepciones correctas. Se han considerado correctas todas las respuestas que indicaban que la velocidad era relativa, teniendo en cuenta las justificadas de manera correcta como las no justificadas, pero sin contar las de justificación errónea.
  + Después, los aciertos ascienden a 13 / 21.

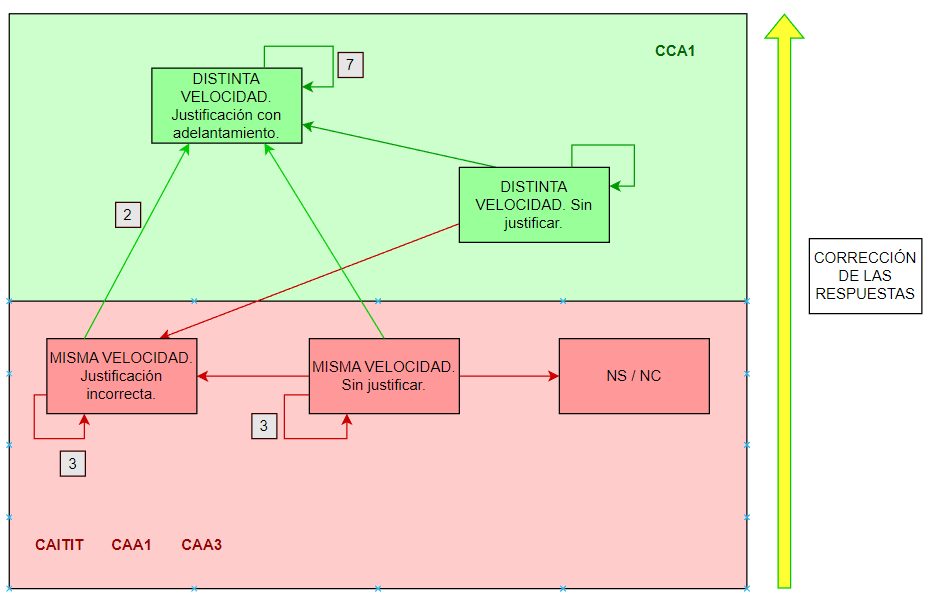
Parece que no se observa una evolución global muy favorable en la corrección de las respuestas.

* **Cambio conceptual:**
  + Se observa que tantas como 13/21 incrementan su nivel de corrección o permanecen correctas.
  + 8/21 disminuyen su nivel de corrección o permanecen incorrectas.
  + El cambio conceptual en esta pregunta se observa más caótico que en las anteriores. No se observa una tendencia clara hacia la respuesta correcta. Esto puede deberse a que la aceleración es un concepto que no entra obligatoriamente en el currículum de 2ºESO según la LOMCE (figura XXX). Es por ello que las nociones de aceleración se aprenden con carácter introductorio y no se trabaja tanto durante la intervención didáctica, como sí se hace con los conceptos que engloban las preguntas anteriores. Otro aspecto especialmente llamativo de la figura XXX es la cantidad de estudiantes que no cambian su tipo de respuesta. En concreto un 8 / 21. Quizá esto tenga relación con la brevedad de contacto con el concepto aceleración. Puede ser que no haya habido un contacto suficiente como para deshacer las preconcepciones de los alumnos. Como último apunte, la categoría de “SÍ. Justificación incorrecta”, obtuvo mayoritariamente un subtipo de respuesta. En concreto un 6 / 8 de las respuestas argumentaban que para que la velocidad fuera alta, la aceleración también debía ser alta. Es posible que se deba a la experiencia cotidiana en la que “ir rápido” en un coche se confunde con acelerar rápido, evento que ocurre mucho especialmente en ciudad, donde se para mucho por los semáforos en rojo. Además, se puede apreciar en la figura XXX, cómo en la simulación de Science Bits se muestra cómo se pisa el acelerador con el pie para acelerar, lo que puede llevar al alumnado a confundir “acelerar” con “tener pisado el aclerador”, concepción alternativa CAVA2 en la tabla XXX, y muy presente en el lenguaje cotidiano.
* **Observaciones puntuales:**
  + En lo relativo a la categoría “NO. Justificación vaga”, la mayoría de las justificaciones (4 / 6) justificaban su respuesta negativa argumentando que la aceleración puede ser baja, o incluso 0, aunque la velocidad fuera muy alta. Esto se debe a que esa idea se mencionó en clase, apoyándose en la ecuación a = incv / inct. Aunque estos alumnos no definían explícitamente la aceleración como el cambio de velocidad con el tiempo, sus justificaciones daban a entender que lo comprendían con profundidad.

**CATEGORIZACIÓN DE RESPUESTAS A LA PREGUNTA 11:**

**En un instante de tiempo encuentro un móvil al lado de otro. ¿Llevan la misma velocidad?**

La figura XXX muestra los resultados de la pregunta 9 del cuestionario.



**Observaciones**:

* **Corrección de las respuestas:**
  + Antes de la intervención hay 10 / 21 concepciones correctas. Se han considerado correctas todas las respuestas que indicaban que la velocidad de los móviles no tenía por que ser la misma, ya que un móvil puede estar adelantendo a otro. Se tuvieron en cuenta también las no justificadas.
  + Después, los aciertos ascienden a tan solo 12 / 21. Un cambio muy poco significativo.

Parece que no se observa una evolución global muy favorable en la corrección de las respuestas.

* **Cambio conceptual:**
  + Se observa que tantas como 12/21 incrementan su nivel de corrección o permanecen correctas.
  + 9/21 disminuyen su nivel de corrección o permanecen incorrectas.
  + En esta pregunta, incluso más que en la pregunta 9, se observa una abundancia de respuestas sin cambio sustancial: un total de 14 / 21. Es probable que haya sucedido porque igual que Science Bits sí tiene un gran volumen didáctico dedicado a algunos conceptos tratados en las otras preguntas de manera explícita, no es el caso con información que ataque de manera más directa esta concepción alternativa. Para añadir a esto, durante las sesiones de la fase de Explicación tampoco se hizo mucho hincapié en ello, ni en la diferencia entre instante de tiempo o intervalo de tiempo.
* **Observaciones puntuales:**
  + En lo relativo a la categoría “MISMA VELOCIDAD. Justificación incorrecta”, la mayoría de las justificaciones (6 / 10) no contemplaban un posible adelantamiento. Probablemente se deba a que estos alumnos no hubieran prestado atención a la palabra “instante” del enunciado, imaginando que los móviles avanzan al lado durante un intervalo determinado de tiempo. El restante de estas justificaciones (4 / 10) sí que muestra directamente la creencia de que en un adelantamiento hay un momento corto en el que los móviles tienen la misma velocidad, como lo expuesto por NOSEQUIÉN Y NOSECUANTO (AÑO). Esas justificaciones pertenecen a solo dos alumnos que no cambiaron su respuesta sustancialmente antes y después de la intervención didáctica.
  + justificaban su respuesta negativa argumentando que la aceleración puede ser baja, o incluso 0, aunque la velocidad fuera muy alta. Esto se debe a que esa idea se mencionó en clase, apoyándose en la ecuación a = incv / inct. Aunque estos alumnos no definían explícitamente la aceleración como el cambio de velocidad con el tiempo, sus justificaciones daban a entender que lo comprendían con profundidad.
  + Como pequeña reflexión acerca de esta pregunta, las posibles concepciones alternativas que puedan aflorar en los alumnos quizá sean más sutiles que en otras, por lo que probablemente habría sido más eficaz hacerlas aflorar con el diseño de otra actividad, tal y como NOSEQUIÉN Y NOSECUANTO en sus entrevistas de laboratorio con alumnos.

*(se pasa ahora a las preguntas de respuesta abierta, donde no se justifica un sí o un no)*

**CATEGORIZACIÓN DE RESPUESTAS A LA PREGUNTA 3:**

**¿Qué es la velocidad?**

La figura XXX muestra los resultados de la pregunta 3 del cuestionario.

A picture containing text, diagram, screenshot, plan

Description automatically generated

**Observaciones**:

* **Corrección de las respuestas:**
  + Aunque no sean estrictamente correctas, ya que no contemplan el cambio de distancia con el tiempo como ecuación de velocidad, se asume que los alumnos que definieron v = d / t sabían utilizar la definición, ya que fueron capaces de resolver problemas analíticos donde los orígenes de tiempos y distancias no eran 0. Por ello, aunque considerada correcta, en la respuestas de este tipo se ve de manifiesto la CAPCP de la tabla 2. De hecho, la velocidad que se define en estas respuestas es la velocidad media. Es normal ya que a este nivel la gran mayoría de movimientos se consideran a velocidades constantes y casi siempre los movimientos pasan de manera inmediata de velocidades constantes a velocidades nulas.
  + De esta manera, el número de respuestas correctas antes de la intervención es de 3 / 21, mientras que después el número incrementa hasta un 15 / 21.
  + Por esto, se podría asumir que la evolución global en la corrección de respuestas es favorable.
* **Cambio conceptual:**
  + Se observa que tantas como 18/21 incrementan su nivel de corrección o permanecen correctas.
  + 3/21 permanecen incorrectas sin cambiar su nivel de corrección.
  + entre las respuestas incorrectas se encuentran las que definían la velocidad como una medida de “rapidez”. Aquí se manifiesta la concepción alternativa CASV1, aunque no es tan relevante en España, ya que al contrario que los angloparlantes, que distinguen entre speed (magnitud escalar) y velocity (magnitud vectorial), en España no se hace esa distinción. Más bien se habla de la “velocidad” para referirse tanto al módulo como al vector en sí.
  + En cuanto a las respuestas que sabían relacionar la velocidad con la distancia y tiempo, muchas de ellas hacían alusión a carreras, en las que se sabía que el corredor de mayor velocidad es el que completa una distancia en el menor tiempo posible.
  + UNAS DIRECTAMENTE CONFUNDÍAN CON EL TIEMPO QUE TARDABA ESN DESPÑAAZARSE. CAMBIAR GRÁFICA.
  + Solamente una alumna confundió la velocidad con una fuerza.

se ve que el desconocimiento del principio lo relacionan con su experiencia cotidiana

**CATEGORIZACIÓN DE RESPUESTAS A LA PREGUNTA 4:**

**¿Qué es la aceleración?**

La figura XXX muestra los resultados de la pregunta 4 del cuestionario.

A diagram of a flowchart

Description automatically generated with low confidence

**Observaciones**:

* **Corrección de las respuestas:**
  + Aunque no sean estrictamente correctas, ya que no contemplan la variable temporal de manera explícita, las respuestas dentro de la categoría “Cambio de velocidad” se consideran correctas dado que es el primer contacto académico de los alumnos con un concepto algo más abstracto como es el de la aceleración. Además, los alumnos que respondieron dentro de esa categoría demostraron durante las diferentes sesiones de la intervención didáctica el dominio de este concepto teniendo en cuenta el tiempo, además del dominio matemático de la expresión a = Δv / Δt.
  + Antes de la intervención hay solo 1 / 21 concepción correcta.
  + Después, los aciertos ascienden a 17 / 20. Un cambio bastante significativo.

Se observa una evolución global más que favorable en la corrección de las respuestas.

* **Cambio conceptual:**
  + Se observa que tantas como 19/21 incrementan su nivel de corrección o permanecen correctas.
  + 2/21 permanecen incorrectas.
  + La gran mayoría de respuestas ascienden en corrección probablemente debido a que en el día a día se suele utilizar la palabra “acelerar” para referirse a un aumento de velocidad, o para referirse a la acción de pisar el acelerador de un coche. Para aceleraciones que reducen la velocidad se suele emplear la palabra “frenar”. Es por ello que muchos de los alumnos al principio no contemplan cambios negativos en la velocidad dentro de la definición de aceleración. Tras la intervención, en la que en un momento los alumnos se exponen a la simulación de Science Bits mostrada en la figura XXX, ellos son capaces de cambiar fácilmente sus concepciones iniciales. Al fin y al cabo estas emergen en cuanto ven la simulación y son muy fáciles de transformar porque no eran erróneas, sino solamente parcialmente correctas.
  + Había alumnos que directamente confundían en un inicio la aceleración con velocidad. Este tipo de respuestas abarcaban concepciones como que la aceleración es una velocidad muy alta; o la velocidad máxima; o la velocidad final; o la inicial.

1. **DISCUSIÓN GENERAL (LO PONDRÉ COMO SUBTÍTULO DE RESULTS)**
2. dado que la actividad de aula se realizó en horas de clase y quitaba tiempo para el aprendizaje más profundo de la unidad didáctica de “El Movimiento”, el tiempo de resolución se tuvo que limitar a 20 minutos para ambas iteraciones. Esto perjudicó gravemente las respuestas, a la luz de la cantidad de respuestas sin justificación.
3. Hay información que se comprueba observando instancias específicas de resolución de preguntas, por parte de diferentes alumnos, donde se corrobora la teoría de CONSTRUIR CONOCIMIENTO SOBRE EL PREVIO DE (Scoboria, 2006; Silva et al., 2006). La construcción de nuevo conocimiento sobre esquemas preexistentes se puede observar en la comparación entre respuestas de la actividad de aula inicial y final, como es el caso de Sonia Lima y su respuesta de la aceleración. Se observa que en su respuesta tras la intervención didáctica mostrada en la figura XXX, la estudiante recupera el esquema mental previo y lo corrige. Se observa claramente, como en un inicio, la alumna cree que acelerar es solamente incrementar la velocidad, mientras que al final, recupera ese esquema preconcebido y le añade que además, también es disminuir la velocidad. Es importante recordar que los alumnos no tenían acceso a sus respuestas previas hasta no haber completado la actividad de aula por completo en la segunda vuelta.

FIGURA SONIA LIMA Y RESPUESTA DE ACELERACIÓN

1. se ve que les cuesta justificar. no lo han hecho mucho aún.
2. muchos miden la aceleración en km / h. les cuesta entender la unidad m/s2
3. hay dos alumnos que no se enteraban de nada
4. ssdfasdf
5. **CONCLUSIONES (incluir POSIBLES implicaciones para la instrucción)**
6. **INFO GUAY QUE NO SÉ DÓNDE METER**
   1. Una de las difíciles tareas del docente es corregir las concepciones alternativas, pero no puede hacerse mediante aproximaciones tradicionales del aprendizaje (Lee et al., 2005).
   2. l os estudiantes se comprometen a aprender más con e-learning porque puede realizarse en cualquier momento y lugar convenientes para ellos (Kaiyue et al., 2021).
   3. utilizar simulaciones computacionales son ventajosas ya que los estudiantes pueden repetir muchas veces los experimetnos reduciendo riesgos que puedan derivar de la implementación en un laboratorio real (Garofalakis et al., 2013) y diversos estudios muestran resultados positivos en el desempeño de las clases de ciencias (Adams, 2010; Moore, 2013; Muller & Sharma, n.d.).
7. **REFERENCIAS**

Abou Halloun, I., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion Best Practices for Administering Attitudes and Beliefs Surveys in Physics. *American Journal of Physics*, *53*, 1056–1065. https://doi.org/10.1119/1.14031

Adams, W. K. (2010). Student engagement and learning with PhET interactive simulations. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C*, *33*(3), 21–32. https://doi.org/10.1393/ncc/i2010-10623-0

Azita Seyed Fadaei, & César Mora. (2015). An Investigation About Misconceptions in Force and Motion in High School. *US-China Education Review A*, *5*(1). https://doi.org/10.17265/2161-623x/2015.01.004

Berg, E. , B. R. , A. C. S. , B. K. S. , H. C. , K. N. , L. P. , M. J. , S. S. P. T. T. and D. Treagust. (1990). *Misconception of Physics and Remediation. An Introduction Based Workshop.*

Brown, A. L. , B. J. , & C. R. R. (1999). How people learn: Brain, mind, experience, and school. *National Academy Press.*

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. Van, Carlson Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*.

Clement, J. (1982). Students’ preconceptions in introductory mechanics Related Content Preconceptions of Japanese Students Surveyed Using the Force and Motion Conceptual Evaluation Investigation of Students’ Preconceptions and Difficulties with the Vector Direction Concept at a Mexican University Preconceptions in physics among pupils in primary school. *American Journal of Physics*, *50*, 66–71. https://doi.org/10.1119/1.12989

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (n.d.). *Research Methods in Education, Sixth Edition*.

Demirci, N. (2005). A STUDY ABOUT STUDENTS’ MISCONCEPTIONS IN FORCE AND MOTION CONCEPTS BY INCORPORATING A WEB-ASSISTED PHYSICS PROGRAM. In *The Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET* (Vol. 4).

Garofalakis, J. D., Lagiou, E. V., & Plessas, A. P. (2013). Use of Web 2.0 Tools for Teaching Physics in Secondary Education. *International Journal of Information and Education Technology*, 6–9. https://doi.org/10.7763/ijiet.2013.v3.224

Jones, A. T. (1983). Investigation of students’ understanding of speed, velocity and acceleration. *Research in Science Education*, *13*(1), 95–104.

Kaiyue, L., Sun, Z., & Xu, M. (2021). Artificial intelligent based video analysis on the teaching interaction patterns in classroom environment. *International Journal of Information and Education Technology*, *11*(3), 126–130. https://doi.org/10.18178/ijiet.2021.11.3.1500

Krippendorp, K. (2004). *Content Analysis: An Introduction to its Methodology*. Sage.

Lee, G., Shin, J., Park, J., Song, S., Kim, Y., & Bao, L. (2005). Alternative conceptions, memory, & mental models in physics education. *AIP Conference Proceedings*, *790*(1), 165–168. https://doi.org/10.1063/1.2084727

Makhrus, M. , N. M. and W. W. (2014). Model Perubahan Konseptual dengan Pendekatan Konflik Kognitif (MPK-PKK). *J Pijar Mipa*, *9*(1).

Michelene T. H. Chi, Mei-Hung Chiu, & Nicholas deLeeuw. (1991). *Learning in a Non-Physical Science Domain: The Human Circulatory System*.

Miles, M. and H. M. (1994). *Qualitative Data Analysis* (2nd ed.). Sage.

Moore, E. B. , H. T. A. , & P. K. K. (2013). Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. *Chemistry Education Research and Practice*, *14*(3), 257–268.

Muller, D. A., & Sharma, M. D. (n.d.). *Tackling misconceptions in introductory physics using multimedia presentations* (Vol. 58).

Murdani, E., Sumarli Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan Singkawang, S., Stkip, J., Naram, K., Singkawang Utara, K., Singkawang, K., & Barat, K. (2018). Identification of Students Misconceptions in School and College on Kinematics. *Proceedings of the Borneo International Conference on Education and Social Sciences (BICESS)*, 75–82. https://doi.org/10.5220/0009016800002297

Novak, J. D. (2002). Meaningful Learning: The Essential Factor for Conceptual Change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies Leading to Empowerment of Learners. *Science Education*, *86*(4), 548–571. https://doi.org/10.1002/sce.10032

Pfundt, H. , & D. R. (1988). *Bibliography, students’ alternative frameworks and science education*.

Piaget, J. (1978). *The development of thought.* Oxford: Basil Blackwell.

Provalis Research. (2023). *QDA Miner Lite* (3.0).

Scoboria, A. , M. G. , K. I. , & J. S. (2006). The effects of prevalence and script information on plausibility, belief, and memory of autobiographical events. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, *20*(8), 1049–1064.

Silva, M. M., Groeger, J. A., & Bradshaw, M. F. (2006). Attention-memory interactions in scene perception. In *Spatial Vision* (Vol. 19, Issue 1).

Smith III, J. P. , D. A. A. , & R. J. (1994). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, *3*(2), 115–163.

Streveler, R. A. , L. T. A. , M. R. L. , & S. P. S. (2008). Learning conceptual knowledge in the engineering sciences: Overview and future research directions. . *Journal of Engineering Education*, 279.

Suparno, P. (2013). *Miskonsepsi & perubahan konsep dalam pendidikan fisika*. Gramedia Widiasarana.

Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, *48*(12), 1020–1028. https://doi.org/10.1119/1.12298

Trowbridge, D. E., & Mcdermott, L. C. (1981a). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension Related Content Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension Modeling students’ conceptual understanding of force, velocity, and acceleration Assessing and improving student understanding of quantum mechanics. *Journal of Physics*, *49*, 242–253. https://doi.org/10.1119/1.12525

Trowbridge, D. E., & Mcdermott, L. C. (1981b). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension Related Content Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension Modeling students’ conceptual understanding of force, velocity, and acceleration Assessing and improving student understanding of quantum mechanics. *American Journal of Physics*. https://doi.org/10.1119/1.12298

Weber, R. P. (1990). *Basic Content Analysis* (2nd ed.). Sage.