

UNA APROXIMACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO
COMO VEHÍCULO PARA UN APRENDIZAJE
SIGNIFICATIVO

Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria

Alumno: Leyre Ruete Ibarrola

Tutor: Antonio Vela Pons

Índice

Índice	3
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
Capítulo 1. Introducción y objetivos.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
NIVEL ACTUAL DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA: ESTADO DEL ARTE	12
Investigaciones sobre habilidades científicas de los estudiantes	12
Conclusiones de los estudios revisados.....	18
OBJETIVOS.....	18
ESQUEMA DE LA MEMORIA.....	21
Capítulo 2: Marco teórico.....	23
REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES TEORÍAS DEL APRENDIZAJE	25
La teoría de Piaget.....	27
El constructivismo.....	29
RELACIÓN DE LAS TEORÍAS COGNITIVAS CON EL TFM.....	38
Capítulo 3: Propuesta de Unidad Didáctica:	41
PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA.....	43
REVISIÓN DEL CURRÍCULO. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	46
ANÁLISIS DEL ENTORNO	48

PROPUESTA DE PROBLEMA A SOLUCIONAR	50
Relación con los objetivos de aprendizaje propuestos.....	51
Análisis de la dificultad del problema planteado	52
Realización de experimentos previos.....	56
IDEAS PREVIAS	60
Técnicas de análisis de ideas previas.....	61
CUESTIONARIO IDEAS PREVIAS	63
Análisis de los resultados	69
SECUENCIACIÓN DE CONTENIDOS	72
Concepto Inclusor.....	72
Organizadores previos.....	72
Introducción de nuevos conceptos	72
Relación con otros conceptos	73
PROGRAMACIÓN	75
Sesión 1: Introducción a la metodología de trabajo y al Bungee Jumping	75
Sesión 2. Introducción a las Fuerzas.....	77
Sesión 3: Sesión monotemática de las leyes de Newton	78
Sesión 4. Conclusiones de las dos primeras sesiones	79
Sesión 5. Ley de Hooke: determinación de la constante elástica	80
Sesión 6,7 y 8 Planteamiento del problema y diseño del Bungee Jumping	81
Sesión 9: Campeonato de Bungee Jumping	83
EVALUACIÓN	84
Rúbrica.....	85

Capítulo 4: Análisis de resultados	87
OBSERVACIONES REALIZADAS EN EL DESARROLLO DE LAS SESIONES.....	89
Sesión 2 Introducción a las Fuerzas	89
Sesión 3: Sesión 3: Sesión monotemática de las leyes de Newton	91
Sesión 5. . Ley de Hooke: determinación de la constante elástica	94
Sesión 6, 7 y 8. Diseño del Bungee Jumping	96
Sesión 9: Campeonato de Bungee Jumping	98
Entregable final	99
ANÁLISIS DE LAPROGRAMACIÓN PROPUESTA FRENTE A LA REAL	100
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	102
Comparación de las poblaciones de partida	102
Comparación de los resultados tras la realización de la UD	105
Factor de Hake	105
Capítulo 5: Conclusiones	115
Bibliografía	121
Anexos	125

RESUMEN

A pesar de los esfuerzos realizados en la didáctica de las ciencias para promover una formación más práctica, la persistencia del modelo tradicional de enseñanza, basado en la presentación de conceptos desde un punto de vista totalmente teórico está detrás de la disminución del interés de los alumnos por la Ciencia y una disminución de la calidad del aprendizaje. Los alumnos acaban la Educación Secundaria sin alcanzar un nivel mínimo de competencias en Ciencias que les permita dar respuesta a diferentes situaciones que se les plantearán a lo largo de su vida, tal y como se recoge en los resultados obtenidos en el último informe PISA.

Con el presente TFM se pretende realizar una propuesta que permita que los alumnos desarrollen competencias que los científicos utilizan de forma habitual en sus investigaciones, de forma que aprendan tanto conceptos científicamente válidos como ciertas metodologías de las ciencias mediante una estrategia basada fundamentalmente en poner a prueba sus propias concepciones, a través de diferentes fenómenos a explicar o un desafío a resolver.

Con el objetivo de mejorar lo anteriormente comentado, se propone una Unidad Didáctica para la asignatura de Profundización de Física y Química de 4º ESO. Esta unidad didáctica ha sido llevada a la práctica lo que ha permitido analizar los resultados obtenidos.

ABSTRACT

Despite the huge efforts done in Didactics of Experimental Science to foster a more practical training, the persistence of the traditional model, which is based on a theoretical presentation of concepts, is behind the fading of students interest in Science and a reduction in learning quality. At the end of the Secondary Education students do not achieve a minimum threshold level of competences allowing to tackle with different situations that may appear during their life, as it can be inferred from the last PISA inform.

The present work pretends to make a proposal that ease students the acquisition of competences commonly used by scientists in their researches, so valid scientific skills will be learned as well as several research methodologies, through a strategy based on testing their conceptions by using different challenges to solve

In order to improve the above mentioned aspects, a teaching unit for the Course of Deeping Chemistry and Physics in 4º ESO is proposed and implemented, and the obtained results has been analyzed.

Capítulo 1. Introducción y objetivos

INTRODUCCIÓN

Tal y como recogen diversos estudios (1) (2) los resultados obtenidos por el alumnado al final de la educación obligatoria, tanto con respecto a competencia científica como a motivación y actitud hacia la ciencia, distan de ser los esperados.

Este problema se repite en los países de todo el mundo, habiéndose producido un descenso muy significativo en el número de estudiantes que decide cursar carreras científico-técnico. Este descenso es especialmente acusado en los países desarrollados tal y como se desprende de estudios (ROSE Project, Eurobarómetro Young People and Science»). Una de las explicaciones a este fenómeno es el desinterés de los alumnos por la ciencia. Además, los resultados de comparaciones internacionales sobre los niveles de competencia científica (PISA 2000, 2003, 2006, 2009 y 2012), sitúan a España un poco por debajo de la media de los países de la OCDE. Sin embargo, lo que es más preocupante es el estancamiento ya que en lugar de mejora paulatinamente los resultados, España se ha acomodado en la franja media-baja. Por otro lado, llama la atención la falta de excelencia y la nada despreciable fracción de estudiantes en los niveles de competencia más bajos.

La Comisión Europea ha lanzado iniciativas para fomentar este interés, como Europe Needs More Scientist, o convocatorias destinadas a promover el interés de los jóvenes, como el programa Science in Society,. También se ha formado un grupo de expertos en didáctica de ciencias para discutir la necesidad de una renovación pedagógica a nivel europeo (Science Education Now. A Renewed Pedagogy for the Future of Europe) (1).

A pesar de los esfuerzos realizados en la didáctica de las ciencias para promover una formación más práctica, la persistencia del modelo tradicional de enseñanza, basado en la presentación de conceptos desde un punto de vista totalmente teórico está detrás de los problemas previamente mencionados: una disminución del interés y calidad del aprendizaje, tal y como afirman Osborne y Dillon que recogieron los resultados de su investigación en el Informe Nuffield en 2008.

El reto que se plantea a la comunidad docente es abandonar las metodologías de enseñanza tradicionales para presentar la ciencia, de forma que los alumnos jueguen un papel activo en el proceso de aprendizaje y de manera que permita un aprendizaje

significativo. En definitiva se trata de conseguir que los alumnos se involucren en el proceso de aprendizaje mediante estrategias participativas en las que el aprendizaje social juegue un papel fundamental. Para ello, será necesario diseñar actividades que tengan una relación con el entorno social y la realidad que rodea a los alumnos.

Centrando ahora la mirada en la didáctica de la Física, cuando en la ESO se introducen las nociones fundamentales de física, es frecuente que se orienten desde un marco teórico, que no permite a los alumnos realizar una diferenciación de los conceptos, lo que conduce a una formación ambigua de los mismos. De este modo, los alumnos no son capaces de relacionar lo aprendido en el aula con las situaciones de la vida cotidiana en las que aparecen los fenómenos estudiados.

Para que el aprendizaje de las ciencias sea significativo, es preciso que aprendan a observar, formular hipótesis, contrastar las ideas y sacar conclusiones. Es decir, interiorizar el método científico y llevarlo a la práctica.

NIVEL ACTUAL DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA: ESTADO DEL ARTE

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica de investigaciones en Didáctica de las Ciencias que guardan relación con el presente TFM. En concreto se ha revisado la bibliografía de investigaciones que para conocer los estudios relacionados son el grado de aprendizaje de los procedimientos de la ciencia y su utilización en actividades escolares

Investigaciones sobre habilidades científicas de los estudiantes

Existen diferentes investigaciones dedicadas al desarrollo de instrumentos para evaluar los capacidades de razonamiento y habilidades desarrolladas por los estudiantes tras un proceso de aprendizaje, que han permitido realizar un diagnóstico de las competencias adquiridas por los estudiantes en relación con el método científico (3).

Investigaciones pioneras

Estas investigaciones han tenido un largo de recorrido en el tiempo. En la década de los 60 influenciados por las teorías de Piaget, en Estados Unidos se realizó un estudio para comprobar si las capacidades de los estudiantes para realizar los trabajos prácticos de

ciencias, eran suficientes para llevarlas a cabo de forma satisfactoria. Para ello, se prepararon diferentes pruebas para niveles de educación primaria y de educación secundaria. Una de estas pruebas fue el TIPS (Test of the Integrated Science Process Skills) que fue empleado por Dillashaw y Okay en 1980 con 308 estudiantes que no habían recibido ninguna enseñanza especial en estas habilidades. Los resultados de esta investigación concluyen que sería posible mejorar considerablemente las habilidades de los alumnos.

En 1982 Tamir diseñó una prueba para diagnosticar las capacidades de los estudiantes cuando realizan trabajos prácticos. El PTAI (Practical Tests Assessment Inventory) evalúa las capacidades de los alumnos en un laboratorio de Biología y fue aplicado a 25000 alumnos que se presentaban a la prueba de acceso a la universidad (18 años) a lo largo de 11 años. En Israel, país en el que se llevó a cabo el estudio, se había realizado un gran esfuerzo por introducir los trabajos prácticos en el aula por lo que más del 50% de los estudiantes respondieron correctamente a las preguntas realizadas que revisaban aspectos tales como:

1. Identificación de la variable dependiente y la variable independiente
2. Diseño de experimentos: descripción de las observaciones a realizar, explicación de los resultados
3. Formulación de una hipótesis
4. Necesidad de incluir una prueba de control
5. Representar los resultados obtenidos en un gráfico cartesiano.

Los estudiantes obtenían mejores puntuaciones en los dos primeros aspectos mencionados, mientras que presentaban más dificultades cuando se las tareas requeridas implican los tres últimos aspectos.

En 1993 en Estados Unidos, se evaluó a 1000 estudiantes del último curso de enseñanza secundaria. La prueba, diseñada por Doran consistió en la resolución de un problema por escrito para formular un hipótesis, desarrollar los procedimientos para recoger observaciones y datos y proponer un método para organizar la información. Posteriormente se pedía a los alumnos que realizaran una pequeña investigación en el laboratorio durante la que tenían que recoger datos y observaciones, realizar tablas y

gráficas y obtener conclusiones. Los resultados mostraron que se obtenía mayor éxito en actividades manuales que en las de razonamiento y que en las tareas de Biología obtenían peores resultados que en las de Física y Química.

Resultados obtenidos en España con la introducción de la LOGSE

En España también se han realizado diversos estudios en este sentido. Niedo evaluó el grado de adquisición de conocimientos curriculares derivados de la LOGSE. La investigación desarrollada por esta autora durante e1998-2001 realizó el estudio a 25.148 alumnos de 12 años, 24.820 de 14 y 8.236 de 16. Los resultados de esta investigación se presentan a continuación:

1. El método científico, no ha logrado tener en las aulas la importancia y el impacto que se pretendían en el currículo de la LOGSE, hecho que es especialmente significativo en la educación primaria
2. El aprendizaje propuesto en la LOGSE, de carácter eminentemente más práctico, tuvo una mínima presencia en las aulas, manteniéndose principalmente una enseñanza bastante academicista y alejada de la realidad cotidiana y social de los alumnos

Al vista de los resultados obtenidos, esta autora concluye que se debe prestar más atención al trabajo científico y experimental y a la lectura e interpretación de información gráfica y verbal, lo que conduce a pensar que la enseñanza que se estaba llevando a cabo es poco funcional y no se correspondía con las innovaciones que se planteaban en el currículo de la LOGSE.

El Informe PISA

El informe PISA permite evaluar las habilidades procedimentales de los alumnos, ya que las cuestiones son planteadas desde la perspectiva de la alfabetización adulta, más allá de los conocimientos conceptuales. El Proyecto PISA no constituye un simple instrumento de constatación, sino que ha sido concebido explícitamente para contribuir a la mejora de la enseñanza, con orientaciones que se apoyan en los resultados convergentes de la investigación educativa de las últimas décadas. Así, para el caso particular de las ciencias, los documentos del Proyecto señalan (2):

“El programa PISA considera que la formación científica es un objetivo clave de la educación y debe lograrse durante el periodo obligatorio de enseñanza, independientemente de que el alumnado continúe sus estudios científicos o no lo haga ya que la preparación básica en ciencias se relaciona con la capacidad de pensar en un mundo en el que la ciencia y la tecnología influyen en nuestras vidas. Considera, por tanto, que la formación básica en ciencias es una competencia general necesaria en la vida actual”. Y se precisa seguidamente que la aptitud para la Ciencias se define en PISA como: “La capacidad para emplear el conocimiento científico para identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con el fin de comprender y poder tomar decisiones sobre el mundo natural y sobre los cambios que la actividad humana produce en él” (4) (2).

De acuerdo con ello, el Proyecto PISA evalúa el conocimiento científico a través de tres grandes dimensiones que se presentan en la siguiente tabla

Destrezas	Conceptos	Áreas de aplicación
Descripción, explicación y predicción de los fenómenos científicos	Estructura y propiedades de la materia	Ciencias de la vida y la salud
Comprensión de la investigación científica	Cambios atmosféricos	Ciencias de la Tierra y del medioambiente
Interpretación de pruebas y conclusiones científicas	Cambios físicos y químicos	
	Transformaciones de la energía	Ciencias de las tecnologías
	Fuerzas y movimientos	
	Función y forma	
	Biología humana	
	Cambio fisiológico	
	Biodiversidad	
	Control genético	
	Ecosistemas	
	La Tierra y su lugar en el universo	
	Cambio Geológico	

En relación a las destrezas, el proyecto PISA identifica cinco procesos científicos que preparan a los alumnos para que en el futuro tomen decisiones sobre propuestas y cambios en sus actividad tomando en consideración el impacto que estos introducen en el entorno que les rodea. Dichos procesos son: (2)

1. Reconocer cuestiones científicamente investigables: Este proceso implica identificar los tipos de preguntas que la ciencia intenta responder, o bien reconocer una cuestión que es o puede ser comprobada en una determinada situación.
2. Identificar las evidencias necesarias en una investigación científica: Conlleva la identificación de las evidencias que son necesarias para contestar a los interrogantes que pueden plantearse en una investigación científica. Asimismo, implica identificar o definir los procedimientos necesarios para la recogida de datos.
3. Extraer o evaluar conclusiones: Este proceso implica relacionar las conclusiones con la evidencia en la que se basan o deberían basarse. Por ejemplo, presentar a los estudiantes el informe de una investigación dada para que deduzcan una o varias conclusiones alternativas.
4. Comunicar conclusiones válidas: Este proceso valora si la expresión de las conclusiones que se deducen a partir de una evidencia es apropiada a una audiencia determinada. Lo que se valora en este procedimiento es la claridad de la comunicación más que la conclusión.
5. Demostrar la comprensión de conceptos científicos: Se trata de demostrar si existe comprensión necesaria para utilizar los conceptos en situaciones distintas en las que se aprendieron. Esto supone, no sólo recordar el conocimiento, sino también saber exponer la importancia del mismo o usarlo para hacer predicciones o dar explicaciones.

En el estudio Pisa, los alumnos son clasificados en 6 niveles , recogidos en el Anexo 2, en función de las competencias demostradas. El nivel 1 es el nivel más bajo mientras que los niveles 5 y 6 se consideran niveles de excelencia. Los expertos responsables de la elaboración del marco teórico de ciencias en PISA ha establecido **el nivel 2 como el nivel básico en la escala de rendimiento**. Los estudiantes que se encuentran o superan este

nivel empiezan a demostrar las competencias científicas que les permitirán enfrentarse a las situaciones relacionadas con la ciencia y la tecnología de forma eficaz. En España un 84% del alumnado tiene como mínimo las competencias básicas en ciencias, un 2% más que el promedio de la OCDE y de la Unión Europea. Se han recogido en el Anexo 2 las competencias para cada uno de los niveles que se han definido en el Proyecto PISA. Las competencias de este nivel son *“los alumnos tienen un conocimiento científico adecuado para aportar explicaciones posibles en contextos familiares o para llegar a conclusiones basadas en investigaciones simples. Son capaces de razonar de manera directa y de realizar interpretaciones literales de los resultados de una investigación científica o de la resolución de problemas tecnológicos”*. Sin embargo a mi juicio es insuficiente considerar este nivel como un nivel aceptable para los alumnos ya que, a mi entender, los alumnos deberían de ser capaces de:

1. Identificar y poder explicar fenómenos en diverso contextos
2. Ser capaces de seleccionar hechos y conocimientos para explicarlos
3. Desarrollar estrategias de investigación
4. Elaborar exposiciones utilizando información objetiva
5. Tomar decisiones basadas en conocimientos científicos

Estas competencias se sitúan en un nivel superior y, a mi juicio, son las competencias mínimas que pueden dar respuesta a los retos que se le plantean a la escuela Secundaria de cara a formar ciudadanos reflexivos, capaces de proponer soluciones a los problemas a los que se enfrenta la sociedad actual.

Uno de los aspectos que me ha resultado chocante es que en el conjunto de la OCDE y de la UE, un 18% del alumnado se encuentran en el nivel más bajo del rendimiento en ciencias o por debajo del mismo (niveles <1 y 1). Este porcentaje es algo inferior en España (16%) aunque este resultado no es homogéneo en todas las comunidades autónomas siendo Castilla y León con solo el 9% del alumnado en los niveles inferior a 1 y 1; Madrid con un 10%, C. Foral de Navarra con un 11% en y el Principado de Asturias con un 12% las comunidades que tienen mejores resultados (2).

Otro aspecto a destacar es que el porcentaje de alumnos que alcanza niveles de excelencia es de un 5%, es decir tres veces menos que el porcentaje del alumnado situado en los niveles inferiores (niveles <1 y 1

Conclusiones de los estudios revisados

De los estudios revisados las conclusiones que pueden extraerse son:

1. Los alumnos no alcanzan en ciencias el nivel de competencias esperado tras cursar la educación secundaria ni a nivel de conceptos ni a nivel de competencias procedimentales
2. Los alumnos muestran un desinterés creciente por las ciencias, siendo cada vez menor el número de alumnos que cursan carreras científico-tecnológicas.

En mi opinión esto es debido a que la enseñanza de las ciencias continúa haciéndose mediante una metodología tradicional en la que prima un aprendizaje memorístico y la resolución mecánica de problemas tipo que carecen de interés para los alumnos. Esto se ha podido constatar durante la realización del Practicum II. Los conceptos que se manejan en las asignaturas de Física y Química requieren de un nivel de abstracción que, en algunos casos, los alumnos no han alcanzado. Por ello no son capaces de entender los conceptos presentados y construir estructuras cognoscitivas que les permitan relacionarlos.

OBJETIVOS

En la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO (5) y el Consejo Internacional para la Ciencia, se declaraba: "Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos". Y se añade: "Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos

en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos" (Declaración de Budapest, 1999) (5).

Desde el enfoque tradicional de la enseñanza de las ciencias el método científico se presenta como una serie de pasos que hay que seguir en orden estricto. De hecho, así lo recogen numerosos libros de texto en los que el método científico aparece descrito como sigue (6):

El método científico se puede describir mediante el siguiente proceso:

1. Plantear un problema
2. Observar algo
3. Buscar una teoría que lo explique
4. Hacer predicciones en base a esa teoría
5. Comprobar esas predicciones haciendo experimentos u observaciones
6. Si los resultados están de acuerdo con la teoría, volver al cuarto paso, si no, volver al tercero

Existen estudios recientes, como el llevado a cabo por el profesor de la Universidad de Indiana William Harwood, que demuestran cómo esta aproximación lineal al método científico es un error. La mayoría de los científicos que colaboraron en el estudio siguen un proceso más libre, en el que a menudo se saltan alguno de los pasos o, repiten tantas veces como sea necesario alguno de ellos, siempre que este proceso permita dar respuesta a la pregunta original (6).

Aunque en la aplicación real del método científico no existen unos pasos que los científicos sigan en sus investigaciones, parece claro que las claves del éxito son:

1. La capacidad de observación, siendo especialmente importante la capacidad para percibir pequeños cambios o detalles.
2. Establecer relaciones entre las observaciones realizadas y los fenómenos objeto de estudio. Identificar las causas entre diferentes resultados observados
3. El uso del razonamiento lógico para extraer conclusiones
4. La imaginación como fuente de:
 - a. Explicaciones de las observaciones realizadas
 - b. Propuesta de experimentos y de nuevos enfoques de experimentos ya realizados

- c. Generación de hipótesis
- d. Solución de problemas que van surgiendo durante la investigación

Los guiones de las sesiones se plantean de forma que los alumnos tienen que ir dando respuesta a diferentes preguntas planteadas, que constituyen el punto de partida para la experimentación y la búsqueda de explicaciones que den respuesta a los retos lanzados.

Los alumnos se enfrentarán en su vida adulta a la toma de decisiones y sin importar la escala a la que estas apliquen, es imprescindible que desarrollen en su etapa escolar competencias que les permitan realizar comparaciones, evaluarlas y tomar decisiones en bases a estas. La plena participación democrática de los individuos en la sociedad, requiere por lo tanto de estas competencias.

Con el presente TFM se pretende realizar una propuesta de unidad didáctica que permita que los alumnos desarrollen estas capacidades, de forma que aprendan conceptos científicamente válidos y ciertas metodologías de las ciencias mediante una estrategia basada fundamentalmente en poner a prueba sus propias concepciones, a través de diferentes fenómenos a explicar o un desafíos a resolver (7).

Se presentan a continuación, a modo de resumen los objetivos del TFM:

1. Utilizar el método científico para un proceso de construcción del aprendizaje significativo por descubrimiento del concepto de fuerza, efectos de las fuerzas, Principio de superposición, Leyes de Newton y la Ley de Hooke, así como los conocimientos de cinemática que han visto en la anterior unidad, entendiendo el método científico no como una serie de pasos estrictos, si no como un conjunto de actividades que permiten dar respuesta de manera razonada a los interrogantes que se plantean.
2. Demostrar como el aprendizaje por descubrimiento como herramienta permite acercar la física a los alumnos de una forma amena e instructiva
3. Introducir a los alumnos al diseño de experimentos: prototipos y ensayos en condiciones reales de funcionamiento
4. Demostrar la importancia de la indagación de las ideas previas para el diseño de unidades didácticas personalizadas, es decir, que den respuesta a las necesidades de aprendizaje de los alumnos

ESQUEMA DE LA MEMORIA

La memoria de este TFM se estructura en 6 capítulos:

1. En el Segundo Capítulo se presenta el marco teórico dentro del que se desarrolla la propuesta realizada.
2. El Tercer capítulo recoge el proceso seguido para el diseño de la unidad didáctica.
3. El Cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos
4. El Sexto Capítulo 6 recoge las conclusiones que se han extraído del presente estudio.

Capítulo 2: Marco teórico

La Psicología educativa constituye una referencia importante para orientar las estrategias didácticas que puedan resultar más adecuadas para el aprendizaje de las ciencias experimentales. Por ello, se ha considerado necesario fundamentar el trabajo realizado analizando las principales teorías del aprendizaje y la influencia que algunas de ellas han tenido en la realización de este TFM.

A partir de esta revisión, se analizarán las ventajas e inconvenientes del Aprendizaje Significativo propuesto por Bruner, puesto que es la teoría en la que se ha basado la propuesta de unidad didáctica realizada.

REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES TEORÍAS DEL APRENDIZAJE

Tal y como hemos visto en las diferentes asignaturas del Máster, especialmente en Aprendizaje y desarrollo de la personalidad, la psicología del aprendizaje ha estado dominada por dos grandes paradigmas: el conductismo y las teorías cognitivas.

El conductismo parte de la base de que la mente es un almacén de contenidos que se adquieren a través de procedimientos asociacionistas reducibles a reacción estímulo respuesta (3).

Generalmente, esta visión del aprendizaje va unida a posiciones epistemológicas inductivistas según las cuales, el conocimiento constituye una copia exacta de la realidad, y por tanto, la labor del científico es extraer dicho conocimiento de la propia naturaleza a través de la observación. Durante los años de hegemonía conductista en la psicología, los estudios en el campo educativo se centraron, principalmente, en áreas como la programación y evaluación, la dinámica de grupos, la orientación y el desarrollo de la personalidad, quedando casi completamente abandonado el estudio del aprendizaje en el aula (3).

Este modelo de enseñanza se caracteriza por los siguientes rasgos:

1. El profesor transmite a los alumnos el conocimiento ya elaborado que se desprende de los conceptos, principios, leyes y teorías de las disciplinas científicas
2. Las características de un buen docente son dominar los conocimientos y transmitirlos fielmente

3. Selección y secuencia de los contenidos y actividades priorizando los de tipo conceptual sobre los procedimentales y actitudinales.

Este enfoque favorece la teoría curricular técnica, en la que quedan disimuladas las carencias del docente, ya que el guión de las clases está cerrado y no se permite la indagación más allá de la exposición realizada por el docente. Por otro lado, a mi juicio, los aspectos negativos que promueve esta teoría son:

1. Se recorta totalmente la creatividad del alumnado. Las clases siguen un guión determinado en el que los alumnos se limitan a recibir la información que presenta el docente.
2. Los saberes que se enseñan no tienen una relación con el mundo que rodea al alumnado, por lo que los alumnos se aburren en clase. Hay mucha diferencia entre los intereses de los alumnos y lo que se explica en el aula. Es difícil enganchar la atención de los alumnos porque las clases se limitan a una exposición del docente seguida de la realización de actividades. Esta no es la manera natural en que nos relacionamos, por ello a los alumnos les choca que la enseñanza se realice así
3. No desarrolla el espíritu crítico de los alumnos ya que su opinión al respecto de los temas no se tiene en cuenta.
4. La atención a la diversidad sólo puede ser aplicada mediante refuerzos que repitan una y otra vez los saberes que se quiere que el alumno domine. No se da otro enfoque a las cuestiones de manera que el alumno pueda recibir la misma información de otra manera.
5. Existen elementos del currículo oculto que no favorecen el desarrollo de valores democráticos como por ejemplo la relación del docente con los alumnos, donde los alumnos están subordinados a las órdenes del profesor
6. Se priorizan los saberes academicistas sobre otros saberes ya que se consideran más importantes.

A modo de resumen, bajo mi juicio este modelo no responde a las demandas y a los retos de la sociedad actual que espera que la enseñanza sirva para formar estudiantes críticos y capaces de enfrentarse a los nuevos problemas (cambio climático, deterioro ambiental, polarización de la riqueza de la población, nuevas enfermedades...) de un modo más activo y autónomo. Es decir lo que se busca es una enseñanza que además de transmitir

conocimiento (saberes academicistas), capacite a los alumnos a aprender a aprender adquiriendo destrezas y habilidades que fomenten una participación activa y respetuosa en la sociedad en la que vive.

La nueva psicología, la llamada psicología cognitiva, tiene en cuenta no sólo el resultado final del aprendizaje, si no la manera en que se construye el mismo. Por ello bajo este enfoque toman gran importancia las estructuras, procesos y disposiciones mentales del individuo. Esto permite desarrollar metodologías didácticas que favorezcan que los alumnos adquieran las habilidades cognitivas que le serán demandadas por la sociedad en la edad adulta.

Se presenta a continuación un breve resumen de las principales teorías cognitivas, que si bien comparten una base común, tienen unos enfoques didácticos diferentes.

La teoría de Piaget

Piaget es el máximo exponente del cognitivismo. Defiende la **epistemología genética**, es decir, explica el origen y desarrollo del conocimiento desde el nacimiento hasta la edad adulta como un fenómeno de adaptación al medio que se desarrolla en unas fases o estadios. Busca establecer los procesos y estructuras mediante los cuales las personas construyen el conocimiento

Las personas necesitamos estar adaptadas al medio que nos rodea. Por ello cada vez que se produce un desequilibrio entre las habilidades y conocimientos que tenemos respecto de los que nos demanda el entorno, llevamos a cabo un proceso de adaptación que puede entenderse como la secuencia de dos subprocesos:

- **Asimilación:** En primer lugar llevamos a cabo una interiorización de la información que recibimos del exterior
- **Acomodación:** La información asimilada es procesada por el individuo, añadiendo a ésta, información que ya tiene asimilada, de forma que le permite construir estructuras más complejas

Esta teoría se conoce como la teoría de la equilibración que pretende interpretar cómo progresan las estructuras cognoscitivas, es decir, el conocimiento y el desarrollo.

Para Piaget la capacidad de incorporar conocimientos o de aprender dependerá, principalmente, del nivel de desarrollo cognitivo del sujeto. Esta teoría defiende que el

conocimiento se desarrolla a través de estadios o etapas que implican una complejidad creciente en las formas de pensamiento y de las estructuras cognitivas que las sustentan. Piaget divide el desarrollo en estadios que son universales y secuenciales, es decir, todo el mundo pasa por ellos y en el orden que estableció. Estos estadios se integran jerárquicamente. Los desequilibrios pequeños no producen transición a un estadio superior. Para que esto suceda el desequilibrio tiene que ser muy significativo

Los estadios definidos por Piaget son:

- Estadio sensoriomotor. Transcurre entre los 0 y los 2 años.
- Estadio de las operaciones concretas.
 - Preoperatorio. Transcurre de los 2 a los 6/7 años. Está relacionado con la irreversibilidad del pensamiento
 - Operaciones concretas Tiene como característica fundamental la reversibilidad del conocimiento. Se desarrolla entre los 6/7 a los 11/12 años
- Estadio de las operaciones formales. Relacionado con la inteligencia reflexiva. Discurre desde los 11/12 años en adelante. Los rasgos funcionales más importantes de este estadio son su naturaleza hipotético-inductiva y los esquemas operatorios: Las operaciones combinatorias, las proporciones la coordinación de dos sistemas de referencia, la noción de equilibrio dinámico, la noción de probabilidad, la noción de correlación, las compensaciones multiplicativas y las formas de conservación.

Los intentos para aplicar estos planteamientos consistieron en tratar de enseñar a los estudiantes, a través de las pruebas diseñadas por él mismo para alcanzar las operaciones y estructuras del estadio en el que se encontraban o prepararlos para el estadio de un nivel superior (3).

Este cambio de enfoque de la enseñanza tradicional se produjo fundamentalmente en las décadas e los 60 y 70 y tuvo su culminación en la reforma curricular emprendida por Estados Unidos y Reino Unido entre otros, a través de proyectos como SCIS(Science Curriculum Improvement Study) S-APA (Science A-Process Approach) PSSC (Physical Science Study Committee) (3).

Según estos planteamientos, el currículo de ciencias se debería centrar, fundamentalmente, en el aprendizaje de contenidos procedimentales, por lo que, bajo el

enfoque de Piaget las clases de Ciencias utilizan las actividades prácticas, y en definitiva, el método científico, no como un apoyo, sino como el eje vertebrador de la enseñanzas.

El constructivismo

Las contribuciones de autores como Vigotsky y Ausubel, además del previamente comentado Piaget, han contribuido significativamente a configurar una visión constructivista del aprendizaje y más concretamente del aprendizaje de las ciencias. Sus aportaciones, junto con los resultados que se han obtenido gracias a diversos estudios en relación con la Didáctica de las Ciencias, han servido de referencia para sentar las bases de modelos didácticos constructivistas, que en la actualidad son considerados como perspectivas de cambio para innovar en la enseñanza de las ciencias.

Vygotsky y la importancia de los mediadores instrumentales y las interacciones sociales.

Vigotsky explica el desarrollo a través de la actividad social y de la interacción social con las personas y con la cultura que nos rodea. Según esta teoría en el desarrollo cada función aparece dos veces: primero a nivel social (interpsicológica) y luego a nivel individual (intrapsicológica), lo que se conoce como **Ley de Doble Formación**.

La adquisición del conocimiento empieza con el intercambio social y, después, se internaliza (ley de la doble formación). La adquisición del conocimiento empieza con el intercambio social y, después, se internaliza (ley de la doble formación).

Por lo tanto para Vigotsky primero aprendemos y luego nos desarrollamos. Vigotsky da importancia al plano social pero también a la persona ya que en el proceso de internalización cada uno aporta sus propias experiencias al aprendizaje. En este proceso hay dos herramientas que juegan un papel fundamental:

1. El lenguaje
2. La cultura

Las ideas de Vigotsky se apoyan en dos premisas básicas:

1. El niño aprende a pensar de una manera que está directamente relacionada con el contexto cultural en el que vive.
2. El aprendizaje debe preceder al desarrollo, ya que las funciones mentales aparecen primero en el plano social y luego, son internalizadas y pueden ser realizadas por uno solo.

Vigotsky considera que las personas parten de unos conocimientos previos que le permiten resolver de manera independiente un problema que denomina Nivel Real de Desarrollo. A través de la interacción social, es decir a través apoyo que le puede proporcionar un adulto o un igual con más conocimiento, puede alcanzar nuevos conocimientos, es decir, la Zona de Desarrollo Potencial. La diferencia entre las dos zonas que se han comentado anteriormente se denomina la **Zona de Desarrollo Próximo** donde, tal y como se ha comentado la interacción social juega un papel fundamental. El apoyo suministrado se mantiene mientras la persona afianza los conocimientos a modo de andamio y se retira cuando se han alcanzado nuevos niveles de desarrollo real y potencial, lo que se conoce como la **Metáfora del Andamiaje**.

Por ello, Vigotsky opina que emplear la mediación social implica dar importancia, no solo a los contenidos y a los mediadores instrumentales (qué enseñar y con qué) sino también a los agentes sociales (quién o quiénes enseñan) (3). En consecuencia, el diálogo con el profesor, el trabajo cooperativo, la discusión los debates son estrategias de enseñanza que pueden facilitar el proceso de internalización a través del que se produce el aprendizaje y el desarrollo. Por ello es de especial relevancia que para el aprendizaje de las ciencias, los estudiantes dominen ciertas habilidades cognitivo-lingüísticas.

Las aportaciones de Vygotsky han constituido una referencia básica para el cosntructivismo, especialmente en lo que se refiere al papel del lenguaje en la construcción del conocimiento y la importancia de las relaciones sociales en el aula para que tenga lugar dicho proceso.

Ausubel el aprendizaje significativo

Dentro de los enfoque cognitivos, la teoría del aprendizaje de Ausubel supuso, en el último tercio del siglo XX, una crítica a las posiciones conductistas, en especial al aprendizaje memorístico, y a los planteamientos de Piaget que relacionaban las posibilidades del

aprendizaje de los estudiantes con los estadios de desarrollo cognitivo y a los planteamientos de enseñanza que alentaban descubrimiento inductivo y autónomo.

Durante este periodo la teoría del aprendizaje de Ausubel, formulada ya en los años sesenta (6) (7) ha sufrido algunos cambios, tendentes a ampliar y completar su perspectiva, y que han sido debido a la colaboración de otros relevantes investigadores como Novak (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978; Novak, 1977).

Ausubel otorga gran importancia a los conocimientos previos que el alumnos posee, al considerar el aprendizaje significativo es un proceso según el cual se relaciona un nuevo conocimiento o información con la estructura cognitiva del que aprende de forma no arbitraria y sustantiva o no literal, mediante la interacción con unas las ideas de anclaje que el docente facilita a los alumnos para que construyan un puente entre lo que conocen y lo que se desea que aprendan. De hecho existen autores como Fiszer que afirman que "solamente podemos aprender algo nuevo cuando existe en nuestra mente algún conocimiento anterior sobre ese tema sobre el cual podamos anclar la novedad adquirida". Por ello para Ausubel la labor principal del docente consiste en selección y secuenciar los contenidos de forma que los alumnos vayan construyendo su conocimiento (3) (7) (6).

Por otro lado, una de las grandes aportaciones de Ausubel fue identificar que el aprendizaje es un proceso multidimensional. Al analizar los problemas teóricos vinculados a la definición del aprendizaje y la naturaleza de éste, observa como los psicólogos educativos han intentar dar explicación a estos dos conceptos utilizando un modelo unidimensional en el que, a su juicio, se mezclan características del aprendizaje que son cualitativamente diferentes. Ausubel considera que toda situación de aprendizaje contiene al menos dos dimensiones, que pueden ubicarse en los ejes vertical y horizontal. La dimensión representada en el eje vertical hace referencia al tipo de aprendizaje realizado por el alumno, es decir, los procesos mediante los que codifica, transforma y retiene la información e iría del aprendizaje meramente memorístico o repetitivo al aprendizaje plenamente significativo. Y la dimensión representada en el eje horizontal hace referencia a la estrategia de instrucción planificada para fomentar ese aprendizaje, que iría de la enseñanza puramente receptiva, en la que el profesor o instructor expone de modo explícito lo que el alumno debe aprender a la enseñanza basada en el descubrimiento espontáneo por parte del alumno (8).

Según afirma el autor Pozo, la distinción entre los dos ejes mencionados es uno de los aportes más relevantes de Ausubel, que serían bastante independientes uno del otro, por lo que existen diferentes caminos que permiten alcanzar un aprendizaje significativo. Se presenta a continuación un breve resumen de las dos dimensiones propuestas por Ausubel así como los posibles casos que pueden darse.

Tipos de aprendizaje (3):

1. En el aprendizaje por recepción el alumno recibe los contenidos que debe aprender en su forma final, acabada; no necesita realizar ningún descubrimiento más allá de la comprensión y asimilación de los mismos de manera que sea capaz de reproducirlos cuando le sea requerido.
2. El aprendizaje por descubrimiento implica una tarea distinta para el alumno; en este caso el contenido no se da en su forma acabada, sino que debe ser descubierto por él. Este descubrimiento o reorganización del material debe realizarse antes de poder asimilarlo; el alumno reordena el material adaptándolo a su estructura cognoscitiva previa hasta descubrir las relaciones, leyes o conceptos que posteriormente asimila.



Estrategia de instrucción empleada:

1. El aprendizaje significativo se distingue por dos características, la primera es que su contenido puede relacionarse de un modo sustantivo, no arbitrario o al pie de la letra, con los conocimientos previos del alumno, y la segunda es que éste ha de adoptar una actitud favorable para tal tarea, dotando de significado propio a los contenidos que asimila (3).
2. El aprendizaje repetitivo se produce cuando los contenidos de la tarea son arbitrarios (pares asociados, números, etc.), cuando el alumno carece de los conocimientos necesarios para que los contenidos resulten significativos, o si adopta la actitud de asimilarlos al pie de la letra y de modo arbitrario.
3. Por ello, la labor de los docentes se ubica en la gráfica anterior en función del tipo de aprendizaje que promueven y de las estrategias didácticas que utilizan.

Ausubel no reniega del aprendizaje significativo por descubrimiento, simplemente plantea que el aprendizaje es más efectivo si se realiza por recepción, siempre que se tengan en cuenta los conocimientos previos que poseen los alumnos, y el docente sea capaz de secuenciar los contenidos que permita la codificación de los nuevos conocimientos y su posterior recuerdo. Este autor propone como idea fundamental, huir, siempre que sea posible, de los aprendizajes memorísticos o repetitivos en el aula. Durante el Máster hemos comprobado como el aprendizaje memorístico es el que ha prevalecido, y en muchos casos aún prevalece en la Enseñanza. Considero que los docentes de Ciencias, tienen ante ellos la posibilidad de cambiar el modo en que se han enseñado tradicionalmente esta materia y que ha obtenido y obtiene, resultados poco favorables debido fundamentalmente a que (8) (7):

1. La materia se presenta de forma demasiado abstracta, por lo que los alumnos no son capaces de llegar al nivel de abstracción necesario y por lo tanto no comprende los conceptos presentados
2. El aprendizaje repetitivo conduce a una enseñanza de las ciencias que resulta tediosa, aburrida y carente de interés para los alumnos.

Ausubel centró sus propuestas en el aprendizaje de contenidos conceptuales, dejando a un lado la parte práctica de la enseñanza que caracteriza a la actividad científica. No obstante considero que algunas partes de la teoría de este autor pueden ser trasladadas al aprendizaje por descubrimiento que se plantea en este TFM, sin que esto suponga un conflicto entre ambas teorías. En concreto, para la propuesta de este TFM se ha tenido en cuenta por un lado el papel que juegan los conocimientos previos de los estudiantes en los procesos de reestructuración y asimilación de los nuevos contenidos, y por otro lado la conveniencia de que cualquier nuevo contenido se aprenda de forma significativa.

Aprendizaje significativo por descubrimiento

Bruner equipara la mente humana con un procesador de información, dejando de lafo los enfoques conductistas que defendían un modelo de aprendizaje basado en asociaciones estímulo-respuesta. Para este autor los individuos interactúan con el mundo que les rodea de donde reciben la información que posteriormente procesan, organizan y recuperan. En este sentido, esta teoría coincide con la planteada por Vigotsky y Piaget puesto que aprendemos al estar en contacto con la realidad que nos rodea y que nos va requiriendo nuevas habilidades para hacer frente y resolver de forma eficaz las situaciones que se nos plantean. (9).

Bruner define el aprendizaje por descubrimiento el que promueve que los alumnos adquieran los conocimientos por sí mismo mediante la experimentación. De esta forma, los docentes no presentan la información en su forma final si no que se proponen una serie de retos que los alumnos tienen que resolver. Para llegar a solución correcta, es necesario realizar una serie de observaciones permitan establecer relaciones entre los datos empíricos de los experimentos con leyes de orden superior: Los alumnos pasan de estudiar ejemplos a formular reglas, conceptos y principios generales. Lo fundamental es descubrir (de manera inductiva) y comprender la estructura de la materia que van a estudiar. El docente se convierte en un facilitador del aprendizaje actuando como mediador y guía para que los alumnos recorran el camino correcto, es decir se puede ofrecer un aprendizaje guiado. El enfoque de Bruner es por tanto un enfoque constructivista, en al que los alumnos construyen su conocimiento en base a la experimentación. Este tipo de aprendizaje implica una participación muy activa del alumno en el proceso de aprendizaje (9).

Los pasos propuestos por esta autor para llevar a cabo un aprendizaje significativo por descubrimiento se resumen a continuación:

1. La situación de aprendizaje se debe organizar de tal manera que al alumno se le plantee una serie de:
 - a. Preguntas desconcertantes
 - b. Un problema a resolver por el alumno.

Siempre y cuando el concepto o principio que se pretende que sea descubierto sea accesible al estudiante.

2. El profesor debe ayudar y dirigir el proceso de descubrimiento, lo que implica que tiene que proporcionar las pistas oportunas que ayuden al alumno en ese proceso. El profesor no explica cómo se puede resolver el problema, sino que estimula a los alumnos a que observen, formulen hipótesis y las pongan a prueba.
3. El profesor debe ofrecer retroalimentación durante el proceso y al finalizar el aprendizaje para que el alumno sepa cuándo y cómo adquirir el concepto.
4. A partir de los éxitos obtenidos por el alumno, el profesor debe ayudarle a transferir los conocimientos adquiridos a otras situaciones.

Para J. Bruner, este tipo de aprendizaje persigue (10):

1. Superar las limitaciones del aprendizaje mecanicista.
2. Estimular a los alumnos para que formulen suposiciones intuitivas que posteriormente intentarán confirmar sistemáticamente.
3. Potenciar las estrategias metacognitivas y el aprender a aprender. Se parte de la idea de que el proceso educativo es al menos tan importante como su producto, dado que el desarrollo de la comprensión conceptual y de las destrezas y las estrategias cognitivas es el objetivo fundamental de la educación, más que la adquisición de información factual.
4. Estimular la autoestima y la seguridad.

Comparación con el aprendizaje significativo por recepción

Ahora bien, Ausubel señala que el aprendizaje por descubrimiento ha estado rodeado de una falsa mitificación sobre los beneficios que supone (10). Para este autor, si la condición

para que un aprendizaje sea potencialmente significativo es que la nueva información interactúe con la estructura cognitiva previa, esto implica que ni el aprendizaje por descubrimiento necesariamente es significativo ni que el aprendizaje por recepción es necesariamente mecánico. Tanto uno como el otro puede ser significativo o mecánico, dependiendo de la manera como la nueva información es almacenada en la estructura cognitiva; por ejemplo las soluciones de acertijos por ensayo y error son un tipo de aprendizaje por descubrimiento en el que el contenido descubierto (el acertijo) puede ser incorporado de manera arbitraria a la estructura cognitiva y por lo tanto aprendido mecánicamente., D. Ausubel defiende que el aprendizaje puede alcanzarse tanto por recepción como por descubrimiento, en cuanto a estrategia de enseñanza, y con cualquiera de estos dos tipos puede lograrse un aprendizaje significativo. Sin embargo, según mi punto de vista, el aprendizaje por descubrimiento ofrece unas posibilidades educativas relacionadas con la formación integral de la persona que no pueden obtenerse mediante el enfoque que plantea Ausubel. En el siguiente apartado se resumen las principales ventajas que presenta el aprendizaje significativo por descubrimiento.

Ventajas del aprendizaje significativo por descubrimiento

Se presentan a continuación algunas de las ventajas que se considera que puede aportar el aprendizaje significativo por descubrimiento (9) (10):

1. Favorece la metacognición

Los alumnos que trabajan mediante la metodología de aprendizaje por descubrimiento, tienen que ser capaces de reconocer lo que busca, por qué lo busca; de lo que aprende, cómo lo aprende y para qué lo aprende

2. Desarrolla el pensamiento crítico, reflexivo y autónomo.

Permite que los alumnos se habitúen a cuestionar de una forma dinámica y reflexiva la realidad que les rodea. Fomenta el análisis de diferentes situaciones intentando dar respuesta a las mismas utilizando el saber acumulado. Por otro lado, permite que se emitan juicios críticos fundamentados sobre aquello sobre lo que no se está conforme. Mediante un riguroso proceso de trabajo individual, grupal y colectivo, el o la estudiante va descubriendo los límites de su percepción e interpretación y de las percepciones e interpretaciones de los demás compañeros/as en contraposición a la riqueza del conocimiento que ofrece el

grupo tomado en su conjunto. La capacidad de escucha, de diálogo y confrontación de las diferentes posiciones va educando para vivir en una sociedad plural

3. .Introduce de manera natural el método científico.

Va capacitando en la como capacidad para comprender la realidad, interpretarla y poder y saber actuar sobre ella, lo cual supone haber adquirido criterios para evaluar diversas interpretaciones de la realidad. La capacidad para resolver problemas es la meta principal de la educación, es decir, la capacidad de resolver problemas es la finalidad educativa legítima, para esto es muy razonable utilizar métodos científicos de investigación. En un sentido contradictorio, se encuentra lejos que la capacidad de resolver problemas sea una función primaria en la educación metodología de la investigación y en el dominio del método científico.

4. Formación integral de la persona.

El trabajo en equipo favorece la búsqueda de consenso, la negociación real de las opiniones y la creación de nuevas actitudes. Además, la dinámica de trabajo colectiva favorece la adquisición de valores como son el respeto, el compañerismo, la solidaridad.... Esta nueva lógica de la solidaridad permite superar actitudes y valores configurados en referencia al individualismo, egoísmo, competencia que tanto abundan en la sociedad actual. El aprendizaje permite que los alumnos se familiaricen de forma natural con las relaciones democráticas, ya que posibilita unas relaciones de igualdad en las que los compañeros tienen que interactuar. Por otro lado, se puede trabajar para promover un estilo comunicativo asertivo de forma que los estudiantes comuniquen en todo momento aquello que opinan desde una posición de respeto absoluto hacia otras posiciones que puedan surgir en el grupo.

5. Promueve un aprendizaje significativo.

Como se ha visto anteriormente, el aprendizaje por descubrimiento no es la única dimensión que existe en el aprendizaje. Sin embargo, este tipo de metodología permite introducir conceptos que se encuentren más cerca de los intereses de los alumnos y por lo tanto, despertar su curiosidad, ya que las actividades propuestas

se pueden enfocar de modo que adquieran sentido para la vida cotidiana del estudiante. La última fase del aprendizaje por descubrimiento consiste en que los alumnos relacionen aquello que han aprendido para una situación concreta para relacionar nuevas significaciones de la realidad a partir de los conocimientos y de las estructuras que ha adquirido. Por otro lado, diversos autores apuntan a que el descubrimiento favorece el recuerdo de los conocimientos aprendidos, que es una de las características principales del aprendizaje significativo

6. Fomenta la creatividad y la autonomía.

Los alumnos deben afrontar en equipo los retos que se les proponen, por lo que la toma de decisiones y la organización del trabajo juegan un papel decisivo de cara llegar a alcanzar los objetivos planteados. Por otro lado, los retos propuestos no tienen una única solución inamovible, sino que las diferentes soluciones pueden alcanzarse mediante diferentes planteamientos.

7. Permite una mejor atención a la diversidad.

El método de descubrimiento tiene variadas formas que son apropiadas para alcanzar diferentes tipos de objetivos, además sirve para individuos con diferentes niveles de capacidad cognitiva.

RELACIÓN DE LAS TEORÍAS COGNITIVAS CON EL TFM

El modelo de enseñanza por descubrimiento se inspiró en las propuestas de Piaget al considerar que la mejor manera de que los estudiantes aprendan ciencia, es haciendo ciencia. Es decir, haciendo que los estudiantes trabajen con la misma metodología que utilizan los científicos. Bajo este enfoque el método científico permite que los alumnos descubran los conocimientos a partir de los datos y observaciones que realizan de unas experiencias propuestas concretas, para posteriormente generalizar estos resultados y deducir leyes generales que aparecen en la naturaleza. Por ello, la labor del docente debe ser poner a disposición de los alumnos el entorno didáctico que promueva este tipo de aprendizaje. Por un lado, debe diseñar las sesiones de forma que sean interesantes y que favorezcan una interacción social que facilite el aprendizaje colectivo. Por otro lado, el docente debe ser el facilitador de los medios (tanto materiales como intangibles) que

permitan a los alumnos recorrer el camino correcto hacia el aprendizaje formal y post-formal.

Por otro lado, este tipo de aprendizaje favorece el aprendizaje social defendido por Vlgotsky, ya que los alumnos trabajan en equipos de trabajo en los que tienen que interaccionar para alcanzar las metas propuestas. De este modo los alumnos no solo adquieren saberes academicistas si no que interiorizan de forma natural habilidades que les permitirán socializar en la vida adulta.

En relación con las teorías de Ausubel, es importante conocer las ideas previas de los alumnos de forma que se pueda llevar a cabo un aprendizaje significativo, encajando los nuevos conocimientos en la estructura cognoscitiva previa y evitando, por tanto, el aprendizaje memorístico o repetitivo. Por otro lado, este autor pone de manifiesto la importancia de la secuenciación de los conocimientos, por lo que en este TFM se prestará especial atención a la programación de las actividades propuestas.

Capítulo 3: Propuesta de Unidad

Didáctica:

PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA

En el marco teórico presentado en el capítulo anterior y con el objetivo de poner en práctica una unidad didáctica que conjugue las teorías de Bruner, Vigotsky, Ausubel y Piaget, se plantea una unidad didáctica basada en el aprendizaje significativo por descubrimiento, para la asignatura de Profundización de Física y Química de 4º ESO centrada fundamentalmente en el aprendizaje de la dinámica.

La metodología propuesta pretende un desarrollo constructivista del aprendizaje, por lo que es muy importante conocer las ideas y conocimientos previos de los alumnos para ir construyendo el aprendizaje de manera significativa. Es la primera toma de contacto de los alumnos con la dinámica, por lo que es totalmente necesario “romper” con las ideas preconcebidas que tengan los alumnos y que aparecen recogidas en la bibliografía como por ejemplo la idea de que la fuerza es una propiedad intrínseca que tienen los cuerpos.

La metodología empleada utiliza diferentes materiales y recursos didácticos que se exponen en el apartado de programación y que pretenden poner a disposición de los alumnos un abanico de herramientas que les permitan desarrollar un aprendizaje significativo.

Se combinan diferentes técnicas didácticas con el objetivo de atender los diferentes ritmos de aprendizaje de los alumnos y potenciar las inteligencias múltiples.

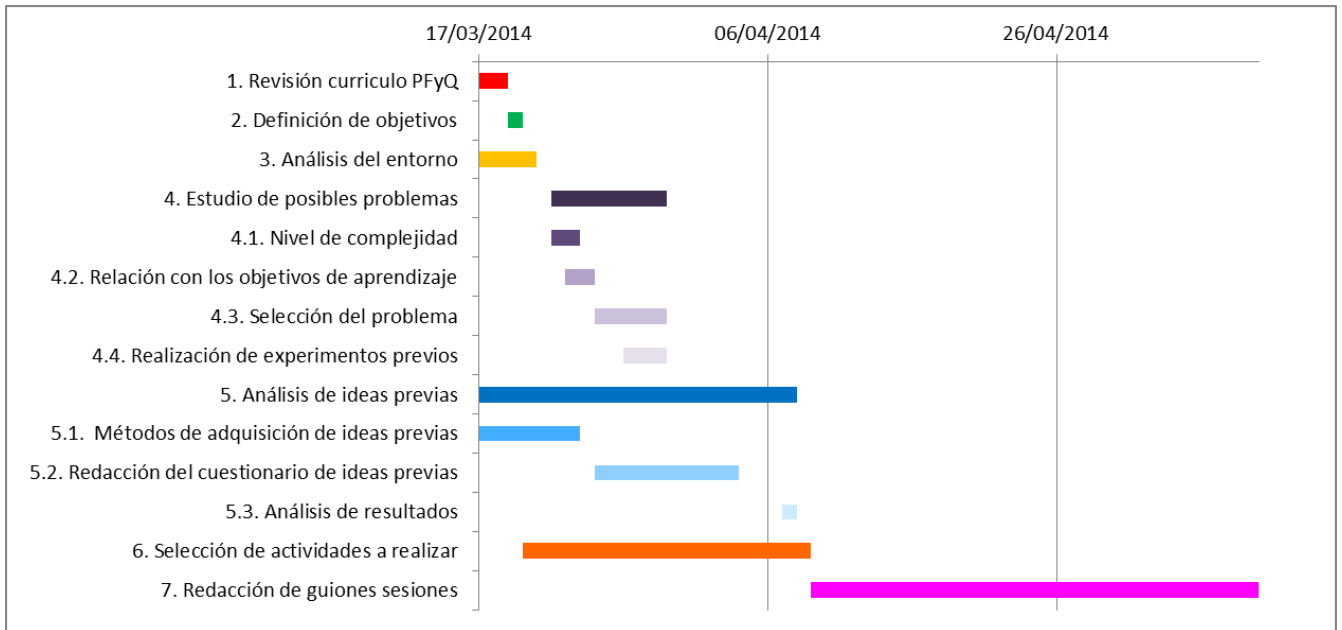
Otro de los objetivos perseguidos es que los alumnos sean capaces de relacionar dos disciplinas de la Física como son la dinámica y la cinemática, de forma que puedan tener una visión más global de los fenómenos que se presentan en el mundo que les rodea, ya que a menudo aprenden las diferentes disciplinas de forma aislada, como si se tratara de materias estancas que no guardan ninguna relación entre sí, por lo que no son capaces de relacionar conceptos para tener una visión con diferentes perspectivas.

El planteamiento inicial con el que se trabajó era proponer un Aprendizaje basado en problemas (ABP). Sin embargo y tras convivir con el grupo de alumnos durante un mes, se planteó reorientar la idea inicial para proponer un trabajo que secuencialmente va

dando mayor autonomía a los alumnos, para acabar resolviendo el problema planteado. Las razones que llevaron a esta toma de decisiones se exponen a continuación:

1. Los alumnos no han visto en matemáticas el concepto de vector, por lo que es necesario ir introduciendo los conceptos relacionados con vectores, que permiten explicar la naturaleza vectorial de las fuerzas, paulatinamente.
2. Se ha producido un desfase entre la asignatura de Física y Química y la asignatura de Profundización de Física y Química por lo que en el momento de empezar la Unidad Didáctica, los alumnos no han visto conceptos fundamentales como son el concepto de fuerza, el origen de las mismas, la relación de las fuerzas con el movimiento... Por lo que ha sido estrictamente necesario incluir unas sesiones introductorias en las que los alumnos debían adquirir los conocimientos de dinámica necesarios para solucionar de forma satisfactoria el problema planteado.
3. Los alumnos no habían trabajado nunca siguiendo la metodología ABP por lo que se estimó que, a la vista del tiempo del que se disponía para desarrollar la unidad didáctica, la opción de introducir progresivamente un aprendizaje más autónomo podría ayudar a que se familiarizarasen con la metodología de una forma más natural

Las actividades llevadas a cabo para realizar la propuesta de Unidad Didáctica se presentan en el siguiente cronograma siendo explicadas en los sucesivos apartados de este capítulo.



REVISIÓN DEL CURRÍCULO. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Tras analizar las competencias que aparecen recogidas en el currículum para la asignatura de Profundización de Física y Química y que tal y que como se recoge en este mismo documento "ofrece al alumnado una preparación científica cultural, suficiente para desenvolverse de manera adecuada en el mundo del siglo XXI" se han propuesto los siguientes objetivos (11):

1. El 80 % de los alumnos identifica las fuerzas presentes en situaciones cotidianas
2. El 70% de los alumnos clasifica correctamente las fuerzas en los dos grupos principales: fuerzas de contacto y fuerza a distancia
3. El 65% de los alumnos resuelve correctamente problemas sobre cálculo de la fuerza resultante de un sistema de fuerzas analítica y gráficamente cuando las fuerzas se encuentran aplicadas en la misma dirección
4. El 65% de los alumnos formulará hipótesis correctas sobre la observación de que los cuerpos tienden a permanecer en el estado en el que se encuentran
5. El 65% de los alumnos relaciona correctamente los movimientos con las causas que los producen
6. El 70% de los alumnos identifica claramente la existencia de parejas de fuerzas acción-reacción en distintos sistemas
7. El 70 % de los alumnos aplica correctamente las relaciones entre fuerza, masa y aceleración y compara los resultados obtenidos cuando se varía algunos de estos parámetros
8. El 70% de los alumnos formula correctamente hipótesis sobre los efectos de la presencia de la fuerza de rozamiento
9. El 70 % de los alumnos aplica correctamente la ecuación fundamental de la dinámica en la resolución de ejercicios y problemas
10. El 70% de los alumnos resuelve correctamente problemas aplicando la Ley de Hooke
11. El 60% de los alumnos expresa correctamente la importancia de la presencia de las fuerzas en situaciones cotidianas

12. El 65% de los alumnos relaciona correctamente la aceleración calculada mediante las leyes de la dinámica, con la aceleración que aparece en las expresiones de cinemática
13. El 65% de los alumnos resuelve correctamente problemas de la vida cotidiana en los que se aplican simultáneamente conceptos y ecuaciones de la dinámica y la cinemática
14. El 90% de los alumnos edita un video en el que expone de forma clara las 3 leyes de Newton
15. El 80% de los alumnos edita un video en el que se expone de forma clara el procedimiento seguido para solucionar el problema de Bungee Jumping propuesto.

En el desarrollo de esta unidad didáctica se han tenido en cuenta tanto las competencias específicas de la asignatura de Profundización de Física y Química, como las competencias básicas que se consideran transversales y que permiten que al alumnado adquiera una serie de habilidades que tienen una doble orientación:

1. Habilidades para resolver de manera autónoma, crítica y reflexivamente cualquier problema planteado. Desde este punto de vista se trabaja la competencia matemática, la competencia del pensamiento científico y la competencia de búsqueda de información
2. Habilidades sociales y ciudadanas. En el mundo en el que vivimos las relaciones sociales juegan un papel fundamental en muchas facetas de la vida: a nivel personal, en el entorno laboral. Sin embargo, a menudo estas competencias aparecen relegadas a un segundo plano. La metodología de trabajo de esta unidad didáctica promueve un aprendizaje cooperativo en el que los alumnos tienen que relacionarse, organizarse y colaborar para sacar adelante el trabajo planteado. Los objetivos perseguidos con este planteamiento son fomentar valores democráticos como son el respeto, la solidaridad y la responsabilidad individual y colectiva. Por otro lado, se trabajará de forma que los alumnos se comuniquen asertivamente aprendiendo tanto a realizar críticas desde el respeto como a recibirlas

ANÁLISIS DEL ENTORNO

El alumnado del centro en el que se lleva a cabo el desarrollo de la unidad didáctica es muy diverso, de hecho, el 46% de los alumnos son inmigrantes de 27 nacionalidades distintas, lo que hace que la atención a la diversidad sea uno de los pilares fundamentales en el centro. En concreto, en la clase de profundización de física y química el 50% del alumnado es inmigrante habiendo 7 nacionalidades distintas en el aula. Esta diversidad hace que además de dar respuesta a las diferentes capacidades, ritmos u estilos de aprendizaje, también hay que facilitar el aprendizaje a personas con situaciones sociales, culturales y lingüísticas muy variadas. Buena parte del alumnado presenta desfase curricular y situaciones familiares complicadas por lo que el centro ha ido desarrollando una serie de medidas para atender a la diversidad de sus alumnos y a las necesidades especiales que cada uno de ellos presenta.

La asignatura de Profundización de Física y Química se imparte en cuarto de la ESO siendo una asignatura optativa. En concreto, los alumnos pueden elegir entre la asignatura de Euskera y la de Profundización. La mayoría de los alumnos con los que se ha tratado el tema comentan que el criterio que han seguido a la hora de elegir esta asignatura en lugar de Euskera, es el hecho de que la considera más asequible de cara a lograr el aprobado. Por otro lado, se trata de una asignatura de carácter eminentemente práctico en la que los alumnos realizan prácticas de laboratorio aplicando los conocimientos que adquieren en la asignatura de Física y Química.

En el grupo existen varios alumnos repetidores que se encuentran poco motivados por la enseñanza en general. Se ha observado que en la realización de las prácticas propuestas se limitan a reproducir lo que ya aprendieron el año anterior, por lo que cuentan con una ventaja respecto de sus compañeros.

Las características del alumnado del centro, hacen que el nivel de absentismo y abandono escolar sea muy alto y que los alumnos tengan preferencias laborales tempranas. Es importante señalar, que a pesar de los esfuerzos realizados por el centro para controlar el absentismo (han implantado un sistema de control por el que avisan a los padres de forma casi inmediata de las faltas de sus hijos), en muchas ocasiones las familias no toman medidas para corregir esta situación, tal y como hemos podido comprobar durante nuestra estancia ya que era habitual que faltaran alumnos a las

clases sin una justificación. En última instancia, y en el caso de que una actuación preventiva a nivel familiar no funcione, se deriva el caso a los Servicios sociales. Por ello, uno de los objetivos fundamentales de la unidad didáctica propuesta, es reducir este absentismo proponiendo actividades que puedan despertar el interés del alumnado.

Los principales problemas que se han observado en el aula son:

1. Los alumnos leen sin comprender el guión de prácticas, por lo que a menudo, consultan dudas sobre aspectos que quedan correctamente explicados en los guiones de prácticas por lo que, el inicio de las sesiones se demora más de lo sería conveniente, para poder dar respuesta a todas las dudas que se generan. Con el objetivo de aumentar el interés de los alumnos se proponen guiones de trabajo con poca teoría de forma que son más amenos para los estudiantes
2. Los alumnos tienen grandes dificultades a la hora de utilizar las herramientas matemáticas que les permiten relacionar las variables físicas que aparecen en los problemas. Los alumnos tienen dificultades para sustituir los valores de las variables en las ecuaciones que se presentan en el guión. Por otro lado, la resolución de ecuaciones sencillas, en la mayoría de los casos ecuaciones lineales de primer grado, supone un problema a la hora de abordar las prácticas. La representación gráfica de valores, es resuelta en general de manera satisfactoria, sin embargo, el cálculo de la pendiente de una recta vuelve a constituir un cuello de botella en el desarrollo de la práctica. De cara a que los alumnos tengan un aprendizaje que les permita solucionar problemas de su día a día, es imperativo que se realice otro enfoque al aprendizaje de matemáticas. El objetivo que se plantea con la presente unidad didáctica es que los alumnos mejoren su competencia matemática resolviendo un problema que les pueda interesar.
3. Los grupos de trabajo no son homogéneos en número, por lo que el número de participantes por grupo oscila entre 2 y 4. Los grupos de trabajo están formados desde principio de curso, por lo que no se ha intervenido en este aspecto. Solamente, se ha propuesto a aquellos grupos que están formados por dos personas que se agrupen, puesto que para la realización de algunas actividades son necesarias al menos 3 personas. En general se ha constatado que los grupos más pequeños trabajan mejor. En los grupos de cuatro integrantes la participación de los alumnos es dispar, siendo en la mayoría de los casos 2 alumnos los que

realizan la mayor parte de las actividades propuestas en la actividad. A pesar de que se ha hecho un esfuerzo por involucrar a todos los alumnos en las actividades, sólo se ha conseguido en cierta medida. Por ello, considero que el tamaño óptimo de los grupos de prácticas sería de tres personas.

Un estudio de las preferencias de los alumnos indica que un alto porcentaje de los mismos practica alguna actividad deportiva. Por ello, se plantea la posibilidad de que el problema a resolver tenga relación con algún deporte.

PROPUESTA DE PROBLEMA A SOLUCIONAR

Tras analizar diferentes problemas en los que los alumnos tuvieran que utilizar simultáneamente las leyes de la cinemática y la dinámica, se seleccionó como problema a resolver por los alumnos: el diseño de un salto de Bungee Jumping en el que hay que tener en cuenta los diferentes parámetros de diseño para asegurar la integridad física del saltador.

La contextualización histórica del experimento se utiliza para aumentar el interés de los alumnos y para introducir de manera sutil la importancia de algunos parámetros del diseño del experimento como la constante elástica del elemento elástico seleccionado.

Se presenta a continuación un breve resumen de la exposición realizada a los alumnos. El Prezi utilizado para tal fin constituye el Anexo 4 de la memoria.

"El Bungee Jumping se ha convertido en una tendencia popular en deportes extremos. El origen del Bungee Jumping surgió por las prácticas rituales de los land diving "buceadores de la tierra" de la isla de Pentecostés en el archipiélago de Vanautu en el Pacífico. Este tipo de salto era una prueba de hombría entre algunos grupos étnicos y consistía en saltar desde una torre de madera con una planta enredadera sujeta a los pies, para casi tocar el suelo con la cabeza. Era una ceremonia para demostrar la hombría y la bienvenida a la cosecha de primavera. Los jóvenes saltaban desde una plataforma en los árboles suspendidos por los tobillos con las enredaderas.

Tras ver una película acerca de este antiguo ritual, el Club de Deportes Peligrosos de la Universidad de Oxford saltó desde el puente colgante de 245 pies (75 metros) de Clifton en Bristol, Inglaterra en 1979. Usaron cuerdas de nylon y goma y saltaron 4 hombres con

sombreros de copa y colas. Aunque que fueron arrestados por el salto, el deporte despegó desde allí con más saltos realizados por el club durante los años siguientes.



En 1974 la reina Isabel II visitó las islas y alentados por los mandatarios locales, los habitantes llevaron a cabo una exhibición del "land diving" para honrar a la visitante. A pesar de que no había precedentes de accidentes graves durante la celebración de la ceremonia, ese día murió una persona. La razón es que la reina visitó Vanuatu en la época lluviosa y las lianas que se utilizan para realizar el salto, no estaban lo suficientemente secas, por lo que eran más elásticas, lo que condujo al fatal desenlace.

Aunque muchos pueden creer que este deporte extremo es cualquier otra actividad imprudente, por el contrario es realmente un buen ejemplo de un experimento seguro, emocionante y estimulante siempre que se diseñe con cuidado el salto teniendo en cuenta los diferentes elementos de la física que entran en juego" (11).

Relación con los objetivos de aprendizaje propuestos

Como se ha comentado anteriormente, el Bungee Jumping puede ser utilizado para explicar y elaborar el concepto complejo de la ley de Hooke, identificación de fuerzas actuando sobre un cuerpo en una situación real, principio de superposición de fuerzas, así como para introducir la relación entre la dinámica y la cinemática.

Como aliciente extra para los alumnos se plantea una competición, que se llevará a cabo en la última sesión, en la que los alumnos diseñan el salto de forma que el huevo se acerca lo máximo posible al suelo sin llegar a romperse.

Análisis de la dificultad del problema planteado

Con el objetivo de asegurar que la experiencia propuesta se adecua el nivel de los alumnos, se estudió el Bungee Jumping desde un punto de vista físico. Se presenta a continuación un resumen del estudio realizado.

El problema consta de dos partes: una parte de caída libre y la parte en la que actúa el muelle. Por ello hay que plantear dos movimientos con dos aceleraciones diferentes (12).

Variables

M = Masa del huevo

g = Gravedad

P = Peso del Huevo

H = Altura de la plataforma

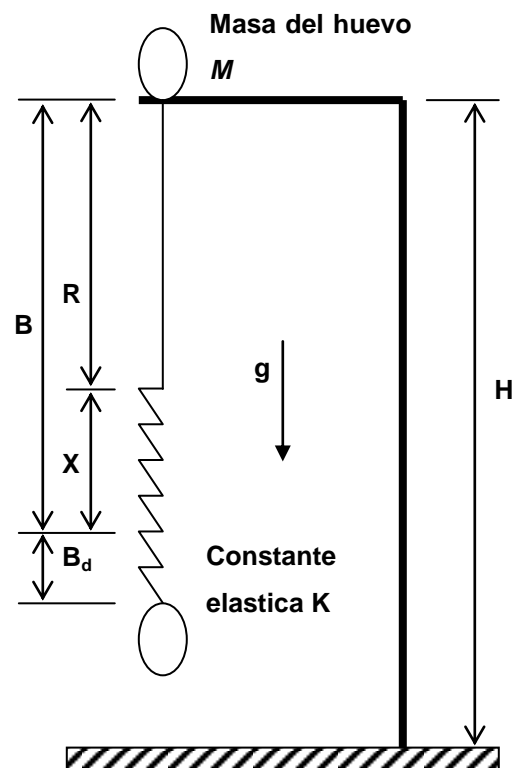
R = Longitud de la cuerda

X = Longitud del muelle sin desplazamiento

B = $R + X$

B_d = Desplazamiento de la goma

A = Aceleración hacia arriba causada por el muelle



Ecuaciones

$$v_f = v_i + at$$

$$s = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$s = \left(\frac{v_i + v_f}{2} \right) t$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2as$$

$$\Sigma F = ma$$

$$F_s = -kx$$

Caída libre

La variable que hay que determinar es la velocidad del cuerpo cuando la goma empieza a tirar

$$v_f^2 = v_i^2 + 2as$$

$v_i = 0$ el huevo se lanza con velocidad inicial cero

$$v_f^2 = 0 + 2gB$$

En caída libre $a = g$

La caída libre dura hasta que se alcanza la longitud de la cuerda y de la goma sin estirar

$$v_f^2 = 2gB$$

Caída con la goma actuando

El reto que se plantea a los alumnos es determinar qué longitud de cuerda tienen que escoger de forma que el huevo no llegue a chocar contra el suelo. Esta variable va a tener influencia sobre el alargamiento total del muelle, por lo que será necesario que jueguen con estas dos variables para obtener la solución del problema. Fijando el valor de R , estamos fijando el valor de B , y por lo tanto la velocidad final en la zona de caída libre.

En el momento en el que el muelle empieza a tirar, aparece la fuerza recuperadora del mismo, por lo que, debido a la segunda ley de Newton, la aceleración que experimenta el cuerpo va a ser debida a la gravedad y a la fuerza recuperadora del muelle. Llamamos a esta aceleración A y consideramos que está dirigida hacia arriba

$$\Sigma F = MA$$

De acuerdo con la segunda ley de Newton

$$Mg - F_s = MA$$

Consideramos que las fuerzas hacia abajo son positivas, por lo que la fuerza de la gravedad (Mg) es positiva mientras que la

fuerza del muelle (F_s) es negativa: $F_s = -Kx = -KB_d$

$$Mg - KB_d = MA$$

Tenemos dos incógnitas: B_d and A

Aplicamos las ecuaciones de cinemática

$$v_f^2 = v_i^2 + 2as$$

En el momento en el que la cuerda está totalmente extendida, la velocidad final es cero y la aceleración va hacia arriba. La v_i es la velocidad con la que el cuerpo llega al final de la caída libre, ya que en este momento empieza a actuar la aceleración A

$$0 = v_i^2 + 2AB_d$$

Del cálculo anterior

$$0 = 2gB + 2AB_d$$

Podemos despejar la A

$$A = \frac{-gB}{B_d}$$

El único parámetro que nos falta por conocer es B_d

$$Mg - KB_d = -\frac{MgB}{B_d}$$

$$KB_d^2 - MgB_d - MgB = 0$$

$$Mg = P$$

$$KB_d^2 - PB_d - PB = 0$$

Los conocimientos que los alumnos tienen que dominar para poder solucionar el problema planteado son:

1. Resolución de problemas en los que aparecen las ecuaciones del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA) que era uno de los objetivos planteados en la Unidad Didáctica anterior
2. Segunda Ley de Newton. En las sesiones introductorias se van a plantear actividades de forma que los alumnos dominen
 - a. Principio de superposición de fuerzas
 - b. Cálculo de la fuerza resultante
 - c. Resolución analítica utilizando la ecuación fundamental de la dinámica
3. Tercera ley de Newton. En las sesiones introductorias se plantea una experiencia para que los alumnos entiendan la tercera ley de Newton
4. Ley de Hooke: Se planteará una práctica en el laboratorio en la que los alumnos deben determinar la constante elástica de un muelle y resolver analíticamente diferentes situaciones en las que interviene la ley de Hooke.
5. Matemáticamente los alumnos tienen que ser capaces de:
 - a. Realizar esquemas de fuerzas representando los vectores de las fuerzas que se encuentran presentes
 - b. Resolver analíticamente problemas de superposición de fuerzas actuando sobre el mismo eje
 - c. Resolver ecuaciones lineales de primer y segundo grado
 - d. Representar gráficamente la relación lineal entre dos variables.

Tras analizar el experimento seleccionado, se han tomado una serie de decisiones que permitan a los alumnos llegar a una solución correcta del problema propuesto. En concreto, se consideraron los siguientes aspectos:

1. Se propone trabajar con un muelle de forma que se asegurase que, durante la caída, el muelle trabaja en su zona lineal siguiendo la ley de Hooke.
2. Por otro lado, se consideró que el parámetro que tenían que fijar los alumnos era la longitud de la cuerda, ya que, en el caso de que se modificase la longitud del muelle, se estaría cambiando su constante elástica y por lo tanto, los cálculos previos realizados no serían válidos.
3. Se ha realizado una simplificación que consiste en considerar que la fuerza recuperadora del muelle es constante durante el tiempo que actúa. Esta simplificación se justifica por motivos operativos ya que en este nivel los alumnos sólo conocen las ecuaciones del MRUA, no las correspondientes a una aceleración variable, por lo que los resultados obtenidos arrojan un error respecto de la solución obtenida teniendo en cuenta este aspecto.

Tras analizar los conocimientos que los alumnos tienen que tener para solucionar el problema propuesto de manera satisfactoria se ha considerado que el diseño del salto de Bungee Jumping se adecúa al nivel formativo de 4º de la ESO.

Realización de experimentos previos

Con el objetivo de asegurar que las simplificaciones realizadas no afectaban significativamente a los resultados obtenidos, se procedió a determinar los valores de las variables que intervienen en el diseño. Por otro lado, era necesario evaluar la idoneidad del material disponible en el Laboratorio de Física y Química del IES Julio Caro Baroja para la realización de la experiencia y si se contaba con material suficiente para los diferentes grupos

Material disponible en el laboratorio

El IES Julio Caro Baroja cuenta con dos laboratorios destinados cada uno de ellos a la realización de prácticas de Física y Química respectivamente. Debido al elevado número de alumnos que cursan la asignatura de Profundización de Física y Química, es necesario

utilizar ambos laboratorios para que los grupos tengan suficiente espacio para realizar las actividades propuestas.

Se ha realizado un inventario del material que se encuentra disponible para la realización de las actividades propuestas que se presenta a continuación:

1. 3 balanzas de precisión
2. Pesas de diferentes masas:
3. Muelles con diferentes constantes elásticas. En el laboratorio existen 3 tipos de muelles distintos. A priori, uno de los tres tipos se descarta porque un mal uso de los mismos ha provocado que se supere el límite elástico, por lo que han perdido su capacidad recuperadora
4. Soportes para realizar los prototipos a pequeña escala.
5. Bolas metálicas
6. Colchonetas (gimnasio)
7. Balón medicinal (gimnasio)

Durante el diseño de las sesiones que componen la unidad didáctica, que se presentan en el apartado siguiente, se detectó que parte del material no estaba disponible en laboratorio. Se plantearon las actividades de forma que el material necesario fuera de bajo coste y fácil de adquirir para facilitar que se replicara la unidad propuesta en años próximos. Se presenta continuación un listado del material extra que ha sido necesario conseguir:

1. Plastilina
2. Cuerdas/Hilo
3. Tornillos de hierro
4. Imanes
5. Aerodeslizador
6. CD
7. Patinete

8. Patines

9. Cuerda

Determinación de las constantes elásticas de los muelles

Se analizaron las constantes elásticas de los muelles que se encontraban disponibles en el laboratorio de Física y Química. En el laboratorio disponían de 2 tipos de muelles. El primer tipo fue descartado porque tenía una constante elástica demasiado pequeña, por lo que se analizaron los muelles disponibles del segundo tipo.

Existe una cierta variabilidad en las constantes elásticas de los mismos tal y como puede apreciarse en la siguiente tabla) por lo que se plantea que cada grupo trabaje de forma exclusiva con un muelle específico, del que tienen que determinar su constante elástica que va a incidir en el resto de los parámetros del diseño. La longitud inicial de los muelles es de 30 cm.

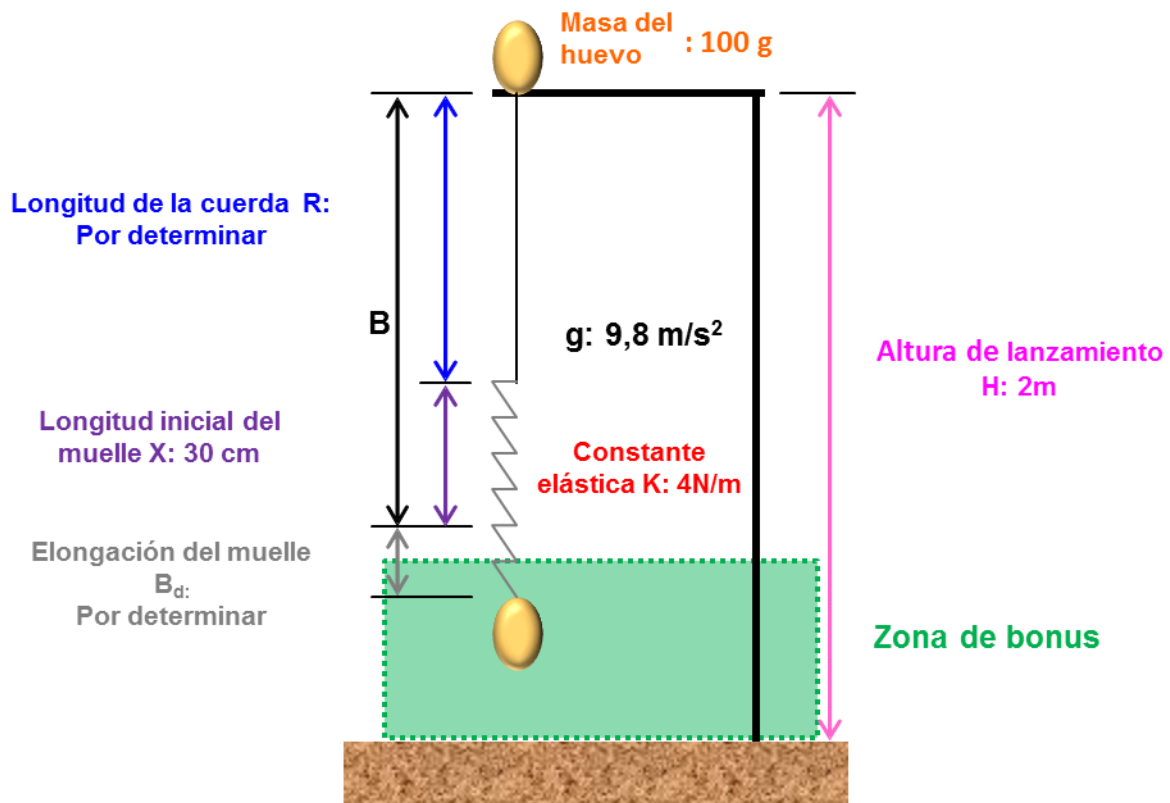
Muelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K(N/m)	3.86	3.52	3.43	3.91	3.72	3.46	4.02	3.49	3.61

Determinación de la masa de los huevos

La masa media de los huevos analizados está entorno a los 65 gramos. Con el objetivo de aumentar esta masa hasta los 100 gramos, se propone lastrar los huevos con plastilina, de forma que los alumnos trabajen siempre con un valor de la masa del huevo de 100 gramos.

Esquema de salto propuesto

A la vista de los resultados obtenidos de las pruebas preliminares que se han realizado se presenta a continuación un esquema en el que se incluye el valor de las variables que los alumnos tienen que tener en cuenta para diseñar el salto.



Con el objetivo de fomentar un espíritu de competición se estableció una zona de bonus de 35 cm de longitud desde el suelo, que supone una bonificación extra en la nota final. Los alumnos tienen que intentar que sus huevos entren en la zona de bonus para obtener la bonificación extra de $0,15$ puntos. El ganador del concurso obtiene una bonificación de $0,25$ puntos.

IDEAS PREVIAS

De entre los autores que se han estudiado en el marco teórico del capítulo anterior, Ausubel pone de manifiesto la importancia de conocer los conocimientos previos de los alumnos, con el objetivo de diseñar experiencias didácticas que conduzcan a un aprendizaje significativo (14) . (15)

Existen diversos estudios que indican cómo los alumnos no adquieren los conocimientos esperados en la asignatura de Física debido a diferentes razones, algunas de las cuales se presentan a continuación:

1. La física requiere de un nivel de abstracción que les supone un gran esfuerzo para relacionar los conceptos explicados y que en muchos casos conduce a un aprendizaje erróneo de la materia.
2. Por otro lado es frecuente encontrar errores que se repiten en alumnos de diferentes cursos, diferentes nacionalidades que no son olvidos ni equivocaciones momentáneas si no que constituyen una base de ideas muy persistentes que no son rectificadas tras el estudio de la materia correspondiente.

Con el objetivo de diseñar las actividades que permitan a los alumnos aprender los conceptos que se trabajan en la Unidad Didáctica de Dinámica, como paso previo al diseño de las actividades de la Unidad se realizó una búsqueda bibliográfica de las ideas previas que tienen los alumnos. Las ideas previas interfieren en el aprendizaje de la física, son muy difíciles de cambiar y persisten a lo largo de la enseñanza a no ser que se realicen propuestas didácticas en las que se trabaje específicamente para sustituir estos conceptos erróneos en la estructura cognitiva de los alumnos (15).

Se presenta a continuación un breve resumen de aquellas que más se repiten en los diferentes estudios consultados:

Técnicas de análisis de ideas previas

Se presenta a continuación un breve resumen de las técnicas más empleadas en la investigación de las Ideas Previas están (15) :

A. Entrevistas

Esta es una de las técnicas más empleadas. Las entrevistas casi siempre se usan como complemento de otras técnicas como los Cuestionarios y los Tests. Las entrevistas se realizan de forma individual y generalmente las preguntas se basan en las respuestas que previamente dio el alumno ante un Cuestionario o Test, por lo tanto, el propósito de las entrevistas es el de explorar a fondo las ideas previas de los alumnos. La ventaja de las entrevistas es que permiten indagar un mismo concepto en diferentes contextos, pedirle al alumno que explique y justifique sus respuestas, etc. La desventaja es que llevan mucho tiempo y que el entrevistador puede perderse entre las preguntas u omitir u olvidar algunos datos importantes.

B. Cuestionarios

Un cuestionario es una manera estructurada de obtener información acerca de las ideas previas, a través las respuestas que dan los alumnos a una serie de preguntas.

Los cuestionarios pueden contener preguntas abiertas o cerradas.

Las preguntas cerradas pueden ser de varios tipos como: de opción múltiple, verdadera y falsa, sí o no, etc.

Después de aplicar un cuestionario, el profesor debe recoger la muestra de respuestas y puede llevar a cabo varias actividades como pedir al grupo que explique sus respuestas, entrevistar personalmente a los alumnos para profundiar en sus respuestas

C. Evaluación de Reglas

Este método fue desarrollado por Siegler a finales de los años 70's para investigar el conocimiento estratégico de las personas al determinar cómo enfrentan determinadas tareas. El término regla es una etiqueta general para un patrón o estrategia de razonamiento definitivo. El método de evaluación de reglas (*rule assessment*) requiere que se haga análisis de tareas para: identificar los tipos de problemas y determinar las estrategias –correctas o incorrectas- que pueden aplicarse a las tareas (problemas) en los que trabajan los alumnos.

Maloney [41] usó este método para investigar las concepciones que tienen los alumnos sobre la Tercera Ley de Newton.

D. Grabación de Audio

Las grabaciones de audio pueden hacerse de las Entrevistas o de las discusiones en clase cuando se enseñan los conceptos.

E. Tests

Entre los Test más usados para conocer el concepto de *fuerza* están

- “Mechanics Baseline Test” (MBT), elaborado por Hestenes y Wells en 1992
- “Force Concept Inventory” (FCI) diseñado por Hestenes, Wells y Swackhamer en 1992
- “Force and Motion Conceptual Evaluation” elaborado por Thornton y Sokoloff en 1998.

Estos Tests han sido de gran utilidad para determinar cuáles son las ideas previas de los estudiantes que hay que cambiar, además de servir como una medida de la comprensión de los conceptos científicos si se aplican antes y después de un curso de Física.

Método seleccionado

Se ha seleccionado el método de cuestionario con mezcla de preguntas abiertas y preguntas cerradas, con el objetivo de evitar que los alumnos elijan las respuestas al azar. A pesar de que la entrevista personal puede aportar una información más profunda acerca de las ideas previas, se ha descartado este método debido al elevado número de alumnos que cursan la asignatura de Profundización de Física y Química.

En el siguiente apartado se muestra el cuestionario que se ha diseñado para recabar la información acerca de las ideas previas de los alumnos. Se presentan posteriormente los resultados obtenidos al realizar dicho cuestionario y las conclusiones extraídas del mismo.

CUESTIONARIO IDEAS PREVIAS

1. La masa se define como

La cantidad de materia contenida en un cuerpo

La cantidad de espacio ocupado por un cuerpo

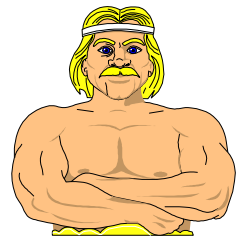
El peso contenido en un cuerpo



Explica tu respuesta: _____

2. Si estas dos personas compitieran a la sokatira, ¿cuál de los dos ganaría?

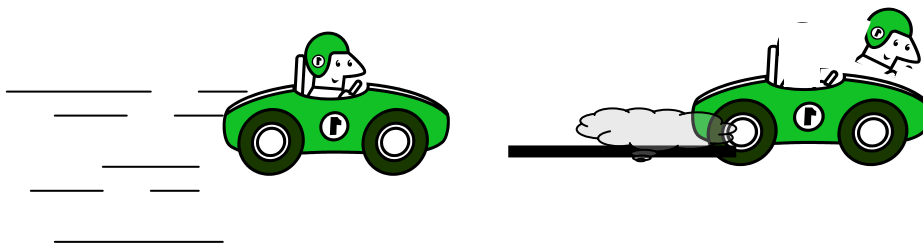
- A. El hombre de la izquierda
- B. El hombre de la derecha
- C. Empatarián



Explica tu respuesta:

3. ¿Por qué cuando vas en un coche y frena súbitamente, sientes que tu cuerpo se va hacia el frente?

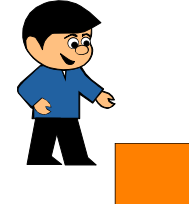
1.



Explica tu respuesta:

4. Un niño empuja cajas de cartón: primero una que está vacía y luego otra llena de juguetes:

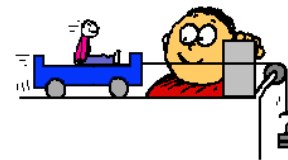
- A. Necesita aplicar más fuerza para mover la primera
- B. Necesita aplicar más fuerza para mover la segunda
- C. Da igual y con la misma fuerza mueve cualquiera de las dos



Explica tu respuesta:

5. Un niño juega con su muñeco sobre un carrito. ¿Cuál de las expresiones es la correcta?

- A. Con respecto al carrito el muñeco está en movimiento.
- B. Con respecto al niño el carrito está en movimiento.
- C. Con respecto al muñeco el carrito está en movimiento.



6. ¿Por qué es más fácil que los 3 niños muevan a la niña?



Explica tu respuesta:

7. ¿Por qué un cuerpo colgado de un cable no se cae?



Explica tu respuesta:

8. Cuando estamos sentados en una butaca:

- A. Sólo existe la fuerza de nuestro peso
- B. Existe la fuerza del peso, así como la fuerza que la butaca hace sobre nosotros
- C. Existe la fuerza del peso, ya que la butaca al no tener energía no puede hacer fuerzas
- D. No existen fuerzas

9. Se aplica la misma fuerza a 2 objetos, uno con masa de 30 kg. Y otro con masa de 50 kg.

2.

- A. El de 30 Kg. se moverá más rápido
- B. El de 50 Kg. se moverá más rápido
- C. Se moverán a igual

Explica tu respuesta:_____

10. Si lanzas una pelota sobre una superficie horizontal:

- A. La pelota irá muy lejos pero cuando se le acabe su energía cinética parará
- B. La pelota se mantendrá acelerada indefinidamente
- La pelota se irá igual de lejos si la superficie es lisa o rugosa

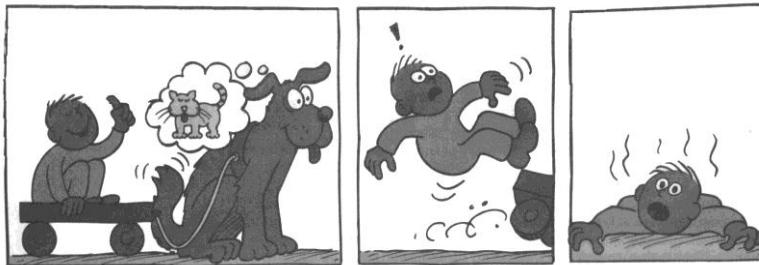
11. Un móvil A está en reposo, arranca y va de 0 m/s a 50 m/s en 4 s. Un móvil B se desplaza, y frena de 50 m/s a 0 m/s en 4 s.

- A. El móvil A SÍ experimenta una aceleración
- B. El móvil B NO experimenta una aceleración
- C. Los 2 experimentan aceleración de igual magnitud pero de signo contrario.

Explica tu respuesta:



12. Explica desde el punto de vista físico lo que ocurre en la siguiente secuencia de imágenes.



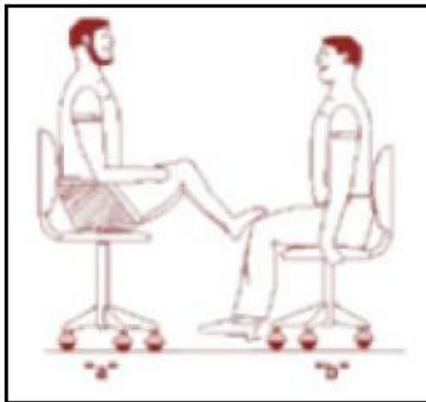
13. Sobre esta caja en reposo. ¿Está actuando alguna fuerza

- A. No está actuando ninguna fuerza ya que la caja está en reposo
- B. Sí: el peso y la fuerza de la presión atmosférica
- C. Sobre esta caja actúan fuerzas pero están compensadas

14. Dos compañeros están sentados en dos sillas iguales. El chico A tiene una masa de 77 kg y el chico B de 65. El chico A coloca sus pies en las rodillas del otro y le da un empujón.

Como consecuencia, las dos sillas se mueven. En esta situación:

- A. Ninguno de los chicos ejerce fuerza sobre el otro
- B. Cada chico ejerce la misma fuerza sobre el otro
- C. Cada chico ejerce una fuerza sobre el otro, pero A ejerce una fuerza mayor B.



A

B

15. Una pelota de golf viaja a través del aire siguiendo una trayectoria similar a la indicada en el dibujo. ¿cuáles de las siguientes fuerzas están actuando sobre la pelota durante el vuelo?

- A. La fuerza de la gravedad
- B. La fuerza del golpe y la fuerza de la gravedad
- C. La fuerza del golpe

Vuelo de la pelota



16. Observa los imanes de la figura:



- A. Se atraen pero no actúa ninguna fuerza porque no se tocan
- B. Se pegan al dedo por la fuerza de la presión atmosférica
- C. Se atraen porque actúa alguna fuerza

17. Seguramente te ha tocado andar por una calle helada como la de la imagen. La razón por la que es más difícil andar es:



- A. Los zapatos son repelidos por el hielo por eso resbala más
- B. No estamos acostumbrados a caminar por encima del hielo
- C. Disminuye el rozamiento y por lo tanto resbala más

18. Un peso cuelga de un muelle. La fuerza que ejerce el muelle:

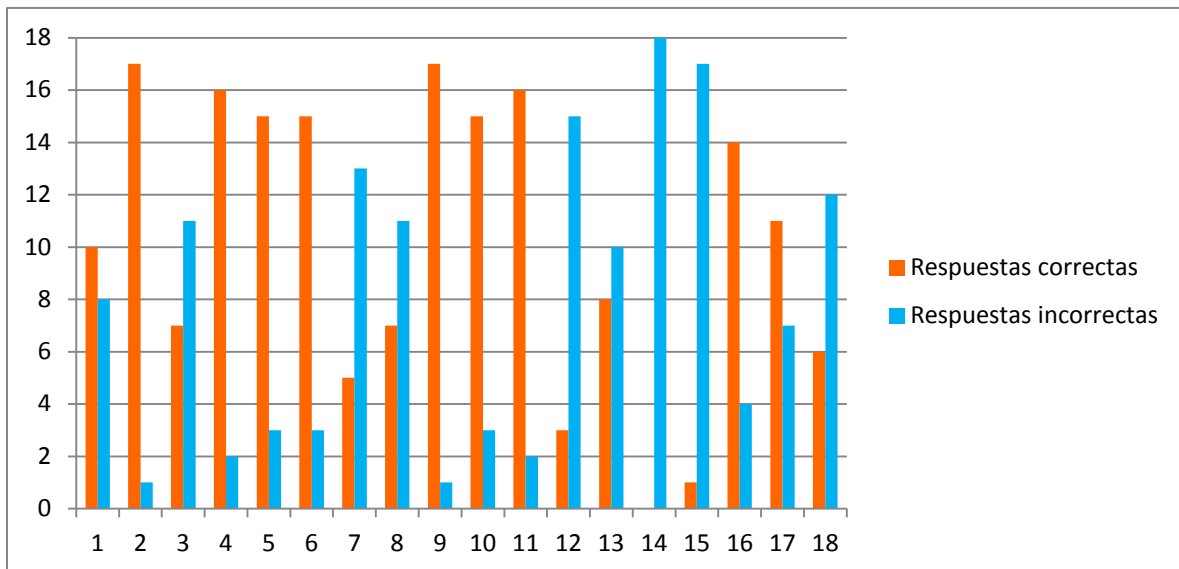
- A. La fuerza del muelle “tira” hacia arriba del peso
- B. El muelle se alarga porque la fuerza del muelle “tira” del peso hacia abajo
- C. La fuerza que ejerce el muelle no depende del peso



Análisis de los resultados

Se presenta a continuación un breve resumen de los resultados obtenidos a partir del cuestionario de ideas previas, que ha constituido la base del diseño de las actividades diseñadas en la unidad didáctica.

Pregunta	relación con los objetivos de enseñanza	Porcentaje de acierto %
1	Diferencia peso, masa, volumen	56
2	Origen de las fuerzas	94
3	Ley de Inercia	39
4	2ª Ley de Newton	89
5	Sistemas de inerciales de referencia	83
6	Principio de superposición de fuerzas	83
7	Ley de Acción-Reacción cualitativamente	28
8	Relación fuerzas movimiento y fuerzas estado de reposo	39
9	2ª Ley de Newton	94
10	Relación fuerzas-energía	83
11	MRUA	89
12	Ley de Inercia	17
13	Relación fuerzas movimiento y fuerzas estado de reposo	44
14	Ley de Acción-Reacción cuantitativamente	0
15	Tiempo de actuación de una fuerza	6
16	Fuerzas a distancia	78
17	Fuerza de rozamiento	61
18	Ley de Hooke	33



Del cuestionario de ideas previas se han extraído las siguientes conclusiones:

1. Los alumnos desconocen la tercera ley de Newton. No entienden que por cada fuerza que aparece en la naturaleza (fuerza de acción) aparece otra fuerza de igual magnitud, misma dirección y sentido contrario (fuerza de reacción). Relacionan la magnitud de las fuerzas únicamente con la masa del objeto sin tener en cuenta la aceleración por lo que siempre consideran que ejerce mayor fuerza aquel elemento que posee mayor masa.(pregunta 14). Este resultado es especialmente llamativo porque ninguno de los alumnos respondió correctamente a la pregunta realizada
2. En algunos casos, no tienen en cuenta la presencia de la fuerza de reacción (pregunta 7). El 50% de los alumnos no identifica la fuerza de reacción que ejerce la butaca, teniendo sólo en cuenta la presencia del peso.
3. Un 55% de los alumnos no comprende la ley de Hooke. En concreto consideran que la Fuerza que ejerce el muelle tiene el mismo sentido que la Fuerza del Peso. Argumentan que esta es la razón por la que el muelle se estira hacia abajo al colgar el peso. En este aspecto se pone de manifiesto dos errores:
 - a. No consideran el peso una fuerza, por lo que no pueden determinar los efectos que esta produce

- b. No consideran que las fuerzas pueden producir deformaciones.
4. Prácticamente la mitad de la clase (44%) no diferencia los conceptos de masa, peso y volumen. Este resultado es especialmente preocupante puesto que estos conceptos se trabajan sucesivamente en los cursos anteriores (pregunta 1)
 5. Otro de los aspectos que los alumnos parecen desconocer es la Ley de Inercia. Tan sólo un 17% da una explicación correcta ante la situación planteada (pregunta 12). Es importante señalar que tienen más problemas para entender la inercia cuando el cuerpo parte del reposo (pregunta 12) que cuando el cuerpo está en movimiento (pregunta 3)
 6. A la vista de los resultados de la pregunta 15, un 96% de los alumnos tienen un concepto erróneo sobre el tiempo de aplicación de las fuerzas. Relacionan los efectos de las fuerzas, que pueden perdurar en el tiempo, con el tiempo de acción de las mismas. A pesar de que se indica que el golfista golpea la pelota, los alumnos consideran que la fuerza de golpeo continua actuando durante el vuelo de la pelota. Esta pregunta evidencia que los alumnos tienen dificultades para determinar las fuerzas que actúan sobre un objeto en diferentes situaciones.
 7. La pregunta 8 pone de manifiesto la dificultad que tienen los alumnos para relacionar objetos que se encuentran en reposo, con la presencia de fuerzas que actúan sobre ellos, mientras que no tienen problemas en asociar la presencia de fuerzas cuando los objetos están en movimiento (pregunta 3).

SECUENCIACIÓN DE CONTENIDOS

En la siguiente página se muestra un mapa conceptual en el que se ha recogido el proceso de secuenciación seguido para la elaboración de la unidad didáctica. Como se ha venido comentando, el presente TFM pretende que los alumnos desarrollen un aprendizaje significativo de la dinámica. Para ello, se va a hacer uso de la teoría de Ausubel que como se ha comentado en el marco teórico pretende la Incorporación de los nuevos conocimientos en la estructura cognitiva de modo no arbitrario, sustantivo y no al pie de la letra. En nuestro caso, en lugar de utilizaremos el aprendizaje por descubrimiento en lugar del propuesto por Ausubel (7).

Concepto Inclusor

Se pretende que los alumnos unan los nuevos conocimientos con conceptos de nivel superior, más inclusivos, en la estructura cognitiva. En nuestro caso y dado, que las fuerzas están presentes en la vida de los alumnos de forma natural. la presencia de fuerzas en la vida cotidiana será utilizado como concepto inclusor

Organizadores previos

Como paso previo la introducción de las leyes que gobiernan el comportamiento de las fuerzas, se van a introducir unos conceptos previos que van a permitir a los alumnos relacionar la información que ya tienen con aquellos conceptos nuevos que se desean incorporar a la estructura cognitiva. En concreto, los conceptos que se van a introducir son:

1. Concepto de fuerza desde un sentido físico
2. Tipos de fuerzas
3. Fuerzas como magnitudes vectoriales
4. Principio de superposición de fuerzas

Introducción de nuevos conceptos

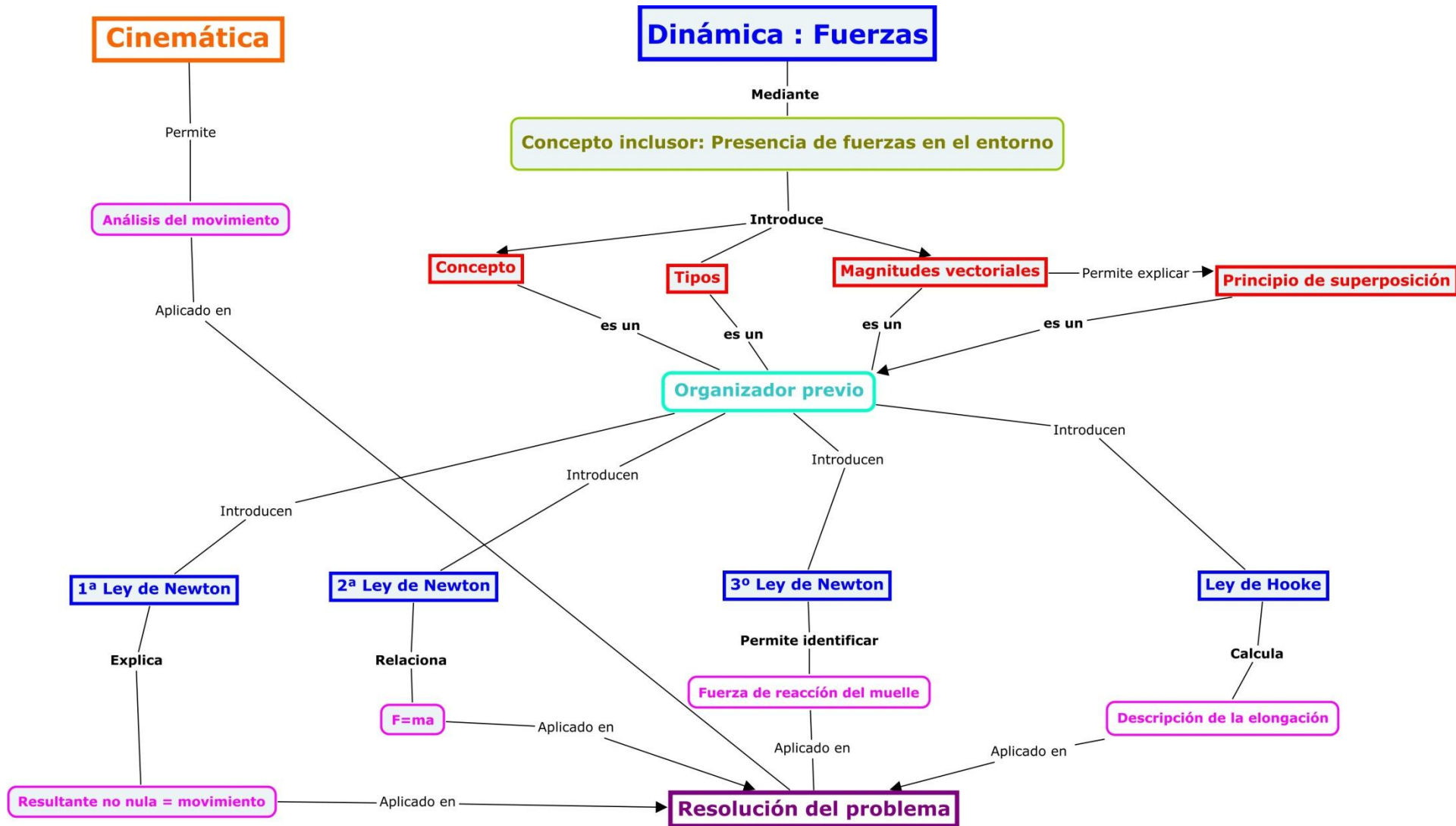
Por otro lado, a partir del trabajo realizado, se van a introducir las siguientes leyes:

1. 1ª Ley de Newton

2. 2º Ley de Newton
3. 3º Ley de Newton
4. Ley de Hooke

Relación con otros conceptos

Como se ha indicado previamente, uno de los objetivos del presente TFM es que los alumnos desarrollen una visión global de la Física. Es decir, que sean capaces de relacionar los conceptos de las dos unidades didácticas que han visto en la asignatura: la cinemática y la dinámica.



PROGRAMACIÓN

Se presenta a continuación la programación realizada para las diferentes sesiones que componen la unidad didáctica.

La primera sesión constituye la sesión de introducción en la que se expone la metodología de trabajo diseñada, el problema a resolver y el método de evaluación propuesto.

Para esta primera sesión se diseñó el cuestionario de ideas previas que se ha presentado en el apartado anterior. El diseño de las sesiones posteriores se hizo teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el cuestionario de ideas previas. La presentación realizada en la primera sesión, constituye el Anexo4 de la presente memoria

Se presenta, para cada una de las sesiones diseñadas:

1. Los objetivos perseguidos
2. La secuencia de tareas que los alumnos tienen que realizar
3. Los materiales necesarios para llevar a cabo las experiencias,
4. Los entregables que los alumnos tienen que presentar en la fecha determinada por el docente
5. Los guiones elaborados para cada una de las sesiones se presentan en el Anexo 1

Sesión 1: Introducción a la metodología de trabajo y al Bungee Jumping

Objetivos:

Tal y como se ha comentado anteriormente, los objetivos de esta primera sesión de trabajo es presentar la metodología de trabajo a los alumnos, así como los criterios de evaluación a aplicar. Se presenta un resumen de las sesiones de trabajo que se van a realizar así como el problema que tienen que resolver al término de la unidad didáctica. Para finalizar la sesión, los alumnos contestarán al cuestionario diseñado para recabar las ideas previas.

Tareas a realizar en el aula

1. Presentación del problema
 - a. Video introductorio Bungee jumping
 - b. Presentación del problema a resolver
 - c. Pregunta a responder: ¿Qué parámetros tenemos que conocer si queremos dimensionar un salto de Bungee Jumping con seguridad?
2. Explicación del método de trabajo
 - a. Sesiones objetivos concretos
 - b. Actas
 - c. Entregables
 - d. Método de evaluación
 - i. Actas
 - ii. Entregables
 - iii. Concurso del bungee jumping
 - iv. Video
 - v. Cuestionario final
3. Cuestionario de ideas previas

Materiales

1. Video Bungee Jumping
2. Cuestionario de ideas previas

Entregable

Cuestionario sobre tipos de fuerzas

Sesión 2. Introducción a las Fuerzas

Objetivos

La segunda sesión constituye la introducción a las fuerzas. Se plantean una serie de actividades en las que los alumnos tienen que indagar para adquirir los siguientes conceptos:

1. Concepto de Fuerza
2. Efectos de las Fuerzas
3. Tipos de fuerzas
4. Fuerza como magnitud vectorial
5. Principio de superposición

Tareas

1. Introducción al concepto de Fuerza
2. Experimentación de los efectos de las fuerzas
3. Clasificación de las fuerzas
4. Experimentación: fuerza como magnitud vectorial

Materiales

- http://ntic.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2007/dinamica_leyes_newton/dinamica/dinamica1.htm
- Plastilina
- Imanes
- Cuerdas

Sesión 3: Sesión monotemática de las leyes de Newton

Objetivos

Para el aprendizaje de las Leyes de Newton se propone una sesión en la que los alumnos experimentan ellos mismos, con las leyes de Newton y las consecuencias que estas tienen. Con el objetivo de que puedan visualizar tantas veces como sea necesario las experiencias realizadas, los alumnos tienen que grabarse realizando las diferentes actividades propuestas.

Tareas

1. Presentación de la sesión
2. Experimentación de las leyes de Newton
 - a. 1ª Ley de Newton: Ley de inercia
 - b. 2ª Ley de Newton
 - c. 3ª Ley de Newton

Materiales

1. Primera ley de Newton o ley de inercia
 - a. Aerodeslizador
 - b. Patinete, cuerda, colchoneta
2. Segunda Ley de Newton
 - a. Patinete
 - b. Cuerdas
3. Tercera ley de Newton
 - a. Balón medicinal
 - b. Patinete

Entregable

1. Videos de las experiencias de las leyes de Newton (sin editar)
2. Cuestionario de ideas y conclusiones propias

Sesión 4. Conclusiones de las dos primeras sesiones

Objetivos

Las dos primeras sesiones constituyen la base del resto de actividades propuestas. Por ello, se planteó la necesidad de realizar una sesión en la que los alumnos plasmen por escrito las conclusiones a las que han llegado de forma individual. Esta sesión tiene un doble objetivo:

1. Afianzar los conocimientos adquiridos en el caso de que sean correctos
2. Reconducir el aprendizaje en el caso de que los alumnos no hayan llegado a las conclusiones correctas

Tareas

1. Puesta en común y conclusiones Cuestionario de conclusiones
 - a. Aspectos generales de las fuerzas
 - b. Primera ley de Newton
 - c. Segunda ley de Newton
 - d. Tercera ley de Newton
2. Video resumen
 - a. <http://www.youtube.com/watch?v=WMdmFgOdE-w>
 - b. <http://www.youtube.com/watch?v=1E8rhGfRoFM>

Sesión 5. Ley de Hooke: determinación de la constante elástica

Objetivos

Durante la sesión 4, los alumnos empiezan a trabajar con conceptos más específicos que van a necesitar para el diseño del Bungee Jumping. Se plantea una práctica de laboratorio para determinar la constante elástica del muelle que van a utilizar posteriormente en el salto, como base para el aprendizaje de la ley de Hooke, así como el concepto de límite elástico y la identificación de las fuerzas que aparecen al colgar un peso de un muelle.

Como paso final, se proponen a los alumnos una serie de problemas para resolver analíticamente.

Tareas

3. Presentación de la ley de Hooke
4. Cálculo de la constante elástica de la goma y experimentación de la ley de Hooke
5. Relación del parámetro calculado con el problema.
6. Resolución de problemas

Materiales

1. Guión de la práctica
2. Muelles
3. Regla
4. Balanza
5. Pesas

Entregable

1. Informe de laboratorio del cálculo ley de Hooke

Sesión 6,7 y 8 Planteamiento del problema y diseño del Bungee Jumping

Objetivos

Los alumnos van a trabajar con un prototipo a pequeña escala del experimento que van a realizar. Este prototipo les va a permitir:

1. Familiarización con los materiales
2. Planteamiento esquemático del problema

Por otro lado, se propone a los alumnos que resuelvan de manera analítica el problema propuesto. Para ello deben de ser capaces de relacionar todos los conceptos vistos en las sesiones precedentes así como la parte de cinemática que vieron en la unidad didáctica anterior.

Los alumnos pueden utilizar en esta fase del diseño cualquier información adicional (búsquedas online) que encuentran al respecto.

El objetivo final de estas sesiones es que los alumnos hayan desarrollado un prototipo funcional del salto en el que resuelvan aspectos relacionados con la funcionalidad del mismo (sujeciones, colocación del lastre en el huevo, protección para evitar manchar durante el lanzamiento...). Por otro lado, los alumnos deben presentar un esquema de este prototipo a escala real, indicando el valor de las diferentes variables

Tareas

1. Presentación de los materiales
2. Planteamiento del problema
 - a. Visualización del video del Bungee Jumping
 - b. Entrega del resumen de fórmulas necesarias para llegar a la solución.
 - c. Diseño del montaje experimental: prototipo de pruebas
 - d. Identificación de variable
 - e. Identificación de las dos fases de movimiento (cinemática y dinámica)
 - a. Discusión en grupo
 - b. Puesta en común
 - f. Planteamiento esquemático del problema
 - g. Resolución del problema analíticamente

- a. Fase de caída libre: Determinación de la velocidad final y comprobación
- b. Fase de actuación de la fuerza recuperadora:
 - i. Ecuaciones
 - ii. Resolución
- h. Propuesta de diseño

Materiales

1. Video del Bungee Jumping
2. Resumen de fórmulas a utilizar
3. Material para construcción del prototipo

Entregable

1. Esquema del planteamiento del problema
2. Solución del problema analíticamente

Sesión 9: Campeonato de Bungee Jumping

Objetivos

Como colofón a la unidad didáctica, los alumnos realizarán un campeonato de Bungee Jumping. Se desea fomentar la competencia digital de los alumnos mediante la grabación y la edición de un video resumen de todo el trabajo realizado.

Por otro lado, esta actividad constituye el paso final del método científico en el que los alumnos deben contrastar los resultados teóricos con los experimentales, sacar conclusiones a partir de estas observaciones y hacer una propuesta de mejora en el caso de que sea necesario.

Tareas

1. Realización del montaje experimental
2. Realización de la experiencia por grupos
3. Determinación del ganador de la competición

Materiales

1. Cámara de video o móvil
2. Metro referencia para poder determinar el ganador de la competición

Entregable final

1. Video editado con:
 - a. Resumen de las tres Leyes de Newton. Explicación
 - b. Experiencia del Bungee Jumping comentada. En el video tiene que aparecer de forma clara la respuesta a la pregunta planteada.

Sesión 10: Evaluación

La sesión 10 está destinada a que los alumnos realicen individualmente una prueba escrita en la que se quiere evaluar el las destrezas adquiridas a lo largo de la Unidad Didáctica planteada. El examen que se preparó para tal efecto constituye el Anexo 3 de esta memoria.

EVALUACIÓN

Los alumnos serán evaluados teniendo en cuenta las competencias que han desarrollado a lo largo de la unidad didáctica. Por ello se evaluarán tanto las competencias básicas como las destrezas adquiridas. Por otro lado, se tendrá en cuenta la actitud en clase y la participación en el grupo de trabajo

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1. Actitud en clase | 10% del trabajo en grupo |
| 2. Guión sesiones | 15% |
| 3. Entregables | 25% |
| 4. Valoración del grupo | 5% |
| 5. Cuestionario final | 25 |
| 6. Bonus adicional: | |
| a. 0,15 puntos a todos los integrantes del grupo si en el campeonato de Bungee Jumping entran en la zona de Bonus sin romper el huevo | |
| b. 0,25 a los integrantes del grupo ganador del Bungee Jumping | |

Rúbrica

	4	5-6	7-9
Conocimientos	<ul style="list-style-type: none"> - No identifica las fuerzas en el entorno y no las clasifica correctamente - No calcula correctamente las fuerzas resultantes - No entiende las leyes de Newton - No resuelve los problemas planteados 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las fuerzas en el entorno pero no las clasifica correctamente - Calcula las fuerzas resultantes pero no sabe explicar correctamente sus efectos - Entiende las leyes de Newton pero las aplica con dificultad a situaciones - Resuelve analíticamente y gráficamente los problemas planteados pero tiene dificultades para explicar las relaciones que existen entre las fuerzas y sus efectos 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica las fuerzas en el entorno y las clasifica correctamente - Calcula correctamente las fuerzas resultantes y explica sus efectos - Diferencia entre calor y temperatura. - Entiende y aplica las leyes de Newton correctamente - Resuelve los problemas correctamente y es capaz de analizar las situaciones planteadas y relacionar causas y efectos
Trabajo en equipo	<ul style="list-style-type: none"> - No trabaja en equipo. - Realiza los trabajos por su cuenta sin contar con el grupo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo en el grupo. - No consulta a los miembros de equipo para realizar una tarea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabaja en equipo. - Cuenta con sus compañeros para tomar decisiones. - Tiene iniciativa en el trabajo.
Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> - Comete faltas de ortografía. - Le cuesta exponer oralmente las cuestiones planteadas - No sale a exponer en público las conclusiones del equipo, ni expresa su opinión. 	<ul style="list-style-type: none"> - No comete faltas de ortografía. - Expone de manera correcta sus pensamientos y conclusiones - No participa de los debates del equipo, para expresar su opinión. 	<ul style="list-style-type: none"> - No comete faltas de ortografía. - Expresa con soltura y de forma clara sus pensamientos y reflexiones - Participa de los debates y sale a exponer sus conclusiones públicamente.

Aprendizaje autónomo	<ul style="list-style-type: none"> - No consigue aprender con el proyecto los contenidos pretendidos. - No utiliza las herramientas y materiales disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Logra aprender los contenidos programados por sí solo. - Utiliza las herramientas y los materiales disponibles de forma adecuada 	<ul style="list-style-type: none"> - Logra aprender los contenidos programados por sí solo y es capaz de identificarlos en otros casos prácticos de la vida cotidiana. Utiliza las herramientas y materiales disponibles de forma activa proponiendo nuevas experiencias
Participación e implicación	<ul style="list-style-type: none"> - No participa en las actividades planteadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Participa en las actividades planteadas y aporta ideas para avanzar en el proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Participa activamente en las actividades, sugiere ideas innovadoras y originales para avanzar en el proyecto.
TICS	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene dificultades para utilizar las herramientas utilizadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Hace uso de las TIC para obtener un resultado correcto 	<ul style="list-style-type: none"> -Utiliza las TIC con soltura obteniendo un resultado atractivo

Capítulo 4: Análisis de resultados

OBSERVACIONES REALIZADAS EN EL DESARROLLO DE LAS SESIONES

Se presenta a continuación una serie de observaciones que se han realizado durante las sesiones de trabajo

Sesión 2 Introducción a las Fuerzas

Esta sesión es especialmente importante ya que se introducen los organizadores previos que van a servir de base y de conexión del resto de conceptos que se introducen en la unidad didáctica. Por ello, es preciso que los alumnos alcancen los objetivos planteados para esta sesión.

Los alumnos trabajan por primera vez en grupo. Se ha preparado un kit de materiales completo para cada grupo, lo que permite que realicen las actividades propuestas en paralelo y de forma independiente. Es importante señalar que los desplazamientos en el aula se reducen.

Por otro lado se observa como los comportamientos disruptivos desaparecen totalmente del aula.

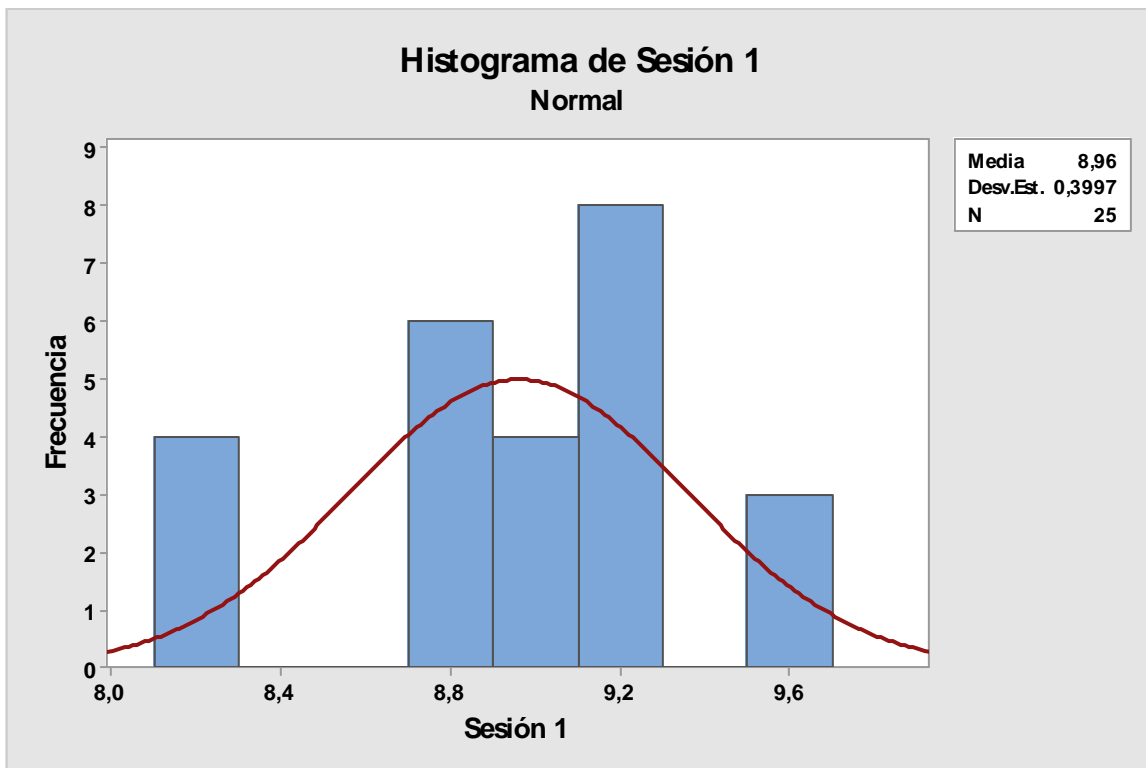
En cuanto al control del absentismo, en esta sesión están presentes el 100% de los alumnos, incluidos aquellos que normalmente no acuden a clase.

Las principales dificultades aparecen porque:

1. No están acostumbrados a la metodología de trabajo de aprendizaje por descubrimiento, por lo que tienden a preguntar las dudas sin intentar sacar conclusiones de las observaciones realizadas. La posición de las docentes es facilitar la extracción de conclusiones planteando diferentes situaciones que les permitan replantearse las dudas. En ningún momento se resuelve directamente la duda, es decir, no se les facilita la respuesta si no otra alternativa para que "rehagan el camino del razonamiento"
2. No han estudiado los vectores, por lo que la introducción del concepto de fuerza como magnitud vectorial y de superposición de fuerzas se lleva a cabo de manera cualitativa. Se les invita a que practique y reflexionen acerca de los conceptos de módulo dirección y sentido, lo que les posibilita a realizar pronósticos de la fuerza

resultante cuando están actuando varias fuerzas, aunque sin resolver el problema de manejar numérica

Al finalizar la sesión, ningún grupo ha finalizado las actividades, por lo que esta sesión, que a priori estaba preparada para ser realizada en 55 minutos, ha requerido más tiempo del inicialmente estimado.



Estadísticos descriptivos: Sesión 1

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q ₁	Mediana	Q ₃
----------	-------	---------------------	--------	----------------	---------	----------------

	8,9	0,399	8,25	8,75	9	9,25
--	-----	-------	------	------	---	------

Tal y como puede apreciarse en el histograma así como en la tabla que recoge los estadísticos descriptivos, los alumnos obtienen muy buenas notas en esta sesión. En el

estudio de estos resultados, así como en los posteriores, se ha eliminado del estudio al alumno que sólo ha acudido a la primera y a la última sesión

Sesión 3: Sesión 3: Sesión monotemática de las leyes de Newton

En el momento en el que los alumnos se desplazaron al patio, las diferentes actividades propuestas se encontraban montadas. El tiempo de preparación de los montajes de estas actividades fue de una media hora. Es importante tener esto en cuenta porque la realización de estas actividades requiere de una preparación previa.

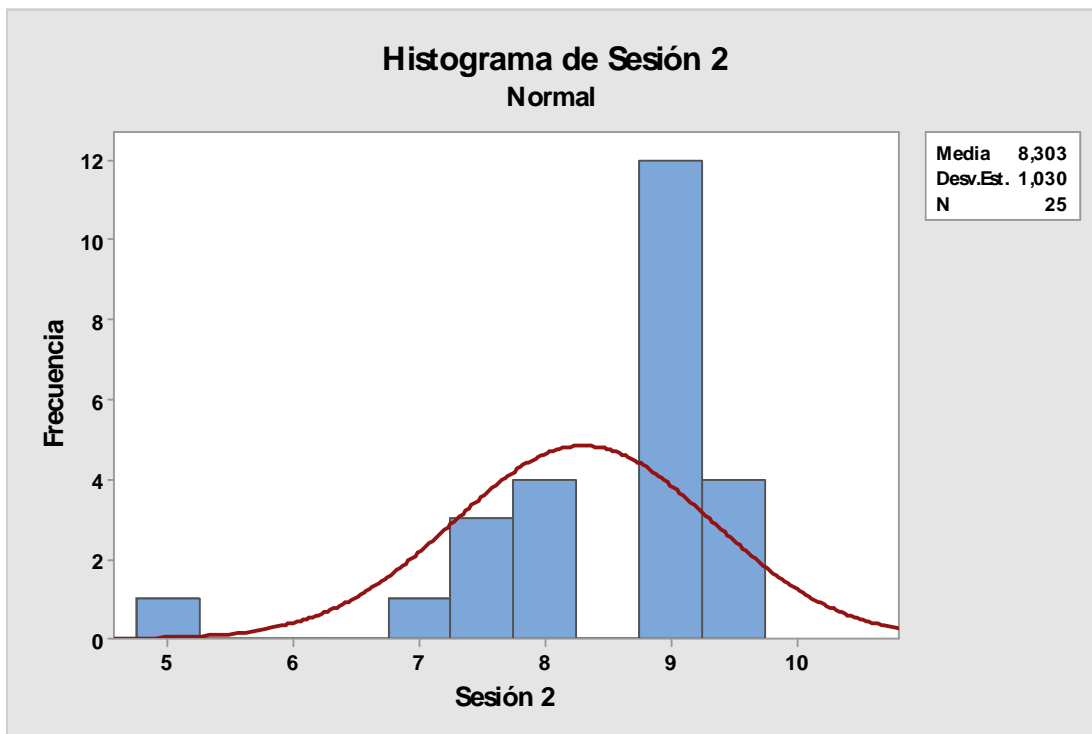
La sesión estaba planteada para desarrollarse en 55 minutos. Sin embargo los alumnos han requerido aproximadamente una hora y media para llevar a cabo las actividades propuestas.

Se han analizado las razones por las que se ha producido este retraso. Un breve resumen de las conclusiones a las que se ha llegado se presenta a continuación:

1. Una vez más los alumnos no están habituados a la metodología propuesta, por lo que requieren de más tiempo del estimado para alcanzar los objetivos del aprendizaje
2. No se disponía de "kits de material" para todos los grupos. En concreto había 4 experiencias propuestas por lo que 3 grupos debían esperar a que sus compañeros acabaran. Esto es debido a que se ha dispuesto de poco tiempo para obtener material adicional para la sesión. Esto generaba tiempos muertos de espera por lo que aumentaba el grado de distracción de los estudiantes. Esto quedaría solucionado consiguiendo que todos los grupos puedan trabajar en paralelo.
- 3.

Es importante señalar que el nivel de disrupción continuó siendo bajo. Por otro lado, el porcentaje de alumnos que acudió a esta sesión fue del 96% el primer día y del 92 % de los alumnos el segundo día. Uno de los alumnos que faltó ese día justificó la falta por enfermedad.

Se muestran a continuación una secuencia de imágenes de los alumnos del IES El Calamont que presentaron un video a los Premios Audiovisuales del I Certamen de Comunicación científica FECYT, que ha servido de base para la preparación de las actividades de esta sesión de trabajo.



Estadísticos descriptivos: Sesión 2

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q ₁	Mediana	Q ₃
	8,303	1,03	4,830	7,750	8,750	9

Los resultados obtenidos en la segunda sesión de trabajo, ponen de manifiesto como en la clase existen dos grupos cuyas notas están por encima de la media. Por otro lado, la nota más baja que aparece se explica porque al alumno faltó a 1/3 del tiempo dedicado a la sesión sólo se le ha tenido en cuenta 2/3 de la nota

Sesión 4

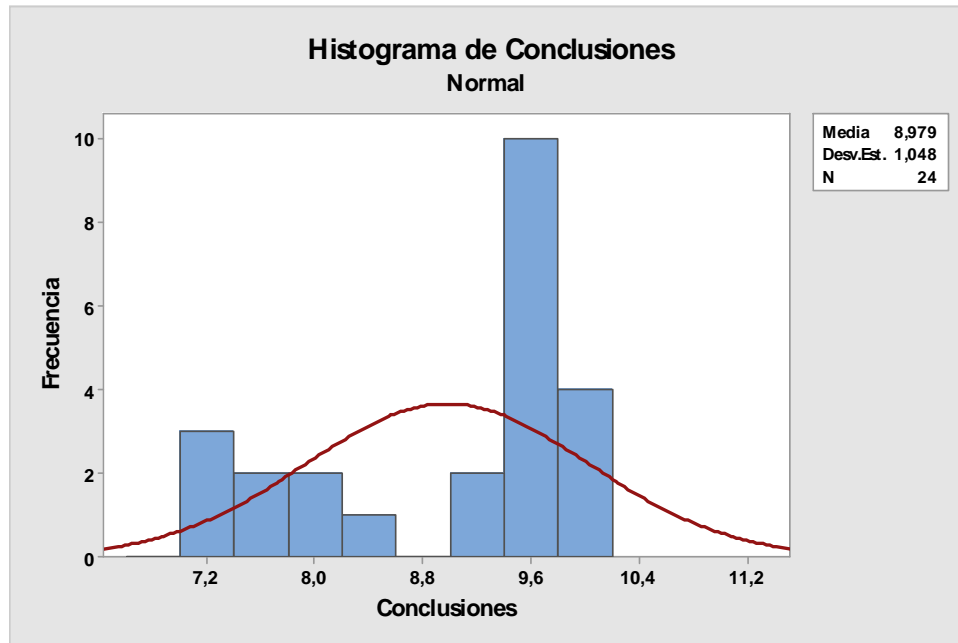
En esta sesión se pide a los alumnos que trabajen de manera individual para reorganizar los conceptos que han adquirido en las dos primeras sesiones. Esta sesión se desarrolla el día previo a las vacaciones de Semana Santa por lo que sólo se dispone de media hora, ya que los alumnos tienen que finalizar una actividad de otra materia.

Lo más complicado es que los alumnos se sienten y empiecen a trabajar. Una vez que se redujo el alboroto inicial, los alumnos trabajan genial, siendo los resultados de esta sesión de conclusiones muy satisfactorios tal y como puede comprobarse en la tabla y la gráfica que se presentan continuación donde se muestra como un 50% de los alumnos obtuvo notas por encima del 9,5.

En el control del absentismo es importante destacar que sólo un alumno), no acude a esta sesión.

Estadísticos descriptivos: Conclusiones

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q ₁	Mediana	Q ₃
	8,979	1,048	7	8	9,5	9,750

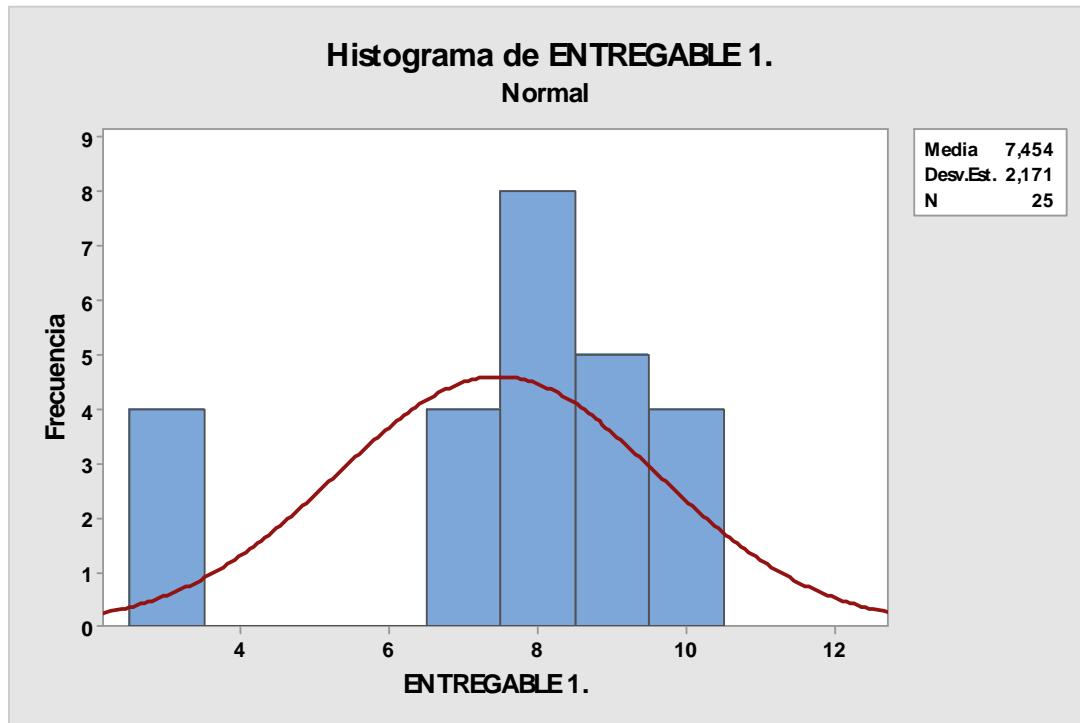


Sesión 5. . Ley de Hooke: determinación de la constante elástica

En el cuestionario de ideas previas, se detectó que el 50% de los alumnos no diferenciaba los conceptos de peso, masa y volumen. Con el objetivo de solventarlo, en la actividad de la ley de Hooke se hace trabajar a los alumnos con pesas de distinta masa y distinto volumen. La relación masa-volumen no es directamente proporcional por lo que se pretende que los alumnos diferencien correctamente estos dos conceptos. Por otro lado, para la diferenciación entre masa y peso, se pide a los alumnos que relacionen estas dos variables mediante la segunda ley de Newton. El informe de esta sesión constituye el primer entregable que los alumnos tienen que presentar.

Estadísticos descriptivos: Entregable 1

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q ₁	Mediana	Q ₃
	7,454	2,171	3	6,950	8,25	8,8



Con el objetivo de mejorar la competencia matemática, algunas de las variables de la práctica no se dan en unidades del Sistema Internacional (masa de las pesas, longitud inicial del muelle...), de forma que los alumnos tienen que realizar una conversión de unidades como paso previo. En este sentido, a excepción de un grupo, el resto de los alumnos no tienen dificultades en realizar la conversión de unidades.

Una de las actividades de la práctica consiste en la representación gráfica de los resultados obtenidos. Deben ajustar la recta $F=-Kx$ para determinar la pendiente y así la constante elástica del muelle. Los alumnos no tienen problemas para representar los datos. Sin embargo, a pesar de que durante la asignatura de Profundización de Física y Química han realizado varias gráficas de este tipo, tienen alguna duda a la hora de determinar la pendiente de la recta. Una vez más, sale a la luz el bajo nivel que tienen en matemáticas.

Por último los alumnos tienen que resolver una serie de problemas de forma analítica. Es en este momento cuando aparecen de nuevo los problemas asociados a las matemáticas, siendo especialmente llamativo que la mayoría de los grupos requieren ayuda para despejar correctamente las ecuaciones de primer grado planteadas.

En estas sesiones estuvieron presentes el 96% de los alumnos.

Sesión 6, 7 y 8. Diseño del Bungee Jumping

En estas sesiones los alumnos tienen que aplicar los conocimientos que han adquirido en la unidad didáctica de cinemática y en las sesiones previas de la presente unidad de didáctica.

En concreto en la sesión 8, previa al campeonato de Bungee Jumping, los alumnos tienen que resolver de manera analítica el problema planteado. Una vez más se pone de manifiesto los problemas que tienen los alumnos de cara a utilizar las herramientas matemáticas que a priori conocen, para resolver problemas reales. Los alumnos tienen muchas dificultades para despejar incógnitas en ecuaciones de primer y segundo grado. Esto me lleva a pensar que tienen un nivel muy bajo en matemáticas en general.: Aprenden a resolver problemas tipo sin pensar y sin plantearse qué están resolviendo. Otro de los aspectos que más me ha llamado la atención es que sólo identifican las ecuaciones cuando la incógnita esta designada por "x". En el caso de utilizar otras nomenclaturas, los alumnos no asocian la expresión que tienen delante con una ecuación, por lo que no se plantean resolverla.

Se presenta a continuación una comparativa entre los resultados obtenidos durante la sesión 6, en la que los alumnos tienen que responder cuestiones cualitativas y la sesión 8 en la que tienen que resolver analíticamente el problema planteado.

Estadísticos descriptivos: Sesión 6

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q ₁	Mediana	Q ₃
	8,054	1,068	6,25	7,5	8,35	9,1

Estadísticos descriptivos: Sesión 8

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q ₁	Mediana	Q ₃
----------	-------	---------------------	--------	----------------	---------	----------------

7,56

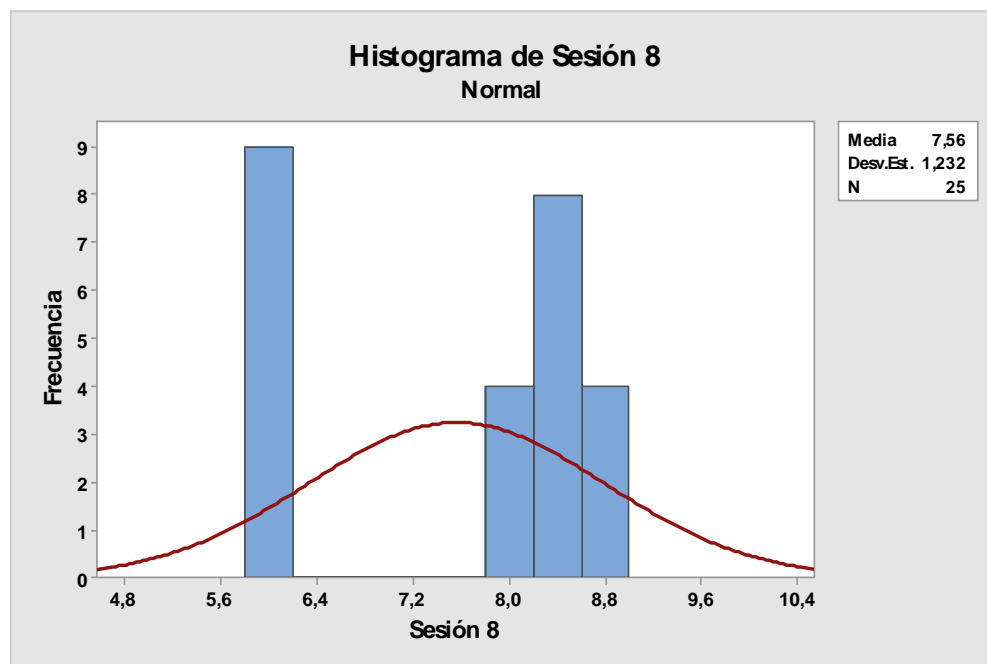
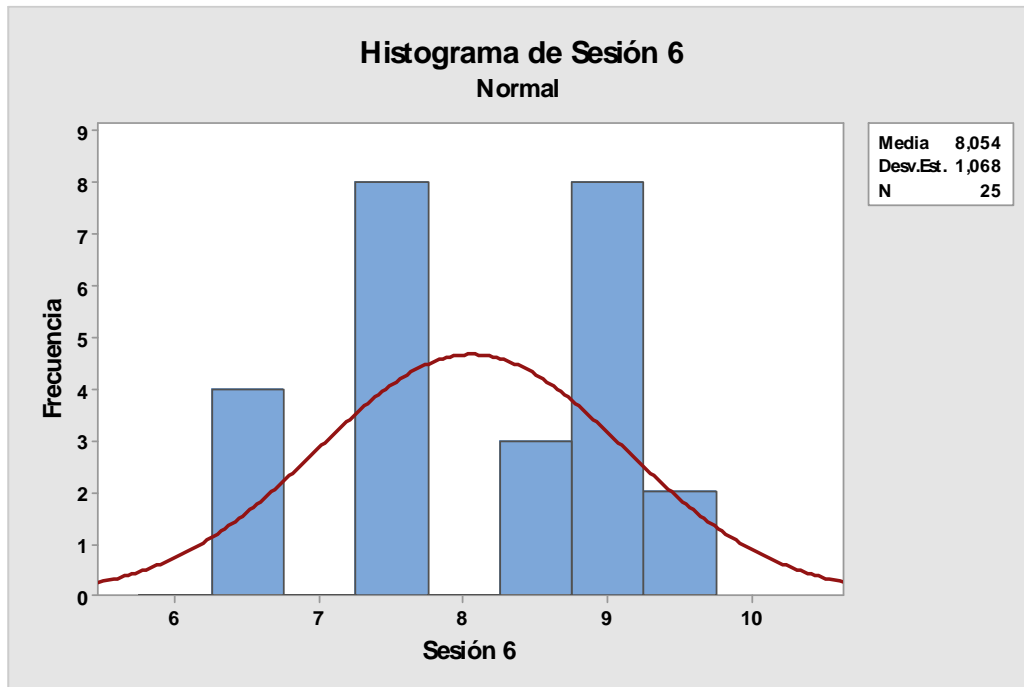
1,232

6

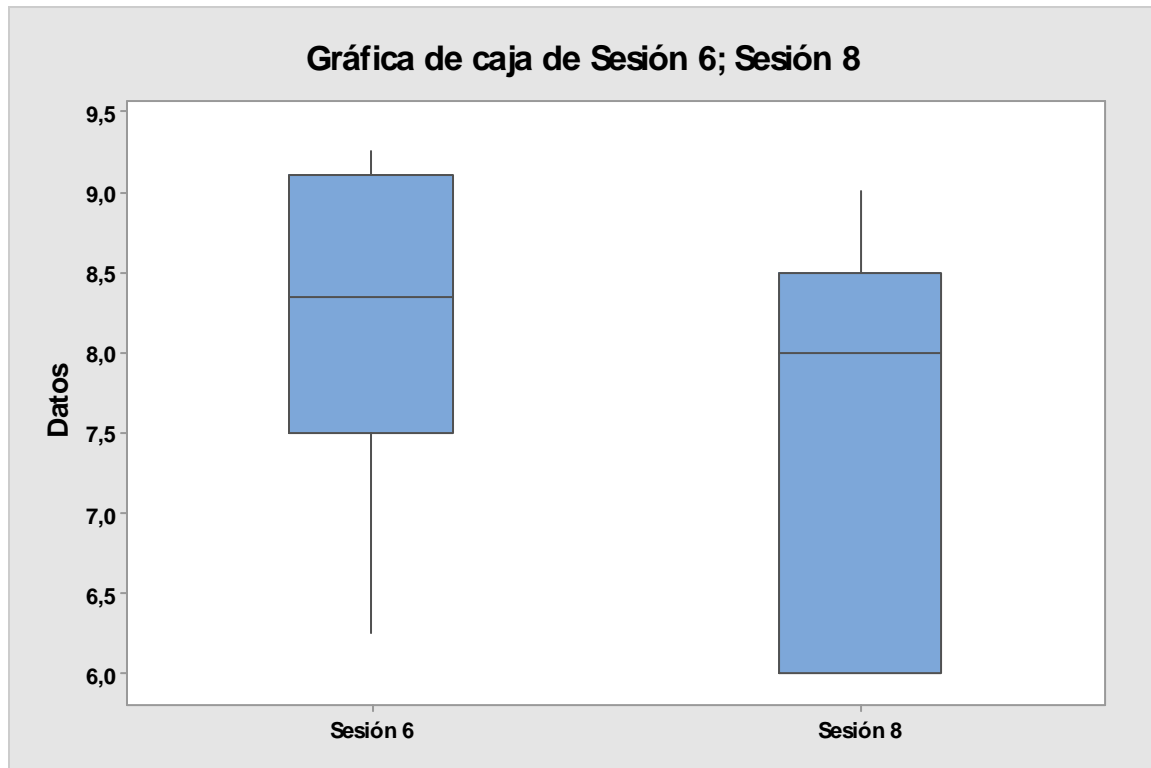
6

8

8,5



En la siguiente gráfica se representan los diagramas de caja para las notas obtenidas por los alumnos:



Se observa un desplazamiento muy significativo del primera cuartil. Es decir, el 25% de los alumnos obtienen una nota inferior a 6 en la sesión 8, mientras que en la sesión 6 el primer cuartil se sitúa en 7,5. Por otro lado se observa un desplazamiento menos significativo de la mediana y del tercer cuartil. Esto es debido a que en la clase existen dos grupos de trabajo cuyos resultados se encuentran normalmente por encima de la media del resto de la clase, por lo que el valor de la mediana apenas se ve alterado. Estos resultados concuerdan con lo que se ha comentado anteriormente: los alumnos tienen dificultades para utilizar herramientas matemáticas y por lo tanto las notas obtenidas descienden significativamente cuando los problemas a resolver implican hacerlo de forma analítica.

Sesión 9: Campeonato de Bungee Jumping

La sesión 9 constituye el colofón de la unidad didáctica. Los alumnos realizan el campeonato de Bungee Jumping siguiendo las reglas establecidas previamente.

El ambiente de trabajo es distendido y todos los grupos participan activamente en los siguientes procesos:

1. Preparación del salto
2. Realización y grabación del salto

En esta sesión participan el 100% de los alumnos de la clase.

Los resultados obtenidos son muy satisfactorios: de los 7 grupos 3 entran en la zona de bonus sin romper el huevo. Los otros 4 grupos restantes fallan principalmente porque en la realización de los cálculos no tienen en cuenta la altura del huevo.

Entregable final

Como se ha comentado en el planteamiento de la UD, a partir de las experiencias realizadas, los alumnos tienen que grabar un video en el que expliquen los principales conceptos que han adquirido. A excepción de uno de los grupos, el resto de equipos de trabajo presentó este entregable final.

De los 6 grupos que entregaron el video, 5 de los trabajos son sobresalientes en diferentes aspectos que se relacionan con las competencias básicas que se querían trabajar en esta unidad didáctica:

1. Originalidad de presentación: Autonomía y Creatividad

Los alumnos presentan la información requerida utilizando diferentes formatos, siendo algunos de ellos muy originales como por ejemplo:

- a. Parodiando a un equipo de informativos
- b. Utilizando muñecos que hacen las explicaciones en lugar de ellos
- c. A modo de profesor de física apoyando la explicación con una pizarra

2. Calidad de los contenidos referidos: Competencia oral

Uno de los objetivos buscados con el video era que los alumnos aprendan a argumentar su posición en base a unos conocimientos científicos. En la mayoría de los videos presentados, los alumnos exponen claramente las 3 Leyes de Newton relacionando la teoría con las experiencias realizadas. Los alumnos analizan también los resultados obtenidos en el Bungee Jumping.

Para la realización del video los alumnos han realizado diferentes tomas para llegar a la que finalmente se ha incluido en el video. Este proceso permite tomar

conciencia de los fallos que están cometiendo y les permite adecuar su discurso al objetivo planteado.

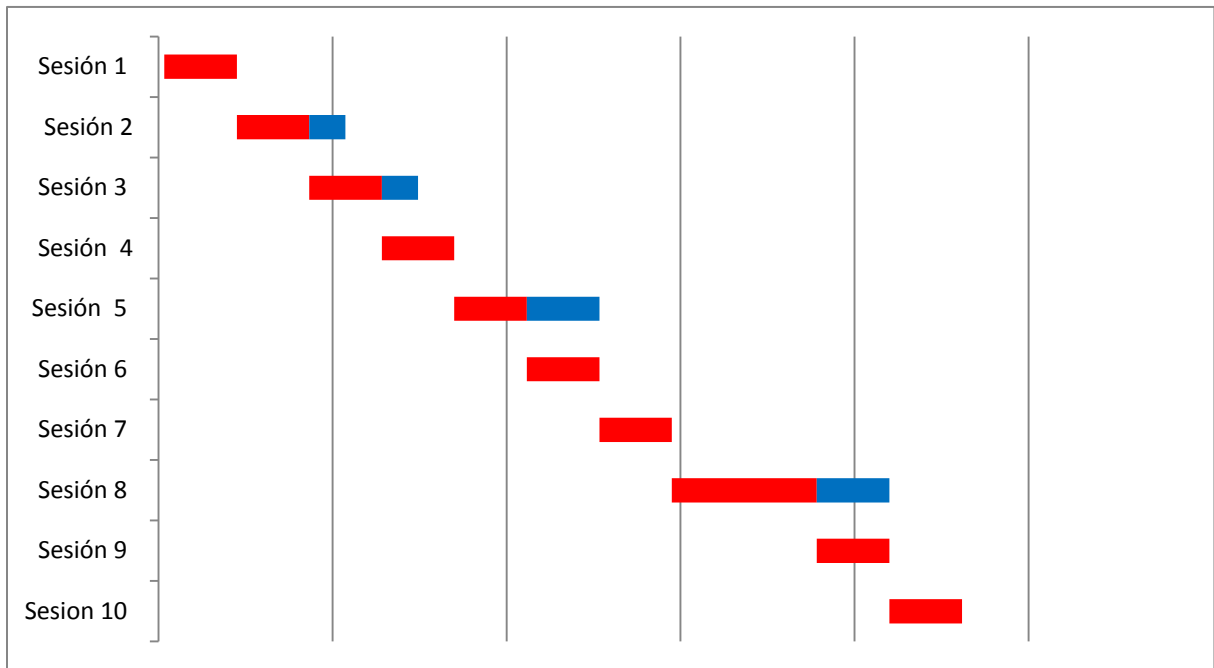
3. Habilidades grabación, edición: Competencia TIC.

La herramienta que los alumnos han usado en su totalidad para la grabación del video son los smart-phones. Esto es debido a que los alumnos están totalmente familiarizados con esta herramienta. Muchos de los grupos han utilizado programas de edición de video para añadir música, encabezados, adjuntar videos con más ejemplos... Algunos de los alumnos manifestaron antes de realizar esta actividad que no sabían utilizar este tipo de programas. Sin embargo, y a la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que han mejorado considerablemente su habilidad con las TICs.

Uno de los aspectos a mejorar en este sentido, es habría que indicar a los alumnos los formatos válidos para presentar el trabajo. De esta forma, se trabaja un poco más en profundidad la competencia TIC.

ANÁLISIS DE LAPROGRAMACIÓN PROPUESTA FRENTE A LA REAL

En la siguiente gráfica se representa laprogramación teórica que se había planteado frente a laprogramación real que se ha seguido para el desarrollo de la unidad didáctica. Tal y como puede comprobarse las sesiones 2,3, 5 y 8 sufrieron un cierto retraso respecto de la programación prevista Los retrasos que se han producido se han explicado en el apartado de desarrollo de las sesiones.



METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se presenta a continuación una metodología que permite contrastar estadísticamente si los resultados obtenidos con la enseñanza tradicional son significativamente diferentes de los obtenidos con la metodología propuesta (3) (17).

Para llevarlo a cabo, se plantea dividir a los alumnos en dos grupos:

1. Grupo de control. Cursan la unidad didáctica siguiendo la enseñanza tradicional:
 - a. Realización del cuestionario de ideas previas
 - b. Presentación de los conceptos de manera oral. Aprendizaje por recepción
 - c. Resolución de problemas consistentes en la resolución analítica y gráfica de problemas de dinámica
2. Grupo Experimental.
 - a. Realización del cuestionario de ideas previas
 - b. Aprendizaje por descubrimiento: Los alumnos realizan una serie de experiencias propuestas de manera secuenciada para que vayan extrayendo sus propias conclusiones
 - c. Resolución de un reto en forma de problema que engloba todos los conceptos previos adquiridos

Al fin de la unidad didáctica aplica a los dos grupos el mismo examen diagnóstico, comparando a continuación los resultados obtenidos.

Comparación de las poblaciones de partida

Con el objetivo de que este estudio sea significativo en primer lugar es necesario comprobar si el nivel de los grupos de control y experimental es similar, es decir, que no se observan diferencias significativas entre los dos grupos. (1)

Si la división de los dos grupos anteriormente comentada se realiza sobre una población suficientemente grande, este requerimiento está asegurado. Sin embargo, en el caso de partir de una población de número limitado es necesario llevar a cabo un estudio previo que se expone a continuación

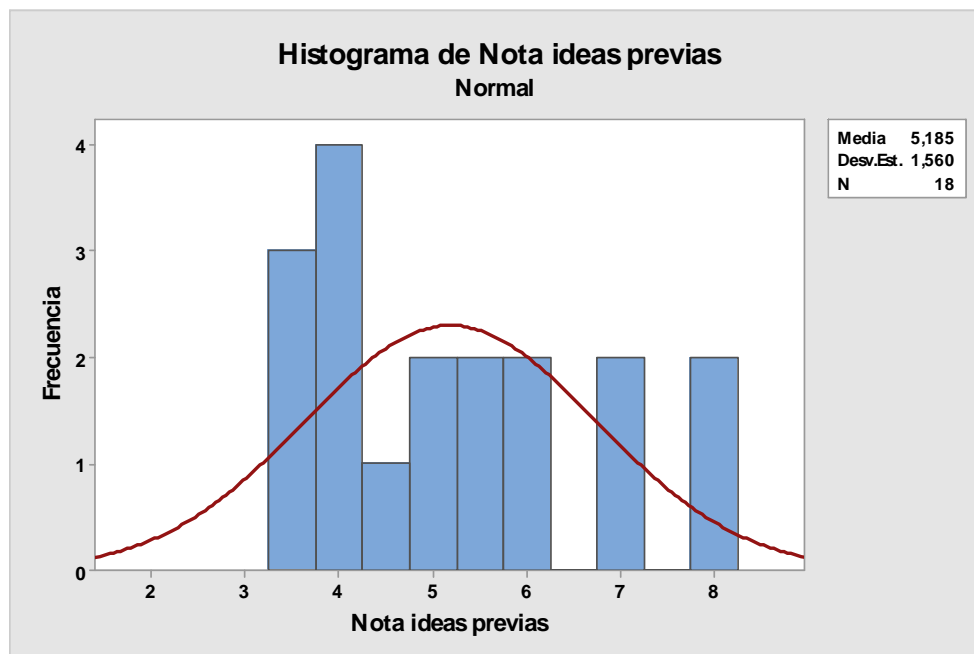
Estudio de la normalidad

En primer lugar es preciso conocer si las notas de los estudiantes se distribuyen siguiendo una distribución normal, para lo que se realizará un contraste de hipótesis para un nivel de confianza del 95%. En función del tamaño de la muestra, el test a utilizar puede variar. Se muestra a continuación en una tabla, los diferentes contrastes que se pueden utilizar

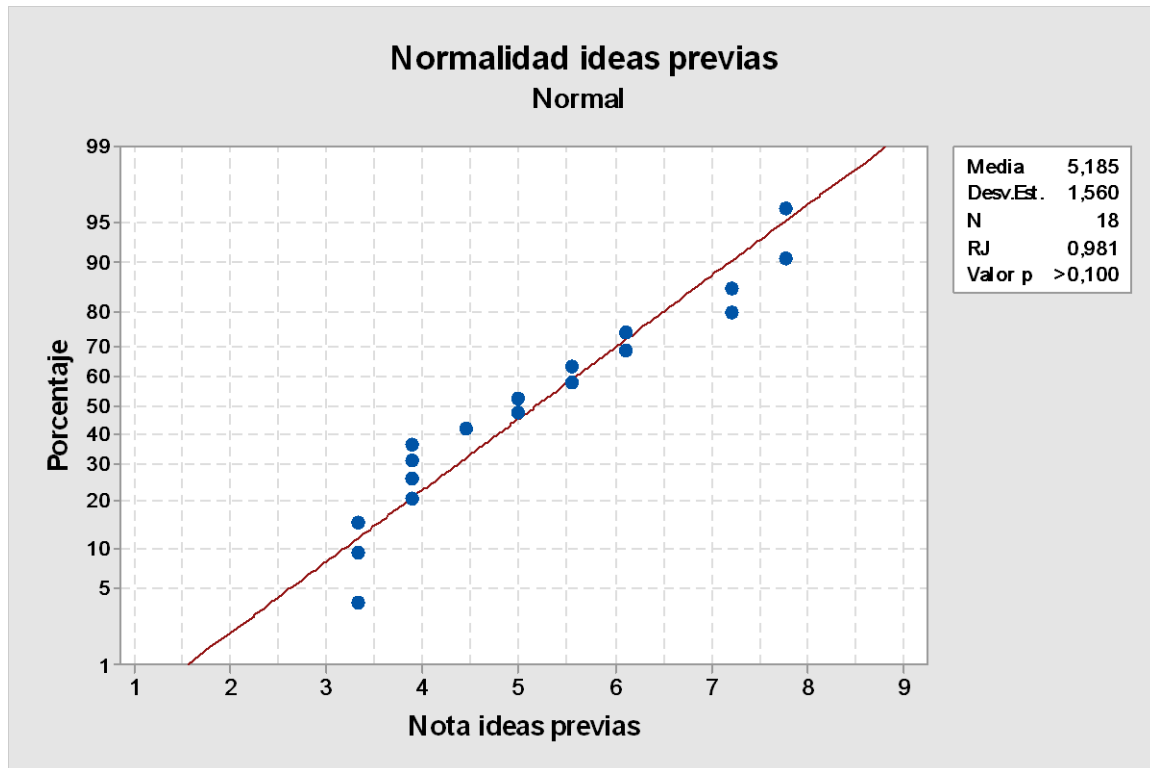
Tamaño de la muestra	>25	25>n<50	>50
Contraste	Kolgomorov-Smirnov		
	Kolgomorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	Kolgomorov-Smirnov
	Shapiro-Wilk	χ^2	χ^2

Estudio de la normalidad del grupo experimental

Con el objetivo de estudiar la normalidad el grupo experimental, se realizó el histograma de las notas obtenidas por los alumnos en el cuestionario de ideas previas, tal y como se muestra en la siguientes gráfica



En segundo lugar, realizó un contraste de normalidad. En nuestro caso, dado que el número de muestras es menor a 25, se ha utilizado el test de Shapiro-Wilk del que se presentan los resultados a continuación.



A la vista de los resultados arrojados por el test, se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Esto es debido a que en este caso, se cuenta con la información de 18 alumnos únicamente. Esto fue debido a que el día que se realizó la prueba algunos alumnos se encontraban realizando una recuperación de otra asignatura. Con el objetivo de llevar a cabo un análisis estadísticamente significativo sería preciso optar por una de estas dos medidas tanto para el grupo de control como para el grupo experimental

1. Aumentar el número de alumnos en la muestra
2. Repetir el experimento con diferentes grupos

Durante el desarrollo del Practicum II, no fue posible llevar a cabo ninguna de estas medidas, ya que la división de las poblaciones queda determinada por la matriculación de los alumnos en la asignatura de Profundización de Física y Química. Además, el número de alumnos que está cursando 4º ESO en la modalidad de ciencias no es muy elevado, por lo que el grupo de control (que estaba formado por los alumno que no

cursan la asignatura de Profundización de Física y Química) no alcanzaba los 20 alumnos, por lo que no era posible asegurar la normalidad de las poblaciones de partida.

En cualquier caso se presenta a continuación la metodología a seguir en el caso de que se pudieran llevar a cabo alguna de las dos medidas anteriormente propuestas.

Comparación de las condiciones de partida

Para realizar el contraste entre las dos poblaciones se puede utilizar el estadístico de contraste t-student. Para poder utilizar este estadístico es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

1. La distribución de las variables se distribuyen según una normal
2. Las poblaciones tienen que tener una varianza homogénea y similar

La hipótesis nula del contraste es la siguiente:

“No existirá diferencia alguna entre el aprendizaje obtenido por los estudiantes del grupo experimental, con respecto, al obtenido por los grupos de control en las Leyes de Newton”

Debido a la limitación del número de alumnos disponibles, al menos una de las condiciones de partida para llevar a cabo este test estadístico no se cumple, por lo que, como se ha comentado anteriormente sería necesario aumentar el tamaño de la muestra o realizar el estudio en diferentes grupos

Comparación de los resultados tras la realización de la UD

De nuevo, para realizar el contraste entre las dos poblaciones se debiera utilizar el mismo estadístico de contraste para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de estudiantes.

Factor de Hake

Richard Hake, de la Universidad de Indiana estudió los resultados de un examen de diagnóstico frente al examen final tal y como se plantea en el presente trabajo. Hake encontró que los cursos en los que se utiliza algún método interactivo, basado en un programa educativo reformado con base en lo que se denomina Investigación Educativa en Física o, de sus siglas en inglés, PER (Physics Education Research), obtuvieron ganancias en el aprendizaje superiores en comparación con cursos tradicionales.

El factor definido por Hake (16) permite calcular la ganancia de aprendizaje lograda en un proceso enseñanza-aprendizaje a partir de los resultados arrojados de la aplicación de un cuestionario sobre el tema (debidamente analizado) antes (pretest) y después (postest).

en donde pos-test (%) y pre-test (%) corresponden al porcentaje promedio de aciertos del cuestionario antes y después de desarrollado el proceso.

En nuestro caso, el factor de Hake no va a ser aplicado para comparar las notas de los alumnos en el Pre-test y en el Post-test, si no que va a ser utilizado para comparar la ganancia en el aprendizaje de cada uno de los conceptos que se han trabajado en la Unidad Didáctica propuesta

Este factor puede tomar valores entre 0 y 1, donde 0 representa que no hay mejora conceptual alguna, mientras que 1 corresponde a la máxima ganancia posible. Esta ganancia relativa de aprendizaje, se sugiere clasificarla en tres niveles de logro estos son (17):

1. g alto: cuando el resultado obtenido para $g > 0.7$
2. g medio: cuando el resultado obtenido para g está en el rango $0.3 < g \leq 0.7$
3. g bajo: cuando el resultado obtenido para $g \leq 0.3$

Conceptos evaluados

Debido a que sólo se disponía de 30 minutos para realizar la evaluación de los alumnos, no ha sido posible plantear un examen en el que se evaluaran todos los conceptos que aparecían en el cuestionario de ideas previas. Se presenta a continuación una relación de los conceptos para los que se ha calculado el factor de Hake, así como las preguntas del pre-test y del post-test que han servido para evaluar este concepto

Ley de Hooke

Se pretende evaluar si los alumnos son capaces de identificar las fuerzas que intervienen cuando un peso cuelga de un muelle o de una cuerda. En concreto si identifican el sentido de la fuerza recuperadora del muelle

Pre-test- Pregunta

18. Un peso cuelga de un muelle. La fuerza que ejerce el muelle:



- A. La fuerza del muelle "tira" hacia arriba del peso
- B. El muelle se alarga porque la fuerza del muelle "tira" del peso hacia abajo
- C. La fuerza que ejerce el muelle no depende del peso

Post-test. Pregunta

El hombre al llegar a casa, cuelga de una goma de constante elástica 6 N/m (es lo mismo que un muelle) la barra de pan que ha comprado tiene una masa de 200g . El extremo superior de la goma está colgado a 1 m de altura. Si la barra de pan mide 10 cm de longitud y la longitud inicial de la goma es de 50 cm , ¿llegará a chocar la barra de pan contra el suelo? **Realiza un dibujo de la situación final, es decir, con la barra de pan en el extremo más bajo, indicando las fuerzas que actúan sobre la barra**

Tiempo de actuación de una fuerza

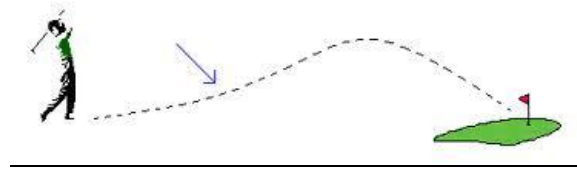
El cuestionario de ideas previas pone de manifiesto como los alumnos no entienden el concepto de tiempo de aplicación de una fuerza.

Pre-test- Pregunta

Una pelota de golf viaja a través del aire siguiendo una trayectoria similar a la indicada en la dibujo. ¿cuáles de las siguientes fuerzas están actuando sobre la pelota durante el vuelo?

- A. La fuerza de la gravedad
- B. La fuerza del golpe y la fuerza de la gravedad
- C. La fuerza del golpe

Vuelo de la pelota



Post-test. Pregunta

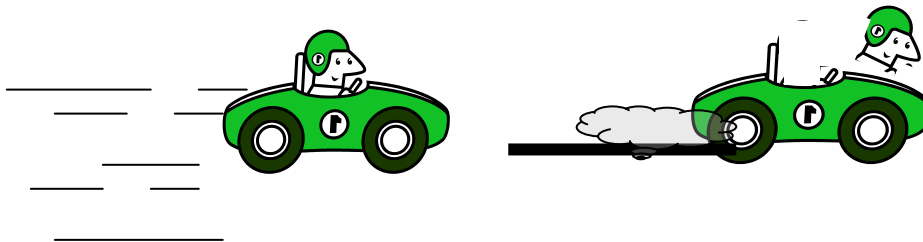
¿Qué ocurriría con el estado de movimiento del carrito si el hombre dejara de empujar?
Dibujas las fuerzas que actúan sobre el carrito cuando el hombre ha dejado de empujar
¿A qué crees que es debido esto?

Ley de inercia

El concepto a evaluar es la inercia, es decir, como si la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es nula, este tiende a mantener su estado de reposo o a moverse con un movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

Pre-test- Pregunta

¿Por qué cuando vas en un coche y frena súbitamente, sientes que tu cuerpo se va hacia el frente?



Post-test. Pregunta

En el parking, el hombre choca con una piedra y se le cae al suelo parte de la compra





¿Por qué ocurre esto? ¿Cuál es la ley de la dinámica que explica lo que ha pasado?
Enúnciala

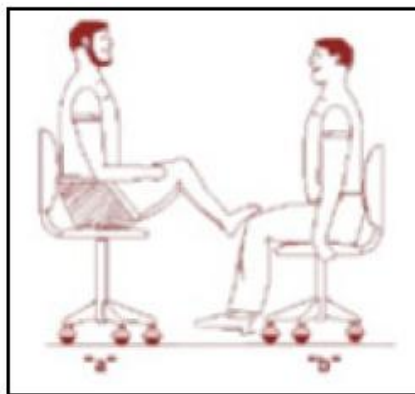
Tercera ley de Newton

Tal y cómo se comprobó en el cuestionario de ideas previas los alumnos identifican las fuerzas de acción-reacción pero creen que en estos pares de fuerzas la masa del objeto es la que determina el módulo de la fuerza.

Pre-test- Pregunta

Dos compañeros están sentados en dos sillas iguales. El chico A tiene una masa de 77 kg y el chico B de 65. El chico A coloca sus pies en las rodillas del otro y le da un empujón. Como consecuencia, las dos sillas se mueven. En esta situación:

- A. Ninguno de los chicos ejerce fuerza sobre el otro
- B. Cada chico ejerce la misma fuerza sobre el otro
- C. Cada chico ejerce una fuerza sobre el otro, pero A ejerce una fuerza mayor B.



A

B

Post-test. Pregunta

Uno de los paquetes del carrito sale volando y golpea a un carrito vacío que se encuentra parado. ¿Qué crees que ocurrirá con el carrito? Dibuja todas las fuerzas que actúan en el momento del impacto sobre el carrito y sobre el paquete. Ten en cuenta que el carrito está apoyado en el suelo.



Vamos a suponer que como consecuencia del impacto el carrito, que pesa 3 Kg, se mueve hacia adelante y el paquete de arroz, que pesa 1 kg, sale despedido hacia atrás. ¿Quién ha ejercido una fuerza mayor: el paquete o el carrito?

Fuerzas sobre un cuerpo en reposo

Pre-test- Pregunta

Cuando estamos sentados en una butaca:

- A. Sólo existe la fuerza de nuestro peso
- B. Existe la fuerza del peso, así como la fuerza que la butaca hace sobre nosotros
- C. Existe la fuerza del peso, ya que la butaca al no tener energía no puede hacer fuerzas
- D. No existen fuerzas

Post-test. Pregunta

Una persona que está comprando, deja el carrito de la compra parado porque va a comprar en la carnicería

Dibuja las fuerzas que actúan en ese momento sobre el carrito indicando el nombre de cada una.



Fuerza de rozamiento

La fuerza de rozamiento está presente en numerosas situaciones de la vida cotidiana. Estamos tan habituados a su presencia que a menudo la obviamos. Se pretende conocer si los alumnos saben identificar la presencia de la fuerza de rozamiento en diferentes situaciones y los efectos que produce

Pre-test- Pregunta

. Seguramente te ha tocado andar por una calle helada como la de la imagen. La razón por la que es más difícil andar es:

Los zapatos son repelidos por el hielo por eso resbala más

- A. No estamos acostumbrados a caminar por encima del hielo
- B. Disminuye el rozamiento y por lo tanto resbala más



Post-test. Pregunta

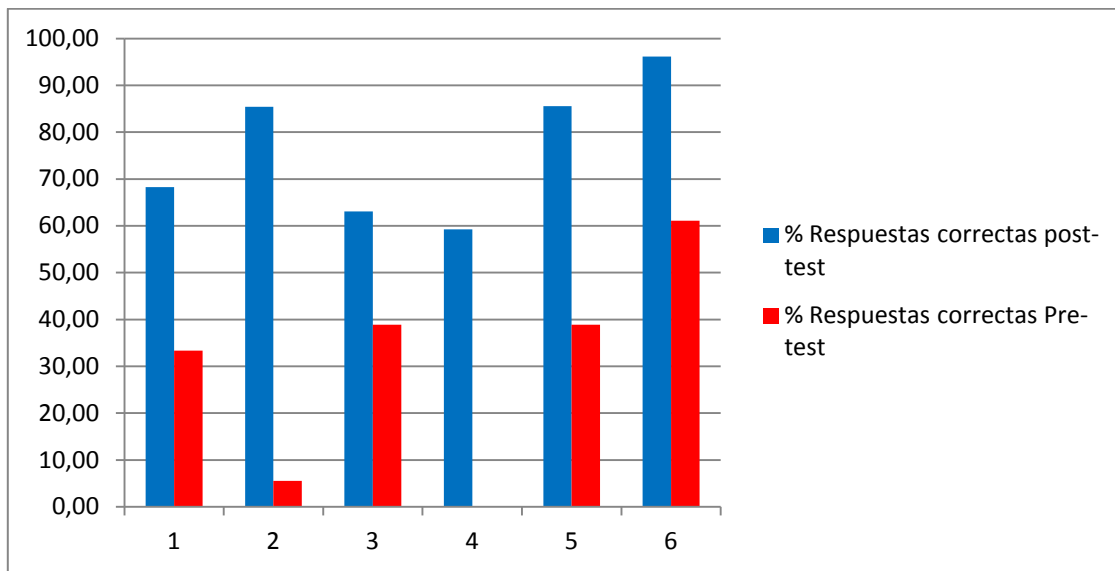
El hombre sale del supermercado, que tiene un suelo liso, al parking, que tiene un suelo de asfalto bastante rugoso. ¿Crees que tendrá que hacer la misma fuerza que en el interior del supermercado para mantener la velocidad del carrito constante?

Resumen

Se presentan en la siguiente tabla, los resultados obtenidos para el factor de Hake, en aquellas cuestiones que aparecieron tanto en el cuestionario de ideas previas como en el examen realizado a los alumnos que se presenta en el Anexo 3 de la memoria.

Concepto evaluado.	Factor de Hake
Ley de Hooke	0,52
Tiempo de actuación de una fuerza	0,96
Ley de inercia	0,4
Tercera Ley de Newton	0,59
Fuerzas sobre un cuerpo en reposo	0,76
Fuerza de rozamiento	0,9

A la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que en ninguno de los casos se ha producido una ganancia en el aprendizaje baja. El factor de Hake más bajo lo encontramos en la Ley de Inercia. Esto es debido a que casi el 40% de los estudiantes respondieron bien a esta pregunta en el pre-test. Las preguntas relacionadas con la Ley de Hooke y la tercera ley de Newton obtienen respectivamente un 0,52 y un 0,59. Es muy importante señalar que en cuestionario de ideas previas ningún alumno respondió bien a esta pregunta, mientras que ahora casi el 60% de los alumnos conoce la existencia de las fuerzas de acción-reacción y explica que en módulo estas fuerzas son iguales. El factor de Hake más alto se obtiene en el concepto de tiempo de actuación de una fuerza. Previamente a la realización de esta UD. los alumnos no comprendían bien durante cuánto tiempo está actuando una fuerza, mientras que ahora el 85% de los alumnos responde correctamente a esta pregunta. Se presenta a continuación una tabla en la que se representan los porcentajes de aciertos para cada uno de los conceptos anteriormente expuestos para el post-test y para el pre-test.



Por último, se realiza una revisión del cumplimiento de los objetivos planteados en el capítulo 3.

Objetivo	Cumplimiento
El 80 % de los alumnos identifica las fuerzas presentes en situaciones cotidianas	Sí
El 70% de los alumnos clasifica correctamente las fuerzas en los dos grupos principales: fuerzas de contacto y fuerza a distancia	Sí
El 65% de los alumnos resuelve correctamente problemas sobre cálculo de la fuerza resultante de un sistema de fuerzas analítica y gráficamente cuando las fuerzas se encuentran aplicadas en una línea	Sí
El 65% de los alumnos formulará hipótesis correctas sobre la observación de que los cuerpos tienden a permanecer en el estado en el que se encuentran	Sí
El 65% de los alumnos relaciona correctamente los movimientos con las causas que los producen	Sí
El 70% de los alumnos identifica claramente la existencia de parejas de fuerzas acción-reacción en distintos sistemas	Sí
El 70 % de los alumnos aplica correctamente las relaciones entre fuerza, masa y aceleración y compara los resultados obtenidos cuando se varía algunos de estos parámetros	Sí
El 70% de los alumnos formula correctamente hipótesis sobre los efectos de la presencia de la fuerza de rozamiento	Sí
El 70 % de los alumnos aplica correctamente la ecuación fundamental de la dinámica en la resolución de ejercicios y problemas	No
El 70% de los alumnos resuelve correctamente problemas aplicando la Ley de Hooke	No
El 60% de los alumnos expresa correctamente la importancia de la presencia de las fuerzas en situaciones cotidianas	Sí
El 65% de los alumnos resuelve correctamente problemas de la vida cotidiana en los que se aplican simultáneamente conceptos y ecuaciones de la dinámica y la cinemática	Sí
El 90% de los alumnos edita un video en el que expone de forma clara las 3 leyes de Newton	No
El 80% de los alumnos edita un video en el que se expone de forma clara el procedimiento seguido para solucionar el problema de Bungee Jumping propuesto.	No

Capítulo 5: Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos con los alumnos, se puede concluir que la metodología propuesta es interesante ya que:

Mejora el nivel de interés de los alumnos.

Durante la puesta en práctica de la Unidad didáctica los diferentes grupos de trabajo manifestaron su preferencia por las actividades propuestas en las que ellos tienen un papel más activo, frente a actividades en las que se limitan a reproducir experimentos.

Disminuye el comportamiento disruptivo de los alumnos.

Se ha observado como cuando los alumnos están interesados en las actividades que se les proponen, los niveles de interrupción descienden considerablemente. En cualquier caso, no hay que obviar el hecho de que durante la realización de las experiencias, siempre había dos docentes presentes.

Reducción del absentismo

El nivel de absentismo se ha situado en niveles por debajo de los niveles medios del centro. A excepción de un alumno que ha faltado sistemáticamente a las sesiones de trabajo, el resto de los alumnos han participado activamente en la realización de las mismas. De hecho, otro de los alumnos que no solía acudir a las clases, ha seguido la unidad didáctica con interés y ha obtenido buenos resultados en la nota final para sorpresa de sus compañeros.

Formación integral de las personas

Si bien es cierto que durante la única sesión en la que los alumnos trabajaron de manera individual se obtuvieron buenos resultados, la interacción que permite el trabajo en grupo es muy positiva. Se ha observado como en los equipos de trabajo los alumnos aportan diferentes ideas, las cuestionan, argumentan su postura y alcanzan finalmente un consenso que permite al grupo avanzar en el aprendizaje. Este fenómeno me parece muy enriquecedor porque en el futuro, será el modo en el que se relacionen

Trabajo de competencias básicas

Durante el desarrollo de la presente UD, los alumnos han trabajado en paralelo diferentes competencias básicas: competencia matemática, competencia de comunicación oral, competencia en TICS.

Importancia del estudio de ideas previas

Una de las conclusiones más importantes de este TFM es como el estudio de las ideas previas que tenían los alumnos, que se realizó durante la primera sesión de la unidad didáctica, ha permitido plantear actividades personalizadas. Es decir, las actividades se orientan para que los alumnos se replanteen las concepciones que tienen, permitiendo sustituir aquellas que son erróneas. Esto tiene un claro reflejo en los valores obtenidos para los factores de Hake calculados, que muestran como la ganancia del aprendizaje de los alumnos se sitúa en niveles medios-altos.

Mejora en las competencias relacionadas con el método científico

Es importante señalar que se ha cumplido el objetivo de mejorar las competencias relacionadas con el método científico de los alumnos. Como se comentó en la introducción de esta memoria, el objetivo no era que interiorizaran el método científico como una herramienta rígida con unos pasos establecidos, si no como la metodología que permite dar respuesta a los problemas que se les van a plantear en la vida real. Si bien al principio los alumnos no estaban acostumbrados a realizar observaciones e ir extrayendo conclusiones, se ha observado cómo, conforme avanzaban las sesiones de trabajo, los alumnos eran más autónomos en su aprendizaje. Las preguntas que realizaban en las primeras sesiones estaban orientadas a obtener la respuesta sin realizar ningún esfuerzo, es decir, sin observar, relacionar y plantear una respuesta. Mientras que en las últimas sesiones las preguntas que planteaban se orientaban a indagar nuevos fenómenos y confirmar que las relaciones que hacían con el entorno eran correctas.

Aprendizaje significativo

Durante la realización del examen escrito final, los alumnos eran capaces de relacionar las diferentes situaciones propuestas con las actividades que se habían realizado en las sesiones de trabajo. Es decir, se ha conseguido que los alumnos generalicen el

conocimiento aprendido ampliando su campo de aplicación y relacionándolo con situaciones cotidianas, que es uno de los objetivos del aprendizaje significativo.

Las ventajas de este tipo de aprendizaje son numerosas, tal y como se ha venido comentando, sin embargo, es importante señalar algunos aspectos que hay que tener en cuenta a la hora de realizar una propuesta con esta metodología:

Exige una carga de trabajo mayor al docente, puesto que tiene que adecuar las actividades propuestas a los resultados obtenidos con el cuestionario de ideas previas. Por otro lado, es necesario corregir los guiones de las sesiones día a día de forma que los alumnos tengan una retroalimentación rápida de lo que aprenden

Exige bastante trabajo a la hora de preparar los materiales que van a ser utilizados en las sesiones. Es preciso tener en cuenta que en algunos casos, estos materiales requieren de un tiempo de preparación previo al inicio de la clase

Si los alumnos no están acostumbrados a este tipo de metodología, las primeras sesiones requieren de mucha atención por parte del docente para fomentar que los alumnos adopten un papel activo del aprendizaje

La principal causa por la que algunos de los objetivos planteados para la unidad didáctica no se han cumplido, es debido a las dificultades que presentan los alumnos en el uso de herramientas matemáticas. En concreto en la dificultad para resolver ecuaciones de primer y segundo grado y en la interpretación de gráficos. Esto es alarmante porque en teoría en 4º ESO estas competencias deberían haber sido adquiridas. En general la mayoría de los alumnos entiende el fundamento físico de los problemas llegando a plantearlos correctamente siendo incapaces de resolverlos analíticamente. Creo que sería necesario realizar un esfuerzo en promover una enseñanza de las matemáticas más aplicada, que permita a los alumnos utilizar con soltura las herramientas necesarias para la resolución de problemas a los que se van a enfrentar en su día a día.

La conclusión final que se extrae de este Trabajo Final de Máster es que el método científico, entendido como un conjunto de habilidades y competencias que serán requeridas a los alumnos a lo largo de su vida para dar respuesta a diferentes situaciones, puede y en mi opinión debe ser, el eje tractor de la educación en ciencias. Aunque hay

personas que tienen una habilidad innata en este sentido, estas competencias pueden trabajarse en el aula dotando a los alumnos de la capacidad de observar una situación o un fenómeno, proponer hipótesis, experimentar para contrastarlas, relacionar los resultados obtenidos con las variables que influyen en el resultado y por último incorporar la información procesada en su estructura cognitiva. Esto permitirá que los alumnos se transformen en ciudadanos críticos y reflexivos que participen en la sociedad de manera responsable.

Bibliografía

1. **España, Confederación de Asociaciones Científicas de.** *Informe Enciende.* 2011.
2. **Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.** *Pisa 2012.* 2013.
3. **Aranda, Rafael Cordón.** Enseñanza y aprendizaje de procedimientos científicos (Contenidos experimentales) en la ESO. Análisis de situación, dificultades y perspectivas. 2008.
4. *La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA.* **Rafael Yus Ramos, Manuel Fernández Navas, Monsalud Gallardo Gil, Javier Barquín Ruiz, M.ª Pilar Sepúlveda Ruiz, M.ª José Serván Núñez.** Enero-abril de 2013, Revista de Educación, págs. 557-576.
5. **UNESCO.** *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* 2005.
6. [En línea] [Citado el: 01 de Junio de 2014.] <http://mjkscteachingideas.com/>.
7. **Daruich, Analía Fátima.** *Construyendo espacios para la Enseñanza.* CENTRO DE DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN EDUCATIVA. 2008.
8. *Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2. Derivaciones comunicacionales y didácticas.* **Galagovsky, Lydia R.** 3, 2044, Enseñanza de las ciencias, Vol. 22, págs. 349-364.
9. **Coll, C., Palacios, J. y Marchesi, A.** *Desarrollo psicológico y educación. Tomo II Psicología de la Educación.* s.l. : Madrid: Alianza, 2003.
10. [En línea] [Citado el: 06 de Junio de 2014.] <http://paradigmaseducativosuff.blogspot.com.es/2011/05/teoria-del-aprendizaje-significativo-de.html>.
11. [En línea] [Citado el: 06 de Junio de 2014.] <http://estudiantesinicialusp.blogspot.com.es/2012/05/aprendizaje-por-descubrimiento.html>.
12. [En línea] [Citado el: 07 de Junio de 2014.] http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/aprendizajedes cubrimiento.htm.
13. **Navarra, Gobierno de.** Currículo de Profundización de Física y Química.

14. [En línea] http://video.nationalgeographic.com/video/vanuatu_landdiving.
15. [En línea] http://www.hightechhigh.org/archived/dps/asolis/DP_Projects_Eggstreme_v3.htm.
16. **EDISSON SANTOS GAMBOA LUÍS ERNESTO MARTÍNEZ JORGE ELIÉCER VILLARREAL FERNÁNDEZ NELSON ALBERTO MONSALVE ORREGO.** Enseñanza y Aprendizaje de la Tercera Ley de Newton. 2008.
17. **David Hestenes, Malcolm Wells, and Gregg Swackhamer.** Force Concept Inventory. 1992.
18. *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza.* **César Mora, Diana Herrera.** 1, 2009, Lat. Am. J. Phys. Educ., Vol. 3, págs. 72-86.
19. [En línea] <https://www.youtube.com/watch?v=IYc7kHXW0xg>.
20. *Acerca de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de Fuerza y Trabajo.* **Gómez, Antonio Lara-Barragán.** 3, 2008, Lat. Am. J. Phys. Educ, Vol. 2, págs. 253-258.
21. *Los diagramas de fuerza como elemento fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton bajo un enfoque constructivista.* **Suaza, Oralndo de Jesús.** 2011.
22. **Cazorla, Delia Montoro.** Capítulo 8. Contraste de Hipótesis.

Anexos

Anexo 1

GUIÓN SESIÓN 2: INTRODUCCIÓN A LAS FUERZAS

Antes de empezar

Esta sesión es una sesión introductoria a las fuerzas. Cada grupo dispone de un Kit de experimentación que contiene:

1. Un trozo de plastilina
2. Hilo
3. Palillos
4. Imanes
5. Bola metálica

Tenéis unos 5 minutos para realizar cada uno los ensayos propuestos y anotar las observaciones. Después se hará una puesta en común para extraer las conclusiones entre todos.

Ensayo 1.

Experimenta...

Acercar el imán y el tornillo entre sí y comprobar qué ocurre:

- 1 ¿Quién atrae a quién? o lo que es lo mismo ¿quién está ejerciendo la fuerza?
-

Sujeta el tornillo de forma que no pueda moverse. Vete acercando poco a poco el imán al tornillo (pon el imán de forma que pueda rodar).

¿Qué ocurre?

Repite la experiencia manteniendo fijo el imán. ¿Qué ha ocurrido en este caso?

Tras realizar estas experiencias

- 2 ¿Sigues pensando como en el apartado 1? _____

En el caso de que hayas cambiado de opinión reformula tu respuesta a la pregunta ¿quién atrae a quién?

~~A la vista de los resultados obtenidos, selecciona la opción que te parezca más correcta~~

1. El tornillo
2. Tiene una fuerza dentro de él y por eso atrae el imán

3. Ejerce una fuerza sobre el imán, así como el imán ejerce una fuerza sobre el tornillo
4. El tornillo no ejerce ninguna fuerza sobre el imán, es el imán el que ejerce una fuerza sobre el tornillo

Cuando notas que empiezan a actuar las fuerza, ¿existe contacto entre el tornillo y el imán?

Si No

- 3 ¿Cómo puedes explicar esto?

Observaciones propias...

Las fuerzas que aparecen en esta experiencia son fuerzas a distancia es decir, no es preciso que exista _____ entre los cuerpos.

Otro ejemplo de fuerza a distancia es la fuerza de la _____, que es la que ejerce la Tierra sobre los cuerpos por el hecho de tener masa. En el caso de que los cuerpos se encuentren en las cercanías de la superficie terrestre, esta fuerza se conoce como _____.

Las fuerzas no siempre actúan __ _____. Por ejemplo cuando empujamos a un compañero, estamos ejerciendo una fuerza sobre él. En este caso es necesario que exista _____ para poder ejercer la fuerza. Este tipo de fuerzas se conocen como fuerzas de _____. Algunos otros ejemplos de fuerzas de contacto son:

- 4 _____ y _____

Los cuerpos no poseen fuerzas intrínsecamente, para que exista una fuerza tiene que existir una _____ entre los cuerpos

Ensayo 2: Fuerza ¿magnitud escalar o vectorial?

Te puede servir de ayuda...

Una magnitud es una cualidad o propiedad de un sistema físico que se puede medir.

Una magnitud escalar queda definida por un valor y una unidad de medida asociada.

Una magnitud vectorial es aquella que queda caracterizada por una cantidad (módulo), una dirección y un sentido además de la unidad de medida asociada.

Las fuerzas se miden en Newton (N) en el Sistema Internacional. El **Newton** equivale aproximadamente a la fuerza que debemos ejercer para levantar del suelo un cuerpo de 100 g. Por definición, es la fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de 1m/s^2 a un objeto de 1kg de masa.

Experimenta...

5 ¿Crees que la fuerza es una magnitud escalar o vectorial?

Hipótesis: _____

Diseña un experimento con el material que tienes que te permita contrastar la hipótesis que has realizado. Representa el experimento en el siguiente cuadro



Realiza las observaciones que consideres oportunas para completar el siguiente párrafo.

Cuando aplicas **una fuerza suficiente** para desplazar un cuerpo, éste se desplaza en la _____ dirección y el _____ sentido que los de la fuerza aplicada.

Concluye...

Las fuerzas son magnitudes _____, por lo que para representarlas utilizaremos _____. Para definir una fuerza es necesario conocer su _____, _____ y _____, además de la unidad asociada que para las fuerzas es el _____.

Representa una fuerza paralela al suelo que empuja la caja hacia la derecha



Representa una fuerza vertical que empuja la caja hacia el suelo



Representa una fuerza paralela al suelo que empuja la caja hacia la izquierda

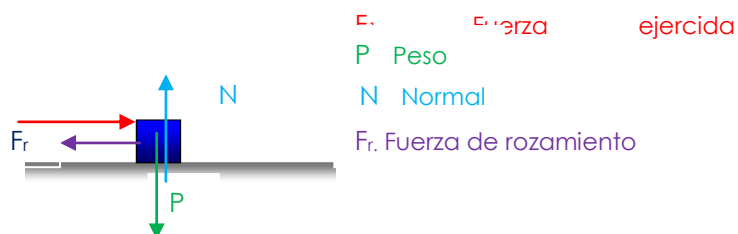


La representación de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se conoce como **diagrama de fuerzas**.

Ensayo 3: Principio de superposición de fuerzas

Te puede servir de ayuda...

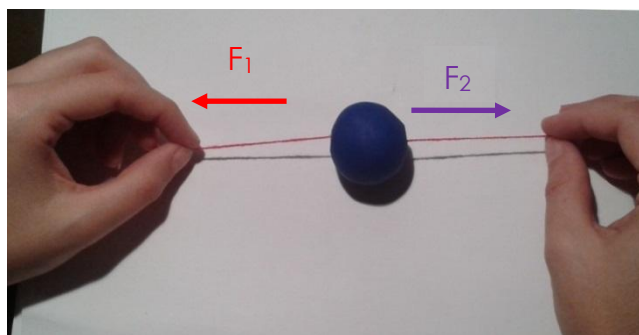
Normalmente sobre un cuerpo, no actúa una única fuerza de forma aislada, sino que sobre un cuerpo están actuando varias fuerzas a la vez. Por ejemplo cuando tenemos una caja apoyada en el suelo, y la empujamos horizontalmente hacia la derecha para desplazarla, el diagrama de fuerzas es el siguiente.



Para calcular el efecto de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, hay que calcular la Fuerza resultante.

Experimenta...

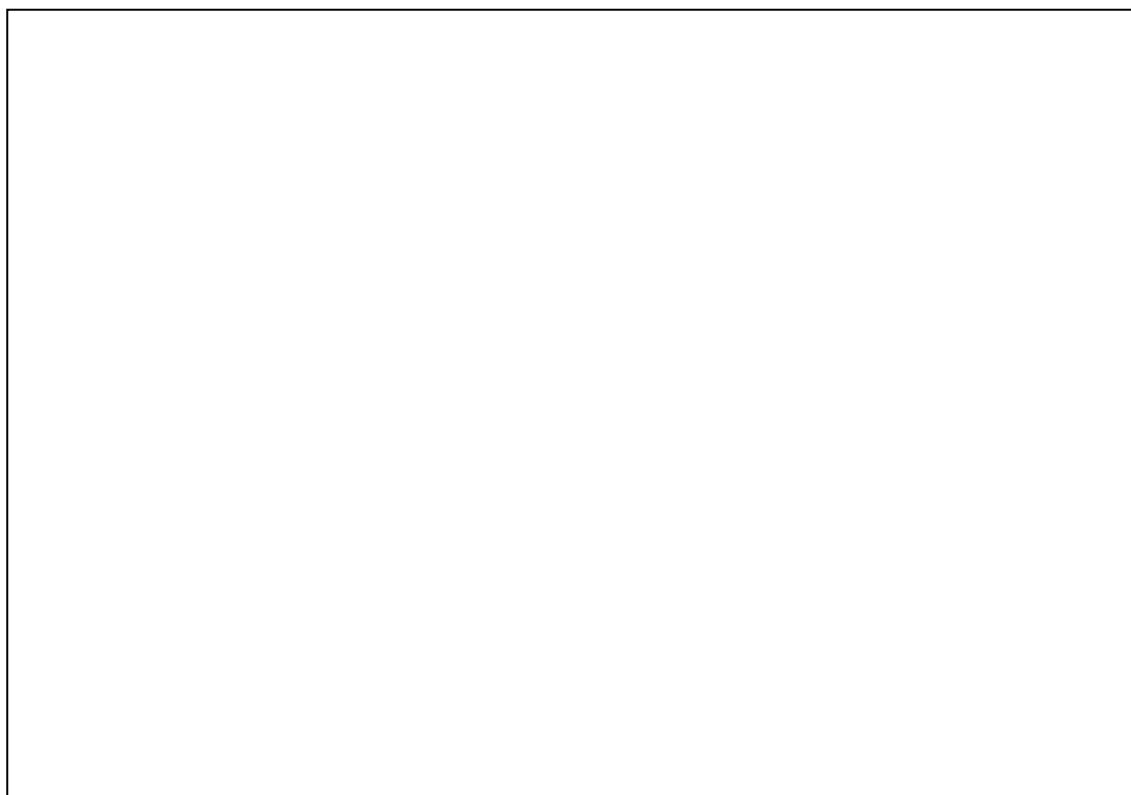
Utiliza la plastilina y el hilo que tienes en el kit de experimentación para aplicar varias fuerzas a la vez sobre un cuerpo y calcular la fuerza resultante. Vamos a suponer que no existe ni el peso, ni la fuerza de rozamiento, ni tampoco normal. Las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son aquellas que ejerzáis vosotros. Algunos montajes que puedes utilizar se muestran en las siguientes imágenes.



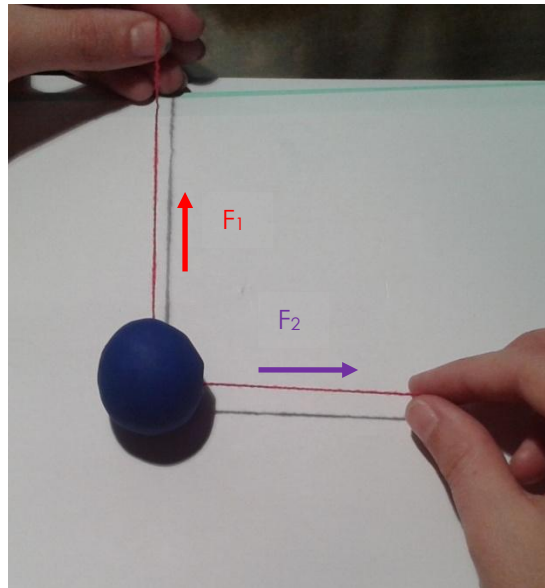
Prueba a variar las intensidades de las dos fuerzas y completa la siguiente tabla indicando hacia donde se mueve el cuerpo y por lo tanto, hacia dónde se dirige la fuerza resultante

F1	F2	Resultante
=	=	
↑↑↑	↑	
↑	↑↑↑	

Dibuja el diagrama de fuerzas indicando tanto las fuerzas que actúan como la fuerza

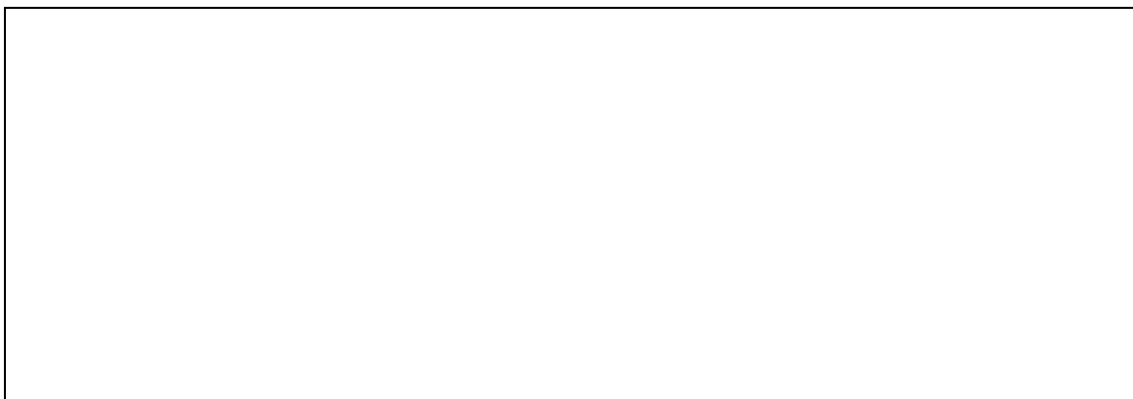


Trabaja ahora con el siguiente montaje



F1	F2	Resultante
=	=	
↑↑↑	↑	
↑	↑↑↑	

Dibuja el diagrama de fuerzas indicando tanto las fuerzas que actúan como la fuerza resultante



Concluye...

Para conocer el efecto de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo tenemos que calcular la _____.

La fuerza resultante se obtiene como

Ensayo 4: Efectos fuerzas

Te puede servir de ayuda...



Cuando aplicamos una fuerza sobre un objeto, ésta puede producir diferentes efectos que van a depender tanto de las características de la fuerza aplicada (magnitud, dirección y sentido), como de las características del cuerpo sobre el que se ejerce la fuerza.

Experimenta...

Construye con la plastilina una bola de forma que tenga la misma forma que la bola de ping-pong. Estudia qué les ocurre a estos cuerpos cuando:

1. Aplicas una fuerza paralela al suelo (Fuerza horizontal)
2. Aplicas una fuerza perpendicular al suelo (Fuerza vertical)

NOTA: Intenta que las fuerzas sean iguales en ambos casos

	Fuerza Horizontal	Fuerza vertical
	Efecto:	Efecto:
	Efecto:	Efecto:

Concluye

Existen dos tipos de efectos que las fuerzas pueden tener sobre los cuerpos:

1. Las fuerzas pueden _____ los cuerpos. Esto es lo que sucede con la bola de plastilina.
2. Las fuerzas pueden _____ los cuerpos. Esto es lo que sucede con la bola metálica.

GUIÓN SESIÓN 3: LEYES DE NEWTON

Antes de empezar...

Durante esta sesión vamos a trabajar con las 3 leyes de Newton en las que se fundamenta la dinámica y gracias a las cuales podemos explicar numerosas situaciones en las que se relacionan las fuerzas y los movimientos, que se dan en la vida diaria, las ciencias naturales, la ingeniería...

En la sesión anterior trabajamos el concepto de fuerza. Tienes que tener presente estas interacciones porque van a estar presentes en las experiencias que vas a realizar.

Para ello, te proponemos tres bancos de pruebas. Tienes que pasar por todos ellos y grabar en video la realización de las experiencias propuestas, anotando las observaciones que consideres oportunas en la plantilla que se presenta a continuación lo que te facilitará el trabajo. El material del que dispones se encuentra explicado para cada uno de las experiencias más abajo.

Tienes que entregar este guión al finalizar la sesión. Acuérdate de enviar también los videos con las experiencias realizadas.

Experiencia 1: 1º Ley de Newton o Ley de Inercia

Te puede servir de ayuda...

El aerodeslizador funciona creando una película de aire entre el suelo y su superficie inferior. Es decir, el aerodeslizador no roza con el suelo o lo que es lo mismo, no existe contacto entre ambas superficies

Experimenta...

Golpea suavemente el cd y completa la figura indicando el estado del movimiento (en reposo o en movimiento) del elemento en cada punto del circuito.



Estado inicial:

Estado intermedio
(tras el golpeo):



Estado final:

1. ¿A qué crees que se debe el cambio de estado de movimiento del CD tras el golpeo?

2. ¿Por qué crees que se detiene el CD?

Repite la experiencia con el aerodeslizador



Estado inicial:

Estado intermedio
(tras el golpeo):

Estado final:

1. ¿Por qué crees que a diferencia del CD el aerodeslizador continua moviéndose (teóricamente hasta el infinito)?

2. ¿Se movería alguno de estos elementos en el caso de no empujarlos? ¿Cuándo? Dibuja las fuerzas en el eje horizontal que están actuando en cada caso (ten en cuenta la dirección, el sentido y la magnitud):

CD en reposo

CD en el lanzamiento

CD en movimiento



AE. en reposo

AE en el lanzamiento

A.E. en movimiento



Concluye...

Un cuerpo que está en reposo, _____ a menos que sobre él actúa una fuerza.

Un cuerpo que está en reposo puede cambiar su _____ si sobre él actúa una fuerza. Es decir, comienza a _____.

Si sobre un cuerpo que se mueve a una velocidad dada no actúa ninguna fuerza este cuerpo _____ indefinidamente.

Si sobre un cuerpo que se mueve a una velocidad dada actúa una fuerza este cuerpo _____ su velocidad. Estos pueden ser:

1. Cambios en el módulo de la velocidad: El cuerpo _____ o _____ en función de la fuerza aplicada. Como por ejemplo _____.
2. Cambios en la _____. Como por ejemplo, _____.

Experimenta...

Vamos a experimentar con la inercia. Para ello uno de los integrantes del grupo tiene que subirse sobre el monopatín y permanecer lo más quieto posible. Otro compañero lo empujara por detrás dirigiéndolo hacia la colchoneta.

¿Qué ocurre cuando el monopatín choca con la colchoneta?

Alumno: _____

Monopatín: _____

Concluye...

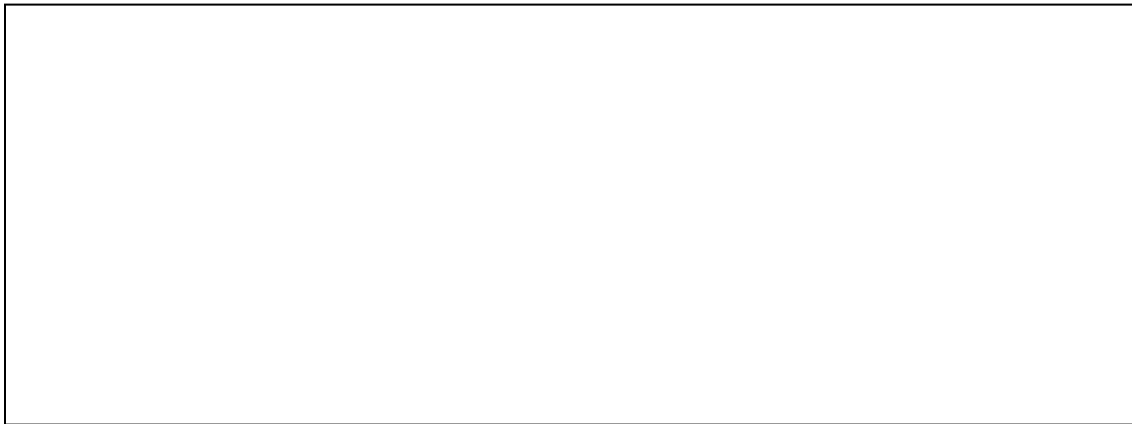
La inercia es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de _____ o _____ mientras la fuerza sobre ellos es cero.

La inercia también se define como la resistencia que oponen los cuerpos a cambiar su estado de _____o _____

Pon tres ejemplos en los que aparece la inercia

1. _____
2. _____
3. _____

Dibuja al menos uno de ellos



Experiencia 2: 2ª Ley de Newton o Ley Fundamental de la dinámica

Te puede servir de ayuda...

La segunda ley de Newton describe la relación que existe entre **la fuerza** aplicada a un cuerpo (F que se mide en Newtons), con **la masa** del mismo (m en kilogramos) y la aceleración que le transmite (a en m/s^2).

Experimenta...

Nuestro sistema de estudio va a estar formado por:

1. "Cuerpo": En nuestro caso, el cuerpo va a ser un patinete sobre el que viajará al menos una persona. ¿cómo modificarías la masa del cuerpo?

2. Fuerza: En nuestro caso, para transmitir la fuerza al cuerpo utilizaremos una cuerda. Un extremo de la cuerda lo sujetará la persona que viaja en el patinete mientras que el otro extremo será sujetado por la persona que va a realizar la fuerza
3. Aceleración. El patinete nos permite comprobar cómo se acelera al cuerpo

Para poder ver la relación que existe entre las variables, tienes que cambiar una de ellas (dejando las otras dos fijas) y ver cómo se comporta el sistema.

Prueba a cambiar la fuerza ejercida (no hace falta medirla simplemente vete aumentando la fuerza) sin cambiar la masa del sistema y analiza qué ocurre con la aceleración.


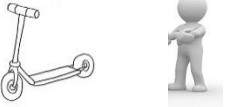

Fuerza	Aceleración
Fuerza 1: ↑	
Fuerza 2: ↑↑	
Fuerza 3: ↑↑↑	

Concluye...

Es decir, conforme mayor es la fuerza ejercida _____ es la aceleración que transmitimos al cuerpo. La relación entre la fuerza ejercida y la aceleración transmitida es _____ proporcional.

Experimenta...

Vamos a determinar ahora la relación que existe entre la Fuerza y la masa. Para ello, tienes que cambiar la masa del "cuerpo" e intentar que la aceleración sea la misma en los tres casos.

Masa	Fuerza
Masa 1: 	
Masa 2: 	
Masa 3: 	

Concluye...

Conforme mayor es la masa del cuerpo _____ es la fuerza que hay que transmitir al mismo. Es decir la fuerza y la masa son variables _____ proporcionales.

F=

Experiencia 3. 3ª Ley de Newton o Ley de Acción-Reacción

Es importante que esta experiencia sea realizada por todos los miembros del grupo al menos una vez.

Te puede servir de ayuda...

En esta experiencia trabajamos con dos cuerpos:

1. Un cuerpo es el peso que vamos a lanzar
2. Consideramos que el otro cuerpo es la persona montada en el patinete/patines

Experimenta...

Sitúate sobre el patinete/patines sosteniendo el cuerpo. Cuando estés completamente en reposo, lánzalo con fuerza hacia delante realizando lo que en baloncesto se denomina "pase de pecho".

¿Qué ocurre con la persona cuando lanza el cuerpo hacia adelante?

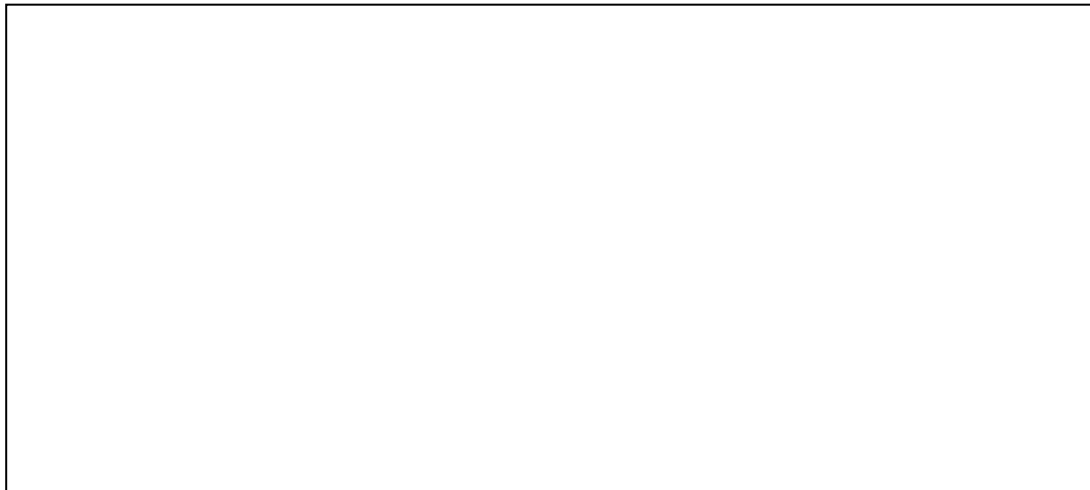
Nota: Si has realizado la experiencia 1, puedes contestar a las siguientes cuestiones. Si no es así, es mejor que hagas primero la experiencia 1 y vuelvas a este punto una vez lo hayas acabado.

Has comprobado que para variar el estado de reposo de un cuerpo, es totalmente necesario que sobre él esté actuando una fuerza. ¿Qué fuerza está actuando sobre la persona que está montada en el patinete/patines?

¿Qué fuerza está actuando sobre el cuerpo que lanzamos hacia adelante?

¿Cuál de las dos fuerzas consideras que es mayor?

Haz un diagrama de fuerzas en el que se representen las fuerzas que actúan sobre el balón y sobre la persona en el momento del lanzamiento.



erza para
magnitud

pero de sentido _____ que actúa sobre el _____ que ejerce la fuerza F_1 . Es decir, son fuerzas que tienen _____ magnitud, _____ dirección y sentido _____.

Estos pares de fuerzas se conocen como **fuerzas de acción-reacción**. Se considera la fuerza de acción la que se ejerce primero y la de reacción la que aparece como consecuencia de la primera.

Es importante observar que el principio de acción-reacción relaciona dos fuerzas que no están aplicadas _____ cuerpo. Por ello:

1. No se anulan. El diagrama de fuerza relaciona todas las fuerzas que están actuando sobre un cuerpo para calcular la fuerza resultante.
2. Producen dos aceleraciones diferentes en función de las _____ de los cuerpos, verificando así la _____ ley de Newton. Las aceleraciones producidas tienen _____ dirección y sentido _____.

Repasa el diagrama de fuerza que has hecho en la página anterior y corrígelo si lo consideras necesario. Indica en él las aceleraciones producidas (ten en cuenta las masas de los cuerpos).

Identifica dos ejemplos de la vida cotidiana en los que se pueda comprobar la tercera ley de Newton

1. _____

2. _____

Conclusiones de las sesiones 2 y 3

Vamos a repasar los conceptos que has trabajado en las dos primeras sesiones. En unos casos, tienes que completar la frase de manera que la sentencia sea verdadera. En otros casos, tienes que elegir una entre las opciones que se presentan como respuesta para completar la frase.

Cuestiones generales

Las fuerzas son _____ entre dos cuerpos.

- A. Atracciones
- B. Interacciones

Todos los cuerpos por el hecho de tener masa son atraídos por la Tierra. La fuerza con la que la Tierra atrae a los cuerpos cerca de su superficie se llama _____. Es decir, la fuerza del peso _____ actúa sobre los cuerpos que estén cercanos a la superficie terrestre.

Desde el punto de vista de la dinámica, es decir, de las fuerzas aplicadas:

1. ¿Qué diferencia hay entre empujar y tirar? Puedes servirte de un dibujo para la explicación

2. ¿Que diferencia hay entre empujar y golpear?
 - 3.
-

La fuerza de rozamiento es una fuerza que _____:

- A. Favorece el movimiento
- B. Se opone al movimiento



1º Ley de Newton o ley de inercia

Cuando voy montado en la bicicleta y freno de repente porque hay un perro en el camino, puedo salir disparado hacia adelante, esto es debido a la _____

La primera ley de Newton se enuncia de la siguiente forma:

Los cuerpos permanecen en su estado natural de _____ o _____ en una línea recta a no ser que sobre ellos actúe una _____.

2ª Ley de Newton o principio fundamental de la mecánica

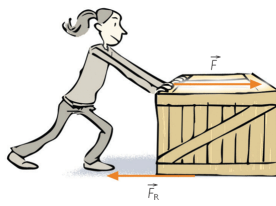
Matemáticamente la 2ª Ley de Newton se escribe:

$$F =$$

La fuerza se mide en _____

Las fuerzas son magnitudes _____ ya que para definir una fuerza es necesario conocer su _____, _____ y _____.

Para calcular la fuerza resultante de un sistema tenemos que tener en cuenta todas las _____ que están actuando sobre él. La fuerza resultante se obtiene



Sobre un cuerpo en reposo _____ estar actuando fuerzas,

- A. Pueden
- B. No pueden

por ejemplo

3ª Ley de Newton o Principio de Acción-Reacción

Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre otro cuerpo B, éste realiza sobre A otra fuerza _____ magnitud, _____ dirección y de sentido _____. Estas fuerzas se llaman fuerzas de _____

- A. Aceleración-deceleración
- B. Acción-reacción

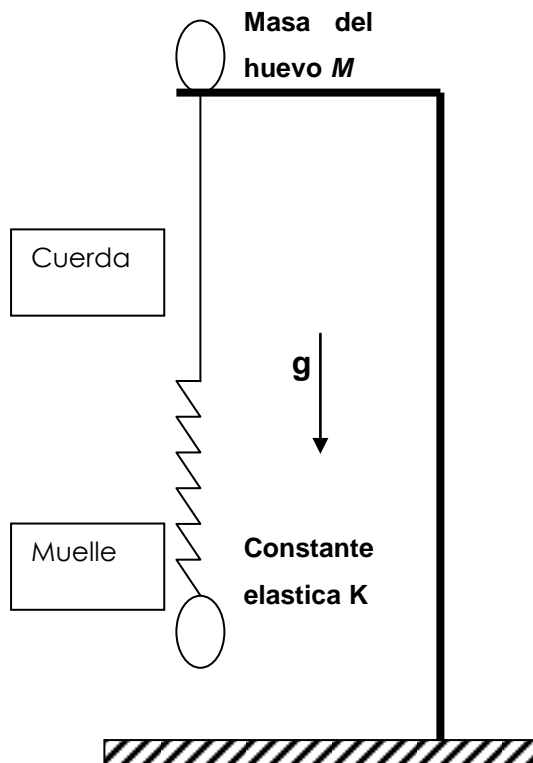
Es decir, la acción y reacción actúan _____ por lo que no se anulan.

- A. Sobre el mismo cuerpo
- B. Sobre cada cuerpo que interactúa

GUIÓN SESIÓN 5: CÁLCULO DE LA CONSTANTE ELÁSTICA DEL MUELLE

Antes de empezar

En la figura tienes representado un esquema del lanzamiento del Bungee Jumping.



En la sesión de hoy vamos a trabajar con la parte del muelle. En concreto vas a aprender cómo relacionar la fuerza que de un muelle con la deformación que sufre.

El material con el que vais a trabajar es:

1. Muelle.
2. Pesas de distintas masas
3. Balanza electrónica.
4. Calculadora
5. Regla

Hemos visto en las sesiones anteriores que las fuerzas son capaces de producir dos efectos: aceleraciones y deformaciones. Estos efectos pueden aparecer de forma simultánea, es decir, a la vez. En un coche que colisiona con otro se produce una aceleración (los coches frenan) y una deformación (la carrocería se hunde). Sin embargo, considerarlos por separado facilita su estudio.

Así, desde el punto de vista dinámico, las fuerzas son causas o agentes capaces de producir aceleraciones. Y desde el punto de vista estático, las fuerzas son agentes capaces de producir deformaciones.

Los efectos estáticos de las fuerzas pueden medirse de una forma más sencilla que los dinámicos; la medida de deformaciones es más cómoda que la de las aceleraciones.

Ley de Hooke

Si se dispone de una expresión que relacione las fuerzas como causas, con las deformaciones como efectos, será posible entonces medir aquéllas a través de éstas. Es decir, podemos medir las fuerzas a partir de las deformaciones que provocan. Una relación así fue establecida por primera vez por Robert Hooke, un físico inglés contemporáneo de Newton, y se conoce como ley de Hooke. Su enunciado es el siguiente: "Las deformaciones son directamente proporcionales a las fuerzas deformadoras".

Esta ley nos proporciona un procedimiento indirecto para la medida de fuerzas a través de sus efectos y constituye el fundamento del dinamómetro, en el que una escala de longitudes (deformaciones) ha sido graduada en términos de intensidad de fuerzas.

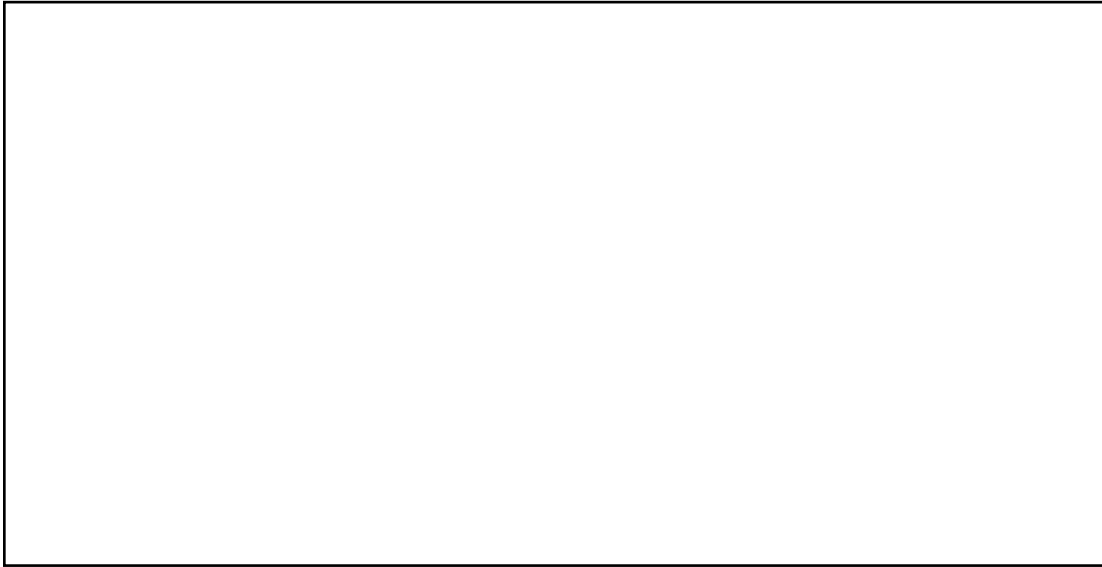
Cuestión 1. Análisis de las Fuerzas que actúan

En la siguiente figura se representa un muelle que está sujeto en su extremo superior, del que cuelga una masa en su extremo inferior. Consideramos que la masa está en reposo:



1. ¿Está actuando **sobre ella** alguna Fuerza? ¿Cuáles? _____
-

2. Representa sobre la figura anterior las fuerzas que están actuando sobre la masa y sobre el muelle
3. Repasa los resultados que obtuviste en la tercera experiencia de la segunda sesión de prácticas "Leyes de Newton". Si después de revisar este apartado no estás de acuerdo con el esquema que has realizado, puedes volver a repetirlo en el siguiente recuadro



La fuerza que ejerce el muelle tiene _____ magnitud, _____ dirección y sentido _____ que la fuerza que está actuando sobre la masa.

Dicho de otra forma, el muelle reacciona ejerciendo una fuerza que se opone a la fuerza que realiza sobre él la masa.

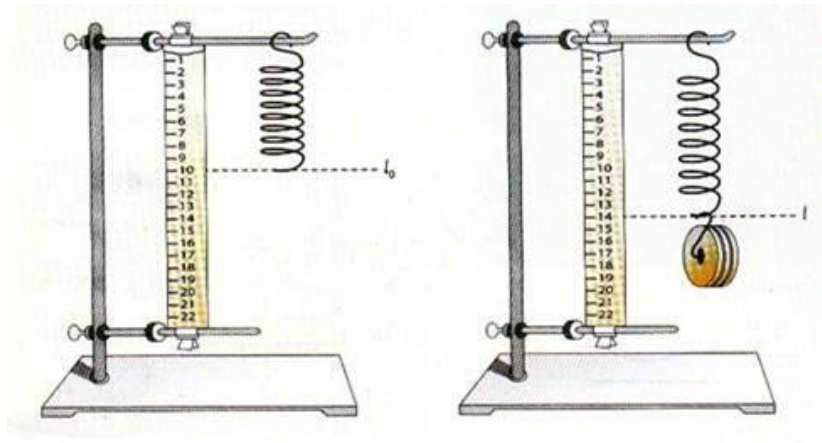
La fuerza del peso se calcula mediante la siguiente fórmula:

- El peso (P), al ser una fuerza se mide en Newtons (N)
- La masa (m) se mide en Kilogramos (kg)
- La aceleración de la gravedad (g) se mide en(m/s^2)

Es decir para el peso es una medida indirecta de la cantidad de masa que contiene un cuerpo, pero peso y masa no son la misma magnitud física

Cuestión 2. Determinación de la deformación

Observa la siguiente figura:



1. ¿Qué le ocurre al muelle cuando colgamos la masa? _____
2. ¿Puedes cuantificar a la vista de la imagen cuánto vale esta deformación en centímetros? _____
3. La deformación del muelle se representa por ΔX se calcula restando la longitud del muelle en su estado final, es decir, una vez ha sido deformado (l) menos la longitud del muelle en su situación inicial (l_0). La expresión matemática de la deformación es por tanto

Δ

Cuestión 3. Determinación de la constante elástica del muelle K

La ley de Hooke, expresada en forma de ecuación, resulta entonces:

$$F = k \cdot \Delta x$$

Siendo k una constante de proporcionalidad característica del muelle, llamada constante elástica. De acuerdo con la ley de Hooke,

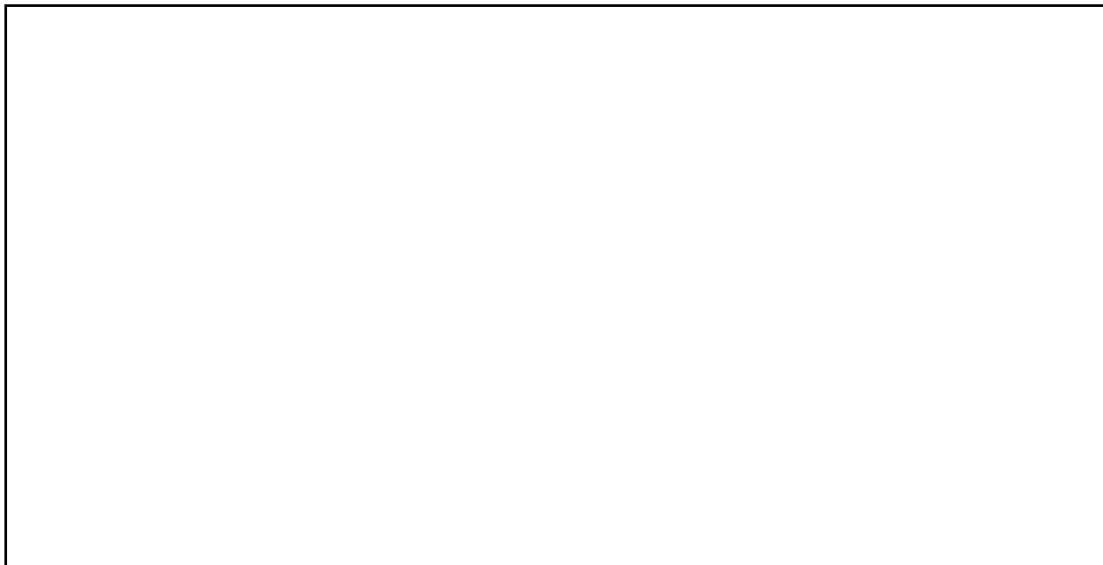
$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

Y representa físicamente la magnitud de la fuerza deformadora que es preciso aplicar al muelle para producir en él un alargamiento de una unidad de longitud. Cuanto más duro sea el muelle, mayor será el valor de su k , y los muelles blandos son, por tanto, muelles de baja constante elástica.

Para determinar la constante elástica del muelle tienes que completar la siguiente tabla con los datos que obtengas al colgar 5 masas diferentes del muelle. Para ver cómo se obtienen los valores con los que tienes que completar la tabla tienes que repasar los apartados anteriores

Número de medida	Masa (kg)	Fuerza=Peso (N)	Deformación ΔX (cm)	Constante elástica (K)
1				
2				
3				
4				
5				

Representa gráficamente la fuerza deformadora F frente al alargamiento del muelle Δx . Verás que la distribución de puntos indica que la relación entre fuerzas aplicadas y alargamientos producidos es lineal. Como hemos visto, el factor de proporcionalidad k es la llamada constante elástica. Calcúlala



Cuestión 4. Límite de elasticidad

Hemos visto que el muelle presenta un comportamiento elástico con las pesas con las que hemos trabajado, es decir una vez deja de actuar la fuerza, el muelle recupera su forma inicial. ¿Es esto así siempre?

La ley de Hooke, al igual que otras leyes de la física, tiene un ámbito de aplicación restringido. Es aplicable a cuerpos elásticos, es decir, a aquellos que recuperan las condiciones iniciales cuando la fuerza deformadora deja de ejercer su acción. Pero además, para cada cuerpo de estas características existe un valor máximo permitido de deformación, o límite de elasticidad, sobrepasado el cual el cuerpo deja de ser plástico, y aun cuando cese la fuerza, no puede recuperar ya su forma inicial. Sólo por debajo de esas condiciones límites la ley de Hooke es aplicable.

Cuestión 5. Resolución de problemas

1.- ¿Qué alargamiento experimentará un resorte de constante elástica $k = 30 \text{ N/m}$ sometido a una acción de una fuerza $F = 5,1 \text{ N}$?

2.- ¿Cuál será la longitud final de un muelle de longitud natural 20 cm y de constante elástica $k = 100 \text{ N/m}$ cuando actúa sobre su extremo una fuerza $F = 25 \text{ N}$?

3.- Una bola de acero de masa $m = 102 \text{ g}$ se cuelga de un muelle de constante elástica $k = 10 \text{ N/m}$.

a) ¿Cuál será el alargamiento Δx del resorte?

b) ¿Cuál sería la masa m' de otra bola que, al colgarla, produjera exactamente el doble de alargamiento?

GUIÓN SESIÓN 6: DISEÑANDO EL SALTO I

Antes de empezar

Los experimentos a escala real son a menudo costosos tanto en tiempo como en dinero. Por ello, antes de realizar las pruebas reales, a menudo se trabaja con réplicas del experimento con un tamaño menor. Durante las dos próximas sesiones, vas a diseñar el lanzamiento del huevo. Para ello deberás montar un prototipo a pequeña escala para llevar a cabo las observaciones necesarias.

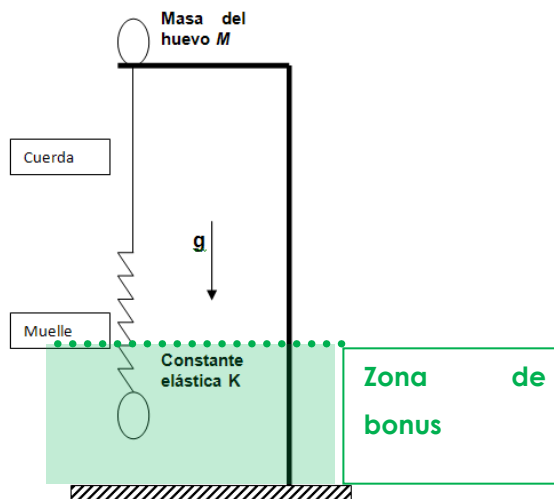
Los materiales de que dispones para fabricar el prototipo del experimento a pequeña escala son:

1. Muelle
2. Pie
3. Hilo
4. Plastilina

Experiencia 1. Obtención de las variables del problema

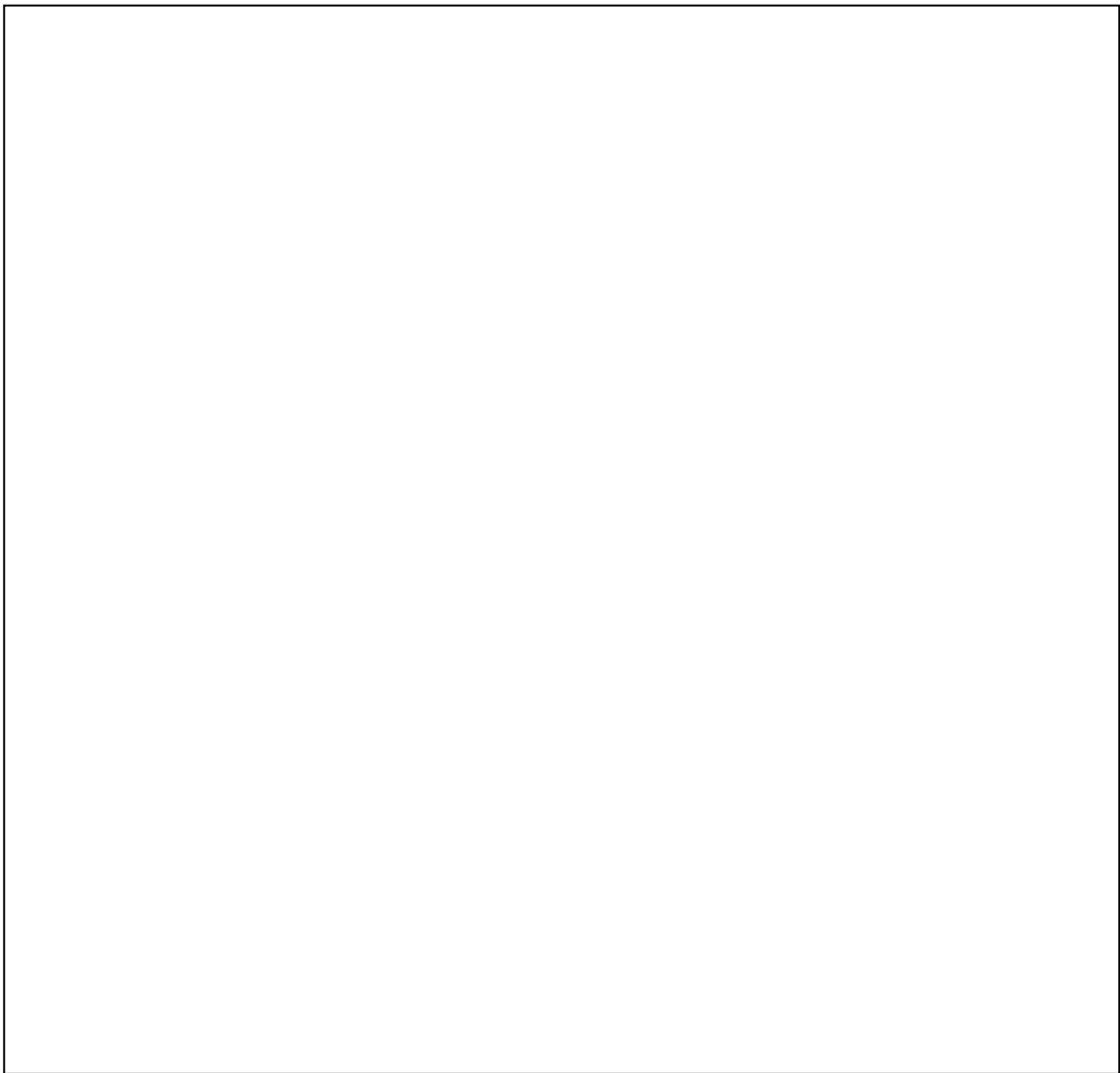
El primer paso en el diseño de un experimento es la observación.

1. Monta el prototipo a pequeña escala.
2. Anota en el dibujo todas las variables que crees que necesitas conocer para solucionar el problema del lanzamiento. Algunas de estas variables se presentan en el dibujo (Masa del huevo, gravedad y constante elástica)



3. Cuando realizas un experimento es importante conocer qué se está buscando. En nuestro caso ¿qué necesitamos calcular para conseguir que el huevo entre en la zona de bonus sin llegar a romper el huevo? _____
-

4. Realiza varios lanzamientos modificando de las variables que has definido en el apartado 1. En el cuadro que se muestra a continuación tienes que incluir un pequeño resumen de las modificaciones que vas haciendo (puedes ayudarte de un esquema si lo consideras necesario) junto con los resultados obtenidos



5. Si consideras que has olvidado alguna variable a la vista de las observaciones realizadas, anótalas en el dibujo del lanzamiento

Experiencia 2. Identificación de características de los movimientos durante la caída.

En el Bungee Jumping se trabaja con dos ramas de la Física que ya conoces:

1. Cinemática: Estudio de movimientos
2. Dinámica: Fuerzas como causas del movimiento

Vamos a empezar con la parte de cinemática...

En primer lugar vamos a identificar las **fases que componen el movimiento de caída del huevo**.

Consideraremos que pasamos de una fase de movimiento a otro si cambia alguna de las variables del movimiento (velocidad, aceleración...). Los tipos de movimiento que has estudiado son el MRU y el MRUA. Estudia qué caracteriza a cada uno de ellos.

Según esta definición de fase, ¿Cuántas fases tiene el movimiento de caída del huevo? _____

Completa la siguiente tabla con las principales características de cada fase

Nombre de la fase	Aceleración (m/s^2)	Velocidad(m/s)	Tipo de movimiento (MRU o MRUA)

Experiencia 3. Fuerzas que actúan sobre el huevo

Otra forma de identificar las fases del movimiento, es analizar las fuerzas que actúan sobre el huevo en cada momento. En función de las fuerzas que estén actuando, la **fuerza resultante F_r** , que se obtiene como la suma de las fuerzas ($F_1 + F_2 + F_3 \dots$) va a ser distinta. Por lo tanto, la **aceleración total a_{TOTAL}** del movimiento también va a ser distinta, por lo que se corresponde a una fase distinta del movimiento. Las siguientes expresiones expresan de manera matemática todo lo anterior.

$$\Sigma F = ma_{TOTAL}$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 \dots$$

$$F_1 = ma_1; F_2 = ma_2$$

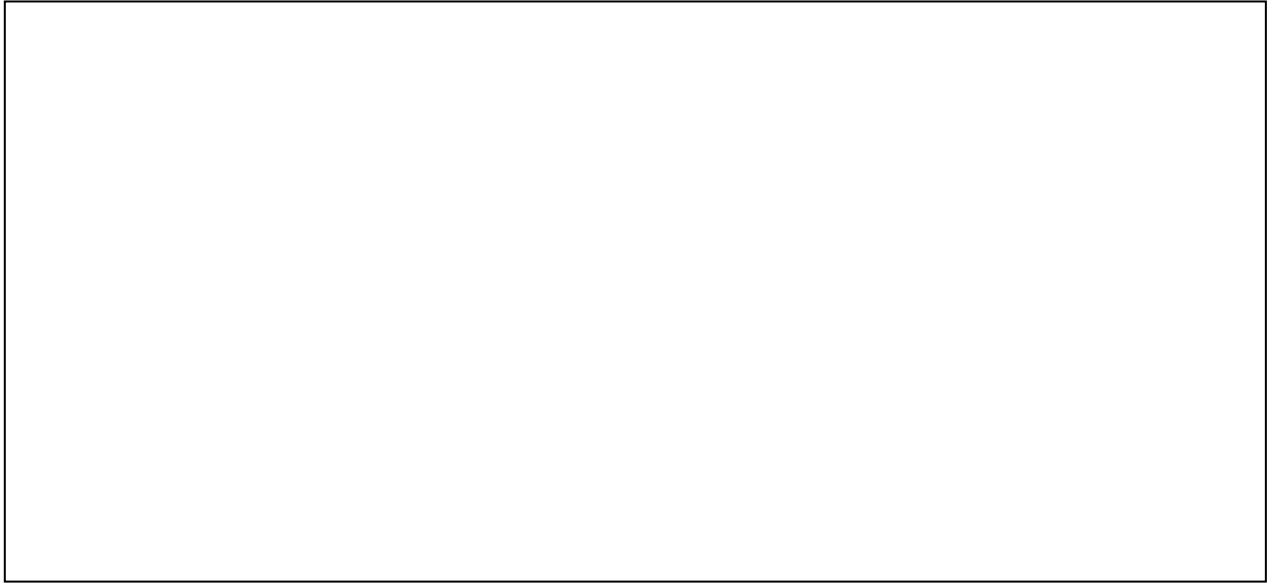
NOTA Es importante que recuerdes que las fuerzas son magnitudes vectoriales, por lo que tienes que identificar para cada una de ellas:

1. La magnitud: $F = ma$ (N)
2. La dirección. En nuestro caso sólo tenemos fuerzas en la dirección del eje y, es decir, todas las fuerzas que actúan tienen la misma dirección.
3. El sentido. El sentido va a determinar el signo de la fuerza en la expresión $\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 \dots$ ya que fuerzas de sentido opuesto tendrán signos opuestos

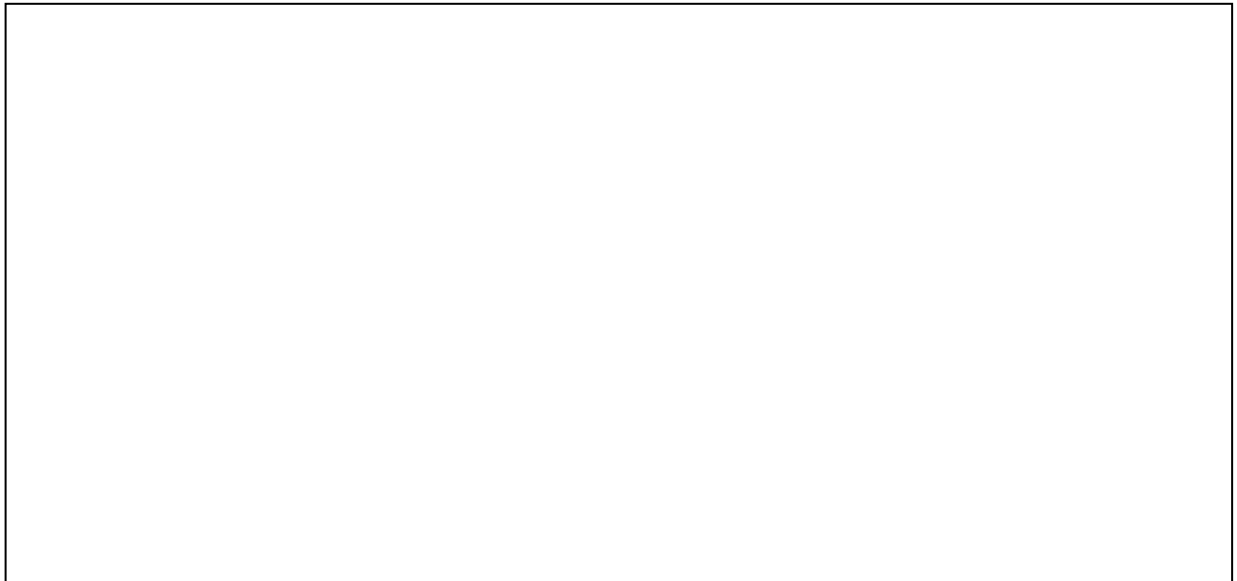
Analiza las situaciones que se proponen a continuación indicando las fuerzas que actúan en cada caso. Para ello haz un esquema de cada situación, dibuja las fuerzas que actúan, la fuerza resultante. ¿Qué tipo de movimiento hay en cada una de las situaciones (MRU o MRUA)? Indica en cada caso, hacia donde se mueve la masa explicando por qué ocurre esto.

SITUACIÓN 1: MOMENTO DEL LANZAMIENTO, HUEVO AGARRADO

SITUACIÓN 2: CAÍDA LIBRE



SITUACIÓN 3: EL MUELLE EMPIEZA A ACTUAR



A la vista de los resultados que has obtenido, ¿Cuántas fases tiene la caída del huevo?_____

En el caso de que consideres oportuno, corrige en la siguiente tabla, la información que has completado en la tabla de la experiencia 2

Nombre de la fase	Aceleración (m/s ²)	Velocidad(m/s)	Tipo de movimiento (MRU o MRUA)
<hr/>			
<hr/>			
<hr/>			

GUIÓN SESIÓN 7: DISEÑANDO EL SALTO II

En esta sesión vamos a aplicar todo lo que hemos aprendido en las 5 sesiones precedentes...

Actividad 1. Variables del problema

Las siguientes variables son las que tienes que conocer para poder solucionar el problema del lanzamiento del huevo.

1. Completa las unidades en las que se mide cada una de ellas

Variables

M = Masa del huevo

g = Gravedad

W = Peso del Huevo

H = Altura de la plataforma

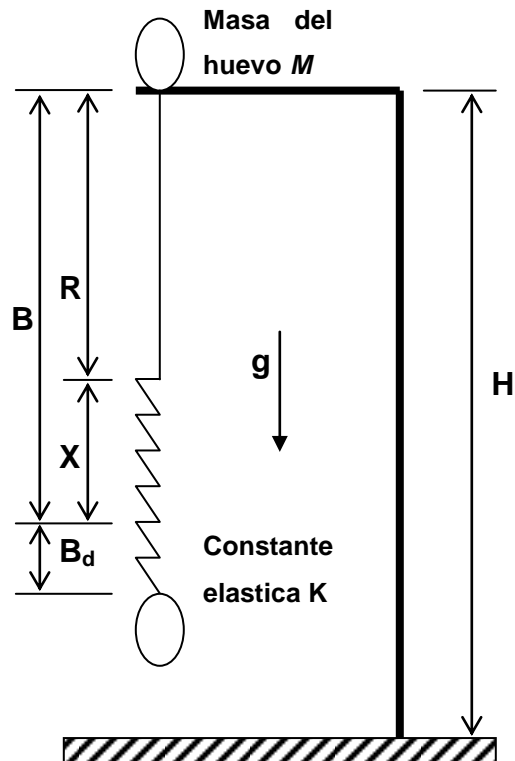
R = Longitud de la cuerda

X = Longitud del muelle sin desplazamiento

B = R + X

B_d = Desplazamiento del muelle

A = Aceleración hacia arriba causada por el muelle



2. ¿Qué variables de las que aparecen en la figura anterior no habías considerado la sesión 4? Antes de pasar el siguiente apartado, asegúrate de que entiendes qué es cada una de ellas

Fórmulas

Tal y como viste en la sesión anterior, el problema consta de dos partes: una fase de caída libre y una fase en la que actúa la goma. Por ello hay que plantear dos movimientos con dos aceleraciones diferentes. Te presentamos a continuación un resumen de las fórmulas que vas a necesitar para realizar los cálculos.

Ecuaciones

MRUA

$$v_f = v_i + at$$

$$s = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$s = \left(\frac{v_i + v_f}{2} \right) t$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2as$$

2ª Ley de Newton

$$\Sigma F = ma$$

Ley de Hooke

$$F_s = -kx$$

Actividad 2: Fase de caída libre.

En la primera fase de la caída el huevo cae en caída libre, es decir, la única fuerza que actúa sobre él es la de la gravedad.

Calcula la velocidad del huevo cuando el muelle empieza a tirar hacia arriba. Ayúdate de un esquema en el que incluyas los datos del problema. Una vez hayas completado los datos, revisa las ecuaciones y determina con cuál de ellas puedes trabajar

Tipo de movimiento:

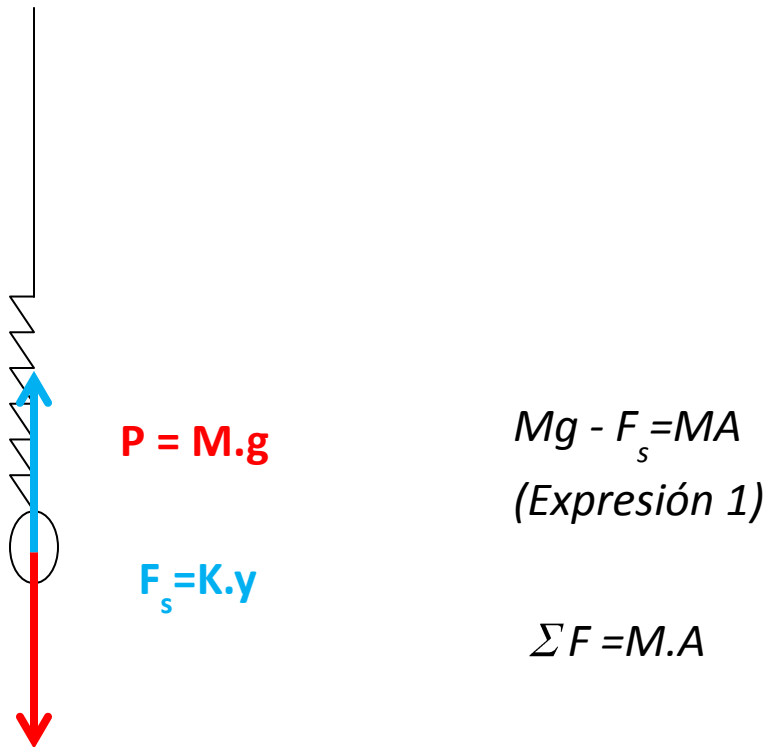
Aceleración:

Velocidad inicial=

Actividad 3. Caída con la goma actuando

El objetivo de este apartado es calcular el estiramiento total del muelle (B_d), para poder determinar la longitud que queremos incluir

En el momento en el que el muelle empieza a tirar, aparece la fuerza recuperadora del mismo, que tira del huevo hacia arriba. Debido a la segunda ley de Newton, la aceleración que experimenta el cuerpo va a ser debida a la gravedad y a la fuerza recuperadora de la goma, tal y como se muestra en la siguiente figura



En el momento en el que el muelle está en su punto máximo de elongación, es decir, cuando más estirado está. Contesta a las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué velocidad tiene el huevo en ese instante?
2. ¿Cuánto vale la deformación del muelle Δy ?
3. ¿Cuánto vale la Fuerza del muelle F_s ?

Sustituye el valor de la Fuerza recuperadora del muelle en la Expresión1:

Como puedes comprobar tenemos dos incógnitas que calcularemos en la siguiente sesión y ya tendrás los datos para realizar el salto:

1. B_d : Que es la deformación máxima del muelle
2. A .: Que es la aceleración del huevo en el punto de elongación máxima

GUIÓN SESIÓN 8: DISEÑANDO EL SALTO III

Antes de empezar...

Tienes a continuación un resumen de los resultados que obtuviste en la sesión 5. En primer lugar se presentan las variables que vas a utilizar en el diseño del salto

Variables

M = Masa del huevo (kg)

g = Gravedad (m/s^2)

W = Peso del Huevo (N)

H = Altura de la plataforma (m)

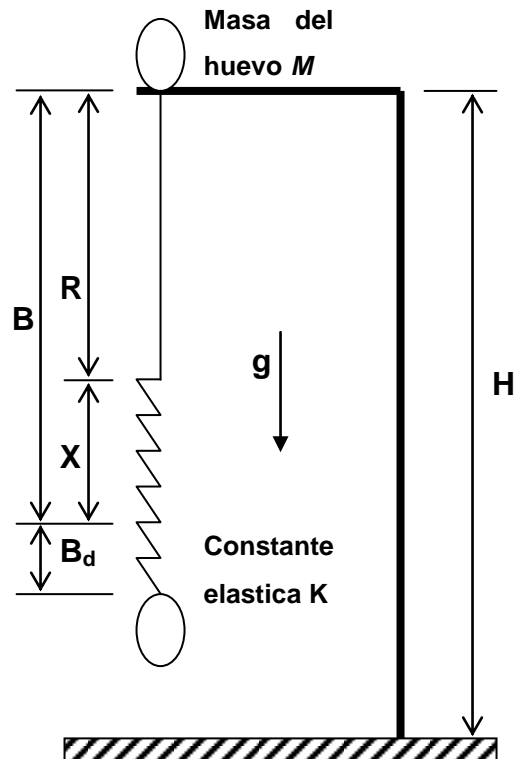
R = Longitud de la cuerda (m)

X = Longitud del muelle sin desplazamiento(m)

B = **R** + **X** (m)

B_d = Desplazamiento del muelle(m)

A = Aceleración hacia arriba causada por el muelle (m/s^2)



Ecuaciones

MRUA

$$v_f = v_i + at$$

$$s = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$s = \left(\frac{v_i + v_f}{2} \right) t$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2as$$

2ª Ley de Newton

$$\Sigma F = ma$$

Ley de Hooke

$$F_s = -kx$$

En la anterior sesión:

Calculaste la velocidad el huevo cuando el muelle empieza a estirar es:

$$v_f^2 = 2gB$$

Aplicaste la segunda ley de Newton en el momento en el que el huevo se encuentra en el punto más bajo, es decir, el muelle se encuentra totalmente estirado.

$$\Sigma F = MA$$

$$Mg - KB_d = MA$$

Actividad 1: Resolución del sistema de ecuaciones.

Como tienes dos incógnitas: A y B_d , es necesario conseguir una segunda ecuación para resolver el problema. Completa las siguientes preguntas (la mayoría se pueden contestar revisando la información que se ha presentado anteriormente) y revisa las fórmulas para ver si puedes plantear otra ecuación que te permita formar un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas y resolver el problema.

1. ¿Cuál es la aceleración que está actuando en el momento en el que el muelle se encuentra _____ completamente estirado? _____
2. ¿Cuál es la velocidad del huevo en ese instante? _____
3. ¿Cuál es la velocidad del huevo en el instante en el que el muelle empieza a actuar? _____
4. ¿Qué espacio ha recorrido el huevo desde que el muelle empieza a actuar hasta que _____ el _____ muelle _____ se _____ estira completamente? _____

Haz un esquema del problema, revisa las ecuaciones y piensa qué incógnitas puedes calcular A o B_d

<p>Tipo de movimiento:</p> <p>Aceleración:</p> <p>Velocidad inicial=</p>

Escribe el sistema de ecuaciones resultante y calcula B_d

Actividad 2: Diseño del experimento

De las variables del problema vas a conocer:

M = Masa del huevo (kg): La mediremos el día del lanzamiento. De momento, considera que es de 100 g.

g = Gravedad= $9,8\text{m/s}^2$

W= Peso del Huevo. Lo puedes calcular (N)

H = Altura de la plataforma: 2m

R = Longitud de la cuerda: Esta es la variable que tenéis que fijar vosotros (m)

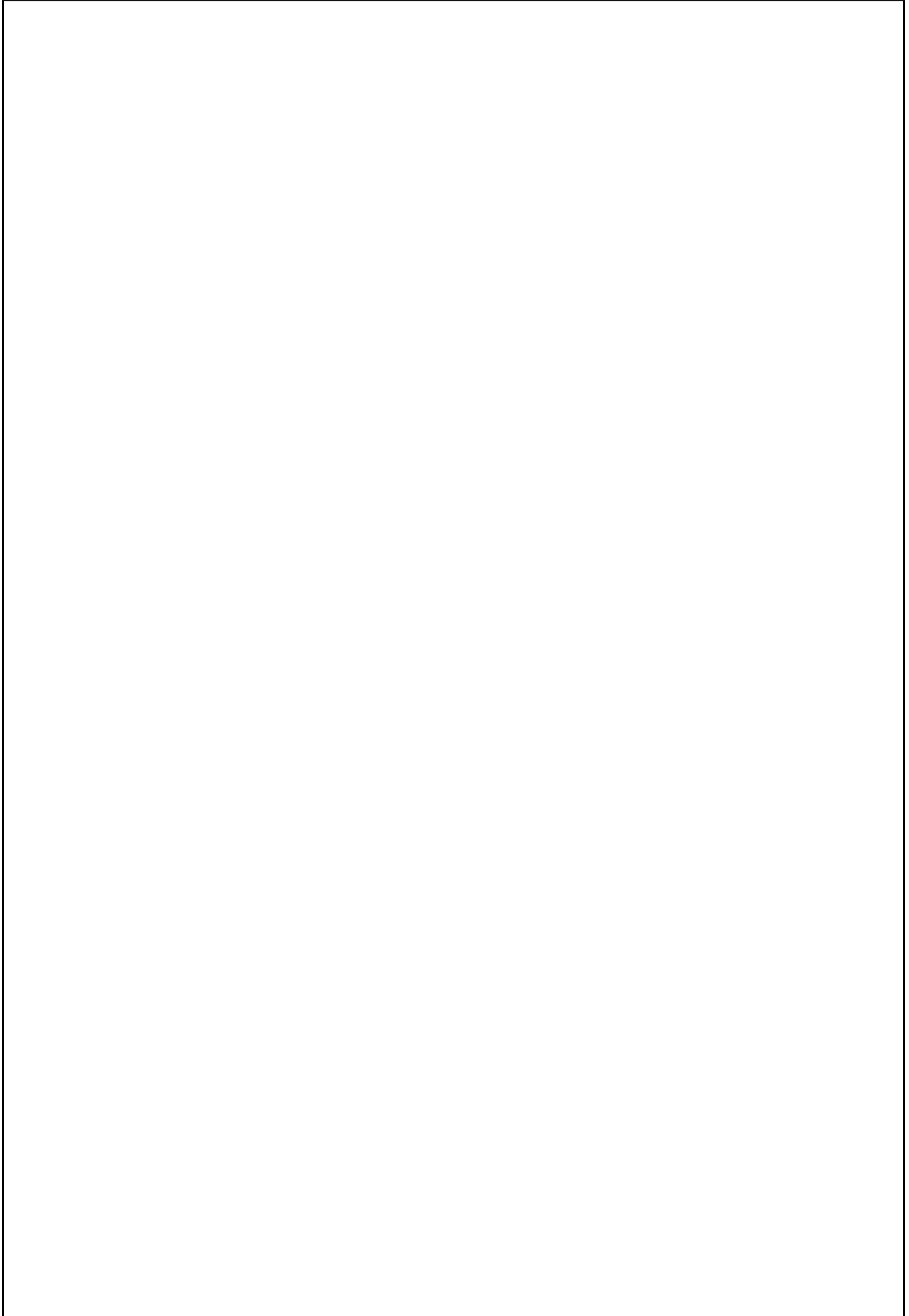
X = Longitud del muelle sin desplazamiento: Lo podéis medir.(m)

B = R + X (m)

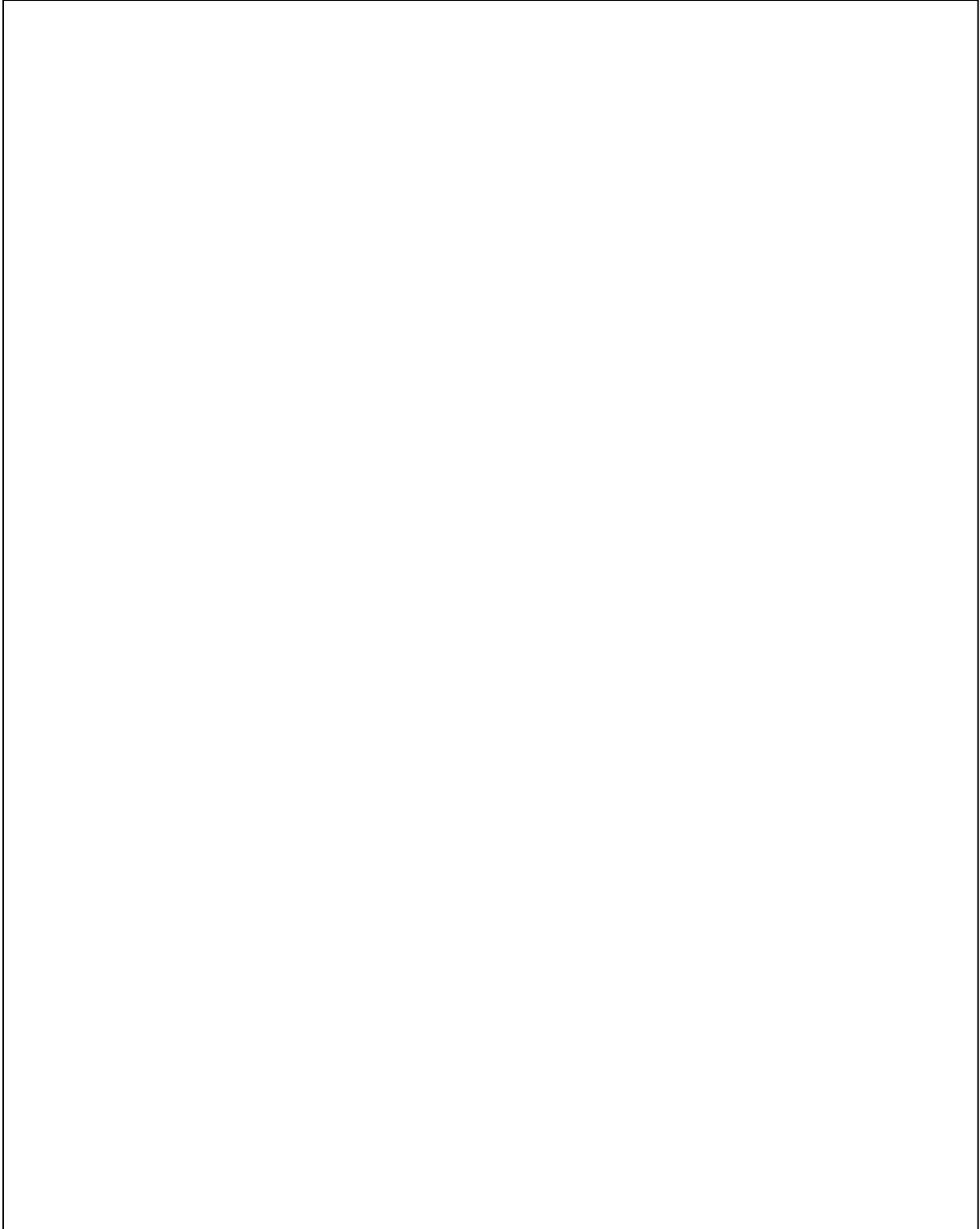
B_d = Desplazamiento del muelle. Lo podéis calcular a partir del desarrollo que hemos hecho en las sesiones 5 y 6: (m)

A = Aceleración hacia arriba causada por el muelle. Lo podéis calcular a partir del desarrollo que hemos hecho en las sesiones 5 y 6 (m/s^2)

Si el límite de la zona de Bonus está situado a 30 cm del suelo, realiza los cálculos para ganar el Bungee Jumping



A estas alturas y todavía no has pensado en cómo vas a sujetar el huevo al muelle y otros aspectos del lanzamiento. A la vista de las experiencias con el prototipo, propón una solución y dibuja un esquema de cómo quedaría tu bungee jumping indicando la posición final que alcanzará



Anexo 2

ANEXO 3

Qué son capaces de hacer los alumnos generalmente en cada nivel		
Nivel	Puntuación	
6	Desde 707,9	En el nivel 6, los alumnos pueden identificar, explicar y aplicar conocimientos científicos y conocimiento acerca de la ciencia de manera consistente en diversas situaciones complejas de la vida real. Pueden relacionar diferentes fuentes de información y explicaciones y utilizar pruebas provenientes de esas fuentes para justificar decisiones. Demuestran de manera clara y consistente un pensamiento y un razonamiento científico avanzado y utilizan su comprensión científica en la solución de situaciones científicas y tecnológicas no familiares. Los alumnos de este nivel son capaces de usar el conocimiento científico y de desarrollar argumentos que apoyen recomendaciones y decisiones centradas en situaciones personales, sociales o globales.
5	[633,3; 707,9)	En el nivel 5, los alumnos pueden identificar los componentes científicos de muchas situaciones complejas de la vida real, aplicar tanto conceptos científicos como conocimiento acerca de la ciencia a estas situaciones, y son capaces de comparar, seleccionar y evaluar las pruebas científicas adecuadas para responder a situaciones de la vida real. Los alumnos de este nivel son capaces de utilizar capacidades de investigación bien desarrolladas, relacionar el conocimiento de manera adecuada y aportar una comprensión crítica a las situaciones. Son capaces de elaborar explicaciones basadas en pruebas y argumentos basados en su análisis crítico.
4	[558,7; 633,3)	En el nivel 4, los alumnos son capaces de trabajar de manera eficaz con situaciones y cuestiones que pueden implicar fenómenos explícitos que requieran deducciones por su parte con respecto al papel de las ciencias y la tecnología. Son capaces de seleccionar e integrar explicaciones de diferentes disciplinas de la ciencia y la tecnología y relacionar dichas explicaciones directamente con aspectos de situaciones de la vida real. En este nivel, los alumnos son capaces de reflexionar sobre sus acciones y comunicar sus decisiones utilizando conocimientos y pruebas científicas
3	[484,1; 558,7)	En el nivel 3, los alumnos pueden identificar cuestiones científicas descritas claramente en diversos contextos. Son capaces de seleccionar hechos y conocimientos para explicar fenómenos y aplicar modelos simples o estrategias de investigación. En este nivel, los alumnos son capaces de interpretar y utilizar conceptos científicos de distintas disciplinas y son capaces de aplicarlos directamente. Son capaces de elaborar exposiciones breves utilizando información objetiva y de tomar decisiones basadas en conocimientos científicos.
2	[409,5; 484,1)	En el nivel 2, los alumnos tienen un conocimiento científico adecuado para aportar explicaciones posibles en contextos familiares o para llegar a conclusiones basadas en investigaciones simples. Son capaces de razonar de manera directa y de realizar interpretaciones literales de los resultados de una investigación científica o de la resolución de problemas tecnológicos.
1	[334,9; 409,5)	En el nivel 1, los alumnos tienen un conocimiento científico tan limitado que solo puede ser aplicado a unas pocas situaciones familiares. Son capaces de presentar explicaciones científicas obvias que se derivan explícitamente de las pruebas dadas.

Anexo 3

Nombre y Apellidos: _____

1. Una persona que está comprando, deja el carrito de la compra parado porque va a comprar en la carnicería
 - a. Dibuja las fuerzas que actúan en ese momento sobre el carrito indicando el nombre de cada una.



- b. La persona empieza a empujar el carrito hacia la derecha tal y como se muestra en la figura siguiente, y el carrito comienza a moverse. Dibuja de nuevo todas las fuerzas que están actuando sobre el carrito, indicando el nombre de cada una.



- c. ¿Qué tipo de movimiento (MRU/MRUA) es si el carrito pasa de estar parado a alcanzar una velocidad de 1m/s cuando ha recorrido 2m ? Calcula el valor de la aceleración
 - d. ¿Qué ocurriría con el estado de movimiento del carrito si el hombre dejara de empujar? Dibujas las fuerzas que actúan sobre el carrito cuando el hombre ha dejado de empujar
¿A qué crees que es debido esto?

- e. El hombre sale del supermercado, que tiene un suelo liso, al parking, que tiene un suelo de asfalto bastante rugoso. ¿Crees que tendrá que hacer la misma fuerza que en el interior del supermercado para mantener la velocidad del carrito constante?
- f. En el parking, el hombre choca con una piedra y se le cae al suelo parte de la compra



¿Por qué ocurre esto? ¿Cuál es la ley de la dinámica que explica lo que ha pasado? Enúnciala

- g. Uno de los paquetes del carrito sale volando y golpea a un carrito vacío que se encuentra parado. ¿Qué crees que ocurrirá con el carrito? Dibuja todas las fuerzas que actúan en el momento del impacto sobre el carrito y sobre el paquete. Ten en cuenta que el carrito está apoyado en el suelo.

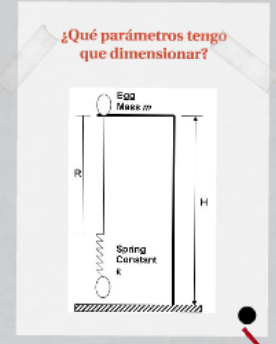
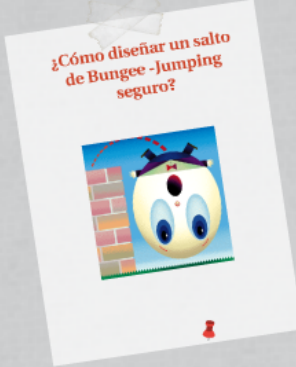


- h. Vamos a suponer que como consecuencia del impacto el carrito, que pesa 3 Kg, se mueve hacia adelante y el paquete de arroz, que pesa 1 kg, sale

despedido hacia atrás. ¿Quién ha ejercido una fuerza mayor: el paquete o el carrito?

- i. Escribe de forma sencilla la 3ª ley de Newton que explica este fenómeno. ¿Cómo se llaman y qué características tienen las fuerzas que aparecen descritas en esta ley?
- j. El hombre al llegar a casa, cuelga de una goma de constante elástica 6 N/m (es lo mismo que un muelle) la barra de pan que ha comprado tiene una masa de 200 g . El extremo superior de la goma está colgado a 1 m de altura. Si la barra de pan mide 10 cm de longitud y la longitud inicial de la goma es de 50 cm , ¿llegará a chocar la barra de pan contra el suelo? Realiza un dibujo de la situación final, es decir, con la barra de pan en el extremo más bajo, indicando las fuerzas que actúan sobre la barra.

Anexo 4



Resolución de Problemas

Trabaja con grupos pequeños para resolver los problemas de la asignatura. El profesor guiará el proceso de resolución de los problemas. Se valorará la participación activa de los estudiantes en el aula.

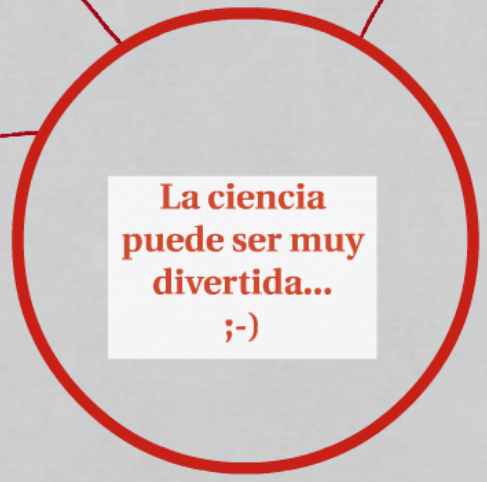


- Sesiones de Trabajo
- 1. Introducción al ABP
 - Cuestionario de ideas previas
 - 2. Las Fuerzas
 - Guión sesión 2
 - 3. Las leyes de Newton
 - Guión sesión 3
 - E. vídeo
 - 4 La ley de Hooke
 - Guión sesión 4
 - E. Informe práctica
 - 5 y 6. Diseño del Bungee Jumping
 - Guión sesión 5 y 6
 - E. Esquema del salto
 - 7. Concurso del Bungee Jumping
 - E. Vídeo editado



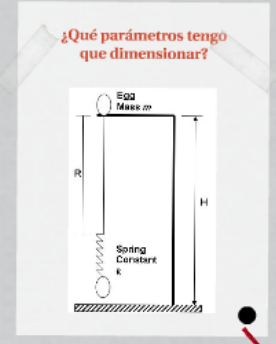
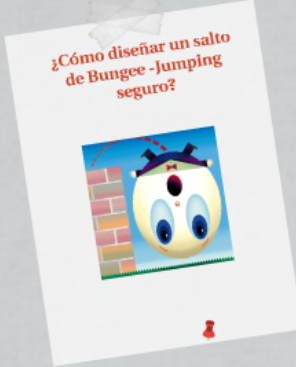
Resolución de Problemas

Trabaja con grupos pequeños para resolver los problemas de la asignatura. El profesor guiará el proceso de resolución de los problemas. Se valorará la participación activa de los estudiantes en el aula.



La ciencia puede ser muy divertida... ;-)

Dinámica



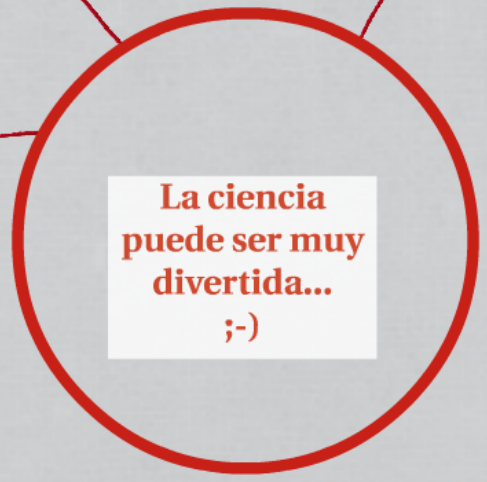
Resumen de trabajo
Trabaja con grupos pequeños para diseñar el bungee jumping de tu escuela.
- Elige un punto de partida.
- Diseña un sistema de bungee jumping.
- Construye un modelo de bungee jumping.
- Realiza pruebas y mide los resultados.
- Presenta tu diseño y modelo a los demás.



- Sesiones de Trabajo**
- 1. Introducción al ABP
 - Cuestionario de ideas previas
 - 2. Las Fuerzas
 - Guión sesión 2
 - 3. Las leyes de Newton
 - Guión sesión 3
 - E. vídeo
 - 4 La ley de Hooke
 - Guión sesión 4
 - E. Informe práctica
 - 5 y 6. Diseño del Bungee Jumping
 - Guión sesión 5 y 6
 - E. Esquema del salto
 - 7. Concurso del Bungee Jumping
 - E. Vídeo editado



Resumen de trabajo
Trabaja con grupos pequeños para diseñar el bungee jumping de tu escuela.
- Elige un punto de partida.
- Diseña un sistema de bungee jumping.
- Construye un modelo de bungee jumping.
- Realiza pruebas y mide los resultados.
- Presenta tu diseño y modelo a los demás.



**La ciencia
puede ser muy
divertida...
;-)**

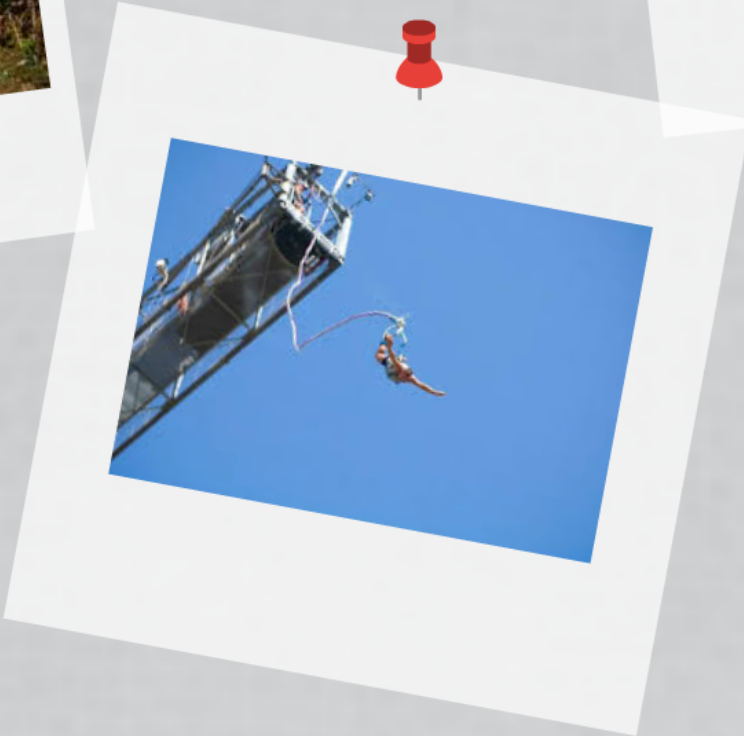
Dinámica

Aprendizaje por experimentación





Salto en Vanuatu





Salto en Vanuatu

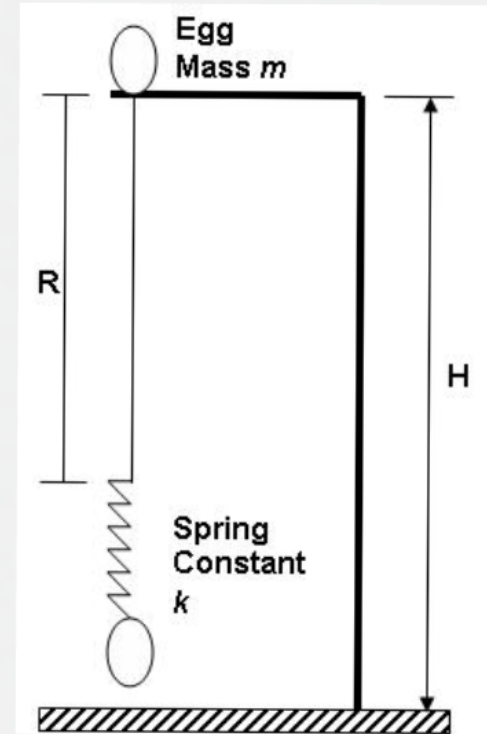




¿Cómo diseñar un salto de Bungee - Jumping seguro?



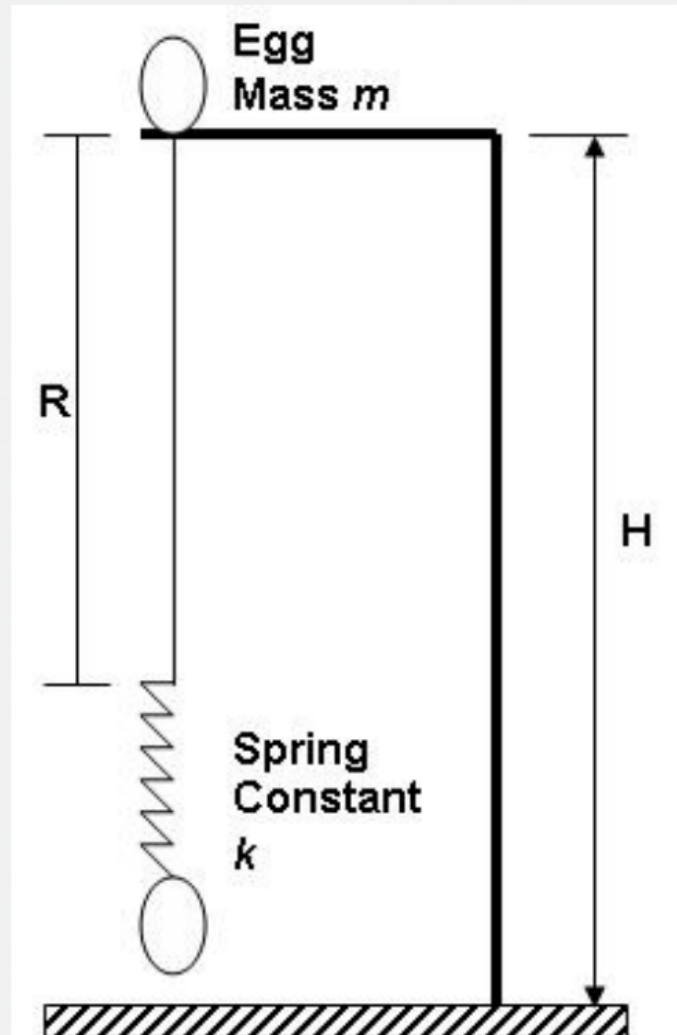
¿Qué parámetros tengo que dimensionar?



¿Cómo diseñar un salto de Bungee -Jumping seguro?



¿Qué parámetros tengo que dimensionar?



Método de trabajo

- **Trabajo en grupo: Grupos de trabajo de la asignatura**
- **Trabajo por sesiones:**
 - **Acta o guión: Cada día lo elabora un alumno**
 - **Entregables. Indicados para cada sesión.**

Sesiones de Trabajo

- 1. Introducción al ABP
 - Cuestionario de ideas previas
- 2. Las Fuerzas
 - Guión sesión 2
- 3. Las leyes de Newton
 - Guión sesión 3.
 - E: video
- 4 La ley de Hooke
 - Guión sesión 4
 - E. Informe práctica
- 5 y 6. Diseño del Bungee Jumping
 - Guión sesión 5 y 6.
 - E. Esquema del salto
- 7. Concurso del Bungee Jumping
 - E. Video editado



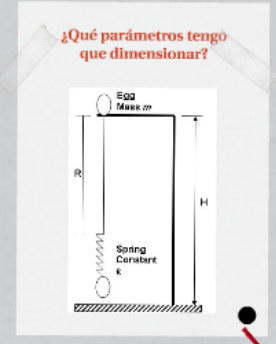
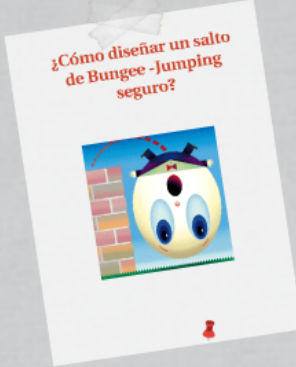
Evaluación



- **Guión sesiones (25%)**
- **Entregables (25%)**
- **Video final (25%)**
- **Cuestionario final. Individual (25%)**
- **Concurso Bungee Jumping**
 - **Bonus al ganador**
 - **Bonus a los que superen umbral peligro**

**La ciencia
puede ser muy
divertida...
;-)**





Resolución de Problemas

Trabaja con grupos pequeños para resolver los problemas de la asignatura. El profesor guiará el proceso de resolución de los problemas. Se valorará el uso de la física en la resolución de los problemas. Se valorará el uso de la física en la resolución de los problemas.

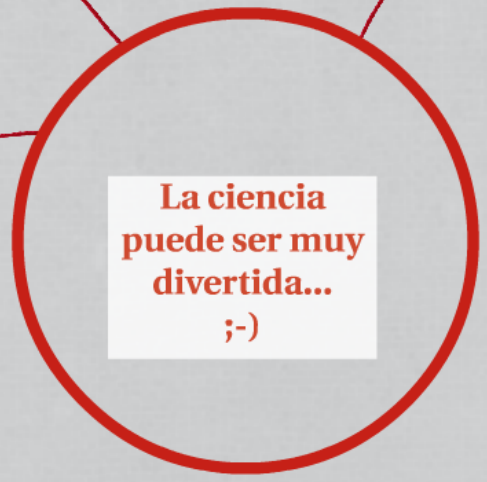


- Sesiones de Trabajo**
- 1. Introducción al ABP
 - Cuestionario de ideas previas
 - 2. Las Fuerzas
 - Guión sesión 2
 - 3. Las leyes de Newton
 - Guión sesión 3
 - E. vídeo
 - 4 La ley de Hooke
 - Guión sesión 4
 - E. Informe práctica
 - 5 y 6. Diseño del Bungee Jumping
 - Guión sesión 5 y 6
 - E. Esquema del salto
 - 7. Concurso del Bungee Jumping
 - E. Vídeo editado



Resolución de Problemas

Trabaja con grupos pequeños para resolver los problemas de la asignatura. El profesor guiará el proceso de resolución de los problemas. Se valorará el uso de la física en la resolución de los problemas. Se valorará el uso de la física en la resolución de los problemas.



Dinámica