



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**Máster Profesorado en
Enseñanza Secundaria
Obligatoria, Bachillerato,
Formación Profesional y
Enseñanza de Idiomas**

PLANETAS, ¿POR QUÉ SE MUEVEN?

Autor: Tejero Moyano, Álvaro

Especialidad: Física y Química

Curso 2020/2021



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**Máster Profesorado en
Enseñanza Secundaria
Obligatoria, Bachillerato,
Formación Profesional y
Enseñanza de Idiomas**

El alumno Álvaro Tejero Moyano con D.N.I. ----- informa que ha realizado esta memoria y que constituye una aportación original de su autor.

Y para que así conste, se firma el presente informe en Córdoba, a 15 de junio de 2021.

Fdo. Álvaro Tejero Moyano

Autor del Trabajo Fin de Máster

Índice general

Declaración de originalidad	I
Índice de figuras	IV
Índice de tablas	V
1. La función docente	1
1.1. ¿Qué es ser docente?	1
1.2. Primera función: transmisión de valores y conocimiento	2
1.3. Segunda función: responsabilidad y ejemplo	3
1.4. Otras cuestiones misceláneas	4
2. Programación docente	5
2.1. Introducción y contextualización	5
2.2. Objetivos	7
2.2.1. Objetivos generales de etapa	8
2.2.2. Objetivos generales del área de Física y Química	8
2.2.3. Objetivos específicos de Física	9
2.3. Competencias clave	9
2.4. Metodología	11
2.5. Contenidos	13
2.5.1. Bloques de contenidos	13
2.5.2. Selección, secuenciación y temporalización de contenidos en temas. Elab- boración de Unidades Didácticas	14

2.6. Educación en valores	17
2.7. Actividades de Enseñanza/Aprendizaje	18
2.8. Recursos didácticos	19
2.9. Evaluación	20
2.9.1. Criterios de evaluación	20
2.9.2. Instrumentos de evaluación	21
2.9.3. Criterios de recuperación	22
2.10. AANEAE	22
3. Unidad didáctica: Planetas, ¿por qué se mueven?	24
3.1. Introducción	24
3.2. Objetivos	26
3.3. Contenidos	27
3.4. Competencias clave en la Unidad Didáctica	28
3.5. Estrategias metodológicas y actividades de enseñanza aprendizaje	29
3.5.1. Actividades de iniciación	30
3.5.2. Actividades de desarrollo	30
3.5.3. Actividades de acabado	33
3.5.4. Actividades de aplicación	33
3.5.5. Actividades de ampliación: prueba de acceso a la universidad	37
3.5.6. Actividades de refuerzo	38
3.6. Secuenciación y temporalización	39
3.7. Orientaciones y atención a la diversidad	39
3.8. Evaluación	41
4. Aportación de las prácticas docentes a la formación recibida en el máster	43
Bibliografía	48
Anexo 1. Estándares de aprendizaje e indicadores de logro	50
Anexo 2. Modelo de Prueba Escrita	51

Índice de figuras

1.1.	Rafael Sanzio: <i>Scuola di Atene</i> . 1510 - 1511. Museos Vaticanos, Vaticano.	2
2.1.	Diagrama indicando la línea temporal de la materia. Fuente: elaboración propia. . .	17
3.1.	Sir Isaac Newton (1642 - 1727). Padre fundador de la Física y de la ciencia moderna, creador de la Mecánica, la Óptica y el Cálculo Infinitesimal entre otras cuestiones. Considerado por muchos como el mayor físico, científico y genio de todos los tiempos. Fuente: MacTutor History of Mathematics Archive.	25
3.2.	Péndulo usado durante la práctica. Fuente: PhET, Universidad de Colorado.	34
3.3.	Representación de la experiencia. Fotograma extraído del vídeo del Profesor Burns.	35

Índice de tablas

2.1. Bloques de contenidos y unidades didácticas de la materia de Física de 2º de Bachillerato (parte I). Fuente: elaboración propia.	14
2.2. Bloques de contenidos y unidades didácticas de la materia de Física de 2º de Bachillerato (parte II). Fuente: elaboración propia.	15
2.3. Bloques de contenidos y unidades didácticas de la materia de Física de 2º de Bachillerato (parte III). Fuente: elaboración propia.	16
3.1. Secuenciación y organización de los contenidos y actividades previstos relativos a la Unidad Didáctica. Fuente: elaboración propia.	40
5. Rúbrica con los estándares de aprendizaje evaluables en la unidad didáctica. Fuente: elaboración propia.	50

La función docente

1.1. ¿Qué es ser docente?

La figura del docente, en cualquiera de sus múltiples denominaciones, es, ha sido y será capital dentro de cualquier sociedad sin importar el grado de desarrollo social o económico de ésta. Pensemos, a modo de ejemplo, en una figura histórica relevante como es el caso de Alejandro Magno. Es imposible no establecer una relación entre sus principales logros y su educación; claro está, su maestro fue Aristóteles, posiblemente el mayor genio de la Grecia Antigua. Esta simbiosis entre maestros y discípulos se ha ido manteniendo a lo largo de la historia, de manera directa como el caso que acabamos de ver o incluso indirecta, cuyo ejemplo más significativo es el de Sir Isaac Newton, inspirado espiritualmente por sus *gigantes*: Copérnico, Tycho Brahe, Kepler y Galileo.

Claro está que, a la vista de la relevancia que cobra esta figura, cabría preguntarse cuál es su función en el proceso que entendemos como *enseñanza*; y más aún, es pertinente saber qué es la *educación*, en qué aspectos merece la pena guiar, enseñar, acompañar a un discípulo. ¿Valdrán todas las enseñanzas que se transmiten? ¿Transmitir conocimiento puro o valores generales? Usualmente solemos pensar que la educación, como garante del buen devenir de la sociedad, está sujeta a la razón ilustrada del siglo XVIII. El ilustre pensador Antonio Escohotado suele definir a alguien con educación como aquel que es honesto, respeta la libertad (en su concepto más amplio, libertad negativa) del prójimo más que la suya propia y, sobre todo, valora el conocimiento como fuente principal de riqueza desechando dogmatismos e irracionalidades (Sánchez Dragó, 2004). Ahí sale la figura del docente a relucir, tomando como raíz los valores ilustrados pudiendo ser capaz de acompañar en el proceso madurativo a personas en formación personal, intelectual y racional.



Figura 1.1: Rafael Sanzio: *Scuola di Atene*. 1510 - 1511. Museos Vaticanos, Vaticano.

Partimos de que el conocimiento, en todas sus formas, siempre es positivo. La libertad de expresión y de prensa, la crítica fundamentada, el rigor científico, el debate abierto y la responsabilidad individual son aquellos conceptos que, aunque nunca están exentos de manipulaciones, han de regir y ser los pilares del ejemplo que han de tomar los docentes. La función principal es *educar* con estas bases. Por qué, podríamos preguntarnos. La respuesta es muy simple: son los pilares de la sociedad educada a la que se refiere Escotado con sus palabras. Se ha de intentar pues, mediante el ejemplo, el respeto y la responsabilidad individual, crear personas preparadas para la sociedad.

1.2. Primera función: transmisión de valores y conocimiento

En la visión general que tenemos del docente figura la de aquél que posee un vasto conocimiento de ciertas cuestiones, principalmente en aquello de lo que es docto. Esta consideración se ha mantenido prácticamente inalterada a lo largo de los tiempos y, de hecho, atendiendo a cómo se configura hoy día la función social de los docentes (a cualquier nivel) podemos entender que su rol principal es *transmitir el conocimiento*, de corte académico, que ha ido adquiriendo a lo largo de su vida a las generaciones futuras.

El *cómo* lograr esto lo responderemos en el siguiente punto, pero hay otra pregunta que merece

la pena efectuarse, y está relacionada con *qué* transmitir. ¿De qué le sirve el conocimiento puro al ser humano si no se le da una cierta fundamentación moral? ¿De qué sirve memorizar si tenemos los libros y todo el conocimiento crudo a golpe de ratón? ¿De qué sirve mecanizar procesos físicos y matemáticos si ya tenemos los ordenadores? Con todo esto encima de la mesa entra en juego otro aspecto relacionado con el *qué* y no es nada menos que el transmitir *valores académicos*. Mencionamos previamente algunos como la crítica fundamentada o el rigor científico, aunque en un ámbito más académico se ha tornado fundamental saber buscar, discriminar y seleccionar la información de manera racional. Este es el principal valor que tenemos como seres racionales y en el que se debe enfocar la función del docente como transmisor en el siglo XXI. Procurar que una persona sea capaz de memorizar y mecanizar procesos es un acto irresponsable en todos los sentidos, académico y aptitudinal. Recordemos que un ordenador hace operaciones matemáticas mucho más rápido y de manera infinitamente más eficiente que cualquier mortal.

1.3. Segunda función: responsabilidad y ejemplo

Al hilo del concepto de docente como *maestro* en su sentido más amplio surge la concepción de éste como persona que merece la pena seguir. En el caso que nos atañe, donde trabajamos con adolescentes en edades las cuales su personalidad está siendo formada, hemos de tener en cuenta que el rol del docente como figura de ejemplo es fundamental junto a la de los progenitores. Es por ello por lo que debe de ser alguien responsable con sus formas y actos, y por supuesto ejemplarizante.

Una cuestión que debe de quedar clara es que el docente es la figura de autoridad en el aula, por una razón muy sencilla: porta la responsabilidad y el conocimiento, amén de la obligación de garantizar ambos. Es más, podemos demostrar siguiendo la concepción de Locke sobre el individuo (Donoso, 2012) (sobre la cual se fundamenta cualquier régimen democrático actual) que, de manera análoga al hecho de que el Estado posee como soberano el *derecho al castigo* cuando se viola el *derecho a la propiedad* (Bastiat, 1850), el maestro tiene garantizado el mismo derecho en virtud de lo que podríamos llamar *derecho de conocimiento*.

Ahora bien, a la vista de lo anterior, ¿quiere decir esto que se debe seguir la máxima *necessitas facit licitum quod alias non est licitum*? Aquí entraría en juego la complementariedad, como diría Hayek, libertad-responsabilidad (Hayek, 1960). En un contexto educativo, el docente, como único agente con autoridad dentro del aula, ha de saber por sí mismo cómo limitar su poder (el cual

tiene total libertad para ejercer) para poder usarlo de manera eficaz, a saber, ejercerlo con responsabilidad. Las medidas de carácter coercitivo deben de aplicarse de manera gradual, primando la palabra sobre el castigo *per se*, llegando a medidas extremas sólo en última instancia. Por lo tanto, no hay una legitimidad por parte del docente para actuar de manera desproporcionada en virtud de su poder coercitivo. Si fuese así, dicha actuación irresponsable le deslegitimaría hasta el punto de la devaluación de éste. Es más, entrando en otro tipo de cuestiones referentes a la moralidad más allá del carácter formal, el docente tiene el deber moral de transmitir respeto y ejemplaridad: aunque se tenga el derecho y la capacidad de aplicar medidas severas gracias a tu poder legítimo, el deber es no hacerlo desproporcionadamente.

Como podemos ver, la figura del docente es clave en nuestra sociedad, puesto que un aula se parece más a ésta de lo que podemos pensar en primera instancia. El ejemplo y el respeto que ha de transmitir el docente es crucial en muchos aspectos, no sólo en la formación académica de los alumnos sino en su formación social, civil y personal.

1.4. Otras cuestiones misceláneas

A grandes rasgos, los puntos comentados en los dos apartados anteriores son las principales funcionalidades que un docente debería, a juicio personal, cumplir; una más relacionada con el conocimiento, otra con el ejemplo y el desarrollo personal. En la actualidad, con los recientes cambios que ha sufrido el mundo en general y España en particular, los docentes se enfrentan a situaciones que hasta entonces se consideraban residuales.

Hemos comentado que el docente es alguien que debe de predicar con el ejemplo, que merece ser admirado y respetado. La cuestión es que, con el cambio en los prototipos familiares de los últimos tiempos, el papel del docente como garante del aprendizaje de ciertas actitudes, anteriormente atribuibles a la familia, se ha tornado más relevante que antaño. Teniendo en cuenta la presente tesitura que se plantea, la cooperación entre las familias y el profesorado de los centros de secundaria es fundamental. El seguimiento por parte de los progenitores de las conductas educativas de sus hijos es especialmente relevante, teniendo en cuenta que un seguimiento no implica intromisión en la labor docente. Uno de los intermediarios en esta labor la realiza el profesorado tutor mediante la acción tutorial, que son la garantía del buen desarrollo del alumnado de un cierto grupo, ya que se encargan de coordinar las acciones de cada uno de los docentes o mantener al tanto la colaboración con la Orientación del centro, además de otros agentes externos (Anguita López, 2020).

Programación docente

2.1. Introducción y contextualización

Es conveniente comenzar esta exposición definiendo qué entendemos por *Programación Didáctica* (PD). En términos generales, podemos definirla como la planificación del proceso de enseñanza de manera continua y eficaz, además de verificar y evaluar la eficacia de dichos procesos en cada una de las distintas etapas educativas. Esta planificación es vital para conseguir una enseñanza de calidad al tratarse de un proceso el cual coordina cuáles serán los fines de la propia educación que recibirán los alumnos y los medios que el docente pondrá para ello. Por lo tanto, será útil dado el caso para liberar a este último de indecisiones, además de poder adaptarse a los factores que intervienen en todo el proceso, maximizando el rendimiento de este en pos del verdadero último objetivo: proporcionar una enseñanza de óptima calidad. La cuestión nuclear de una programación atañe a las partículas interrogativas básicas; a saber, *qué enseñar, cómo y cuándo hacerlo, y de qué manera evaluar*. Dada esta situación, se puede deducir que se debe seguir una cierta estructura lógica y coherente que cohesionen todos estos puntos vitales en un único documento de manera clara y concisa. Así pues, podemos concluir que, a la vista de la deducción lógica seguida, las principales características de la programación didáctica son que ha de ser abierta, dinámica y flexible.

Teniendo en cuenta lo expuesto arriba, se ha optado por realizar una programación perteneciente al segundo curso de Bachillerato. Este curso es esencial en la carrera de cualquier estudiante puesto que es la antesala de la enseñanza universitaria. Se cree conveniente que la planificación de todos los procesos de enseñanza-aprendizaje debe de estar medida al milímetro para conseguir todos los objetivos marcados por la legislación, amén de mejorar al desarrollo de los estudiantes *per*

se y las habilidades de cara a un futuro universitario o laboral. En el caso concreto de la Física, se proporciona un paseo somero por todas las disciplinas del campo de estudio, proporcionando una base esencial y sólida para, en primer estadio, las pruebas de acceso a la universidad y, por consiguiente, los primeros cursos universitarios de estudios científico-técnicos.

A la hora de realizar la programación hemos de tener en cuenta la situación del centro y el grupo al que va dirigida. En nuestro caso, el centro se encuadra en una localidad al norte de la provincia de Córdoba, en una zona en el que el nivel socioeconómico es medio y que recibe numerosos alumnos de localidades colindantes. El centro cuenta con los espacios necesarios para el completo desarrollo del alumnado al igual que los recursos disponibles en la localidad de manera accesible, tanto en proximidad como en disponibilidad. En el caso que nos encuadra, podríamos destacar el laboratorio de Física y la biblioteca del centro. En dicho centro se imparten cursos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, al igual que Ciclos Formativos de Formación Profesional Básica, Media y Superior. La cuantía de aulas disponibles es adecuada para la cantidad de alumnos que alberga y, en el contexto actual, desdobles debidos a la situación sanitaria. Si tenemos en cuenta al alumnado, vemos que hay diversidad cultural en todos los aspectos, siendo relevante el hecho señalado anteriormente sobre la localidad de procedencia de éstos, además de alumnos con necesidades educativas especiales. En el grupo-clase en el que nos centramos, hay un total de cuatro alumnos con altas capacidades intelectuales.

Este documento no deja de ser un paso que se encuadra entre la pedagogía pura y la propia acción del docente. Para planificar el proceso es necesario recurrir al currículo, que regula todos los elementos de enseñanza y aprendizaje en las distintas etapas educativas. Con el objetivo de buscar una mejor organización y planificación de estos procesos, se establecen unos niveles de concreción para poder adaptar de una mejor manera los contenidos a los casos específicos dentro del aula en cuestión. Desde el punto de vista del profesorado, éste tiene su relevancia en el Proyecto Educativo y en la Programación Didáctica. Es obvio que no se tratan de los primeros niveles puesto que debe de haber una norma en un apartado superior que ampare todos estos documentos. Es así como el *primer* nivel correspondería a aquello definido por la Administración en forma de Ley Orgánica, Ley Autonómica o Decretos entre otros formalismos estatales o autonómicos. En *segunda* instancia vendría el mencionado previamente Proyecto Educativo, ya a nivel de centro donde se vienen a concretar ciertos aspectos generales del nivel anterior. En un *tercer* escalón contextualizamos este documento, la Programación Didáctica, la cual sigue las líneas generales marcadas en el Proyecto Educativo. Por último, en *cuarto* nivel, tenemos las distintas Programaciones de Aula en un

ambiente específico según el grupo en cuestión.

Visto todo lo anterior, cabe preguntarse qué norma nos ampara para la realización de esta. En un nivel estatal encontramos regidos legislativamente por la LOMCE (Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa) y por la LEA (Ley de Educación de Andalucía) a nivel autonómico. Más concretamente, las leyes y decretos en cuestión vendrían a ser los que siguen:

- Ley Orgánica, 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), BOE nº 295, 10/12/2013.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Ley 17/2007, de 10 de diciembre, Ley de Educación de Andalucía (LEA), que regula el sistema educativo en la Comunidad de Andalucía.
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.
- Decreto 110/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía(consolidado 17/11/2020).
- Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado (BOJA de 18/01/2021).

2.2. Objetivos

El término *objetivo* en la lengua española es sinónimo de *fin*, *intento*; a saber, aquello que queremos alcanzar al concluir un determinado proceso. En el ámbito que nos atañe, nos referimos al conjunto que involucra todo aquello que queremos que el alumnado adquiera al concluir el proceso de aprendizaje. Es por ello tarea del profesor programar y planificar previamente las experiencias necesarias para conseguir tal fin. Dichos objetivos se deben de adaptar al contexto del alumnado y a su realidad, además de ser precisos, explícitos y evaluables.

2.2.1. Objetivos generales de etapa

Estos objetivos generales de Bachillerato están amparados en el Real Decreto 1105/2014 y en el Decreto 110/2016, siendo en este último decreto donde se especifican los relativos a la Comunidad Autónoma andaluza. Entre ellos, se destacan los siguientes:

- a) Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución Española, así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.
- j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- k) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
- a) Profundizar en el conocimiento y el aprecio de las peculiaridades de la modalidad lingüística andaluza en todas sus variedades. (específico de Andalucía).

2.2.2. Objetivos generales del área de Física y Química

Podemos encontrar estos objetivos generales correspondientes al área de Física y Química para Bachillerato dentro de la Orden de 15 de enero de 2021. Una selección de ellos podría ser:

1. Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Física y de la Química, que les permita tener una visión global y una formación científica básica para desarrollar posteriormente estudios más específicos.
3. Analizar y comparar hipótesis y teorías contrapuestas, a fin de desarrollar un pensamiento crítico, así como valorar sus aportaciones al desarrollo de estas Ciencias.
4. Utilizar destrezas investigadoras, tanto documentales como experimentales, con cierta autonomía, reconociendo el carácter de la Ciencia como proceso cambiante y dinámico.

7. Familiarizarse con la terminología científica para poder emplearla de manera habitual al expresarse en el ámbito científico, así como para poder explicar expresiones científicas del lenguaje cotidiano y relacionar la experiencia diaria con la científica.

2.2.3. Objetivos específicos de Física

A partir de los bloques de contenidos establecidos en la Orden del 15 de enero de 2021 y de los estándares de aprendizaje evaluables recogidos en este caso en el Real Decreto 1105/2014, construiremos los objetivos de área específicos, en este caso sobre la materia de Física de 2º de Bachillerato. Hay una cantidad numerosa de los mismos, pero en nuestro caso destacaremos solamente algunos de ellos.

- Efectuar el análisis dimensional de las ecuaciones que relacionan las diferentes magnitudes en un proceso físico.
- Discernir entre los conceptos de fuerza y campo, estableciendo una relación entre intensidad del campo gravitatorio y la aceleración de la gravedad.
- Analizar el movimiento que realiza una carga cuando penetra en una región donde existe un campo magnético y estudiar casos prácticos concretos como los espectrómetros de masas y los aceleradores de partículas.
- Reproducir esquemáticamente el experimento de Michelson-Morley, así como los cálculos asociados sobre la velocidad de la luz, analizando las consecuencias que se derivaron.
- Asimilar las limitaciones de la física clásica al enfrentarse a determinados hechos físicos, como la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico o los espectros atómicos.

2.3. Competencias clave

El concepto *competencia* es capital en nuestro sistema educativo actual, ya que conforman el núcleo de éste. En el lenguaje cotidiano, una persona se dice que es competente si tiene una serie de aptitudes y destrezas que le permiten intervenir de manera idónea en un ámbito determinado. Llevándola al ámbito educativo, podemos definir una competencia como un conjunto de estrategias y actitudes llevadas a cabo en un contexto determinado que el alumnado de una cierta etapa

educativa debe alcanzar al finalizar la misma. Todo ello les permitirá alcanzar el pleno desarrollo personal amén de la integración social y ciudadana. De esta manera, las *competencias clave* pueden concretarse como el conjunto de aprendizajes, habilidades y actitudes de todo tipo y, adquiridos en diversos contextos, que son aplicados en diferentes situaciones de la vida real y académica. Las competencias clave se encuadran dentro del Real Decreto 1105/2014 y son las siguientes:

- Competencia de comunicación lingüística (CCL). Hace referencia al dominio de destrezas comunicativas en diferentes registros, con capacidad de comprensión crítica.
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT). Podemos encontrarlas con las destrezas relacionadas con la iniciativa científica, con el desarrollo de espíritu de investigación y con el uso de los números como lenguaje en diversos soportes.
- Competencia digital (CD). Incorpora el dominio de las nuevas tecnologías, la seguridad en la red y la valoración crítica de su impacto en la sociedad.
- Competencia de aprender a aprender (CAA). Hace referencia a todas aquellas habilidades relacionadas con el tratamiento de textos, realización de esquemas, capacidades de resumen y valoración del aprendizaje como herramienta social.
- Competencia social y cívica (CSC). Esta competencia está relacionada con los conocimientos de las instituciones, el desarrollo de valores críticos y la adquisición de destrezas de análisis social utilizando diferentes medios y soportes.
- Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP). Esta competencia es capital en la LOM-CE y aglutina elementos de desarrollo de la autonomía personal, conocimientos del mundo económico y valoración del entorno social y empresarial.
- Conciencia y expresiones culturales (CEC). Con esta competencia se engloban conocimientos sobre la cultura propia y ajena, el respeto por las diferencias y la valoración de la interculturalidad en nuestra sociedad.

La cuestión es, ¿cómo plasmamos todo esto en la materia de Física? Como docentes, hemos de saber diseñar actividades y procesos de aprendizaje que permitan una adquisición eficaz de estas competencias presentadas arriba. Cuando estamos tratando con un proceso de aprendizaje basado en competencias, se ha de tener en cuenta que éste se caracteriza por su transversalidad, su dinamismo y su carácter integral. Es por ello por lo que el proceso de enseñanza-aprendizaje competencial

debe abordarse desde todas las áreas de conocimiento. Un ejemplo concreto de una actividad relacionada con la Física que en el que ilustren las siete competencias podría ser el siguiente:

Realizar una búsqueda webgráfica autónoma (CD, SIEP) sobre el contexto histórico del inicio del siglo XX en Alemania (CEC, CSC) y relaciónela con el origen de la Física Cuántica (CMCT, CAA), exponiendo estos puntos en una presentación con diapositivas (CCL).

2.4. Metodología

En el campo de la didáctica, podemos definir la *metodología* como el conjunto de criterios y decisiones que son utilizadas para organizar la acción didáctica que se lleva a cabo en el aula. Todo ello involucra a aspectos como los medios, los recursos disponibles o los tipos de actividades. La metodología viene planificada de antemano por el propio profesorado teniendo en cuenta los distintos elementos del currículo, siendo consciente de los mismos y, sobre todo, personalizando estos elementos a las distintas circunstancias y particularidades educativas que pueda suscitar un determinado grupo de alumnos. Esto es vital porque hay situaciones que, dadas una tipología de aula u otra, la manera de actuar por parte del docente es radicalmente distinta. Al aplicar una determinada metodología se pretende que se adquieran de manera significativa las distintas competencias y se asimilen los conceptos fundamentales mediante la diversificación de técnicas y actividades además de fomentar un ambiente que permita un desarrollo intelectual eficaz. Es por este motivo por el que la participación e interacción por parte del alumnado sea capital en este aspecto.

Es claro pensar que la adaptación de ciertas metodologías docentes depende de la situación específica del aula en cuestión, como bien hemos ilustrado anteriormente. No es para menos: pensar que una única manera de plantear las cuestiones en el aula puede llevar a un grupo a la consecución de los objetivos propuestos es un acto negligente e irresponsable por parte del docente. Adaptando en conjunto ciertos principios metodológicos, como el aprendizaje personalizado o la continuidad en los contenidos, de manera flexible y adecuándose a los distintos ritmos es la manera, a mi parecer, más adecuada de trabajar en el ámbito docente. Para las distintas estrategias docentes que se planteen en el aula, es conveniente seguir una doctrina constructivista en lo máximo posible, aunque en ciertos momentos la explicación teórica guiada por el docente es indispensable. Con esto queremos decir que, aunque el docente transmita conocimiento y en ciertos momentos los alumnos puedan considerarse agentes pasivos en la transmisión de éste, se primará que éstos tomen protagonismo y sean ellos quienes construyan los nuevos a partir de los conocimientos previos sobre la

materia. Está claro que en la materia en la que nos encontramos es fundamental tener la guía del docente debido a la gran carga teórica y conceptual de los contenidos de la materia, especialmente aquellos que requieren de una capacidad de abstracción mayor de lo usual. Un ejemplo claro es el propio concepto de *campo vectorial*, esencial en la cuestión que nos atañe.

Se ha de tener en cuenta que en este curso tienen lugar las pruebas de acceso a la universidad. No se debería de tener esto como núcleo del proceso de enseñanza/aprendizaje, puesto que puede ser incluso contraproducente para el propio alumnado. Con esto no queremos decir que se haya de perder el objetivo de llegar a la prueba con garantías de éxito, sino que debe de ser un paso más (el final) en el camino que se lleva a cabo durante todo el curso académico. En otras palabras, el curso de Física no debería de ser un curso preparatorio de un examen concreto, con unos contenidos reducidos con respecto a la propia legislación; debe de ser un curso de preparación a la universidad, con contenidos generales de Física y que lleve al alumnado a conseguir cierta madurez mental, racional e intelectual. Esto se verá por tanto reflejado en la metodología que se llevará a cabo.

En el Bachillerato se empieza a dar autonomía a los alumnos para que sean ellos quienes por su cuenta empiecen a indagar y estudiar. De esta manera, además de lo expuesto en el párrafo anterior, se estimula tanto la reflexión propia como el pensamiento crítico y racional. Es en esta situación donde competencias clave como el espíritu emprendedor y la iniciativa personal florecen, aunque a priori no tengan relación con nuestra materia. La lectura de artículos y textos por cuenta propia, la investigación a la hora de esclarecer conceptos y problemas no son sino manifestaciones de la iniciativa personal. Si como docentes fuéremos capaces de motivar al alumnado para la mejora de estas capacidades individuales relacionadas con la iniciativa personal, de manera inmediata nacerá una red de intereses comunes entre el propio alumnado, es decir, ellos mismos serían capaces de adquirir habilidades grupales como el trabajo colaborativo, ya que podrían beneficiarse mutuamente de estas cualidades individuales.

En el caso concreto de la Física, se ha mencionado el hecho de que la carga conceptual tanto física como matemática es muy grande y abstracta. Por esta razón se han de marcar las pautas de manera muy clara metodológicamente. En primer lugar, se deben de introducir los conceptos teóricos para que, en segundo lugar, se utilicen ya sea para resolver problemas como para reflexionar sobre los mismos. Finalmente, la culminación del proceso se vería plasmada en la experimentación y confirmación de las hipótesis alcanzadas a través de afirmaciones lógicas, deductivas o inductivas, haciendo hincapié en las conclusiones que se alcanzan y cómo conectan con los conceptos para darles forma. Hoy en día contamos con la gran ayuda de los recursos computacionales para

poder llevar a cabo estos experimentos, en el caso de que no se pudieran realizar físicamente en el laboratorio. Un acercamiento a la introducción de los temas sería histórico, ya que mediante ellos podemos saber el porqué de éstos, la necesidad de la época y las herramientas, teóricas o experimentales, que tenían para la consecución de éstos. De esta manera también se tendría en cuenta la interdisciplinariedad ya que, además de aprender cultura general de las ciencias, se haría uso de contenidos relacionados con la Historia y la Filosofía.

2.5. Contenidos

En los modelos educativos actuales, el objetivo fundamental es que los alumnos adquieran conocimientos y desarrollen sus capacidades. Para ello tenemos los contenidos, que son simplemente los medios y herramientas que tenemos disponibles para que se puedan alcanzar los objetivos propuestos a distintas escalas. La forma de establecer los contenidos es simple: cualquier aspecto de la realidad social y cultural que sea relevante de ser enseñado puede ser considerado un objetivo. La división de los mismos se suele hacer en tres grandes bloques: *conceptuales* (hechos, conceptos y principios), *procedimentales* (herramientas mediante las cuales se construye el conocimiento) y *actitudinales* (conjunto de valores y comportamientos).

2.5.1. Bloques de contenidos

Para el caso que nos atañe, los bloques de contenidos correspondientes a la materia de Física de 2º de Bachillerato vienen amparados por el Real Decreto 1105/2014 y por la Orden del 15 de enero de 2021. Son un total de seis bloques estructurados de la siguiente manera:

- Bloque 1. La actividad científica.
- Bloque 2. Interacción gravitatoria.
- Bloque 3. Interacción electromagnética.
- Bloque 4. Ondas.
- Bloque 5. Óptica Geométrica.
- Bloque 6. Física del siglo XX.

2.5.2. Selección, secuenciación y temporalización de contenidos en temas. Elaboración de Unidades Didácticas

Los contenidos que se encuadran dentro de los bloques anteriores se van a organizar en un total de doce unidades didácticas (UDs). Para ello tendremos en cuenta cuestiones y temas de relevancia que tienen similitud entre ellos. Las UDs que se han seleccionado para la materia de Física las presentamos en el cuadro que sigue. Nótese que la numeración que vamos a usar en el mismo corresponde a la misma que encontramos en el cuadro de las páginas 318-323 de la Orden de 15 de enero de 2021, donde se desglosan los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables. De igual manera, incluimos la temporalización, que consiste en secuenciar los contenidos en términos temporales. Hemos de tener en cuenta que en 2º de Bachillerato hay un total de unas 30 semanas útiles y la asignatura de Física cuenta con 4 horas lectivas semanales. Esto hace un total de unas 120 sesiones durante el curso académico. Así pues, tenemos lo siguiente:

Contenidos	Criterios de Evaluación	Estándares de aprendizaje
Bloque 1. La actividad científica (4 sesiones)		
UD 1. <i>¿Qué es la Física?</i> (CAA, CMCT, CD) (4 sesiones - 1ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se realiza una introducción a la Epistemología y cuestiones generales relacionadas con la Ciencia en sí.		
Estrategias propias de la actividad científica. Tecnologías de la información y comunicación.	1, 2.	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.
Bloque 2. Interacción gravitatoria (16 sesiones)		
UD 2. <i>Planetas, ¿por qué se mueven?</i> (CCL, CMCT, CAA) (12 sesiones - 1ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se introduce el concepto de campo gravitatorio, además de realizar un primer acercamiento al cálculo vectorial y su aplicación en Física.		
Campo gravitatorio. Campos de fuerza conservativos. Intensidad del campo gravitatorio. Potencial gravitatorio	1, 2, 3, 4.	1.1, 1.2, 2.1, 3.1, 4.1.
UD 3. <i>Satélites, ¿cómo se mueven?</i> (CMCT, CAA, CCL, CSC, CEC) (4 sesiones - 1ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se justifican los movimientos de cuerpos con masa en el seno de campos gravitatorios, además de tratar con las distintas órbitas de estos en función de su energía.		
Relación entre energía y movimiento orbital. Caos determinista.	5, 6, 7.	5.1, 5.2, 6.1, 7.1.

Tabla 2.1: Bloques de contenidos y unidades didácticas de la materia de Física de 2º de Bachillerato (parte I). Fuente: elaboración propia.

Bloque 3. Interacción electromagnética (40 sesiones)		
UD 4. <i>El mundo visto por una carga. Una breve introducción</i> (CMCT, CAA, CCL, CSC) (16 sesiones - 1ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se introduce el concepto de campo electrostático, así como numerosos conceptos relacionados con el mismo, además de introducir el teorema de Gauss.		
Campo eléctrico. Intensidad de campo. Potencial eléctrico. Flujo eléctrico y Ley de Gauss. Aplicaciones.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.	1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 4.1, 4.2, 5.1, 6.1, 7.1.
UD 5. <i>Imanes, ¿a qué se pegan?</i> (CMCT, CAA, CEC, CSC, CCL) (12 sesiones - 2ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se introduce el campo magnético y se justifica por qué no es conservativo, así como numerosos cálculos relativos a distintas configuraciones que crean dicho campo.		
Campo magnético. Efecto de los campos magnéticos sobre cargas en movimiento. El campo magnético como campo no conservativo. Campo creado por distintos elementos de corriente. Ley de Ampère.	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.	8.1, 9.1, 10.1, 10.2, 10.3, 11.1, 12.1, 12.2, 13.1, 14.1, 15.1.
UD 6. <i>Magneto, Electro y la Inducción Electromagnética</i> (CMCT, CAA, CSC, CEC) (12 sesiones - 2ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se relacionan los conceptos de campo eléctrico y magnético, además de tratar con el concepto de flujo de un campo vectorial.		
Inducción electromagnética. Flujo magnético. Leyes de Faraday-Henry y Lenz. Fuerza electromotriz.	16, 17, 18.	16.1, 16.2, 17.1, 18.1, 18.2.
Bloque 4. Ondas (20 sesiones)		
UD 7. <i>¿Es una onda! Conceptos básicos</i> (CMCT, CAA, CSC, CCL, CEC) (12 sesiones - 2ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se introduce el movimiento ondulatorio, se clasifican dichos movimientos de acuerdo con distintas clasificaciones y se tratan ciertos fenómenos que le ocurren a las ondas. También se analiza el sonido como onda y diversas aplicaciones tecnológicas del mismo.		
Clasificación y magnitudes que las caracterizan. Ecuación de las ondas armónicas. Energía e intensidad. Ondas transversales en una cuerda. Fenómenos ondulatorios: interferencia y difracción, reflexión y refracción. Efecto Doppler. Ondas longitudinales. El sonido. Energía e intensidad de las ondas sonoras. Contaminación acústica. Aplicaciones tecnológicas del sonido.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.	1.1, 2.1, 2.2, 3.1, 4.1, 5.1, 5.2, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 11.1, 12.1, 12.2, 13.1.
UD 8. <i>Let there be light. Introducción a la Óptica Física</i> (CMCT, CAA, CCL, CSC) (8 sesiones - 2ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se realiza una introducción a la luz como onda electromagnética y se estudian numerosos fenómenos que tienen lugar cuando la analizamos. Se hace un breve comentario sobre ciertas tecnologías usadas actualmente y a ciertas propiedades como la polarización de la luz.		

Tabla 2.2: Bloques de contenidos y unidades didácticas de la materia de Física de 2º de Bachillerato (parte II). Fuente: elaboración propia.

Ondas electromagnéticas. Naturaleza y propiedades de las ondas electromagnéticas. El espectro electromagnético. Dispersión. El color. Transmisión de la comunicación.	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.	14.1, 14.2, 15.1, 15.2, 16.1, 17.1, 18.1, 18.2, 19.1, 19.2, 19.3, 20.1.
Bloque 5. Óptica Geométrica (8 sesiones)		
UD 9. <i>La Física de lentes y espejos</i> (CCL, CMCT, CAA, CSC, CEC) (8 sesiones - 3ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se trata la luz desde un punto de vista distinto, como rayo luminoso, para poder aplicarse en determinados sistemas ópticos que tienen su aplicación directa en la vida diaria.		
Leyes de la óptica geométrica. Sistemas ópticos: lentes y espejos. El ojo humano. Defectos visuales. Aplicaciones tecnológicas: instrumentos ópticos y la fibra óptica.	1, 2, 3, 4.	1.1, 2.1, 2.2, 3.1, 4.1, 4.2.
Bloque 6. Física del siglo XX (24 sesiones)		
UD 10. <i>Brevísima introducción a la Física de lo rápido</i> (CEC, SIEP, CCL, CSC, CMCT, CAA) (4 sesiones - 3ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se introduce de manera muy somera la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein y se tratan cuestiones generales como las transformaciones de Lorentz, la contracción espacial y dilatación temporal o la energía relativista.		
Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad. Energía relativista. Energía total y energía en reposo.	1, 2, 3, 4.	1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 4.1.
UD 11. <i>La Revolución de la Física</i> (CEC, CMCT, CAA, CCL, CSC, SIEP) (10 sesiones - 3ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se presentan los orígenes de la teoría cuántica a través de sus problemas precursores, principalmente el cuerpo negro y la catástrofe ultravioleta y efecto fotoeléctrico.		
Física Cuántica. Insuficiencia de la Física Clásica. Orígenes de la Física Cuántica. Problemas precursores. Interpretación probabilística de la Física Cuántica. Aplicaciones de la Física Cuántica. El Láser.	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.	5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 10.1, 11.1, 11.2.
UD 12. <i>Brevísima introducción a la Física de lo pequeño</i> (CMCT, CAA, CSC, CCL, SIEP, CEC) (10 sesiones - 3ª Evaluación) En la presente unidad didáctica se introduce al núcleo atómico, se trabaja con sus propiedades y con las distintas reacciones nucleares que tienen lugar en la naturaleza. Posteriormente se introducen las partículas elementales.		
Física Nuclear. La radiactividad. Tipos. El núcleo atómico. Leyes de la desintegración radiactiva. Fusión y Fisión nucleares. Interacciones fundamentales de la naturaleza y partículas fundamentales. Las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y débil. Partículas fundamentales constitutivas del átomo: electrones y quarks. Historia y composición del Universo. Fronteras de la Física.	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.	12.1, 13.1, 13.2, 14.1, 14.2, 15.1, 16.1, 17.1, 18.1, 18.2, 19.1, 19.2, 20.1, 20.2, 20.2, 20.3, 21.1.

Tabla 2.3: Bloques de contenidos y unidades didácticas de la materia de Física de 2º de Bachillerato (parte III). Fuente: elaboración propia.

Vemos que se han dejado una serie de sesiones no cubiertas con respecto al total disponibles en un curso académico. Éstas pueden servir para cubrir sesiones que no se puedan dar por días festivos, no lectivos o en los que se realice otro tipo de actividades como extraescolares.



Figura 2.1: Diagrama indicando la línea temporal de la materia. Fuente: elaboración propia.

2.6. Educación en valores

En la coyuntura social y educativa actual, aquello que conocemos como *educación en valores* tiene un papel esencial, ya sea en las materias de la Educación Secundaria Obligatoria o del Bachillerato. Es por ello por lo que, en Física y Química al igual que en el resto de materias, hay que encontrar maneras de desarrollar esta educación en valores. La manera usual de tratar estas cuestiones es mediante las celebraciones nacionales o internacionales de distintas efemérides. Un ejemplo podría ser el 6 de diciembre, día en el que se celebra la promulgación de la Constitución Española de 1978. En este contexto, se podría trabajar sobre los valores democráticos, cómo se ven reflejados en la sociedad y, llevándolos al contexto de la Física, como esos valores pueden ser extrapolables a la investigación y producción científica.

Es común tratar estas cuestiones con otros departamentos. Como aquellos relacionados con la Filosofía o la Ética, para darle un significado a estas celebraciones, o aquellos de Matemáticas y Tecnología, puesto que las formas y métodos empleados, en este caso en la investigación, suelen ser similares. Aquí podemos ver que una de las principales características de este tipo de planes educativos que fomentan la educación en valores, también fomentan un trabajo coordinado entre departamentos. De esta manera, la interdisciplinariedad y transversalidad son unos factores cruciales en las actividades planteadas, siendo éstos clave en el buen desarrollo de éstas.

Otro ejemplo claro es el Plan de Lecturas y Bibliotecas. Desde un punto de vista científico, puede ayudar a integrar la divulgación científica dentro del currículo de la materia de Física. También puede usarse para indagar sobre la producción y redacción correcta de artículos científicos con el objetivo de que el alumnado adquiera competencias relacionadas con la comunicación lingüística

(en toda su extensión) por medio de temas relacionados con las ciencias. Nótese que, en este plan, es fundamental la interdisciplinariedad como venimos anunciando.

2.7. Actividades de Enseñanza/Aprendizaje

El siguiente apartado conecta directamente con el de Metodología, el cual hemos presentado previamente. Cabe preguntarse, con todos aquellos aspectos que se han comentado en mente, ¿cómo vamos a llevarlos a cabo? ¿Qué actividades se van a plantear para que los procesos metodológicos adquieran sentido? Estas preguntas las contestaremos a continuación. En la presente programación didáctica se aplicarán las estrategias docentes y actividades que siguen.

- **Actividades de motivación. Contextualización física e histórica previa a la unidad.** Tiene lugar al inicio de la unidad didáctica y consiste en un repaso del contexto histórico para contextualizar desde un punto de vista científico e histórico los contenidos que se tratarán. Sirve también para motivar al alumnado de cara al inicio de la unidad.
- **Actividades de explicitación de conocimientos previos y reestructuración de ideas. Cuestiones conceptuales previas.** Son una serie de cuestiones, en su mayoría sencillas y de carácter conceptual y teórico, cuya utilidad radica en el hecho de repasar los contenidos de otros cursos de cara al inicio de la unidad didáctica. Sirve también para nivelar los conceptos previos de los distintos alumnos para poder abordar la unidad con un nivel base más o menos común al conjunto.
- **Actividades de desarrollo y aplicación durante la unidad didáctica.** Se utilizarán durante el transcurso de la unidad para adquirir las competencias que se pretenden trabajar además de asimilar los contenidos que se verán a lo largo de la propia unidad.
- **Problemas de apoyo y recuperación.** Los alumnos a los que van dirigidas son aquellos que han presentado dificultades a la hora de asimilar los conceptos durante la unidad didáctica, han de recuperar partes no superadas de la materia o alumnos que precisan apoyo educativo. Son fundamentales para que todo el alumnado supere la unidad didáctica y se atienda eficazmente a la diversidad del aula.
- **Problemas y cuestiones de acceso a la universidad.** Es esencial hacer hincapié en este tipo de problemas puesto que los alumnos se enfrentarán a la prueba de acceso a la universidad

al finalizar el curso. Con ellos se pretende familiarizar al alumnado con el tipo de cuestiones que suelen plantear con ejercicios de años anteriores.

- **Actividades de ampliación, investigación y profundización.** Serán actividades propuestas para que los alumnos investiguen sobre ciertos temas planteados de manera autónoma. Para ello se usarán distintas fuentes de información bibliográficas como libros y referencias proporcionadas por el docente o páginas web de interés.

2.8. Recursos didácticos

Los *recursos didácticos* son todo aquel conjunto de medios materiales disponibles en un contexto determinado que permiten a los docentes llevar a cabo la metodología propuesta. Es por ello por lo que hemos de ser realistas y adaptarnos a la situación determinada tanto del centro como del grupo clase elegido. En nuestro caso, para el curso que presentamos de 2º de Bachillerato de Física, tendremos en cuenta los siguientes recursos:

- Para poder llevar a cabo las sesiones tanto teóricas y conceptuales como de problemas, el docente proporcionará las notas teóricas necesarias al igual que el boletín de problemas correspondiente a cada unidad didáctica. Es de suma importancia que el docente realice una revisión bibliográfica para la elaboración de las notas de teoría, para así ofrecer un contenido reflexionado a partir de distintos puntos de vista, más completo y de mejor calidad. También ha de proporcionarle al alumnado unas referencias bibliográficas relacionadas con cada unidad que concreten algunos contenidos.
- En las aulas del centro en cuestión tenemos tanto pizarra de tiza como proyector para la realización de las sesiones. Mediante el uso del proyector podemos presentar gráficas que complementen las explicaciones teóricas, simulaciones para mostrar ciertos contenidos e incluso recursos audiovisuales desde ciertas plataformas web, como PhET de la Universidad de Colorado.
- El centro en cuestión dispone de laboratorio de Física donde, de hecho, se suelen impartir las sesiones. En el laboratorio, y de manera física, se tienen diversos materiales para plasmar algunos de los contenidos vistos en las unidades didácticas. Podemos destacar una balanza de Cavendish, materiales relacionados con la Óptica, dioptrios y lentes, o con el Electromagnetismo, ya sean osciloscopios, bobinas o transformadores.

- En el centro se tienen salas de ordenadores donde se pueden usar los distintos recursos TIC, ya sean los propios ordenadores, placas de Arduino que se pueden programar para realizar actividades en relación con la Física.

2.9. Evaluación

Con la *evaluación* valoramos cómo ha ido el proceso de enseñanza-aprendizaje a lo largo del curso académico. Es relevante recalcar que no solamente es esto, sino que está integrada en la propia actividad educativa con un objetivo de mejorar de manera continua dando información constante sobre el propio proceso, ajustándose al éste y a los distintos factores individuales. De esta manera, puede realizarse una *metaevaluación*: un proceso que evalúe si el proceso de evaluación está permitiendo obtener los datos que se buscaban en un principio. En el caso de que queramos evaluar los objetivos y contenidos hemos de formular unos criterios medibles que permitan recabar esta información de manera eficaz durante el proceso mismo de enseñanza- aprendizaje. Los momentos relevantes del proceso de evaluación son los siguientes:

- **Evaluación inicial.** Su finalidad es diagnóstica y se realiza al inicio del curso académico (o bien de cada unidad didáctica) y tiene como objetivo analizar el punto de partida del alumnado al principio del proceso de enseñanza-aprendizaje para poder adaptarlo al mismo.
- **Evaluación continua.** La utilidad fundamental es la de orientar y regular el proceso de enseñanza, por lo que se realiza durante el mismo. Con ella se obtiene información útil tanto para el alumnado como para el profesorado, por lo que se puede utilizar para detectar ciertos problemas o anomalías y corregirlas. Es decir, sirve tanto para evaluar como para mejorar.
- **Evaluación final.** Tiene lugar al término de una fase de aprendizaje, por lo que se puede considerar como sumativa. Tiene como principal finalidad ver el grado de consecución de los objetivos y competencias por parte del alumnado. Las fases de aprendizaje pueden ser finales o parciales, a saber, al término de un curso académico o simplemente de una cierta unidad didáctica.

2.9.1. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación vienen especificados en el Real Decreto 1105/2014 y en la Orden del 15 de enero de 2021. En la Tabla 2.1, 2.2 y 2.3, mostrada previamente, se especifican los distintos

criterios de evaluación correspondientes a las distintas unidades didácticas. Como ejemplo, podemos usar la unidad didáctica que estamos tratando en este documento, correspondiente al *Campo y potencial gravitatorio*.

- Relacionar el campo gravitatorio a la existencia de masa y caracterizarlo por la intensidad de campo y el potencial.
- Verificar el carácter conservativo del campo gravitatorio teniendo en cuenta la relación existente con una fuerza central y caracterizarlo mediante una función potencial.
- Cuantificar las variaciones de energía potencial y su signo en función del origen de coordenadas elegido.

2.9.2. Instrumentos de evaluación

Por medio de los llamados *instrumentos de evaluación* hacemos una evaluación del proceso completo de enseñanza-aprendizaje del alumnado, aunque también de la propia labor docente. Para una correcta evaluación de la materia, se usarán rúbricas que nos permitan garantizar la objetividad del proceso de evaluación. Los instrumentos que vamos a emplear en esta programación para Física de 2º de Bachillerato son los que siguen:

- **Evaluación con pruebas escritas.** Se realizarán al término de cada unidad didáctica y contarán con cuestiones teóricas y prácticas, ya sean por medio de ejercicios de reflexión o problemas. El modelo seguido se asemeja al de la prueba de acceso a la universidad: cuatro preguntas subdivididas en dos partes cada una, siendo las dos primeras teóricas (desarrollo o cuestiones) y las dos segundas problemas y cuestiones relacionadas con los mismos. El peso de la nota es del 70 %.
- **Evaluación de prácticas y simulaciones.** Como se mencionó previamente en el apartado de metodología, al final de cada unidad didáctica se realizará una breve simulación o experiencia en el laboratorio para clarificar los conceptos. En función de cada unidad, se pedirá un breve informe con algunas cuestiones relativas a las propias experiencias. También se tendrá en cuenta la participación y actitud durante las mismas. El porcentaje sobre el total es del 20 %.
- **Participación, actitud y comportamiento en clase.** En cada unidad didáctica se tendrá en cuenta la participación del alumnado en clase; la actitud hacia la materia, resto de compañeros y profesor y el comportamiento en el aula. El peso sobre la nota viene a ser el restante 10 %.

Hemos de tener en cuenta que las calificaciones de cada uno de los instrumentos se darán por cada unidad didáctica y sobre 10 en el caso de las pruebas escritas y las prácticas, mientras que el 10 % restante se dará al final de cada evaluación igualmente ponderado sobre 10. Se establece que para superar una unidad didáctica se ha de obtener una calificación mínima de 4 sobre 10 en la prueba escrita, debido al peso que tiene la misma durante el curso y en las pruebas de acceso a la universidad. La calificación obtenida en cada una de las evaluaciones será la media aritmética de las obtenidas en las unidades didácticas, mientras que, en el caso de la evaluación final, la media aritmética de las tres evaluaciones. Al no haber cifras decimales en los boletines de notas, la calificación se redondeará al número natural más cercano.

2.9.3. Criterios de recuperación

En este caso, podemos encontrarnos con dos situaciones bien diferenciadas.

- **Alumnos del curso actual que no han alcanzado los objetivos de las unidades didácticas.**

En este caso, se realizará una prueba escrita al final de cada una de las unidades didácticas o al final de la evaluación sobre las unidades didácticas no superadas. Dichas pruebas serán similares al resto de las realizadas durante el curso académico y su valoración en la calificación será del 100 % por cada una de las unidades didácticas.

- **Alumnos del curso actual que no han superado los objetivos de los cursos anteriores.**

El alumnado que se vea afectado por esta situación deberá de volver a matricularse en la materia del curso anterior realizando una prueba de recuperación diseñada y consensuada por el conjunto del departamento de Física y Química. El valor de la prueba en la calificación final es nuevamente del 100 %.

2.10. AANEAE

Para poder dar respuesta a las necesidades de todo el alumnado, hemos de tener en cuenta las medidas de atención a la diversidad para alumnado con necesidades especiales de apoyo educativo (NEAE). En el caso de Bachillerato, hay mayor límite que en el de Enseñanza Secundaria Obligatoria, al tratarse de estudios no obligatorios. En esta etapa, se pueden realizar actividades de recuperación y de evaluación de materias pendientes para todo el alumnado que así lo requiera.

Es más, atendiendo al Decreto 110/2016, para el alumnado con NEAE podemos adaptar de forma no significativa determinados elementos de currículo, así como eximir a dicho alumnado de ciertas materias (Educación Física y Segunda Lengua Extranjera) o fraccionamiento del currículo para realizar el Bachillerato en más años. Para el caso de altas capacidades intelectuales, se pueden llevar a cabo programas de enriquecimiento o flexibilización de la etapa.

En cualquier caso, hemos de tener en cuenta la atención al conjunto del alumnado y tener en cuenta la gran variedad de contextos y situaciones a la que se pueden enfrentar. Es por ello por lo que individualizar los procesos de enseñanza-aprendizaje es un deber del profesorado en consonancia con el departamento de Orientación.

En el caso concreto en el que nos encontramos, se ha mencionado previamente que en el grupo hay un total de cuatro alumnos con altas capacidades intelectuales. Si lo requieren, pueden ofrecerse una serie de actividades y contenidos de ampliación con mayor complejidad dentro de la unidad didáctica. También se podrían ofrecer una serie de temas propuestos por el docente y que sean los propios alumnos quienes decidan en cuáles de ellas quieren trabajar y con qué profundidad deciden hacerlo. Esto se conoce como *enriquecimiento aleatorio*, y no tiene de por sí un control estricto sino un carácter puramente motivante. El docente proporcionaría todos los medios disponibles para que sean los propios alumnos quienes investiguen y profundicen con total libertad. Otro método más tradicional sería el *enriquecimiento* tal cual. El docente proporcionaría los temas de teoría con apéndices más avanzados sobre ciertas cuestiones, ya sean de carácter conceptual físico o con mayor complejidad y rigor matemático. Si llevamos esto a la unidad didáctica que estamos tratando, el primer paso consistiría en introducir distribuciones continuas de masa, que tienen una complejidad matemática mayor; profundizar en el cálculo vectorial asociado a la unidad y empezar a tratar con el *problema de los dos cuerpos* o *problema de Kepler* de manera más rigurosa introduciendo el concepto de centro de masa. Otra opción, en conjunción con el departamento de Informática, podría pasar por una mejora en las aptitudes en relación con la programación científica y las simulaciones numéricas llevadas a cabo para resolver problemas relacionados con la unidad didáctica y el campo gravitatorio.

Unidad didáctica: *Planetas, ¿por qué se mueven?*

3.1. Introducción

La Unidad Didáctica (UD) que presentamos a continuación versa sobre el concepto mismo de campo gravitatorio y los entes matemáticos que se pueden definir al trabajar con el mismo. La presente unidad es la primera dentro de la serie de unidades que tienen lugar dentro del curso de 2º de Bachillerato de Física: campo gravitatorio, electrostático y magnético. La unidad se ve amparada por la LOMCE, concretamente el Real Decreto 1105/2014 a nivel estatal y la Orden del 15 de enero de 2021 en el marco de la comunidad autónoma de Andalucía. Se encuadra dentro del curso de 2º de Bachillerato en la materia de Física, concretamente dentro del Bloque de Contenidos 2: Interacción gravitatoria.

El ser humano ha usado como fuente de conocimiento el cielo y las estrellas desde tiempos remotos. La mera observación de firmamento ha constituido la principal vía de información desde la Prehistoria, así como un Grecia, Roma y el mundo árabe hasta llegar el siglo XV. Es a partir de entonces cuando se formaliza el método científico, encontrando como precursor en el XIII al escolástico Roger Bacon, intentando dar una explicación formal al porqué del movimiento planetario como tal. Destacamos a precursores como Copérnico, Tycho Brahe, Kepler, Galileo y finalmente al posiblemente mayor científico de todos los tiempos, Isaac Newton. No es para menos, pues es la Mecánica Newtoniana el pilar teórico sobre el cual descansa la presente unidad.



Figura 3.1: Sir Isaac Newton (1642 - 1727). Padre fundador de la Física y de la ciencia moderna, creador de la Mecánica, la Óptica y el Cálculo Infinitesimal entre otras cuestiones. Considerado por muchos como el mayor físico, científico y genio de todos los tiempos. Fuente: MacTutor History of Mathematics Archive.

Podríamos afirmar sin temor a equivocarnos que el estudio del firmamento, de las constelaciones como tales, constituye el desarrollo mismo de la investigación científica. Aparte de estas cuestiones, en esta unidad se tratan otras de índole matemático relevantes como el concepto de campo vectorial y las funciones potenciales asociadas a campos conservativos, como el gravitatorio. Éstos son fundamentales en toda la física y se verán plasmados de igual manera en las unidades posteriores. El creador del campo como realidad física fue Faraday, un gran experimental que, aunque carecía de la habilidad matemática, tenía una intención física encomiable. Éste mismo tiene su utilidad hoy día, e incluso la gravedad de Newton sigue siendo relevante a pesar del posterior al advenimiento de la Relatividad General de Einstein. Esto se debe a que en órdenes de magnitud en los cuales nos movemos a diario funciona perfectamente, pudiéndose considerar una aproximación de la gravedad einsteniana.

En ciertos aspectos esto no es cosa menor: la gravedad newtoniana nos ha permitido llevar al hombre a la Luna y poner en órbita multitud de satélites mediante los cuales podemos comunicarnos hoy día. Por todo ello, el estudio de campo gravitatorio es esencial para, en primer lugar, comprender la Física como tal; en segundo lugar, comprender el origen del método científico, ya que gracias a problemas de esta índole se desarrolló el método como lo conocemos hoy día; en tercer lugar, para comprender el aparato matemático que subyace la teoría y que es fundamental en cualquier rama de la física; y en cuarto lugar, para sentar las bases históricas, físicas y epistemológicas de los avances que vinieron a partir del siglo XVI. Es decir, sin el estudio de la interacción gravitatoria y todo lo que supuso, es seguro que no hubiéramos tenido ningún avance científico desde entonces. Podemos decir sin temor a equivocarnos que este problema fue el precursor de lo que hoy día conocemos como Ciencia.

A la vista de la importancia de lo anterior, esta unidad didáctica pretende que el alumnado adquiera la base física y matemática necesaria sobre la gravedad de Newton, aun pudiendo discutir algunos aspectos de la de Einstein en muy menor medida. Así pues, se pretende que el alumnado sepa definir qué es un campo vectorial, cómo es la interacción gravitatoria, el carácter conservativo

de la misma, y por lo tanto la definición de ciertas funciones escalares asociadas, lo que llamamos potencial. También debe de saber realizar operaciones que involucren la conservación de la energía, ya que en el marco de la gravedad newtoniana se conserva.

Tal y como mencionamos previamente, a partir del problema de la gravitación se desarrolla toda la Física. Por lo tanto, de manera directa o indirecta, guarda relación con la todas las unidades didácticas restantes. Pero si nos restringimos a la relación estrictamente directa, podríamos decir que la más estrecha tendría lugar con la siguiente unidad didáctica, la tercera en nuestra división, que versa sobre la gravitación, es decir, sobre el movimiento cuerpos en el seno del campo gravitatorio. También guarda con todo el Bloque de Contenidos 3, relacionado con la interacción electromagnética. La interacción gravitatoria junto con la interacción electromagnética, las interacciones nucleares fuertes y débiles (que se tratarán en la última unidad didáctica de forma somera), son las cuatro interacciones fundamentales que tiene lugar en la naturaleza y que permiten explicar todos los fenómenos que suceden. La presente unidad didáctica está organizada para ser impartida en un total de 12 sesiones de 60 minutos durante la primera evaluación del curso, concretamente sobre los meses de octubre y noviembre.

3.2. Objetivos

Para poder aclarar cuáles son los objetivos que perseguimos con la presente unidad didáctica, hemos de tener en cuenta la normativa vigente, a saber, el Real Decreto 1105/2014 y la Orden del 15 de enero de 2021 de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Partiendo de los objetivos generales de Bachillerato y de los generales de la materia de Física, podemos establecer los objetivos didácticos o específicos, que parten directamente de los criterios de evaluación presentes en la Orden del 15 de enero de 2021. Así pues, los objetivos didácticos para la presente unidad didáctica son los siguientes:

- Definir fuerza y campo gravitatorios. CCL. CMCT, CAA.
- Reconocer la diferencia entre los conceptos de fuerza y campo, estableciendo una relación entre intensidad del campo gravitatorio y la aceleración de la gravedad. CMCT, CAA
- Representar el campo gravitatorio mediante las líneas de campo y las superficies de energía equipotencial. CMCT, CAA.
- Identificar en las ecuaciones el carácter conservativo del campo gravitatorio. CMCT, CAA.

- Manejar el concepto de trabajo realizado por el campo a partir de las variaciones de energía potencial. CMCT, CAA.
- Cuantificar la velocidad de escape de un cuerpo aplicando el principio de conservación de la energía mecánica. CMCT, CAA.
- Emplear la ley de conservación de la energía al movimiento orbital de diferentes cuerpos como satélites, planetas y galaxias. CCL, CMCT, CAA.
- Utilizar con éxito el principio de conservación del momento angular, aplicándolo al movimiento de cuerpos celestes. CMCT, CAA.

Notemos que las competencias que se trabajan en la plenitud de objetivos son CMCT y CAA. Esto tiene su fundamento en lo siguiente: gran parte de la unidad didáctica involucra una gran cantidad de cálculos con magnitudes vectoriales y resto de competencias no se suele trabajar en este contexto. Si tenemos en cuenta el bloque de contenidos en su conjunto, con las dos unidades didácticas que hemos secuenciado, vemos que en la parte final del bloque sí se trabajan otras competencias de otra índole. Esto se debe a que la carga de cálculo se reduce y se trabajan otros aspectos. No obstante, se pueden trabajar otras competencias más allá de las que especifica la Orden, por ejemplo, diseñando actividades que vinculen varias, como una simulación usando el ordenados, que puede involucrar la competencia digital y sentido de la iniciativa aparte de la matemática.

3.3. Contenidos

La unidad didáctica que estamos tratando toma como base los contenidos que están presentes en la Orden del 15 de enero de 2021, concretamente en el Bloque de Contenidos 2: Interacción gravitatoria para la materia de Física de 2º de Bachillerato. De esta manera, se pueden estructurar los contenidos a lo largo de esta unidad como sigue:

1. Introducción histórica.
 - 1.1. Grecia y Roma. Geocentrismo.
 - 1.2. Copérnico y Brahe. Heliocentrismo.
 - 1.3. Leyes de Kepler.

2. Ley de la Gravitación Universal.
 - 2.1. Definición y comentarios.
 - 2.2. Éxitos de la Ley de la Gravitación Universal.
 - 2.3. Masa inercial y gravitatoria.
3. Concepto de campo. Campo gravitatorio
 - 3.1. Definición matemática de campo.
 - 3.2. Campo gravitatorio.
 - 3.3. Campo gravitatorio terrestre.
4. Potencial gravitatorio.
5. Energía potencial gravitatoria.

3.4. Competencias clave en la Unidad Didáctica

Una vez vistos los contenidos que forman la presente unidad didáctica, es reseñable destacar las competencias clave que se trabajarán en ésta. Ya mencionamos en la programación cuáles eran dichas competencias, e incluso se propuso una actividad en la que se trabajaban todas de manera conjunta. Llevando esto a la unidad de manera concreta, veamos qué tenemos. Se utilizará como base la Orden del 15 de enero de 2021.

Está claro que, sobre todo en los primeros puntos de la unidad que versan sobre la introducción al problema, es necesario tener una cierta base histórica al problema. Esto permite el análisis de textos científicos e históricos, además de trabajar de forma autónoma durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Acudir a los trabajos originales de Copérnico o Newton puede ser una tarea laboriosa para la cual el alumnado no está del todo capacitado, pero con la guía del docente puede al menos aprender a realizar una búsqueda bibliográfica satisfactoria. Esto permitiría trabajar tanto la competencia de comunicación lingüística (CCL) como la iniciativa personal y el espíritu emprendedor (SIEP). Es más, si se analiza cómo trabajaban en distintas épocas históricas como la Antigua Grecia o Roma, se puede tomar conciencia de las distintas maneras y motivaciones que llevaban a aquellos protocientíficos a realizar sus hipótesis, trabajando así la conciencia y expresiones culturales (CEC).

Sin lugar a duda, el hecho de tratar con el novedoso concepto de campo vectorial, definiendo funciones que derivan de éste y modelizando matemáticamente situaciones físicas, hacen que la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT) sean fundamentales en la materia. Para ayudar a la comprensión de dichos contenidos, que suelen ser verdaderamente abstractos en ciertas ocasiones, se puede acompañar de una simulación realizada por ordenador a través de distintas páginas web (por ejemplo, PhET) o programado en lenguajes como Python, trabajando así la competencia digital (CD). Utilizar este tipo de recursos puede ser útil de igual manera para poder desarrollar el trabajo en equipo, contribuyendo a la adquisición de competencias sociales y cívicas (CSC). Claro está, que esta explicación del mundo que nos rodea puede ser chocante en un primer estadio para el alumnado, obligándole a modificar ciertos esquemas de pensamientos relacionados con la gravitación. Esto contribuye al desarrollo del pensamiento racional y lógico, la aplicación del método hipotético-deductivo y la interpretación de la realidad, lo cual ayuda a la adquisición de la competencia de aprender a aprender (CAA).

3.5. Estrategias metodológicas y actividades de enseñanza aprendizaje

Como bien hemos señalado en la programación didáctica, el taburete que forma la enseñanza de la Física descansa en tres patas: introducción de conceptos teóricos, uso de éstos para reflexionar y resolver problemas, y culminación de éste con la experimentación, física o simulada, y la confirmación de las hipótesis. Para ello, la motivación es esencial motivar al alumnado en su camino por la propia unidad didáctica, estructurando ésta de manera que se pueda seguir con facilidad, marcando los objetivos que se quieren conseguir al término de la propia unidad. De manera constructivista, se han de partir de las ideas previas del alumnado para construir sobre éstos el nuevo conocimiento y afianzar los ya existentes, facilitando la participación de éste durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. La forma más conveniente para tratar los temas es mediante una serie de actividades como expondremos a continuación, expuestas de una manera concreta que permitan desarrollar debidamente las habilidades necesarias para superar la materia. Dichas actividades se clasificarán en tres grandes bloques: actividades de iniciación, que ayudan a fijar ideas previas y motivar al alumnado; actividades de desarrollo, que tienen lugar durante la unidad didáctica y sirven para, de forma gradual, trabajar los contenidos de ésta; y finalmente, las actividades de acabado, para sintetizar los contenidos vistos en la unidad didáctica.

3.5.1. Actividades de iniciación

1. ¿Qué es un vector? ¿Qué lo caracteriza? Cítense dos magnitudes vectoriales y dos escalares. ¿Cómo podemos encontrar de manera sencilla un vector unitario a uno dado que tenga la misma dirección y sentido? Recurso: Vector Addition PhET.
2. ¿En qué consisten las Leyes de Newton? Imaginemos un cuerpo moviéndose en línea recta a velocidad constante. ¿Podemos afirmar que ninguna fuerza actúa sobre él? Recurso: Vídeo Quantum Fracture.
3. Si queremos derivar un vector respecto al tiempo (como suele ocurrir usualmente), ¿derivamos las componentes, los vectores unitarios o ambas cosas?

3.5.2. Actividades de desarrollo

4. Se ha detectado un planeta cuya distancia al Sol es aproximadamente cinco veces el radio de la órbita de la Tierra. ¿Cuánto valdrá el periodo de revolución de este planeta?
5. ¿Por qué en el movimiento planetario varía la velocidad de órbita de un planeta? ¿Qué ocurriría si la órbita fuese circular? Recurso: Gravity and Orbits PhET.
6. Si la excentricidad de la órbita de la Tierra es de 0.0167, encuéntrese la proporción entre la velocidad máxima y mínima con la que orbita.
7. Tenemos dos satélites idénticos orbitando sobre un planeta siguiendo sendas órbitas circulares coplanarias, con radios R y $4R$ y sentidos opuestos. ¿Qué relación guardan los periodos? ¿Y sus momentos angulares?
8. Sabemos que la distancia de Mercurio al Sol es de 46.5 millones de kilómetros en el perihelio y de 70.5 millones de kilómetros en el afelio. Calcúlese la velocidad en el perihelio sabiendo que en el afelio es de 39.5 km/s.
9. Explíquese, sin ecuaciones, el significado físico de la Ley de Gravitación Universal. Según ésta, la fuerza ejercida por la Tierra sobre un cuerpo es directamente proporcional a la masa de éste. Entonces, ¿por qué dos cuerpos con masas distintas cayendo desde la misma altura llegan al suelo de manera simultánea? Recurso: Gravity Force Lab PhET.
10. ¿Qué caracteriza la interacción gravitatoria entre dos masas puntuales?

11. Supongamos que se tienen dos cuerpos de masa M separados una distancia d . Si la masa se triplicase y la distancia se redujera a un tercio, ¿con qué fuerza se atraerían comparada con el caso original? Recurso: Gravity Force Lab PhET.
12. La masa de la Tierra es aproximadamente 81 veces la masa de la Luna, siendo la distancia media entre sus centros de 384000 km. ¿En qué punto entre la Tierra y la Luna encontraríamos en equilibrio un meteorito de 200 kg? ¿Qué energía potencial tendría en dicho punto? Dato: $M_L = 7.35 \cdot 10^{22}$ kg.
13. Un planeta tiene un radio que es el doble del de la Tierra, siendo su densidad igual. ¿Qué relación existirá entre el peso de un cuerpo en cada uno de los planetas?
14. Ío, un satélite de Júpiter, orbita a una distancia de 422000 km del centro planetario con un periodo de 1.77 días. Otro satélite, Europa, tiene un periodo de 3.55 días. ¿A qué distancia se encontrará de Júpiter? ¿Podríamos determinar la masa del planeta conociendo la constante de gravitación universal? Dato: $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ N·m²kg⁻².
15. La masa lunar es 0.01 veces aproximadamente la terrestre, con un radio de 0.25 veces el terrestre. Consideremos un cuerpo, cuyo peso en la Tierra es de 800 N, cayendo desde una altura de 50 metros sobre la superficie lunar. (a) Determínese la masa del cuerpo y el peso en la Luna, (b) Usando la conservación de energía, calcúlese el valor de la velocidad con la que llega a la superficie. Dato: $g = 9.8$ m/s².
16. Considérense dos bloques con masas de 5 y 1 toneladas respectivamente, separados una distancia de 10 metros. Si tenemos en cuenta que el coeficiente de rozamiento del suelo es de 0.02, ¿por qué no se mueve el segundo bloque hacia el primero?
17. Imaginemos dos masas puntuales, una con el doble de masa que la otra. ¿Se anularía el campo gravitatorio en alguno de los puntos de la línea que las une? ¿Qué implicación tendría para una masa de prueba que coloquemos en dicho punto? Recurso: Gravitational Field Lines and Equipotential Surfaces University of Louisville.
18. ¿Cuál será la distancia al centro de la Tierra de un punto donde el valor de la aceleración de la gravedad se reduce a $g/4$?
19. Calcúlese el campo y el potencial gravitatorio en el origen creado por dos masas de 1 kg situadas en los puntos del plano (0, 5) y (2, 0).

20. Se tienen cuatro masas situadas en los vértices de un cuadrado de un metro de lado cuyo centro se sitúa en el origen de coordenadas. Tres de dichas masas tienen una masa de 1 kg, mientras que la situada en el vértice superior izquierdo tiene el doble de masa. (a) Antes de realizar algún cálculo analítico, ¿hacia dónde señalará el campo gravitatorio resultante en el centro del cuadrado? (b) Compruebe el apartado anterior analíticamente. (c) Calcule el potencial gravitatorio en dicho punto.
21. Una masa puntual de 10 kg se sitúa en el origen. Calcúlese: (a) El campo y potencial en el punto $P(2, 1)$. (b) La fuerza con la que atraería a una masa de 1 kg situada en P . (c) La energía almacenada por dicha masa. (d) El trabajo realizado por la fuerza gravitatoria al trasladar dicha masa desde el punto $(2, 1)$ al punto $(1, 2)$.
22. Una partícula de masa m se desplaza en línea recta de un punto A hacia otro B en una región en la que existe un campo gravitatorio creado por una masa M . Teniendo en cuenta que el potencial gravitatorio en B es menor que en A , ¿la partícula se acercará o se alejará de M ? ¿Cómo varía la energía de la partícula durante este desplazamiento? ¿Cómo variaría la energía si la trayectoria no fuese rectilínea? Recurso: Gravity Force Lab PhET.
23. En los vértices inferiores de un triángulo equilátero, cuyos lados miden un metro, tenemos sendos cuerpos de una masa de un kilogramo cada uno. Si colocamos un tercer cuerpo en el vértice superior cuya masa es de diez kilogramos, calcúlese la fuerza que se ejerce sobre éste. ¿Cuál será el valor del campo y potencial gravitatorio en el baricentro del triángulo? Si posteriormente colocamos un cuarto cuerpo de cinco kilogramos de masa en el baricentro del triángulo, ¿cuál será la fuerza resultante ejercida sobre éste?
24. En otro universo paralelo, la Física es distinta. Concretamente, la interacción gravitatoria es proporcional a la distancia, por lo que la fuerza gravitatoria será de la forma $kMmr$. Si m es la masa de un planeta que orbita en torno a una estrella de masa M , ¿qué relación guardará el radio de la órbita con el periodo de la misma?
25. ¿Podría ser negativo el trabajo realizado por una fuerza gravitatoria? ¿Y la energía potencial gravitatoria?
26. Si el cero de energía potencial gravitatoria se sitúa en la superficie terrestre, ¿cuál es la expresión de la energía potencial? ¿Cuál sería el valor de la energía potencial de una partícula de masa m cuando se encontrase a una distancia infinita de la Tierra?

27. Un meteorito de 100 kg está inicialmente en reposo a una distancia de la superficie terrestre igual a 10 veces el radio de la Tierra. (a) Calcúlese el peso en dicho punto y la energía mecánica del meteorito. (b) Suponiendo que no hay rozamiento con el aire, ¿con qué velocidad llega a la superficie terrestre cuando cae a la Tierra?
28. Consideremos A y B dos puntos de la órbita elíptica que posee un cometa en su movimiento alrededor del Sol, siendo A un punto más alejado del Sol que B . Realícese un análisis energético del cometa y compárense los valores de la energía cinética y potencial en dichos puntos. Recurso: Gravity and Orbits PhET.

3.5.3. Actividades de acabado

29. Supongamos que tenemos dos partículas de 1 kg y 5 kg, las cuales están situadas en los puntos $(4, 1)$ y $(0, 2)$ respectivamente. a) Calcúlese el valor de la fuerza que se ejercen la una a la otra. b) ¿Cuánto valdrá el campo gravitatorio en el origen de coordenadas? b) Calcúlese el trabajo que se debe realizar para desplazar otra partícula de 1 kg desde el origen al punto $(5, 0)$. c) ¿Dependerá el trabajo en el apartado anterior de la trayectoria seguida?
30. Supongamos que disponemos de una partícula que se mueve en el seno de un campo gravitatorio uniforme. ¿Cómo varía la energía potencial gravitatoria en función de la dirección de movimiento de la partícula? Si se moviese paralela al campo, ¿cómo variaría el signo de la variación de energía potencial? ¿Y si fuese antiparalela?
31. Enuncie las Leyes de Kepler. a) ¿Qué implicaciones tiene la Segunda con respecto a las cantidades que se conservan? b) Demuestre la Tercera Ley. ¿En qué te basas para hacerlo? c) Solemos calcular la energía potencial gravitatoria a partir de la expresión $E = -GMm/r$. La cuestión es que si la altura es pequeña podemos usar $E = mgh$. ¿Cómo podemos justificar esto?

3.5.4. Actividades de aplicación

1. Práctica de laboratorio virtual: gravedad y péndulo simple. Para el desarrollo de la siguiente práctica usaremos el simulador del péndulo simple que proporciona PhET, de la Universidad de Colorado, el cual podemos acceder a través del siguiente enlace: [Péndulo PhET](#). Usaremos esta simulación para medir el valor de la aceleración de la gravedad. Cabe destacar que a través de este

instrumento se realizaron las primeras mediciones del valor de g , debido a la sencillez con la que se pueden determinar los datos.

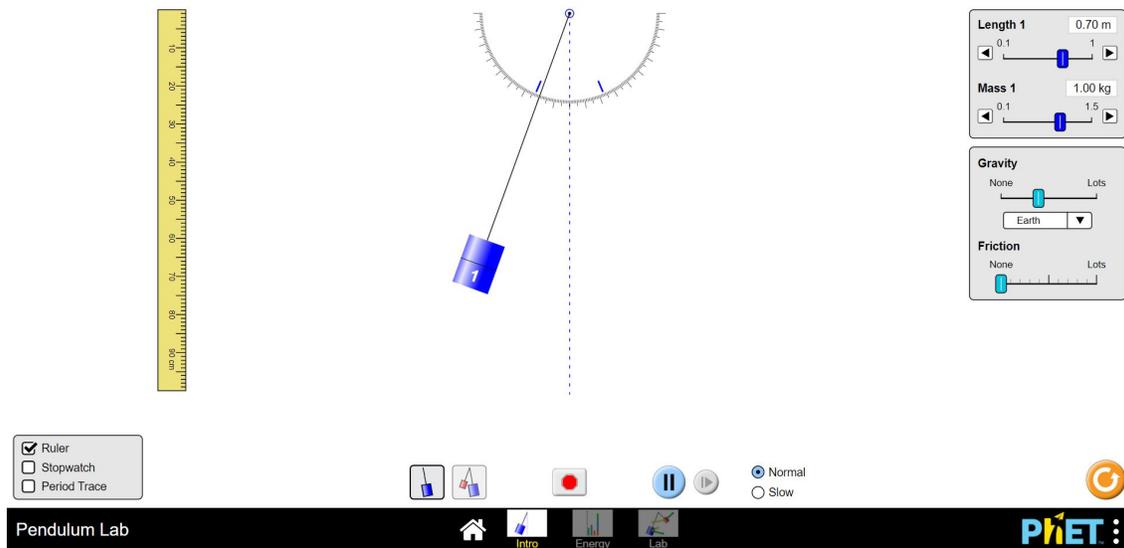


Figura 3.2: Péndulo usado durante la práctica. Fuente: PhET, Universidad de Colorado.

Proponemos el siguiente guion para su seguimiento durante la práctica:

- Si tenemos en cuenta la Segunda Ley de Newton, podemos obtener la ecuación de movimiento del péndulo simple.

$$F = m \frac{d^2x}{dt^2} \implies -mg \sin \theta = ml \frac{d^2\theta}{dt^2} \implies \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0,$$

donde θ es el ángulo que forma el hilo con respecto a la normal y l su longitud. En el caso de que las oscilaciones sean pequeñas, podemos simplificar y resolver de manera inmediata la ecuación diferencial que resulta puesto que $\sin \theta \approx \theta$, quedando:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \theta = 0 \implies \theta = \theta_0 \sin(\omega t + \phi),$$

a saber, la ecuación de un movimiento armónico simple. El valor de ω , la frecuencia angular, puede identificarse a partir de las ecuaciones de forma que $\omega^2 = g/l$. Por lo que, teniendo en cuenta la relación entre frecuencia angular y periodo, queda finalmente que:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

- Para comenzar, desplace el péndulo de la posición de equilibrio. De esta manera, se empezará a mover.
- Modifique el valor de la masa y del periodo. ¿Qué observa? ¿Concuerda con la teoría?
- Vamos a tomar un ángulo de 10° con respecto a la normal para lanzar el péndulo. De esta manera Para distintos valores de la longitud, mida los periodos de oscilación usando el cronómetro incorporado en *stopwatch* y la función *period trace*.
- Realice una regresión lineal representando la longitud frente al periodo al cuadrado. ¿Qué valor tiene la aceleración de la gravedad?
- Repítase el proceso anterior en el *planeta X* y determina su aceleración de la gravedad. ¿De qué planeta se trata?

2. Práctica de laboratorio: gravedad newtoniana vs einsteniana. Con esta experiencia se pretende ilustrar de forma visual los conceptos de *espaciotiempo* y de *curvatura del espaciotiempo*, así como otros asociados (e.g. *geodésica*), amén de discutir las diferentes visiones de ambos físicos. De la misma manera, se pretende observar las trayectorias de los objetos que se ven afectados por la deformación del espaciotiempo, haciendo variaciones sobre las posibles condiciones iniciales como la velocidad inicial o la masa del objeto. Nos basaremos en la realizada por el Profesor Burns (enlace).



Figura 3.3: Representación de la experiencia. Fotograma extraído del vídeo del Profesor Burns.

Para la realización se necesitará una sábana, una pesa y objetos esféricos, como pelotas de ping-pong o canicas, de distinta masa. Los voluntarios sujetan una sábana, estirándola, haciendo de modelo de espaciotiempo. En el centro de la misma se coloca la pesa, la cual representará una gran masa, como por ejemplo la Tierra. Esto hará que la sábana se hunda por esa parte, haciendo ver lo que haría la Tierra con el espaciotiempo. Una vez se tiene esta disposición, se lanzan las bolas de distinto tamaño y masa, variando distintos parámetros como la velocidad inicial o la dirección de éstas. Con ello se pretende simular cómo serían las trayectorias de los distintos objetos alrededor de la masa central. En este caso, es el espaciotiempo curvo quien le dice a la materia cómo moverse. El guion sería el siguiente:

- Tómense cuatro voluntarios, cada uno en una esquina de la sábana. Debe permanecer tensa el mayor tiempo posible. Colóquese la pesa en una posición centrada. Ésta servirá como planeta en el experimento.
- Tome la pelota de *ping-pong*, la cual es la más ligera de todas. Láncela hacia el centro de la sábana (no hacia la masa directamente). ¿Qué trayectoria sigue? Pruebe distintas velocidades, es decir, lance la pelota con más o menos fuerza. ¿Hay una dependencia con la velocidad?
- Repita el experimento anterior con las bolas de distinta masa, variando igualmente la velocidad o la dirección inicial. ¿Influye la masa en la trayectoria de la partícula? Siéntase libre de realizar el experimento las veces que le plazca, anote todos los resultados y conclusiones obtenidas.
- Considérese ahora que la masa central representa al Sol. Tome una canica y láncela sin demasiada velocidad inicial y lo más perpendicular posible. ¿Qué puede observarse? ¿Qué se consigue realizando esto?
- ¿Se puede asemejar algún comportamiento a lo visto con la teoría de Newton?
- ¿Qué ha ocurrido con la pelota más ligera? ¿Y con las lanzadas a mayor velocidad? ¿Han visto su trayectoria afectada?
- La luz se puede considerar que está formada por partículas sin masa que viajan a la, valga la redundancia, velocidad de la luz. ¿Cree que la luz *sentiría* la gravedad? ¿Qué ocurriría en el caso de Newton?

3.5.5. Actividades de ampliación: prueba de acceso a la universidad

En esta situación planteamos una serie de ejercicios que han formado parte de las pruebas de acceso a la universidad en Andalucía. Podemos encontrarlos en la propia página de Distrito Único Andaluz. La forma de atacar estos problemas llevará consigo una metodología similar a la utilizada durante el resto de la unidad didáctica. Tal y como hemos mencionado en diversos apartados previos relativos a la metodología a seguir, es conveniente que los alumnos asimilen que la prueba no es distinta a lo que están viendo durante el curso, siendo esta la premisa principal de nuestro acercamiento. Por lo tanto, se realizará una aproximación teórica breve al problema, enfatizando sobre todo qué nos piden en cada problema. Posteriormente, con la ayuda de un diagrama o recurso de los mostrados, veremos la situación que se nos plantea para pasar finalmente a la resolución. Proponemos las siguientes actividades.

1. (Junio 2020) a) i) ¿Puede ser nulo el campo gravitatorio en alguna región del espacio cercano a dos partículas sabiendo que la masa de una de ellas es el doble que la de la otra?. ii) ¿Y el potencial gravitatorio? Razone las respuestas apoyándose en un esquema. b) Dos masas de 2 kg y 5 kg se encuentran situadas en los puntos (0, 3) m y (4, 0) m, respectivamente. Calcule: i) El potencial gravitatorio en el origen de coordenadas. ii) El trabajo necesario para desplazar una masa de 10 kg desde el origen de coordenadas al punto (4, 3) m y comente el resultado obtenido. $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\text{kg}^{-2}$.
2. (Junio 2019) a) Una partícula que se encuentra en reposo empieza a moverse por la acción de una fuerza conservativa. (i) ¿Cómo se modifica su energía mecánica? (ii) ¿Y su energía potencial? Justifique las respuestas. b) Conteste razonadamente a las siguientes preguntas: i) Una partícula se desplaza bajo la acción de una fuerza. ¿Puede asegurarse que esta fuerza realiza trabajo? ii) Una partícula, inicialmente en reposo, se desplaza bajo la acción de una fuerza conservativa. ¿Aumenta o disminuye su energía potencial? ¿Y la energía cinética?
3. (Junio 2018) a) Si la masa y el radio de la Tierra se duplican, razone si las siguientes afirmaciones son correctas: (i) el periodo orbital de la Luna se duplica. (ii) su velocidad orbital permanece constante. b) La masa de Marte es aproximadamente la décima parte de la masa de la Tierra y su radio la mitad del radio terrestre. Calcule cuál sería la masa y el peso en la superficie de Marte de una persona que en la superficie terrestre tuviera un peso de 700 N. $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

4. (Junio 2018) a) Fuerzas conservativas y energía potencial. Ponga un ejemplo de fuerza conservativa y otro de fuerza no conservativa. b) Dos masas puntuales $m_1 = 2 \text{ kg}$ y $m_2 = 3 \text{ kg}$ se encuentran situadas respectivamente en los puntos $(0, 2) \text{ m}$ y $(0, -3) \text{ m}$. Calcule el trabajo necesario para trasladar una masa $m_3 = 1 \text{ kg}$ desde el punto $(0, 0) \text{ m}$ al punto $(1, 0) \text{ m}$. $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\text{kg}^{-2}$.
5. (Junio 2018) a) ¿A qué altura de la superficie terrestre la intensidad del campo gravitatorio se reduce a la cuarta parte de su valor sobre dicha superficie? Exprese el resultado en función del radio de la Tierra R_T . b) Sabiendo que el radio de Marte es 0.531 veces el radio de la Tierra y que la masa de Marte es 0.107 veces la masa de la Tierra. Determine: (i) El valor de la gravedad en la superficie de Marte; (ii) el tiempo que tardaría en llegar al suelo una piedra de 1 kg de masa que se deja caer desde una altura de 10 m sobre la superficie de Marte. $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\text{kg}^{-2}$, $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $R_T = 6370 \text{ km}$.
6. (Junio 2018) a) Un bloque de masa m tiene un peso P sobre la superficie terrestre. Indique justificadamente cómo se modificaría el valor de su peso en los siguientes casos: (i) Si la masa de la Tierra se redujese a la mitad sin variar su radio; (ii) si la masa de la Tierra no variase, pero su radio se redujese a la mitad.
7. (Junio 2018) a) Dibuje las líneas de campo gravitatorio de dos masas puntuales de igual valor y separadas una cierta distancia. ¿Existe algún punto donde la intensidad de campo gravitatorio se anula? ¿Y el potencial gravitatorio? Razone sus respuestas. b) Dos masas iguales de 50 kg se sitúan en los puntos $A(0, 0) \text{ m}$ y $B(6, 0) \text{ m}$. Calcule: (i) El valor de la intensidad del campo gravitatorio en el punto $P(3, 3) \text{ m}$; (ii) si situamos una tercera masa de 2 kg en el punto P , determine el valor de la fuerza gravitatoria que actúa sobre ella.

3.5.6. Actividades de refuerzo

- R1. Calcúlese el valor de la fuerza entre dos masas si una se duplica y la distancia se triplica.
- R2. ¿Qué ley (o leyes) de Kepler establece que la órbita de la Tierra alrededor del Sol es una elipse? Coméntela(s) brevemente.
- R3. Supongamos que se tiene una partícula con una masa de 1 kg en el origen y otra de 2 kg está colocada en el punto $(4, 0)$. ¿Cuánto valdrá el campo y el potencial gravitatorio en los puntos

$A(2, 0)$ y $B(2, 2)$?. ¿Cuál es el valor del trabajo realizado al transportar una masa de 1 kg desde el punto A hasta el punto B ?

- R4. Disponemos en el punto $(1, 0)$ de una masa de 1 kg y en el $(0, 2)$ se coloca otra de 10 kg. (a) Realícese un diagrama de la situación. (b) Calcúlese el campo y potencial gravitatorio en el origen de coordenadas. (c) Posteriormente colocamos otra masa en el origen de 1 kg de masa. ¿Cuál es el valor de la energía potencial de ésta debido a la presencia de las otras cargas?

3.6. Secuenciación y temporalización

Como hemos comentado previamente, la unidad didáctica se desarrolla en un total de 12 sesiones cada una de 60 minutos. Durante el desarrollo éstas tendrán lugar tanto las explicaciones teóricas como las prácticas, así como la realización de las dos experiencias que hay programadas. La última sesión está prevista para que la prueba escrita de la unidad didáctica tenga lugar. Todo esto queda dispuesto en la Tabla 3.1. Dicha secuenciación de las actividades no es definitiva y puede sufrir alteraciones en función del grupo-clase del que dispongamos.

3.7. Orientaciones y atención a la diversidad

Como se puede apreciar, durante la unidad didáctica vamos a utilizar una metodología basada en tres grandes puntos. En un primer estadio, se deben introducir los conceptos teóricos. Esto se hará mediante la explicación de apartados teóricos como en distintas actividades, ya sean cuestiones o comentarios a la parte teórica. En segundo lugar, todo lo visto anteriormente tiene una aplicación directa en la resolución de problemas al igual que para la reflexión sobre los mismos. En última instancia, el proceso concluye con la experimentación y confirmación de las hipótesis. En el caso que nos atañe, y como podemos ver en la secuenciación de las actividades, se sigue este camino: explicación teórica, resolución de problemas y cuestiones asociadas, concluyendo con sendas actividades de índole experimental y práctica.

Número de sesión	Desarrollo	Competencias clave
1	Introducción a la Unidad: Explicación de la Introducción Histórica (punto 1). Realización de las actividades 1 - 6.	CMCT, CAA, CCL
2	Explicación de la Ley de Gravitación Universal (punto 2). Realización de las actividades 9 - 13.	CMCT, CAA
3	Realización de las actividades 7 - 8, 14 - 17. Explicación del Concepto de Campo (punto 3.1).	CMCT, CAA
4	Conclusión de la Explicación del Campo Gravitatorio (puntos 3.2 y 3.3). Explicación del Potencial Gravitatorio (punto 4).	CMCT, CAA
5	Realización de las actividades 18 - 22.	CMCT, CAA
6	Explicación de la Energía Potencial Gravitatoria (punto 5) Realización de las actividades 23 - 28.	CMCT, CAA
7	Repaso de conceptos teóricos vistos durante la Unidad Didáctica. Realización de actividades de Pruebas de Acceso a la Universidad 1 - 2. Envío para casa actividades de Acceso 3 - 5.	CMCT, CAA, CCL
8	Corrección de las actividades de Acceso 3 - 5. Realización de actividades de Pruebas de Acceso a la Universidad 6 - 7.	CMCT, CAA
9	Realización de la Actividad de Aplicación 1: péndulo simple. Entrega de la memoria de la práctica.	CMCT, CAA, CD, CCL, SIEP, CSC
10	Realización de la Actividad de Aplicación 2: gravedad newtoniana vs einsteiniana. Entrega de la memoria de la práctica.	CMCT, CAA, CCL, SIEP, CSC
11	Repaso de contenidos vistos durante la unidad. Realización de las Actividades de acabado 29 - 31.	CMCT, CAA, CCL
12	Realización de la Prueba de Evaluación escrita	CMCT, CAA, CCL, SIEP

Tabla 3.1: Secuenciación y organización de los contenidos y actividades previstos relativos a la Unidad Didáctica. Fuente: elaboración propia.

Durante este proceso se pretende que el alumnado adquiriera una serie de habilidades básicas, ya sea el trabajo individual a la hora de realizar las distintas actividades como en grupo para cotejar los resultados y cooperar en el desarrollo de las actividades prácticas; la autonomía personal y la responsabilidad para con las obligaciones individuales relativas al estudio teórico, fomentando la búsqueda de información bibliográfica y la selección y estructuración de la misma; amén de otros aspectos como la libertad individual, el pensamiento racional o la creatividad física y matemática a la hora de la experimentación y resolución de problemas. Todo se encuadra en un marco informatizado y digital en el que el alumnado puede adquirir todas estas habilidades mencionadas, así como las competencias pertinentes para el buen desarrollo personal y académico de éste. Todas estas consideraciones buscan que el alumno se convierta en un agente activo de su propio aprendizaje, tomando el control del mismo y velando por su desarrollo personal, académico y profesional, siendo el docente un mero guía para la consecución de los mismos.

En cuanto a la atención a la diversidad, hemos de tener en cuenta dos casos diferenciados al tratarse de Bachillerato y no de Educación Secundaria Obligatoria teniendo en cuenta el Decreto 110/2016. El primero está relacionado con los alumnos que requieren adaptaciones curriculares no significativas, a los cuales se pueden ofrecer unas actividades de refuerzo de la materia, más allá de las generales existentes (exención de algunas materias del currículo o fraccionamiento). También podría, en el aula, realizarse un estudio dirigido por parte del docente o incluso una organización en clase en grupos de trabajo heterogéneos. En segundo lugar, el alumnado con altas capacidades intelectuales puede llevar a cabo programas de enriquecimiento. Aquí contemplamos cuestiones como la profundización en la materia que estamos tratando (ya sea en contenido físico o matemático). Por ejemplo, se podría contemplar tratar con mayor rigurosidad matemática los contenidos vistos a lo largo de la unidad didáctica. En ambos casos, el uso de las TIC puede ser relevante para el correcto cumplimiento de los objetivos marcados y el buen desarrollo personalizado de cada alumno, al igual que la acción tutorial en este ámbito.

3.8. Evaluación

A la hora de evaluar la unidad didáctica con la que estamos tratando, tendremos en cuenta tres grandes partes al igual que hemos especificado en la programación docente. Recordemos que se valoraba la prueba escrita relativa a la unidad didáctica con un 70 % de la calificación final; las prácticas de simulación y laboratorio con un 20 %, mientras que el 10 % restante se asignaba a la

actitud y el comportamiento en clase.

Todos los apartados que tendremos en cuenta a la hora de elaborar tanto la prueba escrita como el guion de las prácticas de laboratorio se han realizado conforme a la legislación vigente, a saber, la Orden del 15 de enero de 2021 de la Junta de Andalucía. De esta manera, los criterios de evaluación que se han de tener en cuenta son los que siguen:

1. Asociar el campo gravitatorio a la existencia de masa y caracterizarlo por la intensidad del campo y el potencial.
2. Reconocer el carácter conservativo del campo gravitatorio por su relación con una fuerza central y asociarle en consecuencia un potencial gravitatorio.
3. Interpretar las variaciones de energía potencial y el signo de la misma en función del origen de coordenadas energéticas elegido.
4. Justificar las variaciones energéticas de un cuerpo en movimiento en el seno de campos gravitatorios.

En el mismo documento también vienen dados los estándares de aprendizaje evaluables, los cuales podemos relacionar por medio de una rúbrica (Tabla 5) con las competencias clave y los indicadores de logro que asignemos previamente. Tal y como se ha tenido a bien indicar en la programación, la prueba escrita constará de cuatro preguntas, siendo las dos primeras teóricas y las dos siguientes de índole práctica, asemejándose a la prueba de acceso a la universidad. El contenido de la misma es similar, en forma y nivel, a lo visto en clase.

En relación con los mecanismos de recuperación, tal y como bien hemos descrito en la sección 2.9.3, contemplaremos dos escenarios bien diferenciados. En primer lugar, tenemos al grupo de alumnos que no han alcanzado los objetivos de las unidades didácticas. En este caso, se realizará una prueba escrita al final de cada una de las unidades didácticas o al final de la evaluación sobre las unidades didácticas no superadas. La prueba será similar a la presetada en el Anexo 2 y a las actividades de clase. Por otra parte, tenemos a los alumnos que no han superado los objetivos de los cursos anteriores. Se podrá recuperar la asignatura realizando una prueba diseñada y consensuada por el conjunto del departamento.

Aportación de las prácticas docentes a la formación recibida en el máster

Teniendo en cuenta la parte teórica del máster, tanto el módulo general como el específico, se han desarrollado a la conclusión de cada uno de dichos módulos sendos periodos de prácticas en centros de educación secundaria y Bachillerato. Como bien comentamos, en las prácticas se han tenido en cuenta dichos periodos ya que se ha podido aplicar de manera directa los conocimientos que se han ido adquiriendo a lo largo del máster. El primer periodo constituía un primer acercamiento a la profesión docente al terminar la fase general del máster, por lo que sólo se dedicaba el tiempo a la mera observación. En cambio, el segundo periodo tenía lugar tras concluir la fase específica, por lo que sí se ha podido llevar a cabo una actuación en el aula con mayor formación previa.

La realización de las prácticas se ha efectuado un municipio cercano a la capital, durante cinco semanas repartidas en enero (dos semanas) y abril (tres semanas). Al hilo de lo comentado en el párrafo anterior, durante las primeras dos semanas de prácticas se ha llevado a cabo una observación de los distintos cursos y grupos, además de una familiarización con el centro y el entorno. Posteriormente, durante los meses de febrero y marzo, se ha preparado la actuación docente como tal: elección del grupo al que impartir clase, elaboración de notas de teorías y problemas, concluyendo con la preparación de recursos a utilizar en el aula. Finalmente, en el segundo periodo ha tenido lugar la actuación como docentes en el aula, con ayuda de lo preparado anteriormente y a la vista de la información recabada a lo largo del primer periodo.

En este centro se cursan solamente estudios de ESO además de Formación Profesional Básica.

Una peculiaridad importante, y que motivó mi elección, es el hecho de que es un centro bilingüe de inglés. A pesar de este atractivo, en honor a la verdad he de decir que su implementación es deficiente, debido a las grandes carencias de un nivel necesario para impartir clase en inglés por parte de los profesores y de la gran diferencia existente entre los propios alumnos. Es más, la parte bilingüe sólo se limita a una lista de vocabulario relacionado con el tema que el alumnado ha de aprender de memoria, nada más. Mi tutora de las prácticas imparte clase de Física y Química a todos los cursos que tienen dicha materia (2º, 3º y 4º de ESO) por lo que me ofreció elegir el nivel que quisiera para desarrollar las clases del segundo periodo. En mi caso, tras observar durante el mes de enero a todas las clases y grupos disponibles, escogí los dos cursos 4º de ESO.

Durante estas cinco semanas, en suma, que ha durado mi periodo de prácticas como bien hemos comentado se ha impartido clase en dos grupos de 4º de ESO, cada uno con una veintena de alumnos aproximadamente. Por un lado, tenemos a un grupo en el que hay cuatro alumnos con altas capacidades intelectuales como particularidad, pero en general se trata de un grupo-clase interesado por la asignatura y motivado para rendir al máximo de sus capacidades. Por otro tenemos a otro grupo que, si bien no tenía ningún alumno diagnosticado con necesidades educativas especiales, tenía un comportamiento por lo general peor que el primero: el interés general para avanzar en conjunto no estaba tan claro. Esto hacía que la clase tuviera que pararse en algunos momentos para reestablecer el orden normal en la misma. No obstante, cabe destacar que, si se motivaba lo suficiente pudimos observar que, en efecto, crecía el interés del alumnado por la materia en sí.

Antes de comenzar a exponer la metodología y las estrategias que se han llevado a cabo en el aula, comencemos mencionando algunos problemas a los cuales hemos tenido que hacer frente en nuestra actuación docente. El más relevante es el del tiempo disponible, sobre todo apreciable en el segundo periodo donde hemos tenido que planificar la actuación. Es realmente complicado impartir una unidad didáctica muy introductoria en sólo 8 sesiones a alumnos de 15 y 16 años. Es más, un factor clave es el hecho de que las clases no duran una hora, sino que teniendo en cuenta los trayectos durante los cambios de clase, entradas y salidas de clase antes de tiempo por cuestiones relacionadas con el COVID y otras incidencias similares, hace que la duración se vea mermada, restando tiempo hasta los 45 o 50 minutos en el mejor de los casos. Si efectuamos un cálculo rápido veremos que se pierde más de una sesión en estos aspectos que poco tienen que ver con la clase en sí. En segundo lugar, otro problema que se ha apreciado es que el alumnado no dispone de una base matemática sólida para poder abordar los contenidos. Esto no se debe a que no hayan dado los contenidos teóricos en la materia de Matemáticas que, en efecto, se han

dado. La cuestión radica en que no se han asimilado los contenidos teóricamente. La razón viene a ser muy sencilla: no se comprende realmente lo que se hace desde un punto de vista conceptual y teórico; sólo se limita a memorizar y mecanizar ciertos procesos matemáticos sin ningún tipo de razonamiento. Por lo tanto, en cuanto acaba la unidad didáctica, se olvida completamente; es más, si se usan otras variables distintas a las usadas en Matemáticas se genera confusión y caos. El porqué de este desfase daría para otra disertación que se escapa del propósito de la presente, pero en base se debe a la visión arcaica que se tiene sobre la Matemática por parte de docentes y alumnado, que prefieren por lo general mecanizar a razonar lo que se hace.

Una vez comentados los problemas generales a los cuales hemos tenido que hacer frente, prosigamos con el contenido que hemos impartido y el material utilizado durante las sesiones. En mi caso personal, he tenido que preparar e impartir la unidad didáctica relativa a la Dinámica newtoniana. Se trata de un tema muy relevante en el currículo de secundaria puesto que consiste en la primera vez en la que el alumnado ha de enfrentarse a un contenido de corte puramente conceptual y abstracto, ya sea en la materia de Física y Química o en cualquier otra. Es por ello por lo que se ha preferido ahondar en los conceptos, en el porqué de éstos y en la aplicación de estos en problemas y cuestiones de distinta índole.

La metodología seguida en el aula consta de tres fases bien diferenciadas: introducción de los conceptos teóricos, uso de estos para resolver problemas y reflexionar sobre los mismos, concluyendo con la experimentación, en nuestro caso mediante el laboratorio virtual. En el caso de la primera fase, el estilo ha sido similar al seguido por la tutora: dentro de un marco de corte constructivista, hemos podido hacer uso de un modelo *clásico*, efectuando preguntas en todo momento para asegurarnos de que se adquirirían los conocimientos y haciendo partícipe al alumnado en su aprendizaje. Esto se ha ido intercalando con simulaciones, principalmente de la página PhET mencionada previamente, y la puesta en escena de los conceptos en problemas prácticos. Si lo pensamos de otra manera, básicamente se ha seguido el esquema planteado, pero no a una escala que involucre la unidad como tal sino los distintos apartados de la misma. Otro aspecto relevante es que se han motivado todos los puntos teóricos mediante ejemplos, experiencias mentales o desde un punto de vista histórico. A modo de ejemplo, para motivar la Primera Ley de Newton se efectuó una comparativa entre Aristóteles y Galileo, comentando cómo cada uno describía el movimiento. Después se interpretó teatralmente un fragmento de la obra *Diálogos concernientes a dos nuevas ciencias* de Galileo, obra en la cual desarrolló sus ideas de manera teatralizada mediante un diálogo entre Simplicio (punto de vista aristotélico) y Salviati (punto de vista galileano). Otro aspecto relevante que

destacar es la dedicación general del alumnado. Se avisó de que debían de dedicarle un tiempo de manera autónoma para poder asimilar estos conceptos tan abstractos y que, por lo tanto, habían de estudiar de manera razonada. En general podemos decir que se motivaron lo suficiente como para dedicarle este preciado tiempo. Mediante el apoyo del proyector durante las explicaciones teóricas y la realización de las actividades, las clases se hacían más amenas, ya que no se limitaban a ser un soliloquio del docente escribiendo en la pizarra. Esto permitía una explicación más dinámica y una comunicación más directa con el alumnado, apelando continuamente a éste durante la intervención.

El hecho de calcar en cierta medida la metodología seguida por la tutora reside en mi paso momentáneo por el centro de enseñanza secundaria. Se ha de tener en cuenta también que es complicado para adolescentes realizar un cambio repentino de un modelo de enseñanza a otro, no siendo siempre efectivo. Está claro que hemos de innovar, pero en una materia como Física la aportación del docente es fundamental: presenta e imparte conceptos totalmente nuevos y abstractos, así como enseña estrategias para abordar ciertos problemas en virtud de estos conceptos. A la vista de las prácticas he podido comprender que la innovación en Física quizá no vaya por un camino relacionado con la implantación de teorías pedagógicas novedosas que en muchas ocasiones se alejan del mundo real, sino que se torne a favor de un mundo digital, con una gran representación de las TIC y se enseñe, de una vez por todas, a manejar el ordenador correctamente aplicado a la Física. Esto es, que se implanten contenidos relacionados con la algorítmica y el cálculo numérico. Recordemos que, como hemos comentado en apartados anteriores, un ordenador realiza operaciones más rápidamente que cualquier humano, además de no equivocarse ni agotarse.

Personalmente, puedo afirmar que estoy verdaderamente satisfecho con lo alcanzado en las prácticas, con cómo se ha aplicado todo lo visto en las fases teóricas del máster además de mi desempeño personal en el transcurso de éstas. He de decir que no se trata de la primera vez que no imparto docencia delante de un *auditorio*, puesto que ya lo había hecho en la universidad (en cursos, seminarios, conferencias y exposiciones de grupos de investigación), en instituto y ante el público general de manera divulgativa. Por este motivo no sentí un nerviosismo inicial ni tuve ningún temor ni vergüenza a la hora de hablar en público o quedarme a solas con el alumnado allí presente. El hecho de tener un acercamiento con ellos ha logrado que su respuesta sea en general muy activa; incluso mostrando un interés, según otros docentes del centro inusual, para con mi persona y sobre todo con la Física. He de agradecer personalmente a la labor de mi tutora, quien me dio total libertad para poder preparar las intervenciones en el aula y efectuarlas de la manera que más creyese oportuna.

La manera en la que concibo el aprender en general, y la Física en particular, es algo que requiere dedicación y tiempo, tanto por mi parte como por parte del público en cuestión. El hecho de ser docente me proporciona una herramienta muy poderosa para poder influir en la vida de muchas personas, y es por ello por lo que soy consciente de la gran responsabilidad de los docentes además del especial cuidado que se debe de tener en el ejercicio de la profesión. Me apasiona aprender y conocer cosas nuevas, ya sea de Física o relativo a cualquier otra materia. Considero que el principal valor que tenemos como seres humanos es el hecho de que seamos seres racionales, que aprendamos día a día y nos adaptemos al entorno. Es por ello por lo que disfruto en el proceso de transmisión del conocimiento.

El momento álgido lo viví el último día de prácticas, día en el que se realizó la prueba escrita de la unidad didáctica. Un alumno, al entregar su examen, me comentó que *"ha sido el mejor examen que he hecho nunca, me lo he pasado genial haciéndolo"*. Dicho alumno venía obteniendo calificaciones de bien y notable bajo durante el curso, no encontraba la motivación necesaria. En éste no sólo sacó la máxima calificación, sino que lo realizó de una manera brillante, puesto que en un ejercicio el cual versaba sobre cuestiones relativas al tema aplicadas a la vida diaria, no realizó ninguna operación matemática, siendo capaz argumentando y exponiendo todo de manera racional mediante el uso de palabras y conceptos. Es decir, usó la Física. No sólo eso, todo ese grupo-clase fue capaz de superar la prueba escrita, destacando que el sentir general es que habían dejado de ver la Física como algo abstracto y oscuro, lleno de expresiones matemáticas, siendo ahora una cuestión cotidiana, interesante y sobre todo bella.

Con esta sensación de satisfacción en el trabajo bien hecho durante las prácticas, concluyo el máster con muy buen sabor de boca. No sólo he aprendido multitud de conceptos relativos a Psicología o legislación, sino que también cuestiones relacionadas con la Pedagogía en las Ciencias, metodologías atractivas y técnicas novedosas. Podemos afirmar, sin temor a error, que el periodo de prácticas es sin duda la mejor parte del máster. Ser capaz de hacerle ver a alguien ver el mundo que nos rodea y la naturaleza como uno lo ve, guiándole en el camino, es una de las sensaciones más brillantes que se pueden experimentar.

Bibliografía

- [1] Sánchez Dragó, F. (Entrevistador). (2004). *Negro sobre Blanco: Antonio Escotado ¿Tristes Trópicos?* [entrevista]. Madrid, España: RTVE. Visitado el 20 de marzo de 2021.
- [2] Donoso, A. (2012). Hacia una teoría liberal del castigo: Locke, propiedad e individualismo. *Revista de ciencia política (Santiago)*, 32(2), 433-448. doi: 10.4067/S0718-090X2012000200005.
- [3] Bastiat, F. (1850). *La Loi*. Recuperado de: <http://bastiat.org/>.
- [4] Hayek, F. (1960). *The Constitution of Liberty*. Chicago, Estados Unidos: University of Chicago Press.
- [5] Anguita López, V. (2020). *La acción tutorial del docente de educación secundaria*. Notas de clase proporcionadas en el Máster Universitario de Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Escuela de Idiomas. Universidad de Córdoba.
- [6] Peña, A., García, J. A. (2016). *Física 2º Bachillerato*. Madrid, España: McGraw Hill.
- [7] Vidal, M. (2009). *Física 2º Bachillerato*. Madrid, España: Santillana.
- [8] Sánchez, A., Sanmartín, A. (1998). *Física Bachillerato*. Madrid, España: Ediciones del Laberinto.
- [9] Tipler, P., Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología I*. Barcelona, España: Reverté.
- [10] Burbano, S. et al. (2003). *Física General*. Madrid, España: Tébar Flores.

- [11] Jansen, R., Young, G. (2016). *Barron's SAT Subject Test: Physics*. Nueva York, Estados Unidos: Barron.
- [12] University of Colorado (Sin fecha). PhET Interactive Simulations. Recuperado de: <https://phet.colorado.edu/>.
- [13] University of Louisville Physics and Astronomy (Sin fecha). Physics and Astronomy Module Project. Recuperado de: <http://prancer.physics.louisville.edu/modules/>.
- [14] Crespo, J. L. (2013-2021). Quantum Fracture [canal de YouTube]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/channel/UCbdSYaPD-lr1kW27UJuk8Pw>.
- [15] Ley Orgánica, 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), BOE nº 295, 10/12/2013.
- [16] Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- [17] Ley 17/2007, de 10 de diciembre, Ley de Educación de Andalucía (LEA), que regula el sistema educativo en la Comunidad de Andalucía.
- [18] Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.
- [19] Decreto 110/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía(consolidado 17/11/2020).
- [20] Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado (BOJA de 18/01/2021).

Anexo 1. Estándares de aprendizaje e indicadores de logro

Estándares de aprendizaje evaluables	Indicadores de logro		
	Óptimo – 4	Adecuado – 3	Regular – 2
Diferencia entre los conceptos de fuerza y campo, estableciendo una relación entre intensidad del campo gravitatorio y la aceleración de la gravedad.	Se comprenden los conceptos de fuerza y campo gravitatorio, realizando las operaciones matemáticas de manera satisfactoria y adecuada.	Entiende la diferencia entre ambas magnitudes, pero a menudo no se es capaz de realizar con rigurosidad los cálculos matemáticos pertinentes.	Conoce la diferencia entre magnitudes, pero no es capaz de aplicarla satisfactoriamente a problemas físicos o matemáticos.
Representa el campo gravitatorio mediante las líneas de campo y las superficies de energía equipotencial.	Representa de manera óptima gráficamente tanto el campo como las superficies equipotenciales, siendo capaz de comprenderlas.	Realiza satisfactoriamente las representaciones gráficas, pero le cuesta darles sentido físico.	Conoce los conceptos, pero no es capaz de realizar la representación gráfica adecuadamente.
Explica el carácter conservativo del campo gravitatorio y determina el trabajo realizado por el campo a partir de las variaciones de energía potencial.	Entiende teóricamente el carácter conservativo de un campo vectorial y por tanto el de energía potencial y trabajo realizado.	Comprende que es la energía potencial y la asocia al carácter conservativo de un campo, pero le cuesta realizar operaciones matemáticas aplicando dichos conceptos.	Suele confundir el concepto de energía potencial y trabajo realizado por el campo física o matemáticamente, además de no tener claro qué es un campo conservativo.
Calcula la velocidad de escape de un cuerpo aplicando el principio de conservación de la energía mecánica.	Sabe aplicar el principio de conservación de la energía mecánica en problemas prácticos además de reconocer su utilización teórica.	Conoce el principio de conservación de la energía mecánica, pero le cuesta aplicarlo en la resolución de problemas gravitatorios.	Confunde el principio de conservación de la energía con otros conceptos teóricos y le cuesta aplicarlo en la resolución de problemas.
Aplica la ley de conservación de la energía al movimiento orbital de diferentes cuerpos como satélites, planetas y galaxias	Entiende el movimiento orbital, así como la conservación de la energía mecánica y otras magnitudes, sabiendo aplicar dichos principios en la resolución de problemas.	Conoce los movimientos orbitales y que en ellos se conserva la energía mecánica, pero a menudo no es capaz de resolver los problemas planteados.	Reconoce el principio de conservación de la energía en movimientos orbitales, pero no lo entiende teóricamente ni en la práctica.
			Insuficiente – 1 No se conoce la diferencia entre magnitudes ni se es capaz de aplicar a problemas de ninguna índole. No tiene conocimiento teórico ni es capaz de realizar las representaciones gráficas. No sabe qué es un campo conservativo ni realizar operaciones matemáticas utilizando el concepto de energía potencial. Ni conoce el principio de conservación de la energía mecánica ni sabe aplicarlo en problemas. No sabe qué es un movimiento orbital, qué magnitudes se conservan ni la resolver problemas relacionados.

Tabla 5: Rúbrica con los estándares de aprendizaje evaluables en la unidad didáctica. Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Modelo de Prueba Escrita

1. (a) Demuestre la Tercera Ley de Kepler mediante el uso de la Ley de Gravitación Universal. (1)
(b) La Tierra describe una órbita elíptica alrededor del Sol. Cómparese el valor de estas magnitudes tanto en el afelio como en el perihelio de la órbita: cantidad de movimiento, momento angular y energía potencial. (3, 4, 5)
2. (a) Calcúlese a qué altura tendría una persona la mitad del peso que tiene sobre la superficie de la Tierra. Expresa el resultado en función de R_T . (1)
(b) Coméntese la validez de la expresión $E_p = mgh$. (3, 5)
3. Disponemos de dos partículas puntuales de 10 kg cada una que hemos situado en los puntos $(4, 0)$ y $(0, 3)$ del plano euclídeo.
(a) ¿Se ejercerán una fuerza de atracción o repulsión entre sí? ¿Por qué? ¿Qué propiedad han de tener las partículas para que se ejerza dicha fuerza? (1, 2)
(b) En caso afirmativo en el apartado anterior, calcúlese el valor de dicha fuerza. (1, 2)
(c) ¿Qué valor tendrá el campo gravitatorio total en el origen de coordenadas? ¿Y el potencial? (1, 2, 3)
(d) Calcúlese el trabajo que se debe realizar por el campo para desplazar otra partícula de 10 kg desde el origen al punto $(4, 3)$. (3, 5)
(e) ¿Dependerá el trabajo en el apartado anterior de la trayectoria seguida? Razónese la respuesta. (3, 5)
4. Estamos subidos en una nave espacial de 10000 kg orbitando el planeta X , cuya masa es $m_X = 5 \cdot 10^{24}$ kg. Sabemos que la distancia del planeta al periastro es de 100000 km, mientras que en el apoastro lo es de 150000 km. ¿Cuál será el valor de la velocidad del cohete en los dos puntos mencionados? (3, 4, 5)

Nota. Entre paréntesis se indica el estándar de aprendizaje que estamos evaluando, concretamente los que recogemos en la Tabla 5 numerados de arriba a abajo.