

La Física a través del Arte: una nueva forma de enseñar Física

Christian Wagner López

Departamento de Física de la Materia Condensada.
Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz, (España).

Enseñar Física partiendo de una visita virtual a un museo de pintura es una forma novedosa y atractiva de mostrarla que ayuda a superar el rechazo que muchas personas tiene hacia esta materia. La luz y las preguntas que los cuadros sugieren, van trazando el programa. El curso diseñado en PowerPoint con unos dos mil cuadros y múltiples animaciones, lo hacen comprensible a un público amplio y le da un carácter interdisciplinar y divulgativo.

1. Un poco de historia

A la hora de divulgar la Física y de presentarla fuera de la enseñanza reglada, hay que reconocer que pese a los esfuerzos de los Museos de Ciencias no resulta atractiva y se concibe como algo muy difícil que no es para la mayoría. Los recuerdos escolares e incluso universitarios han ido alimentando este resentimiento. Había que buscar un nuevo punto de partida que la hiciera atractiva. La Física es una forma de relación con la naturaleza, un intento de comprender algunos de sus fenómenos. En muchas obras pictóricas, se plasma la relación del pintor con la naturaleza, con los objetos de la vida cotidiana. La belleza de un cuadro nos impresiona e incita a su contemplación, lo que no suele ocurrir con una explicación de Física, por lo que la obra pictórica es un punto de partida idóneo para descubrir el atractivo de la Física.

Este trabajo nació con unas cuestiones sobre los reflejos de tres cuadros que hacía Hecht en su libro de Óptica [1], pero había muchos más aspectos que considerar en estos tres cuadros y en otros muchos. Se comenzó buscando los espejos reproducidos por los pintores, pero no sólo había reflejos en los espejos, aunque su intensidad ya no la explicaba la Óptica Geométrica. Otros muchos fenómenos e instrumentos ópticos eran reproducidos en los cuadros. Se inició una búsqueda y un análisis de los fenómenos ópticos reproducidos en la obra pictórica que llevó a la elaboración de un primer curso “El museo de arte, una puerta abierta a la física” [2] que después de estudiar la Óptica Geométrica,

saltaba al estudio de la naturaleza de la luz, del color, del arco iris y de otros fenómenos atmosféricos. Había un salto en el curso que dificultaba su comprensión. Se continuó la búsqueda y se encontró reproducidos en los cuadros, muchos fenómenos de otras partes de la Física, como el movimiento, cuerpos que flotan y ascienden, o están en un estado de desequilibrio, cambios de estado, máquinas, relámpagos, tendidos y aparatos eléctricos, ondas en el agua,... Estos nuevos aspectos [3] despertaron el interés y suscitaron la pregunta: ¿será posible escribir un libro de Física que parta del estudio de la obra pictórica? Se reanudó el trabajo. Un trineo, un carro, un columpio, el color del agua, el rojo del atardecer, la línea del horizonte, una caracola, un instrumento musical, un avión, cuerpos en equilibrio o que oscilan, ondas e interferencias en el agua,... representados en un cuadro, nos iban sugiriendo preguntas y temas. Para realizar un curso estructurado faltaban cuadros relativos a aspectos básicos de la Física por lo que se continuó la búsqueda por museos, exposiciones, catálogos, libros e Internet, lo que también planteó nuevas preguntas y sugirió otros contenidos. Después de más de diez años el trabajo está casi terminado. Nunca se puede decir que un trabajo de este tipo se termina.

2. Metodología



Figura 1. Antonio Pereda, Bodegón, 1608-78, Museo del Hermitage, San Petersburgo.

Un trabajo divulgativo necesita ser comprendido por un público amplio sin pedir una especialización de conocimientos. Se dejó el borrador de algún artículo a amigos de letras y de arte, pero había aspectos de la Física que no entendían.

No sólo había que comentar los cuadros también había que explicar Física. Obsérvese en el cuadro de la figura 1, cómo el tarro casi esférico concentra la luz sobre el mueble. Para explicarlo hay que considerar las lentes caseras; jarrones, vasos, botellas,... llenos de agua, como formada por dos dioptrios y hay que aprender a trazar los rayos que los atraviesan. Una vez estudiado los focos de una lente esférica, podemos trazar la figura que explica este cuadro (figura 2). Puede observarse, además, que dicho tarro deforma la vasija roja de la izquierda, hecho que ya se había observado y estudiado en otros cuadros.

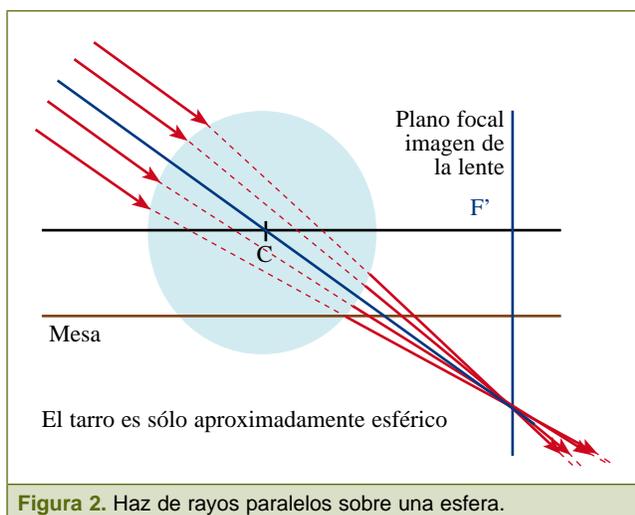


Figura 2. Haz de rayos paralelos sobre una esfera.

Aunque se han hecho algunas exposiciones entre los alumnos de la licenciatura de Química de la Universidad de Cádiz (UCA), alumnos de bachillerato y en un club de pescadores, fue en el Aula de mayores de la UCA, donde este material se fue perfilando, dado los diferentes niveles y mentalidades de sus alumnos. Sus felicitaciones y sus quejas de “que bonito pero no llego a entenderlo” nos hizo ir corrigiendo el material. Así nació este segundo curso “Luz, Arte y Física” [4] que presenta la Física partiendo de la contemplación y análisis de la obra pictórica. Puede decirse que poco a poco la luz y los cuadros fueron trazando el programa.

El curso está diseñado como una visita a un museo virtual guiado por un profesor de Física. Hay que comenzar observando, dejándose atrapar por el cuadro, ¿qué impresión nos causa?, ¿qué es lo que más nos llama la atención?, ¿qué fenómenos físicos ha captado el pintor? Como ejemplo observemos el cuadro de la figura 3. ¿Cuántos aspectos relacionados con la Física pueden observarse? Lo primero que suele llamar la atención son las dos velas y sus reflejos en el cristal de la ventana cuya intensidad es menor que la de la imagen en el espejo. Se puede tratar de adivinar qué personajes se reflejan en el espejo y si sus imágenes parecen correctas. Después se pueden relacionar las sombras con los

focos luminosos, o preguntarnos por qué la luna cambia de fase, o por qué el cielo es tan luminoso e incluso, preguntarnos por qué es azul. La lámpara da una luz intensa, ¿es eléctrica o de qué tipo? La silla de la derecha tiene las patas traseras levantadas, ¿se mantendrá en equilibrio? Muchas preguntas para un sólo cuadro y para un sólo lector, por lo que aunque este trabajo es adecuado para el uso individual, toma un dinamismo mayor cuando se analiza en grupo o forma parte del material de una clase. Por esto, el curso se ha diseñado en PowerPoint con las explicaciones en un texto aparte y sin restricciones, para que el profesor pueda adaptarlo e incorporarlo a sus clases.



Figura 3. Johann Erdmann Hummel, La partida de Ajedrez, 1819, Galería Nacional, Berlín.

Las preguntas llevan al lector-alumno a enunciar hipótesis que expliquen lo reproducido en el cuadro y éstas a comprobarlo mediante experiencias con material usual y sencillas explicaciones, que se van desarrollando durante el curso mediante animaciones. Mientras se disfruta contemplando y observando los casi dos mil cuadros que forman el curso, el alumno se encontrará haciendo física de forma natural y sin apenas darse cuenta.

3. La Óptica Geométrica

Aunque la búsqueda y estudio se inició por los espejos, el curso debía comenzar por la “Propagación rectilínea de la luz”. Nos vimos sorprendidos por todos los cuadros relacionados con el tema y las preguntas que planteaban. Relacionar las sombras con sus focos, estén o no en el cuadro, ejercita la observación e impulsa el planteamiento

de hipótesis (figura 4). Compare las sombras de los cuencos con las de las jarras y las del paje con las del anciano monje. Si la escena está iluminada con luz natural, ¿qué explicación daría? La interdisciplinariedad se manifiesta llamativamente en este tema ya que a los aspectos artísticos, físicos y tecnológicos, se unen los simbólicos y teológicos, como sugiere el cuadro de la figura 5 y otros muchos, como los del nacimiento de Jesús.



Figura 4. Zurbarán, San Hugo en el refectorio, 1630 - 5, Museo de Bellas Artes, Sevilla.



Figura 5. Antonio Campi, Oración en el Huerto, 1527-87, Colegio del Corpus Christi, Valencia.

El estudio de los espejos es sorprendente y suscita muchos debates en el aula. Aunque no se sepa cómo realizó el pintor dicha composición, sí puede analizarse si la imagen reproducida en el espejo es posible. Esto lleva a la experimentación ya que estos aspectos del cuadro se reproducen fácilmente y las explicaciones dadas impulsan a ello. Esta

imagen imposible de Magritte (figura 6a) es realizable mediante dos espejos. El reflejo reproducido en la parte inferior del espejo del cuadro de Nazario (figura 6b), suscita toda serie de hipótesis hasta que se observa que el espejo es biselado y este reflejo es debido al bisel inferior. Uno de los aspectos más sorprendente es que los primeros espejos pintados son esféricos, lo que lleva a la historia de la fabricación de vidrios y espejos.

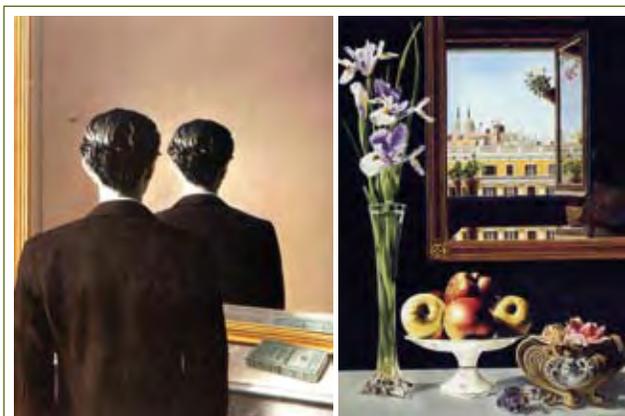


Figura 6.
a) René Magritte, 1937, La reproducción prohibida, M Boijmans Van Beuningen, Rotterdam.
b) Nazario, Cartel Aduana '99, 1999, Colección Diputación de Cádiz.



Figura 7.
a) Roelas, Aparición de la Virgen y el Niño a San Bernardo (detalle), 1610, Parroquia de San Andrés, Sevilla.
b) Luis Eugenio Meléndez, Bodegones con caja de dulces, rosca y otros objetos (detalle), 1770, Museo del Prado, Madrid.

Al estudiar la refracción de la luz se pone de manifiesto la necesidad del lenguaje matemático para el desarrollo de la

Física para todos
 Física no mundo

Física. Para la comprensión del curso no es necesario el uso de fórmulas, pero a veces se explican algunas pues forman parte del patrimonio de la Física y sin ellas no es comprensible ni su historia ni su desarrollo. El hecho sorprendente de que un palo parece doblado al observarlo semisumergido en el agua o que el tallo parece roto en el borde del agua, no siempre se observa en la obra pictórica. Ni tampoco el efecto de las lentes caseras sobre los cuerpos que tienen detrás (figura 7a), aunque a veces el realismo del pintor es soberbio (figura 7b). Al estudiar ahora los instrumentos ópticos y luego las máquinas simples, se muestra la tecnología como la superación de las limitaciones humanas. Las gafas reproducidas en un cuadro, permite conocer a veces, el defecto visual que sufría el personaje retratado y el tipo de binóculos y gafas permite acotar la fecha en la que el cuadro se pintó.

4. El movimiento y sus causas

¿Se propaga la luz instantáneamente?, ¿cuán rápidamente se mueve? Estas preguntas llevaron a Galileo a intentar medir la velocidad de la luz y ahora nos introduce en el estudio del movimiento. Al no encontrar un cuadro que represente este suceso, se ha construido una animación sobre un cuadro de las colinas de Roma, donde posiblemente se efectuó dicha experiencia.



Figura 8. Vaca saltando con caballos, Lascaux (Dordogne), Francia, 17500 a.C.

Las pinturas rupestres ya representaron animales en movimiento (figura 8). Los pintores intentan transmitir, de muy diversas formas, la sensación de movimiento no sólo de personas, animales y vehículos sino también del viento. El físico lo estudia de forma más metódica, midiendo el tiempo y el desplazamiento, para lo que, según el escenario, puede

necesitar utilizar vectores. Estos y la composición de movimientos, surgen de forma natural al contemplar en la obra pictórica el humo, las banderas y los barcos. Algunos cuadros sugieren la relatividad del movimiento y otros llevan a explicar el mareo en los vehículos.



Figura 9. Christopher Wilhelm Eckersberg, Vista del Foro en Roma (detalle), 1814, Galería Nacional, Londres.

Los chorros verticales de las fuentes permiten estudiar el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Cascadas, manantiales, fuentes y lanzamientos, permiten contemplar el movimiento parabólico (figura 9). El rozamiento no siempre es despreciable como pone de manifiesto el movimiento de los paracaídas, y los tiros con efecto, por ejemplo, permiten hablar de otros efectos como el Magnus.



Figura 10. N.I. Argunov, La familia Potter de camino al mercado, 1817, Galería Tetryakov, Moscú.

La observación y estudio del movimiento lleva a preguntarse por sus causas e introduce la dinámica. Su primera ley no es evidente, pese a los razonamientos de Galileo, por lo que hay que presentarla como una hipótesis que se irá explicitando y confirmando posteriormente. Es un buen momento para recordar las condiciones y limitaciones de las leyes y descripciones físicas, que usualmente se refieren a modelos y no al mundo real, mucho más complejo. El estudio del movimiento circular y de la honda, ayuda a comprender mejor la segunda ley de Newton. Para analizar mejor el rozamiento y mostrar que no depende de la superficie de apoyo, se estudia previamente el concepto de presión que lleva al estudio de la hidrostática y de los vasos comunicantes que a su vez plantea si los acueductos romanos fueron realmente necesarios. El estudio del rozamiento que permite comprender mejor el primer principio, parte del movimiento de los trineos muy reproducidos en las pinacotecas rusas (figura 10). A lo largo del trabajo se introducen pequeñas cuestiones sobre objetos cotidianos, como; si un clavo es liso, ¿por qué no se desliza fácilmente cuando está clavado y se tira de él?

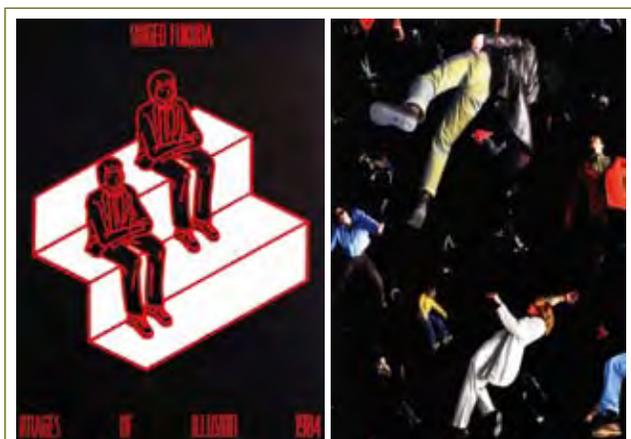


Figura 11. Shigeo Fukuda, Ilusiones (serigrafía), 1984. Daniel Cano Gar, Ingravidez (fragmento), XX, colección particular.

¿Por qué los cuerpos caen y la Luna no?, introduce el estudio de la Ley de la Gravitación Universal que explica el Principio de Arquímedes y por qué algunos cuerpos flotan, lo que cuestionará el vuelo de los aviones. Muchos cuadros permiten estudiar el equilibrio de los cuerpos y los portadores de cubos, introducen el concepto de momento. El tema de la ingravidez, así como la relatividad entre arriba y abajo, horizontal y vertical es el motivo de muchos cuadros, dibujos y litografías actuales (figura 11). Los péndulos, generosamente reproducidos en la obra pictórica, es un final adecuado para estos temas a la vez que emplazan a estudiar las energías que se transforman en ellos.

5. Maquinas, trabajo y energía

Las llamadas máquinas simples como las palancas, poleas y tornos abundan en la obra pictórica. Es agradable recordar lo que se estudió de pequeño, aunque es interesante verlo bajo otra perspectiva; lo que se conserva en ellas. Esto introduce los conceptos de trabajo y energía, y permite comprender la maravilla de la rueda. Al resolverse la paradoja de que aunque los rozamientos por deslizamiento entre la rueda y el suelo sean considerables, las pérdidas por rozamiento son mucho más pequeñas que cuando el cuerpo desliza, permite comprender mejor el rozamiento y que no puede afirmarse sin más que el rozamiento se opone al movimiento.

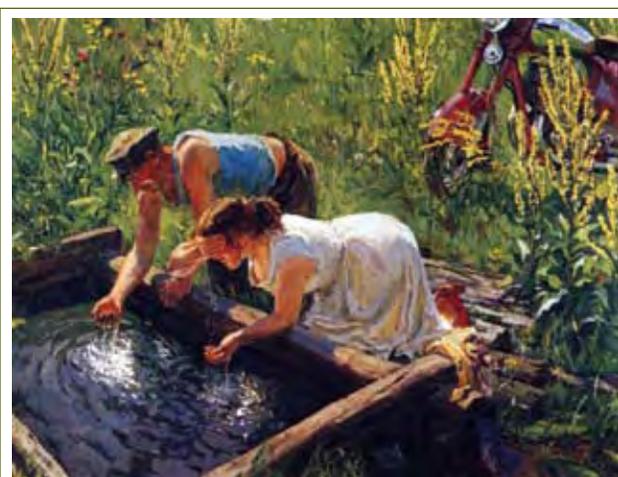


Figura 12. Arcadi Plástov, 1898-1972, El mediodía, Museo Ruso, San Petersburgo.

Los diferentes tipos de energía, su conservación, sus diferentes intercambios, incluyendo el calor y las ondas, están frecuentemente reproducido en los cuadros, sólo hay que fijarse en ellos. El móvil perpetuo se materializa asombrosamente en los grabados de Escher y múltiples cuadros reproducen la propagación de ondas en el agua y sus interferencias (figura 12). El estudio de las ondas lleva al del sonido y éste al de los instrumentos musicales. Después de analizar el timbre de un sonido descomponiendo su perfil en ondas armónicas, se estudia cómo se produce en los diferentes instrumentos de cuerda y viento. Hay detalles puntuales que asombran, como el breve estudio del murmullo del mar.

6. La luz y el color

No es difícil pasar del estudio del sonido al de la luz, pues se pensaba que ésta se propagaba de una forma similar. El

estudio de la luz participa de la belleza de los cuadros que nos acercan a él. No puede faltar en este recorrido el láser y las imágenes tridimensionales y estereoscópicas que Dalí y otros pintores incluyeron entre sus obras (figura 13). El efecto Doppler sugerido por diversos cuadros, muestra cómo un mismo fenómeno puede explicar la variación del tono de una campana y la expansión del universo.

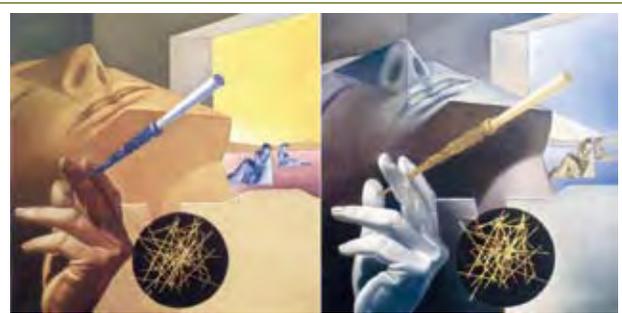


Figura 13. Salvador Dalí, Sin título (Pintura estereoscópica), 1972, colección particular.

El color está presente desde el nacimiento de la pintura (figura 8) y al físico le obliga a profundizar sobre el conocimiento de la luz y su interacción con la materia. Este tema está lleno de preguntas y sorpresas; ¿de qué color es el oso polar?, ¿cómo se fabrica una pintura blanca?, ¿de qué depende el color de las cosas?, ¿desde dónde se contempla mejor una vidriera?

El estudio del color permite comprender mejor la naturaleza que nos interpela desde cuadros de gran belleza; ¿por qué el cielo es azul?, ¿por qué se tiñe de rojo?, ¿cómo se forma el arco iris?, ¿de qué depende el color del agua?, ¿por qué

algunas sombras de los cuadros de Sorolla son azuladas?, ¿por qué los vikingos eran tan buenos navegantes?,... Las preguntas, observaciones, hipótesis explicaciones y a veces críticas, van surgiendo a la vez que disfrutamos de la obra pictórica, independientemente de su realismo o no.

De acuerdo con el enfoque interdisciplinar de este trabajo, se incluye un tema sobre la historia de la iluminación que aúna aspectos físicos, químicos, tecnológicos y urbanísticos, y permite conocer cómo se iluminaban los artistas a lo largo de la historia. Los reflejos atraen nuevamente nuestro interés y ahora ya podemos evaluar el porcentaje de luz que se refleja y se refracta, permitiéndonos comentar un buen número de cuadros.

En esta panorámica se ha podido comprobar cómo la luz, los cuadros y las preguntas que éstos sugieren, han ido trazando el programa. No es un programa usual pero sí coherente y que contribuye a mantener la atención del alumno-lector. Hay otros muchos aspectos interesantes pero no para todos hay cuadros y tampoco este curso debe ser mucho más largo. Esperemos haber mostrado cómo un paseo por una pinacoteca virtual se ha convertido en un atractivo y completo curso de Física.

7. Referencias bibliográficas

- [1] Hecht, E. 2000. Óptica, 3ª edición. Addison Wesley Iberoamericana, Madrid. Pgs. 245-246.
- [2] WAGNER, C. *El museo de arte una puerta abierta la física*, 2003. Servicio de Publicaciones, Universidad de Cádiz.
- [3] WAGNER, C. *La Física en la Pintura*, Actas del IX Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas. Septiembre de 2005, Cádiz, 675-688.
- [4] WAGNER, C. *Luz, Arte y Física. La Física en la Pintura*. Copistería San Rafael, Cádiz.