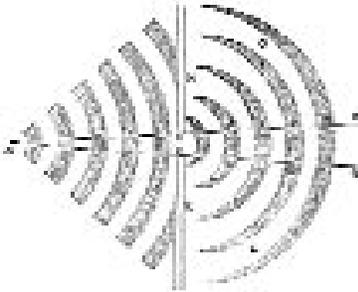


Los rayos de Newton



y la percepción de la realidad

Cualquiera que haya estudiado la física de la luz conoce los experimentos de Newton con prismas. En una carta enviada a la *Royal Society* de Londres el 6 de febrero de 1672 explica cómo fue que los inició. En 1666, mientras trabajaba en el diseño y la forma de los lentes, obtuvo un prisma para ver los célebres fenómenos de los colores. Entonces, arregló su cuarto para transformarlo en una cámara oscura; lo cerró a todas las fuentes exteriores de luz y en una de las persianas hizo un pequeño orificio por el cual pudiera pasar un rayo de la luz del Sol. Al refractar esta luz hacia la pared se produjo la conocida imagen a la que llamó *spectrum*.

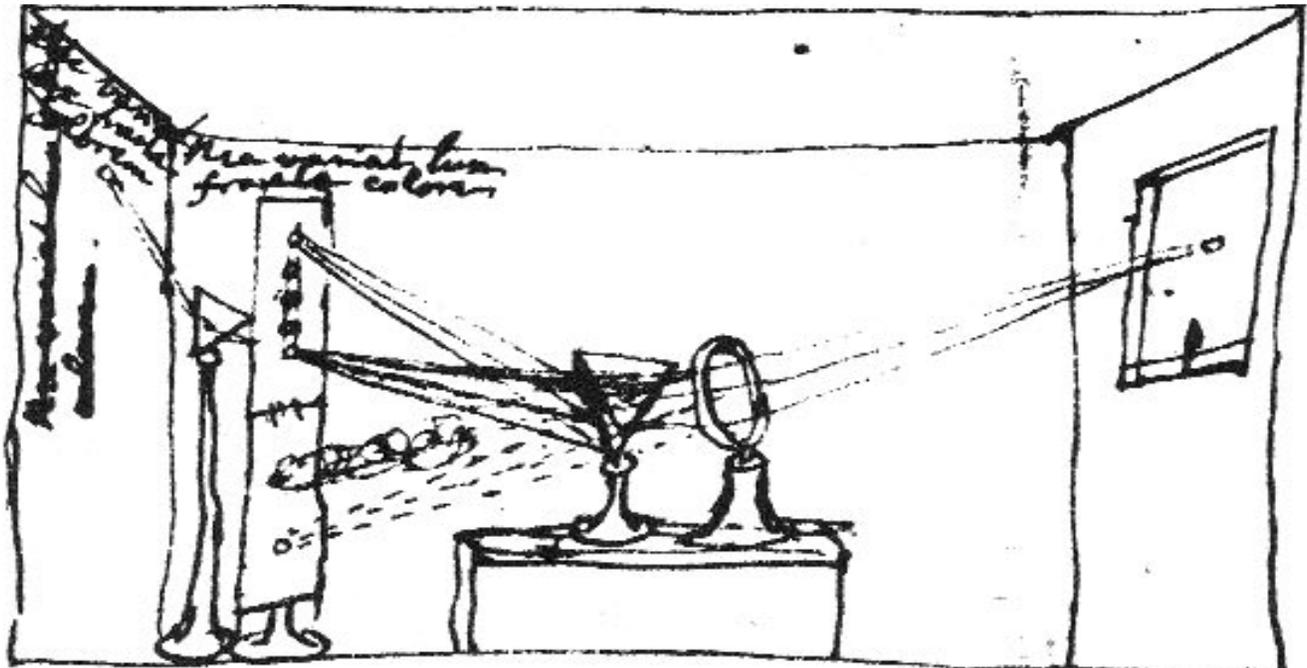
Newton cuenta que al principio estaba fascinado por los colores, hasta que se dio cuenta de que, sin importar lo que hiciera, la imagen era más larga de lo que predecía la ley de refracción. Empezó a preguntarse si

conocía alguna hipótesis que le permitiera explicar este fenómeno. Después de realizar otros experimentos decidió que la respuesta era negativa. Entonces realizó su experimento crucial. En un cuarto oscuro utilizó un primer prisma para refractar la luz hacia una superficie fija, la cual tenía un pequeño orificio por el que sólo podía pasar una porción de la luz refractada; esta porción de luz proseguía hasta una segunda superficie fija a una cierta distancia, la cual también tenía un pequeño orificio, y la luz que pasaba por ella era inmediatamente refractada por un prisma para caer sobre una pantalla o una pared.

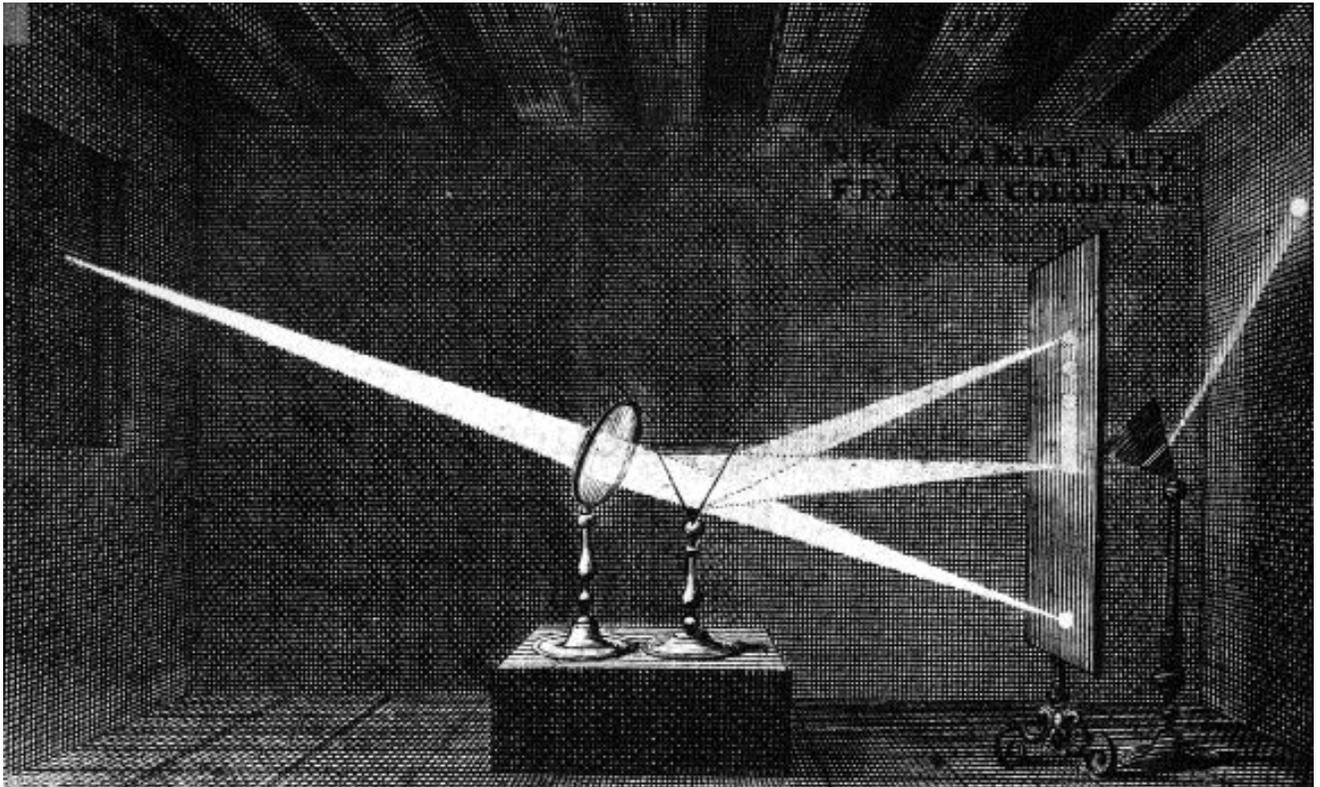
Al rotar el primer prisma hacia delante y hacia atrás (a lo largo de un eje paralelo a los tres bordes largos del prisma) se puede ajustar la posición de la imagen sobre la primera superficie de modo que cambie la parte que incide sobre la apertura;

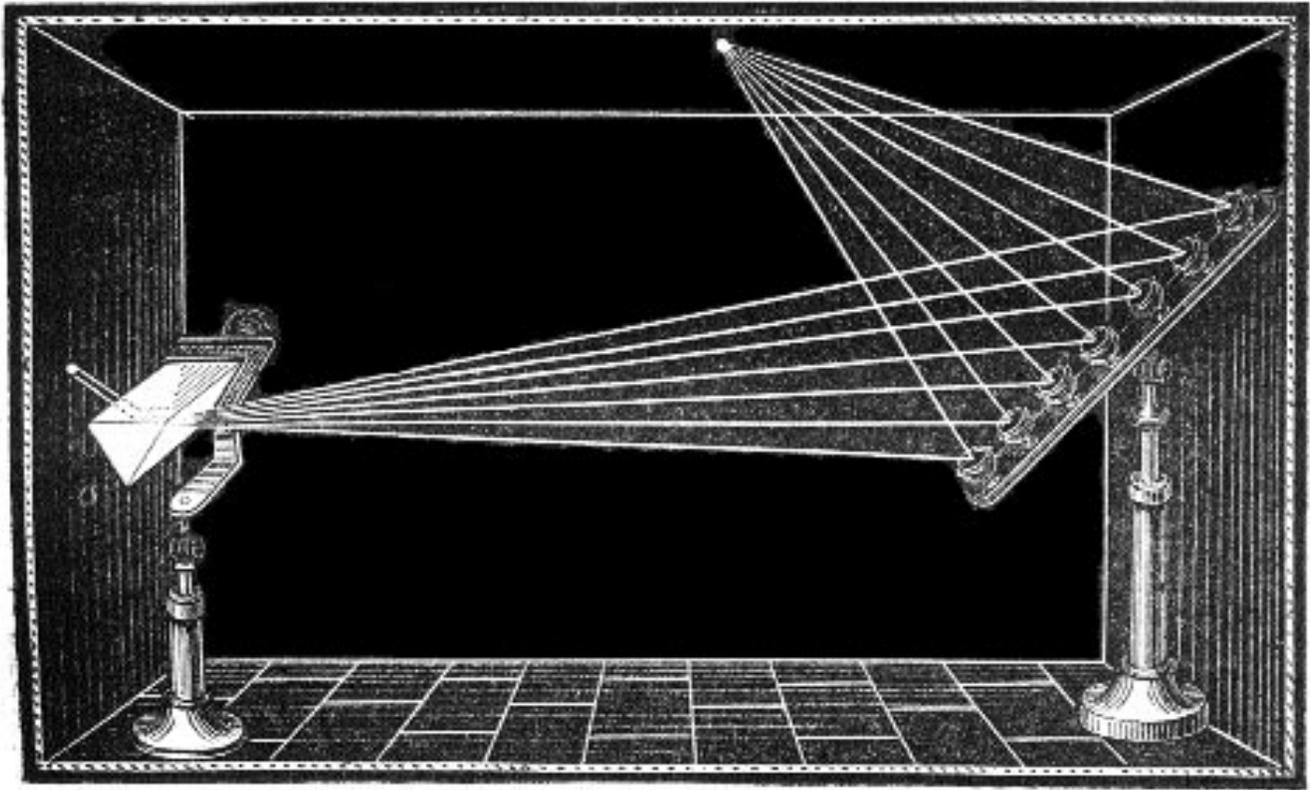
de esa forma cambia la porción de luz refractada que pasa por el orificio. Es decir, al rotar el primer prisma, la luz que alcanza la apertura de la segunda superficie procede de la parte superior o inferior del primer espectro; al mismo tiempo, se observa un cambio en la posición de la imagen final que se refleja en la pared, misma que en lugar de ser elongada se torna casi circular. Si las dos superficies y el segundo prisma están fijos, el ángulo en el que la luz incide sobre el segundo prisma siempre es el mismo. Así, la conclusión parece inevitable: cualquier diferencia en la posición de la imagen final es el resultado de una diferencia en la predisposición de la luz original a ser refractada. Para usar términos newtonianos, los rayos de luz son distintamente refrangibles y la diferencia corresponde al color. El color violeta es el más refrangible, el rojo es el menos refrangible, y los colores in-

DENNIS SEPPER



J.R.





termedios del espectro se refractan de forma intermedia, correspondientes con su lugar en el espectro. Por lo tanto, la luz blanca del Sol está compuesta de todos los tipos de rayos mezclados de forma indiscriminada; la refracción los separa y los ordena según su refrangibilidad y su color.

2

Para los contemporáneos de Newton quedaba claro que la mayoría de los experimentos descritos eran, en efecto, refutaciones de algunas teorías existentes acerca de la luz y el color, aquellas conocidas por los historiadores de la ciencia como teorías modificacionistas. Éstas sostienen que la luz blanca es una entidad simple que se diferencia al encontrarse con una materia. Así, por ejemplo, cuando Newton hizo variar su primer experimento de refracción al colocar el

prisma detrás del orificio de la persiana y al hacer pasar la luz a través de distintas partes del prisma, cerca y lejos de su vértice, sin que cambiara significativamente el espectro, estaba descartando las nociones de que la apertura y la cantidad de materia a través de la cual pasa la luz (la longitud del prisma que tiene que atravesar) modifican a ésta de forma fundamental. Cuando, en otro experimento, Newton utiliza un segundo prisma para contrarrestar los efectos del primero, está refutando la idea de que ciertas irregularidades en el prisma pueden causar la elongación y los colores del espectro, ya que dos irregularidades no podrían recomponer las cosas como estaban en un inicio. Además, al sembrar la expectativa en que un segundo prisma debería de contrarrestar los efectos del primero, el experimento *crucis*, en el que el segundo prisma no contrarresta

los efectos del primero, se vuelve aún más significativo.

Uno de los logros más importantes que Newton relata en esta carta (también en las clases que impartía en Cambridge y más tarde en su *Óptica*), es el de montar experimentos que pueden ser leídos de manera casi inmediata. Una excepción es el experimento que presenta en la primera carta, en el que encontró que el espectro era mucho más largo que lo predicho. La ley que Newton cita es la ley del seno, que establece que el seno del ángulo de incidencia del rayo sobre una superficie refringente es una constante proporcional al seno del ángulo de refracción. En las obras escritas acerca de la óptica de Newton se ha dicho que de acuerdo con la ley del seno, se espera una cierta elongación salvo en una posición precisa del prisma, llamada la posición de la mínima desviación, la cual, casualmen-

te, es aquella con la que Newton empieza sus experimentos. Los expertos en óptica hubiesen podido notar esto, pero muy pocos miembros de la *Royal Society* de Londres eran expertos en óptica. Sin embargo, y como excepción que confirma la regla, una vez que conocemos la posición del prisma y las consecuencias de la ley del seno, la elongación del espectro es una anomalía digna de llamar la atención dentro de la leyes de la óptica conocidas entonces. Una vez que la teoría prepara el camino, podemos “ver” que la longitud del espectro es problemática.

El experimento *crucis* es el mejor ejemplo de la destreza de Newton para preparar experimentos. Primero, al igual que los demás, es básicamente cualitativo y no exactamente cuantitativo. Newton no nos da, ni tampoco espera obtener, mediciones exactas. Sólo quiere que su audiencia se percate de que a pesar de que el ángulo de incidencia es el mismo, sin importar qué parte del espectro pasa a la segunda superficie, el ángulo de refracción cambia.

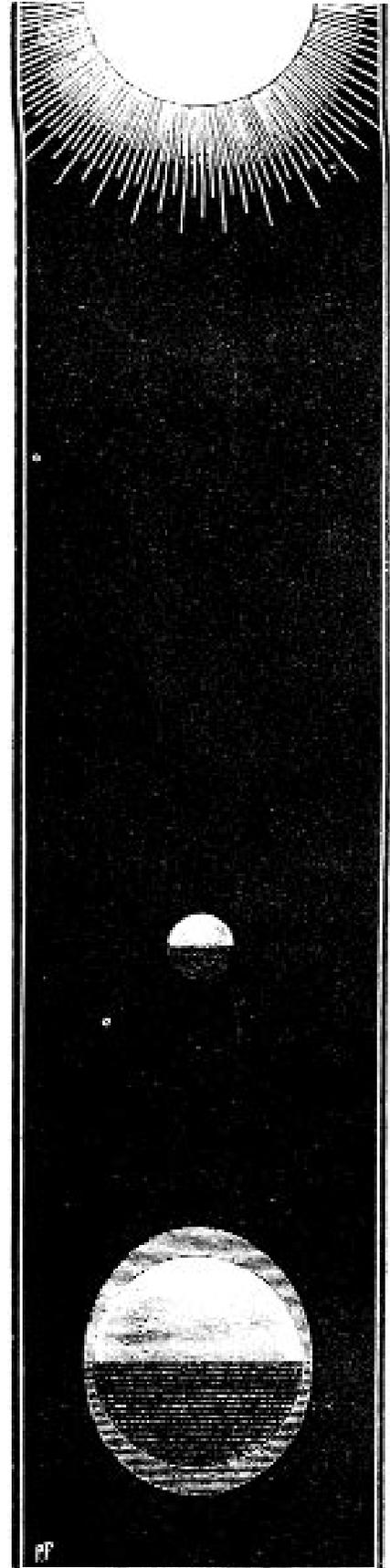
3

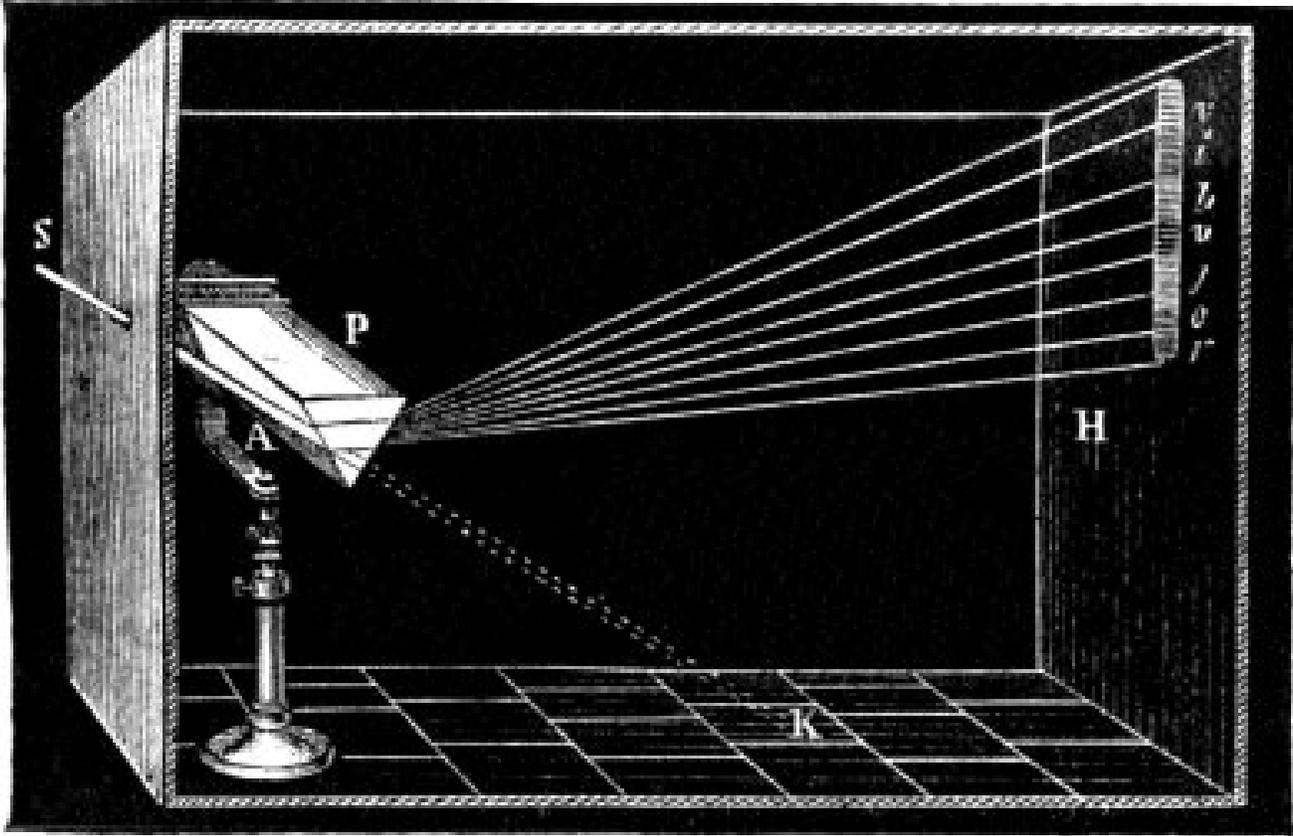
En sus investigaciones de óptica, Newton maneja el arte de diseñar experimentos de tal forma que lo único que tiene que hacer la percepción es verificar el resultado. El significado del resultado ya está establecido desde un inicio: el resultado experimental no hace sino confirmar o refutar lo que la teoría o las hipótesis predicen.

No cabe duda de que los experimentos de Newton demostraron una propiedad de la luz que, aunque había sido notada con anterioridad, nunca se había investigado de manera sistemática y no se podía explicar por medio de las teorías modificado-

nistas de la luz. Newton pensó que sus resultados eran decisivos. En su opinión éstos excluían cualquier explicación modificacionista, además de que proveían un fundamento sólido para sostener la naturaleza corpuscular de la luz; mostraban que la luz blanca era compuesta, que la unidad fundamental de la luz era el rayo, que los rayos difieren en su tendencia a ser refractados y que los colores producidos por los rayos difieren de manera estrictamente proporcional a su diferencia en refrangibilidad.

Cada uno de estos puntos es debatible, cuando no falso. La teoría de las ondas, misma que para Newton no era más que una versión del modificacionismo, conocería posteriormente sus días de gloria. En 1690 Christian Huygens publicó *De la lumière*, un tratado acerca de la transmisión de las ondas matemáticamente mucho más sofisticado que el tratado de óptica de Newton. En la teoría de Huygens no existe una porción más pequeña de la luz, así que el término “rayo” no puede significar lo que significa para Newton. A lo sumo indica una perpendicular imaginaria al frente de las ondas cuando éstas avanzan. Así, el rayo es una ficción matemática, no una entidad real, y por tanto, la teoría de ondas relativiza e incluso derriba la teoría de Newton que dice que los rayos son los constituyentes últimos de la luz. Es más, en la teoría ondulatoria la luz se puede entender no como la mezcla de distintas ondas, sino como un pulso original indiferenciado que se diferencia sucesivamente por refracción, difracción y otros procesos. Este tipo de modificacionismo renaciente amenazaba con derribar cada uno de los aspectos que Newton consideraba como fundamentales y probados.





En una ocasión Newton le replicó a uno de sus adversarios que si su teoría fuera una mera hipótesis la habría suprimido en lugar de perder su tiempo en divulgarla. En un párrafo que se suprimió en la versión impresa de la carta del 6 de febrero de 1672, argumentó que su intención no era proponer una ciencia hipotética sino establecer una teoría acerca de la refracción y el color que fuese tan cierta como cualquier parte de la óptica. Con ello se refería a que no seguía el ejemplo de los atomistas, corpuscularistas, mecanicistas y similares, que proponían suposiciones que permitieran explicar los fenómenos, sino (siguiendo el lenguaje de su *Óptica*) que revelaría las propiedades reales de la luz y del color. Así, sus observaciones no eran una hipótesis sino una teoría. Para Newton

teoría significaba la verdadera forma de ver los fenómenos. Él no se basaba en la deducción de principios, sino en la inducción a partir de experimentos que revelaran su significado hasta al más prejuiciado. Los fenómenos, hábilmente presentados y en su mayoría producidos por medio de instrumentos, revelaban verdades acerca de las propiedades básicas de la luz incluso al inexperto. De esta forma los expertos encontrarían las salidas hipotéticas bloqueadas y estarían forzados a admitir las conclusiones que los fenómenos demostraban de manera contundente.

4

Una cosa es dibujar los recorridos de la luz en una hoja de papel y otra mostrar que revelan la ontología funda-

mental de la luz. Pareciera que Newton creía que el rayo de luz se podía reducir hasta aproximarse a que no tuviera ya dimensión alguna, y entre más se aproximaran los experimentos a esta situación, más se acercarían a las predicciones teóricas. Aunque Newton jamás habló de aproximarse experimentalmente a un límite teórico, trató de hacerlo. Si Newton hubiese realizado esa serie de experimentos en el límite hubiese reconocido desde mucho antes el significado del fenómeno de difracción, es decir, la dispersión de la luz en una sombra geométrica cuando la apertura es muy pequeña. Esto incluso lo hubiese llevado a reconsiderar el énfasis de su teoría de la luz y la dirección de sus investigaciones.

Es conveniente aclarar que no intento afirmar que Newton debía de

haber sido un seguidor de la teoría ondulatoria, sino que las investigaciones, teorías y certezas son afectadas por la lógica, el procedimiento y la totalidad de la experiencia y del conocimiento del investigador. Dada la importancia que tuvo la certeza de Newton, no sólo en su carrera sino también en la historia de la óptica y de la ciencia experimental en los siguientes siglos, se puede pensar que si su experiencia hubiera sido distinta, aún siguiendo la lógica de sus propias investigaciones, la progresión y el resultado de sus propias y posteriores investigaciones habrían sido muy distintos de lo que fueron.

Claro que Newton se interesó no sólo por la existencia de los rayos. Como ya se ha dicho, quería disipar cualquier duda acerca de la existencia de ciertas propiedades de los rayos; incluso creía que el análisis de esas propiedades le permitiría sembrar los cimientos para después utilizar los rayos como instrumento para estudiar la estructura de la materia y las fuerzas que se le asocian, como lo expone en el segundo y tercer libro de su *Óptica*. La luz, o más bien el rayo de luz, se convirtió en un instrumento, en una prueba. Aquí no sólo nos encontramos en presencia de la ciencia moderna, sino que estamos en el momento de la fundación de las técnicas de investigación de la ciencia experimental moderna.

Las formas de ver y percibir que Newton consideraba como una forma natural de ver bien orientada se asociaron con una instrumentalización de la teoría (utilizar aperturas, prismas, lentes) y después este dispositivo instrumental se utilizó para descubrir nuevos fenómenos, primero en el mismo ámbito de investigación y posteriormente, más allá de él.

5

A pesar de que lo más revolucionario de la teoría de Newton, al menos en lo que concierne a la percepción natural, es su teoría del color, sólo la he mencionado de paso. Según Newton, los colores se presentan en dos formas: la homogénea, que corresponde a los colores que se producen por la separación de los rayos individuales, y la heterogénea, en la que los colores son el resultado de una combinación de distintos rayos.

A diferencia de Descartes y otros pensadores del siglo XVII, Newton no quería insistir en la distinción entre las cualidades sensoriales primarias y secundarias. Al contrario: quería establecer que la ciencia del color era tan matemática como cualquier otra parte de la óptica.

A pesar de que Newton se opuso a la tradición Aristotélica, que databa de dos mil años y sostenía que los colores no eran propios a los cuerpos, probablemente su concesión más importante a la distinción primaria y secundaria, y a pesar de que sabía que la combinación de rayos podía reproducir la apariencia de los colores homogéneos, a lo largo de su trabajo empleó los colores como indicadores del tipo de rayos de los que se trataba y como medida indirecta de las dimensiones físicas de la materia con la que se encontraban los rayos. Por ejemplo, en la sección de la *Óptica* en la que se habla de los anillos, colores de película fina, Newton da tablas en las que se correlaciona la dimensión de la película con los matices de los colores.

Aunque la física postnewtoniana no ignora totalmente el matiz, usa otros parámetros, como la longitud de onda, la longitud de frecuencia y

la energía fotónica, parámetros que no dependen de la percepción. El color aún se usa para determinar de forma aproximada de qué lugar en el espectro procede un color monocromático, pero cuando se buscan datos precisos se emplean otros parámetros. Newton fácilmente hubiera podido hacer algo similar y especificar un material estándar con el cual crear un índice de refracción para cada tipo de rayo, pero no lo hizo. Parece que en su búsqueda de una ciencia del color, no sólo de los rayos, no quería neutralizar las cualidades percibidas, sino al contrario, buscaba fomentar su papel ontológico y científico. La ironía está en que el estudio de los rayos, donde se neutralizan las cualidades perceptibles y que también se deriva de Newton, es el que ha tenido una influencia más duradera.

6

Hace dos décadas Ian Hacking hacía notar que la filosofía de la ciencia se ocupaba preferentemente de dos problemas, el realismo y la inconmensurabilidad. A sus ojos, la importancia que se le da a la inconmensurabilidad es exagerada y esto se debe a que guarda nexos estrechos con otras preocupaciones modernas en epistemología, el lenguaje y la semántica. En cambio, a su parecer, el realismo es mucho más importante. La ciencia experimental moderna provee una sólida matriz para la formulación de un realismo pragmático acerca de las entidades teóricas, ya que emplea representaciones de las entidades y de sus comportamientos para desarrollar nuevas intervenciones.

La estructura de las revoluciones científicas de Thomas Kuhn ha sido, desde luego, la fuente más importan-

te sobre el problema de la inconmensurabilidad. Parafraseando a Kuhn, cuando hay un cambio de paradigma existe la posibilidad de que los seguidores de los paradigmas en conflicto no compartan ningún parámetro: no sólo difieren en sus teorías, sino en cómo se deben de aplicar las teorías a los modelos y también en la manera de interpretar las evidencias. Kuhn incluso llegó a decir que los seguidores de dos paradigmas que compiten entre sí viven en dos universos distintos. Si dos personas estudian un mismo objeto, ¿perciben lo mismo? La respuesta de Kuhn es: sólo si comparten el mismo paradigma.

Por su parte, Hacking se centra en aquellas ciencias que tienen un fuerte componente experimental. Cuando la teoría se vuelve parte dependiente de los experimentos y del equipo experimental, es imposible separar a las entidades teóricas del equipo o de los instrumentos. Su realidad es instrumental. La televisión y los microscopios electrónicos prueban de forma pragmática que los electrones existen. Una vez que sabes acelerar electrones, tienes que creer que son reales.

Se puede decir que tanto Kuhn como Hacking han dañado nuestra confianza en la percepción normal. Sin embargo, tanto la ciencia como la filosofía la han cuestionado varias veces desde el siglo XVII. Para Kuhn, si no hay un paradigma tampoco hay algo que podamos llamar una percepción normal; en el mejor de los casos, la manera en que la gente común y corriente percibe las cosas probablemente forma parte de una teoría anterior que ha pasado a integrarse en el sentido común. Para Hacking, los seres humanos somos representantes por naturaleza. La realidad emergió cuando se empezó a consi-

derar que las representaciones (que en un inicio no eran frases o proposiciones, sino estatuas, dibujos y otros) eran fieles a los originales. Este realismo básico no presentaba ningún problema, pero los humanos empezamos a hacer representaciones más complejas y esto nos llevó a distintos tipos de representaciones, lo cual creó el problema del realismo respecto a las representaciones complejas.

Las teorías científicas no son sino representaciones complejas. Pero para Hacking la percepción y las observaciones hechas por los científicos generalmente están mucho menos cargadas de teoría que para Kuhn. La observación y la percepción son habilidades, y pueden ser aprendidas por alguien que no conozca nada acerca de la teoría. Por ejemplo, Hacking cita el caso de Caroline Herschel, quien podía ver un cometa a simple vista sin que importara si ella aceptaba o no la teoría de su hermano William acerca de los cometas: ella podía percibir los cometas de un solo vistazo. Había adquirido la habilidad de percibir cometas gracias a su larga experiencia en la observación del cielo, a simple ojo o con instrumentos. Este tipo de percepción no se puede atribuir a una interpretación teórica, y tampoco se puede reducir a una percepción común y corriente o a una serie de imágenes en la retina. Por lo tanto, la habilidad de percibir de forma científica es una cuestión compleja, pero a la vez es común, puesto que nuevos científicos pueden adquirir esa habilidad.

Tanto para los científicos como para los filósofos de la ciencia, el problema de la percepción consiste en que está sobrecargada de incertidumbres. Entre más estudiamos la percepción y sus objetos, más nos que-

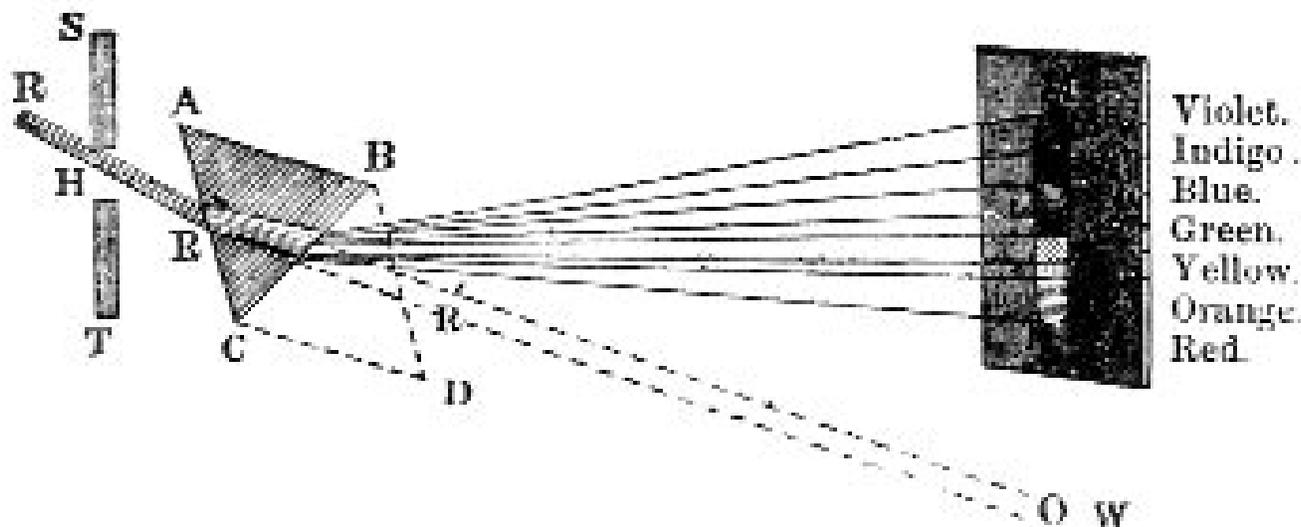
da claro que no es una forma simple, confiable y neutral de ver aquello que los físicos, químicos y biólogos quieren saber. Aunque los ojos sirvan para ver colores, y en un astrónomo entrenado sirvan para ver cometas, no son buenos detectores de la frecuencia de ondas o de la energía de los fotones. En el mejor de los casos podemos usar los sentidos como detectores de diferencias registradas por medio de instrumentos; por ejemplo, se pueden usar para leer la posición de un indicador, para revisar datos en busca de patrones o para escuchar el ritmo de un oscilador.

De esta forma la percepción se normaliza, incluso se neutraliza y se integra dentro de un más amplio marco de referencia de observación mediada e instrumentalizada. Probablemente la única manera de frenar las ciencias sea tratando de encontrar en ellas un lugar para la percepción natural.

7

El nacimiento de la óptica de Newton parece ser el ejemplo ideal para la concepción de Kuhn de un cambio de paradigma. En sus primeros cuadernos, Newton describe la refracción de la luz en términos de corpúsculos que viajan por caminos rectos y que le dan "un golpe" al ojo, lo que produce los distintos colores de acuerdo con su tamaño y su velocidad. Si en un momento dado Newton realmente percibió los fenómenos de esta manera, es difícil entender cómo fue que cuestionó las teorías de los modificacionistas si él ya vivía en un universo distinto al de ellos.

Esto no implica que Newton no entendiera el objetivo de las teorías alternativas. Al menos en principio, el



trabajo central de sus experimentos de óptica no es para afirmar su teoría, sino para invalidar las demás teorías existentes. La noción de anomalía de Kuhn viene aquí como anillo al dedo: las teorías preexistentes de refracción no predecían la elongación de la imagen de refracción. Después de iniciar con los deliciosos fenómenos de los colores, Newton prosigue en la carta de 1672 a la *Royal Society*, con la exposición del alargamiento de la imagen, fenómeno que no desaparecía aunque variaran las condiciones experimentales.

Para convertirse en un paradigma, la óptica de Newton debía de ser no sólo una simple anomalía, sino también una forma de percibir, y contar con una teoría-hipótesis desarrollada. El que el paradigma debe de ser un ejemplo que funciona, es decir, que debe ser una teoría puesta en práctica, es aún más importante para la noción de paradigma en Kuhn. Precisamente porque se trata de un espécimen de investigación que funciona, se le puede utilizar como molde para otras investigaciones. La óptica de Newton cabe perfectamente den-

tro de este modelo, pues su técnica para estudiar los rayos de la luz y sus componentes no sólo mostraba un fenómeno *sui generis* sino que podía extenderse más allá de la refracción.

Hacking nos ofrece al menos una solución parcial al problema de cómo y por qué la práctica puede ser tan efectiva. Para Hacking, la práctica es parte integral de los instrumentos y del equipo, y son justamente el equipo y su uso los que proveen a la ciencia de un sentido básico de la realidad que estudia, además de una estructura profunda de teorías, prácticas y futuros puntos de interés (en este punto podemos ver que Hacking complementa a Kuhn). Desde esta perspectiva es importante recalcar que Newton implícitamente inventó el analizador de rayos, el espectrómetro. Sin embargo, tomó varias generaciones para que el aparato emergiera como un instrumento independiente. El espectrómetro es para los rayos de Newton lo que el microscopio electrónico es para los electrones. El instrumento ayudó a estructurar la investigación en torno a la visión, la luz y el color y posteriormente se empleó en cam-

pos más remotos, como el análisis de la luz de las estrellas y la determinación de su composición química.

Es bastante improbable que Hacking aprecie ser calificado como complementario de Kuhn. Pero estas reflexiones sugieren que las concepciones de Hacking no representan tanto una ruptura con respecto a las ideas de Kuhn como una revisión de ellas. Kuhn podía interpretar el problema de la realidad como la mayoría de la filosofía moderna lo ha hecho, básicamente como una pregunta de orden epistemológico, y de todas maneras concordar con que, desde una perspectiva pragmática e incluso popular, el paradigma de la realidad sufre mutaciones conforme los paradigmas científicos cambian y extienden su influencia.

Por último, incluso se puede proponer que hay una relación dialéctica entre la sociología de las prácticas científicas inconmensurables, movida por el paradigma de Kuhn, y el realismo pragmático e instrumental de Hacking. La práctica integra entidades y eventos teóricos al trabajo de un pequeño grupo de científicos; los ins-

trumentos y sus usos se expanden entonces a otros grupos y disciplinas y preparan el camino para la construcción de un trabajo científico cotidiano. Por ejemplo, el tubo de cátodos se interpreta como un emisor de electrones, los investigadores aprenden a dirigir y a regularizar su producción, un investigador se da cuenta de que puede hacer que un tubo de éstos produzca la imagen borrosa de un objeto, y antes de saberlo ya se creó una televisión. De esta manera los rayos catódicos y los electrones se convierten en pobladores familiares del mundo, incluso cuando la mayoría de las personas ignoran las teorías que dan cuenta de ellos, pues aunque no perciban estas cosas directamente, están dispuestos a aceptar su realidad.

8

El sabio y poeta alemán Johann Wolfgang von Goethe nos puede proveer de un contexto suficientemente amplio para dar cuenta de todos los aspectos que hemos estado siguiendo. Invocar a Goethe en conexión con Newton puede parecer peligroso, puesto que se conoce la famosa polémica de Goethe en torno a la teoría de los colores de Newton. Sin embargo, Goethe recibe de cuando en cuando una mención honorífica por parte de los historiadores de la ciencia por su trabajo y su influencia en campos como la morfología animal y vegetal y la fisiología de la visión. Mi razón para invocarlo aquí tampoco tiene que ver con los errores en los que haya podido incurrir durante su búsqueda de una ciencia del color.

Los comentaristas de la ciencia de Goethe, tanto partidarios como críticos, frecuentemente afirman que como poeta se dejaba fascinar fácilmente

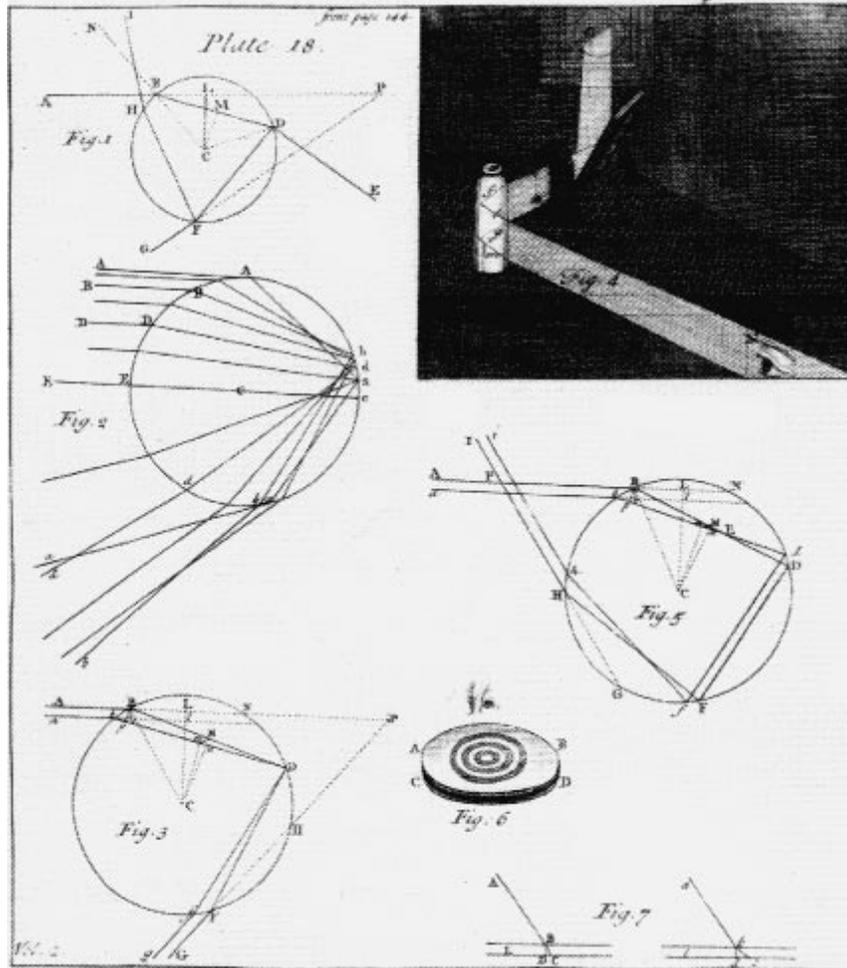
por la apariencia sensual de las cosas y que ésta es la base de su ciencia. La veracidad de estas afirmaciones es tan poca que se puede tratar como todo lo opuesto a la verdad. En toda su búsqueda científica y también en todo su trabajo poético, Goethe estaba fascinado por la complejidad de las cosas que se abrían ante la mirada atenta. Para Goethe su misión científica era mostrar cómo otras investigaciones permitían profundizar en nuestra experiencia y hacerla más compleja, sin dejar a un lado la experiencia cotidiana de los fenómenos. Para este autor, en el nivel cotidiano siempre existe una cierta ingenuidad, o mejor dicho una simplicidad; pero la investigación muestra que esta simplicidad es generalmente más aparente que real.

El estudio y la investigación cuidadosos —es decir, hacer ciencia— permiten una sofisticación y una profundización de esta experiencia cotidiana. Goethe descubrió, por medio de su trabajo experimental en óptica, que la manera de diseñar y ejecutar los experimentos es fundamental para volver la ciencia y la naturaleza más comprensibles. Para él los experimentos eran intervenciones humanas que permitían producir fenómenos de una manera controlada. Goethe dividió estas intervenciones en sus componentes instrumentales, conceptuales y prácticos y los correlacionó de forma sistemática con los eventos y los fenómenos percibidos. En particular se dio cuenta de que al variar los componentes del experimento había unidades experimentales que cambiaban pero también había continuidades. Por ejemplo, uno puede variar experimentos sencillos de refracción como los de Newton al emplear una apertura ajustable, al sustituir prismas con

ángulos de refracción distintos o de distintos materiales, al acercar o alejar la superficie del prisma y entonces describir las diferencias que aparecen.

El objetivo de Goethe era el de producir un contexto experimental lo más amplio posible. Al tiempo que se familiarizó con la historia de la experimentación y de las teorías y reflexionó acerca de la diversidad del trabajo científico y de las opiniones en cada uno de los ramos, se dio cuenta de que la comprensión era un blanco móvil. Una de las razones de esto es obvia: cada generación agrega los descubrimientos e inventos que produce a lo que ya se ha hecho y dicho anteriormente. Otra razón también se hizo patente a Goethe mientras investigaba el trabajo y los objetivos de los científicos y trataba de darles su contexto histórico: aunque generalmente la gente concuerda en cómo describir los fenómenos y los experimentos, frecuentemente están en desacuerdo en cómo relacionar los distintos tipos de fenómenos, y esto ocurre antes de que se llegue a los detalles de las distintas hipótesis y teorías. Lo cual llevó a Goethe a analizar y realizar esquemas de los distintos *Vorstellungsarten*, o formas de conceptualizar, mismas que se hacen evidentes en las disputas científicas a lo largo de la historia. Posteriormente trató de entender cómo esas concepciones afectaron el desarrollo de las ciencias. Este trabajo culminó con lo que aquí llamo la política filosófica de la ciencia, que se basa en la filosofía psicológica de los científicos y de las comunidades científicas. De esta forma Goethe se convierte en un historiador, sociólogo y filósofo de la ciencia del siglo xx.

El último énfasis que haré en la metodología de Goethe es en sus aspectos pedagógico y práctico. Goethe



tenía una postura pragmática frente a la verdad y la realidad científica, pero también tenía la profunda convicción de que la verdad era fructífera. Goethe esperaba producir un edificio de la experiencia científica que fuese comprensible para los no expertos, para que de esta forma pudieran familiarizarse con los conceptos y experiencias básicos de las ciencias. Esto a su vez les permitiría reconocer cómo la experimentación, por su propia naturaleza, sugiere usos prácticos, técnicos e incluso artísticos. Además, separar experimentos completos en sus componentes básicos para después analizar cómo los experimentos más sencillos reaparecen en formas más complejas es de gran valor

para aquellos maestros que buscan iniciar a sus estudiantes en los aspectos elementales de la práctica y de la teoría de las ciencias.

Ninguna persona puede manejar todos los aspectos que componen el edificio de una ciencia; sin embargo, si cada persona trabajara en una porción de éste, el edificio se iría expandiendo y gradualmente emergería una comunidad de científicos en cada una de las disciplinas relevantes de la empresa colectiva.

El entendimiento de Goethe acerca de las *Vorstellungsarten*, o formas de conceptualizar, tiene alguna afinidad con la forma de ver determinada por un paradigma que propone Kuhn. Goethe pensaba que la *Vorstellung-*

sart de Newton tendía a ser mecánica y geométrica. Cuando Newton veía colores pensaba en ellos en términos de acciones mecánicas y caminos geométricos, pero eso no lo excluía de ver los colores como los demás y no implicaba que vivía en otro universo. Preferencia no significa necesidad. Sin embargo, el cultivo progresivo de una preferencia puede producir un hábito inveterado de observación. En algún momento de su carrera, Newton se convenció de la existencia de los rayos y de que éstos eran los causantes de los colores. Cuando veía colores, la primera cosa que se le ocurría era pensar en cómo se ajustaban a su teoría. De este modo, los fenómenos pasaron a funcionar como discriminadores de una teoría, es decir, como una evidencia que discrimina entre dos teorías en competencia. Newton también pensaba inmediatamente en los rayos como la causa de los colores y esto inhibió su habilidad para hacerse otro tipo de preguntas.

Desde el punto de vista de Goethe, el concepto de los universos distintos que resultan de una visión inducida por un paradigma es exagerado, y el término de inconmesurabilidad tendría que sustituirse por algo así como ocultación. El objetivo de Goethe de presentar los fenómenos en una forma comprensible tiende a construir un mundo común para los científicos que abrazan teorías distintas. En cada una de las épocas, y a veces a lo largo de varias de ellas, se puede encontrar un consenso acerca de cuáles son los experimentos relevantes y qué fenómenos son los que requieren una explicación. Todos los teóricos comparten instrumentos y prácticas. La base común de los fenómenos, instrumentos y prácticas constituye una realidad de primer orden en la

que son parte del mismo universo. Pero, a partir de esta base los investigadores pueden construir concepciones de segundo orden que pueden ser incompatibles.

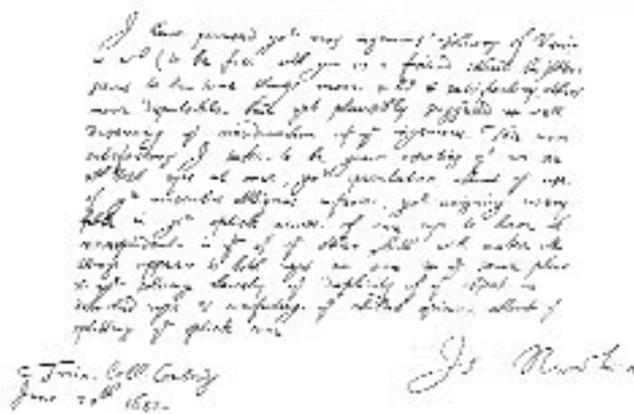
Por otro lado, los investigadores forman comunidades sociales, frecuentemente organizadas en torno a teorías y formas de ver las cosas; estas comunidades pueden reforzar la exclusividad y cultivar la creación de universos distintos.

Pero Goethe no dudaba que la base común reforzaría el sentimiento de formar parte de una empresa común. Esta base creada a partir de la experimentación, equipo y las prácticas se parece mucho al pragmatismo ins-

trumental de Hacking. Sin embargo, hay una diferencia importante. El objetivo filosófico de Hacking es el de justificar una versión del realismo acerca de las entidades teóricas. A pesar de su iconoclasismo, Hacking aún se encuentra en un debate entre realistas y antirealistas.

Tal vez lo que se necesita no es una nueva razón para apoyar el realismo, sino preguntarse acerca de la concepción filosófica que comparten los realistas y los antirealistas. Hacking sugiere una línea de pensamiento que se puede contextualizar con la búsqueda de profundidad y comprensión de la experiencia de Goethe. Para éste, los fenómenos eran reales, al

igual que los experimentos, el equipo, los eventos y las cosas de la vida diaria. Nunca excluyó la posibilidad de que las entidades abstractas y teóricas fuesen también reales. Lo que su trabajo sugiere es una familiaridad y un acercamiento de los distintos aspectos del mundo en el que vivimos y, por lo tanto, un sentimiento matizado de la realidad. Si los fenómenos son reales, su realidad no es la misma que la de los instrumentos, que a su vez no es la misma que la del fotón o la de un árbol. Articular todos los niveles de la realidad y nuestro acceso a ellos es más importante que declararse partidario de una escuela de pensamiento. 



Dennis Sepper
Departamento de Filosofía,
Universidad de Dallas.

TRADUCCIÓN
Nina Hinke

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
Cohen, I. B. (ed.) 1978. Isaac Newton's papers and letters on Natural Philosophy. Cambridge University Press, Cambridge.

Hacking, I. 1983. Representing and intervening: introductory topics in the Philosophy of science. Cambridge University Press, Cambridge.

Kuhn, T. 1968. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica, México.

Mc Guire, J. E. y M. Tamny. 1983. Certain philosophical questions: Newton's Trinity notebook. Cambridge University Press, Cambridge.

Turnbull, H. W. et al. 1957-1976. The correspondence of Isaac Newton. Cambridge University Press for the Royal Society, Cambridge.

Sabra, A. I. 1967. Theories of light from Descartes to Newton. Oldbourne, London.

Sepper, D. 1988. Goethe contra Newton: polemics and the project for a new science of color. Cambridge University Press, Cambridge.

Shapiro, A. (ed.) 1984. The optical papers of Isaac Newton. Cambridge University Press, Cambridge.

IMÁGENES
P. 20: Diagrama del Libro II de los Principia. P. 21:

Digrama de Newton de su experimento crucial y grabado posterior que lo representa. P. 22: Recombinación de la luz a partir de los siete colores del espectro, Tratado de Física experimental y aplicada y de meteorología, A. Ganot, París, 1868. P. 23: Teoría de las mareas de Newton, Astronomie populaire, Camille Flammarion. P. 24: Refracción de los colores del espectro, Tratado de Física experimental y aplicada y de meteorología, A. Ganot, París, 1868. P. 27: Experimento de Newton en el que descompone la luz con un prisma y obtiene los siete colores del espectro. P. 29: Los anillos de Newton se forman entre dos trozos de vidrio o en capas de aceite, Mathematical elements of natural philosophy, v. II, lámina 18, Willem's Gravesande. P. 30: Manuscrito de Newton sobre el mecanismo de la visión, 1682.