

pasan por los poros, si dan en el cuerpo blanco, reflecten hácia fuera con otra modificacion, y vienen á mezclarse con los rayos que reflectieron de la superficie del vidrio; pero si dan en cuerpo negro no reflecten, y así no perturban á los otros, que dando en las partes sólidas del vidrio reflectian ordenadamente, conservando el mismo color que llevaban. Supongo yo que será esto.

TEOD.— Eso es, y doy por acabadas las reflexiones de los colores en los espejos.

§ III.

Trátase de la refraccion de los rayos de color y de los efectos que de ella nacen : esplicase el arco iris.

EUG.— Decidme ahora : así como los colores tienen la misma reflexion que la luz, ¿ acaso tienen tambien las mismas refracciones?

TEOD.— Tambien, y es preciso tratar de ellas para esplicar algunos efectos que ocasionan. Traed á la memoria lo que os dije acerca de la refraccion de la luz : dije que el rayo de luz cuando entra ó sale del vidrio siempre quiebra sobre aquel lado que estando fuera del vidrio queda mas inmediato á él (Fig. 47). Lo mismo digo del rayo de luz entrando ó saliendo del agua, ó cualquier cuerpo diáfano que sea mas denso que el aire, porque en todos es la misma razon; y como los colores no son otra cosa que rayos de luz modificados, digo ahora, que los rayos de luz modificada ó los rayos de color, cuando entran ó

salen del agua, siempre quiebran sobre aquel lado que estando fuera del agua queda mas inmediato á su superficie.

EUG.— Todo concuerda con los principios que habeis establecido.

TEOD.— De aquí se saca la razon de una esperiencia bien facil y curiosa : echad dentro de un vaso (Fig. 51) una moneda, é id apartándoos hácia atras,

de suerte que el borde del vaso os cubra la moneda y no la veais; luego que la moneda se cubriere del todo con el borde del vaso, parad, y sin hacer mudanza en la ca-

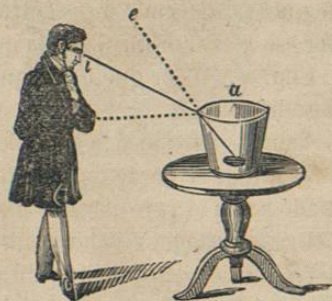


Fig. 51.

beza ni en el vaso, mandad llenarlo de agua, y vereis en el fondo del vaso la moneda que antes no veiais.

EUG.— Hagamos la esperiencia.

SILV.— Aquí teneis este vaso *a*, y aquí está esta moneda, que traigan agua.

EUG.— De aquí donde estoy en *i* no veo ni la moneda ni el fondo del vaso; echadle ahora agua.

TEOD.— He aquí teneis el vaso lleno : ¿ no veis ahora la moneda?

EUG.— Veo la moneda y el fondo del vaso tambien; ¿ mas cuál es la razon de esto?

TEOD.— La razon es, porque la luz que entra

por el agua y da en la moneda, ha de reflectir con el color de la moneda; el rayo de color que va desde la moneda hasta el borde, estando el vaso sin agua, va caminando derecho hácia *e*, y así no puede entrar en vuestros ojos estando vos en donde estais en *i*; pero luego que se llenó el vaso de agua, el rayo de color que desde la moneda reflecte hácia fuera, ha de quebrar luego que saliere del agua, y de quebrar llegando á vos entra por vuestros ojos, y por eso veis ahora la moneda que antes no veiais.

EUG. — ¿Y por qué ha de quebrar el rayo llegándose hácia mí?

TEOD. — Porque si la superficie del agua se continuase desde el borde del vaso hasta vos, solo de este modo podia el rayo llegarse mas hácia la superficie del agua, y hemos dicho ya que el rayo cuando sale del agua siempre quiebra sobre aquel lado que está mas próximo á la superficie del agua llegándose mas hácia ella; he aquí porque el rayo quiebra acercándose hácia vos, y va á parar á vuestros ojos y veis la moneda.

EUG. — Ya entiendo: me hacia fuerza no haber superficie de agua desde el borde del vaso á mí, hácia la cual se hubiese de llegar el rayo quebrado; pero como me decís que para eso basta suponer que se continúa la superficie del agua hasta donde yo estoy, ya lo entiendo.

TEOD. — Esta misma es la razón de otro efecto muy ordinario, y es que cuando meteis un baston en el agua oblicuamente parece que el baston está quebrado; y no es el baston el que está quebrado, son los rayos de la luz que reflecten de él hácia fuera

y quiebran al salir del agua. Para esplicarme mejor es preciso valerme de una estampa que traje de propósito para esplicar este punto (Fig. 52). Suponga-

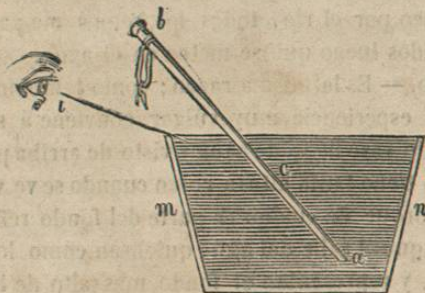


Fig. 52.

mos que *mn* es un vaso con agua, y que meteis dentro vuestro baston, así como aquí se representa, ha de pareceros que se quebró; porque la punta del baston *a*, que está casi en el fondo del vaso, se os ha de representar en derechura desde *n*. Porque los rayos de luz que reflecten de la punta del baston, y suben por el agua hasta la superficie *o*, luego que llegan allí no van derechos hácia *b*, quiebran, y se tuercen hácia *i*: esto supuesto, vos no podeis ver los objetos sino por los rayos de luz que reflecten de ellos y entran por vuestros ojos; ademas de eso, el objeto siempre se representa por línea recta, quiero decir, el rayo *io* es el que os representa la punta del baston, y ha de representarla en derechura á *n*, porque este es el lugar adonde va á parar ese rayo continuado por línea recta: ved ahí por que os parece que el baston está quebrado; pues verdadera-

mente lo estaria si estando la mitad de arriba como aquí se representa, la punta estuviese junto á *n*, como parece que está á quien mira desde *i*.

EUG. — Ahora me acuerdo que cuando en la falúa me paseo por el rio, todos los remos me parecen quebrados luego que se meten en el agua.

TEOD. — Es la misma razon; como tambien lo es de otra esperiencia muy vulgar, conviene á saber, que todo vaso lleno de agua y visto de arriba parece que no tiene tanta altura como cuando se ve vacío; y es porque de cualquier parte del fondo reflecten rayos, que al salir del agua quiebran como los del baston, y representan el fondo mas alto de lo que en la verdad está.

SILV. — Pues ya que tratamos de los engaños que padece la vista viendo los objetos en donde verdaderamente no estan, decidme, ¿cuál es la razon por qué estos vidrios de mis anteojos hacen las cosas mayores de lo que ellas son?

EUG. — En los míos sucede al contrario, porque hacen los objetos mas pequeños: ¿cuál es la razon de este efecto, Teodosio, si es que no viene fuera de propósito el preguntar esto ahora?

TEOD. — De uno y otro efecto tenemos la razon en los principios que acabamos de establecer. Los vidrios de vuestros anteojos, Eugenio, son cóncavos por una parte ó por ambas; suelen ser así los de los anteojos á que llaman de grados, y estos vidrios cóncavos hacen los objetos mas pequeños. Por el contrario, los vidrios de los anteojos á que llaman de viejos son algun tanto convexos, y estos aumentan los objetos.

SILV. — Vamos á la razon de ese efecto.

TEOD. — Aunque he de explicar esto mas largamente cuando trataré del modo con que obra el sentido de la vista, responderé ahora á vuestra pregunta brevemente. Hagamos una figura (Fig. 55), este cuerpo *bp* fin-

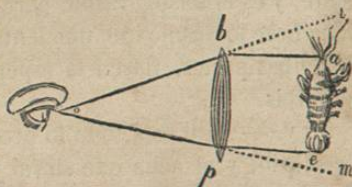


Fig. 55.

ge ser una lente convexa vista de lado: los rayos que reflecten de esta langosta *ae*, pasando por la lente convexa, se unen en *o*; luego

si pusiéreis allí los ojos ha de pareceros que la cabeza de la langosta *a* está en *i*, porque á ese lugar va á parar el rayo *ob*, si lo continuáreis por línea recta; y, como ya dije, siempre nos parece que los objetos estan en los lugares adonde irian á parar los rayos que nos entran por los ojos, si los continuásemos por líneas rectas (no pruebo aquí esto porque pertenece á otro lugar). De la misma suerte la cola de la langosta *e* ha de pareceros que está en *m*, porque el rayo *op*, que es el que la representa, si se continuase por línea recta iria á parar á *m*; y pareciéndoos que la langosta tiene la cabeza en *i* y la cola en *m*, parecerá mucho mayor, porque ocupa mucho mayor espacio.

EUG. — Ahora veo que no se cansan en valde los físicos con estas leyes de reflexiones y refracciones, pues sirven para explicar tantos efectos.

TEOD. — Esta misma razon sirve para explicar

este otro efecto que diré. Si llenáreis un vaso de agua, y tuviéreis un dedo puesto á la alto, arriado al vidrio por la parte de fuera, mirando de la otra parte, de suerte que quede el vaso entre vuestros ojos y el dedo, os parecerá el dedo de gigante, y es la misma razon, porque el vaso lleno de agua hace lo mismo que una lente de vidrio convexa de ambas partes. Haced la experiencia, Eugenio, y lo vereis.

SILV. — Aquí está todo lo preciso; tenemos vaso de vidrio, y el agua que sirvió para la experiencia de la moneda.

EUG. — ¡Qué monstruosidad! Parece dedo de Polifemo. No hay veneno tan fuerte que haga hincar los cuerpos tanto y tan de prisa como lo hace este vaso de agua. ¿Qué decís, Silvio?

SILV. — Ya tengo un remedio que dar á los tísicos para que engorden.

EUG. — Vamos ahora á dar la razon por que los anteojos de que uso hacen las cosas mas pequeñas. Tal vez, Silvio, hallareis en esto algun remedio para enflaquecer los hidrójicos.

SILV. — Bien puede ser.

TEOD. — Aquí milita la razon contraria: las lentes convexas, porque juntan los rayos, hacen parecer las cosas mayores; las cóncavas, porque los esparcen, han de hacer que las cosas nos parezcan mas pequeñas. Hagamos una figura que nos explique esto (Fig. 54). Los rayos que salen de las dos estremidades de la saeta pasando por la lente cóncava quiebran apartándose entre sí, de suerte que si no fuese la lente se juntarian en *a*; pero como la lente

los aparta, se unen mas adelante en *e*: supuesto esto, el rayo *eo* que representa la punta de la saeta, si le continuásemos derecho hácia delante iria á parar á *m*; y por consiguiente ha de representar

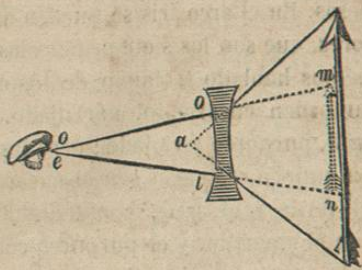


Fig. 54.

esa punta de la saeta en *m*: de la misma suerte el rayo *ei*, que representa las plumas de la saeta, si le continuáremos derecho va á parar á *n*, y ha de representar las plumas en *n*: representándose, pues, la punta de la saeta en *m* y las plumas en *n*, queda la saeta muy pequeña: he aquí como las lentes cóncavas hacen los objetos mas pequeños; y bástenos esto por ahora, porque estos y otros efectos semejantes se esplicarán con mas comodidad cuando trataremos de los ojos, y del modo de ver los objetos: entonces os esplicaré todas esas curiosidades.

EUG. — Acepto la promesa para entonces, porque es increíble el deseo que tengo de saber las causas de estos efectos ordinarios que estamos viendo todos los dias.

TEOD. — En este caso os agradará que os explique el arco iris.

EUG. — ¿Y qué? ¿se sabe en qué consiste el arco iris! Esplicadmelo pronto si es así.

TEOD. — Con efecto, se sabe de él todo lo que

se puede desear, que no sucede esto en muchas cosas. En el arco iris se pueden distinguir siete colores, que son los siete principales y simples de que hemos hablado tratando de los colores, y son por su orden encarnado, naranjado, amarillo, verde, azul, purpúreo y violado; pero los mas perceptibles en aquella distancia son el encarnado, el amarillo, el verde y el azul, confundiéndose el naranjado con el amarillo, y el purpúreo con el azul; el violado es muy remiso. Cuando se ven dos arcos celestes los colores del inferior son mas vivos, y por eso se llama *iris primario*: el arco superior se llama *iris secundario*, y sus colores son mas bajos. Tambien observareis que en el arco inferior los colores estan dispuestos de tal modo, que el encarnado está encima, el azul abajo; mas en el arco superior es al revés: luego daré la razon de esto. Ahora vamos á un experimento. Pero dejadme hacer con el lápiz una figura (Fig. 53). Tomemos dos globos ó bolas

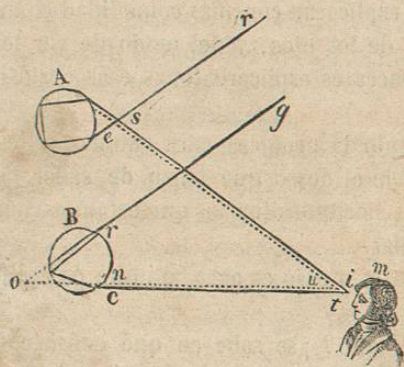


Fig. 53.

de vidrio AB: estando llenas de agua, de tal modo las puedo colgar al sol que veamos en ellas los colores del arco iris. Si yo suspen-

do la B de manera que el rayo que de ellos va hasta ella, y el rayo visual que de mis ojos va á la misma bola (no atendiendo á las refracciones) hagan un ángulo de 40 grados y 17 minutos hasta 42 grados y 2 minutos, vereis los colores del iris primario. Y si pongo mas alta la bola A, de suerte que el rayo del sol y el visual hagan un ángulo desde 50 grados y 58 minutos hasta 54 y 7 minutos, se vuelven á ver los mismos colores ya mas remisos. Aquí en la estampa es facil dar la razon de este efecto. Vamos á la bola inferior B. El rayo del sol *gr* entrando en la bola llena de agua se quiebra hácia dentro, y dando en la superficie interior reflecte ó retrocede, y al salir vuelve á quebrarse, y viene á dar á los ojos *m*. Esta segunda refraccion no deshace lo que hizo la primera, porque es hácia la misma parte, y por la misma razon el rayo del sol se debe dividir en siete rayos de colores, y se deben apartar unos de otros, estando mas alto el rayo violado ó azul *nu*, porque se dobla mas, y mas bajo el rayo encarnado *ct*, que se dobla menos. Pero como los rayos se desparan, no pueden entrar todos á un tiempo en los ojos *m*, y así es preciso ir alzando la cabeza por un pequeño espacio para recibir en los ojos sucesivamente los colores en que el rayo del sol se divide. Ved aquí por qué no determiné justamente el ángulo que el rayo del sol debia formar con el visual; porque los rayos de diversos colores hacen ángulos diferentes, mas todos se comprenden dentro de los limites que he dicho.

SILV. — Lo mismo supongo yo que sucederá en la bola superior A.

TEOD. — Lo mismo sucede, mas con diversidad; porque como veis, el rayo *re* entra por la parte inferior y se quiebra: de ahí reflecte dos veces dentro de la bola, y sale por la parte de arriba, doblándose tambien al salir; y como se quiebra dos veces, tambien se divide en rayos de color que vienen á parar á los ojos *m*; y ya de aquí consta que este ángulo *s*, que el rayo del sol forma con el visual, es mucho mayor que acá abajo el ángulo *o*. Tambien se ve la causa de ser estos colores mas remisos; y es, que los rayos tuvieron dos reflexiones, y en la bola B solo tuvieron una. Por la misma razon de la diversa refrangibilidad de los rayos el violado debe estar mas abajo y el encarnado menos. Y aquí teneis ya la razon por qué los colores aparecen en orden inverso en una y otra bola; pues en la B, como los rayos se quiebran hácia arriba, el rayo violado *nu* va á dar mas alto que el encarnado *ct*; por el contrario en la bola A, como los rayos se doblan hácia abajo viene el violado *eu* á parar mas abajo que el encarnado *si*. Esto que hemos dicho de las bolas de vidrio llenas de agua se aplica á las gotas de agua que vienen cayendo por el aire; pues cada una de ellas es una bolita de agua, y los rayos del sol entran, se quiebran y reflecten del mismo modo que en las bolas de vidrio. Aquí se os muestra de repente la razon de todas las circunstancias del iris. Mirad la otra (Fig. 56) en que se pintan las gotas de agua mucho mas gruesas que las otras, para que se pueda delinear el camino de los rayos dentro de cada una de ellas. Ahora ya sabeis por qué hay dos arcos iris; porque tampoco las bolas

de vidrio muestran los colores sino en dos determi-

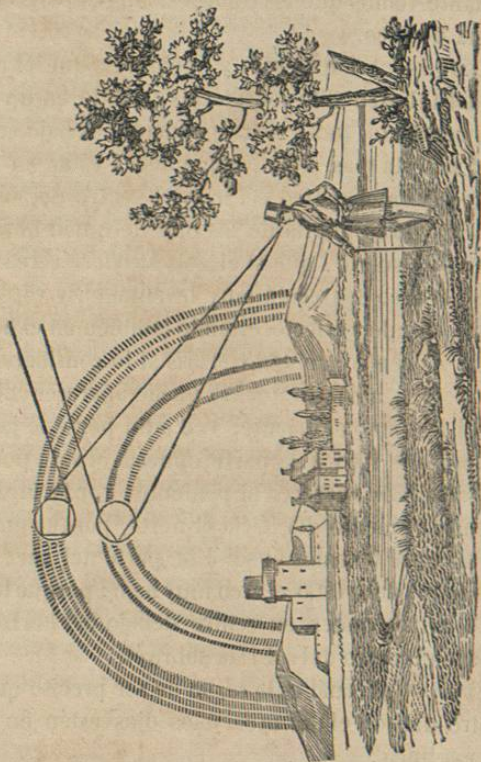


Fig. 56.

nadas alturas: tambien veis por qué los del arco superior han de ser mas remisos; y últimamente, por qué los colores han de aparecer en orden trocado en uno y otro iris.

SILV. — Tengo contra eso que cuando llueve, por todo aquel espacio se debian ver los colores en va-

rias cintas derechas, tiñéndose los rayos en todas las gotas que estuviesen á una misma altura, y no obstante vemos que los colores siempre aparecen en forma de arco.

TEOD. — Así debe ser; y reparareis que el centro del tal arco si lo considerais cerrado en un círculo completo, tanto corresponderá mas bajo cuanto el sol está mas alto; porque deben estar en una misma línea el centro del iris, el centro del sol, y en el medio la pupila de los ojos de quien observa el iris. De suerte, que si el sol estuviere cerca del ocaso el arco aparecerá muy levantado, y veremos medio círculo perfecto, estando tambien en el horizonte el centro de todo el iris si lo consideramos completo; y advierto que no puede aparecer entonces el iris sino al oriente. Ved aquí por qué jamas se ve el iris sino á la parte opuesta al sol: por la mañana debe aparecer al poniente, por la tarde al oriente, al medio dia hácia el norte, porque entonces siempre tenemos el sol á la parte del sur, y á esas horas debe estar el arco muy bajo; porque tanto debe corresponder su centro debajo del horizonte cuanto el centro del sol está sobre él.

EUG. — ¿Y cuál es la razon de ser preciso que el centro del sol, el del arco y los ojos estén en una misma línea?

TEOD. — Es preciso para que los rayos del sol hagan con los visuales un mismo ángulo. Como el sol es redondo, tambien debe serlo el iris, porque solo podemos percibir los colores en aquellas gotas donde los rayos de la vista y los del sol hicieren aquel ángulo determinado que he dicho. Dejádme

formar un diseño (Fig. 57). Supongamos que este círculo de arriba ABC es el sol,

y que las líneas de puntos son sus rayos. Imaginemos que *a* es el sitio en que estan los ojos, y que las rayas que desde *a* van á dar á *mnopqs* son los rayos visuales. Estando los ojos *a* justamente á plomo sobre el centro del círculo inferior *moq*, es preciso que los rayos visuales en toda la circunferencia formen un mismo ángulo con los del sol⁴; y por buena consecuencia se infiere que en ninguna otra parte fuera de este círculo *moq*

podrán los rayos del sol hacer con los visuales este determinado ángulo; porque si se cayeren del círculo adentro será el ángulo mas agudo, y si del círculo afuera será mas obtuso. Poned, pues, Silvio, una regla derecha en el suelo, y vereis que solo dos puntos de ella tocarán en este círculo, y los restantes quedarán dentro ó fuera; luego solo en dos puntos de esa regla podreis conseguir que los



Fig. 57.

⁴ Demuéstrase, porque siendo la pirámide cónica *amnpq* una cónica recta, de cualquier modo que se corte centralmente, resultan triángulos isosceles semejantes: luego los lados harán con las bases ángulos iguales; luego los complementos esternos de esos ángulos para igualarse á los ángulos rectos serán iguales; y como los rayos del sol, cayendo perpendicularmente sobre la base de la pirámide, hacen ángulos rectos, se sigue que alrededor son iguales los ángulos de la superficie de la pirámide con la superficie del cilindro; ó, lo que es lo mismo, los ángulos de los rayos visuales son iguales con los del sol.

rayos visuales hagan con los del sol el deseado ángulo. Volved ahora la figura de suerte que los rayos del sol vayan horizontales, y haced que llueva por todo el parage que ocupa el círculo *moq*: mantened los ojos en su lugar *a* por línea recta entre el centro del sol y del círculo opuesto, y echareis de ver claramente como solo en la circunferencia de dicho círculo se halla el ángulo deseado entre los rayos del sol y los visuales. En las gotas que caen por dentro del círculo es menor el ángulo, en las que caen fuera de él es mayor de lo que debia ser. Y ahora conocereis el motivo por qué estando el sol mas alto se baja el iris, y siempre aparece á la parte opuesta.

EUG. — Ahora advierto yo la razon de una esperiencia que años há hicísteis en mi presencia, cuando poniéndonos de espaldas al sol rociásteis el aire con un poco de agua, y vimos los colores del iris en las gotitas que venian cayendo.

TEOD. — Es la misma, y aquí teneis la razon de algunos círculos luminosos que á veces aparecen alrededor de la luna, y tambien del sol cuando el aire está cargado de vapores: suelen los tales círculos tener los colores del iris, aunque en los de la luna son los colores muy remisos. Como los rayos atravesando las gotas de agua ó vapor pueden doblarse de modo que tomen color, deben causar ahí el mismo efecto que en el iris.

SILV. — Ya he visto muchas veces esos círculos alrededor de la luna, y como su luz es mas debil, precisamente han de ser los colores menos vivos.

TEOD. — Vamos ahora á tratar de los cuerpos *fosforescentes* y *diáfanos*.

§ IV.

De los cuerpos fosforescentes y de la trasparencia ó diafanidad.

EUG. — He aquí otro punto curioso.

TEOD. — Esplicado lo que pertenece á la luz, conviene tocar de paso dos especies de cuerpos, unos que lucen por sí mismos, otros que dan paso á la luz: á los primeros llamamos *fosforescentes* porque lucen con una luz igual á la que da el cuerpo simple llamado fósforo, el cual arroja luz con solo tocar al aire, pero es tan debil su luz que casi solo se ve á oscuras: á los segundos los llamamos *cuerpos diáfanos*. Tratemos ahora de los *fósforos*. Los mas vulgares y sabidos en este nuestro pais son dos especies de insectos que dan luz: unos son como moscas ó abejas, que por el verano andan volando de noche, y hacen un bien ameno espectáculo despidiendo luz, y ocultándola alternativamente á manera de la pulsacion de las arterias; y como no se ven, aparece la luz ya aquí, ya en otro lugar, brillando el aire con la multitud de estos insectos como con estrellas centellantes.

SILV. — Otros gusanillos he hallado yo, mas sin alas, que tambien lucen, y su luz es perenne y mas fuerte, y el insecto es mayor en el cuerpo que esas moscas lucientes de que hablais: su luz es como la de una esmeralda vivísima y muy agradable.

EUG. — Estando yo en la América me contaron que habia por aquellas regiones otro género de moscas lucientes mucho mayores que las nuestras, y que daban gran luz.