

caen en la segunda lente, y los convierte paralelos hasta la tercera, la cual los cruza en la niña de los ojos, sucediendo siempre lo contrario de lo que entonces comparando los rayos de líneas entre sí, ó los de puntos entre sí.

TEOD. — Así debe suceder, porque como ya del objeto salieron con gran diferencia, diferentes han de ir hasta el fin. Comparando los rayos semejantes entre sí, saldrán divergentes, y los disemejantes casi paralelos. Ved aquí por qué siempre es forzoso que padezcan mudanzas encontradas.

SILV. — Todo lo que llevais dicho me parece bastante probado, ni á esto se opuso jamas mi escuela; pero no obstante quiero deponer algunos escrúpulos que tengo. Muchos anteojos representan los objetos al derecho constando solo de dos vidrios, y son unos anteojos de mano como los que usamos en el teatro.

TEOD. — Esos son de otra clase: constan de una lente objetiva, que es convexa, y de otra ocular, que es cóncava. Para que entendais el modo que ayudan á nuestra vista, vamos á esta otra estampa (Fig. 75). Aquí teneis la lente objetiva V, y la ocu-

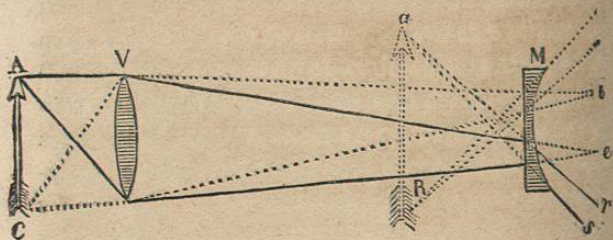


Fig. 75.

lar M: los rayos que salen de la punta de la saeta, pasando por la lente objetiva, debian juntarse en el foco *e* mas adelante de la ocular, en caso que no encontrasen en el camino la lente cóncava M; pero esta separa los rayos que se habian de juntar en *e*, y hace que vayan divergentes á *rs*. Esto supuesto, no hay antes de la retina imagen del objeto; pero nosotros por la costumbre que tenemos de ver juzgamos que el objeto está en el lugar de donde naturalmente habia de salir los rayos para traer la divergencia que tienen cuando entran por los ojos. Esta divergencia, pues, de los rayos que van á parar á *rs*, no habiendo lente solo podia provenir del punto *a*, estando ahí el objeto, que es la punta de la saeta. Por eso juzgamos nosotros que ahí es donde está el objeto, y se supone ahí una pintura imaginaria, por cuanto nos persuadimos que el objeto está en ese lugar, fiándonos enteramente de los ojos. Lo mismo sucede á los rayos que salen de las plumas de la saeta, los cuales debian juntarse en *i*; pero la lente ocular los separa, y hace que entren en los ojos del modo que entrarían si el objeto estuviese en R: por eso creemos que en R está.

EUG. — En esta figura se muestra claramente que el objeto por estos anteojos se ve al derecho, pues la punta *a* se representa hácia arriba como realmente está en la saeta verdadera.

TEOD. — Veamos otros instrumentos no menos curiosos.

EUG. — ¡ Son estos que hay aquí preparados !

§ XI.

De la cámara oscura, cámara óptica y linterna mágica.

TEOD. — Después de haber explicado los principios de la dióptrica, y también los de la catóptrica, fácilmente se puede entender lo que sucede en algunas máquinas, cuya construcción se funda sobre unos ú otros principios. Una de ellas es la que llaman cámara oscura: voy á mostrárosla (Fig. 76), y

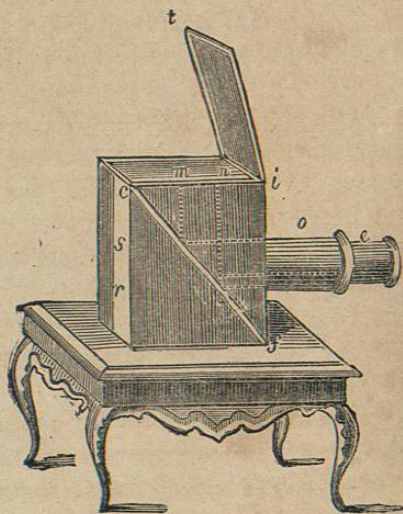


Fig. 76.

explicaré su artificio. Consta de un cajón cuadrado,

en cuyo costado hay un cañon *ae*, que sale mas ó menos afuera segun es menester: este cañon tiene al remate una lente convexa *e*, la cual pintaria el objeto exterior en este lugar *rs* si el camino estuviese desembarazado; pero como dentro del cajon encuentran los rayos un espejo *cf* que está oblicuo, reflecten hácia arriba, y van á formar la pintura en este lugar *mn* que es como la tapa del cajon. Esta tapa recibe la pintura en la parte interior; pero á fin que se pueda lograr por la parte de fuera suelen hacerla de vidrio algo tosco, que conserva solamente la diafanidad, que basta para que se vea la pintura que en él se hace por la parte de dentro. Para que esta pintura se perciba bien es preciso embarazar toda la luz que por fuera pueda dar en la tapa del cajon, para que la pintura no se confunda; y á este fin suele haber otra tapa de madera *ti*, que estando abierta sirve para que se eche sobre ella una capa ó cosa semejante, y por debajo se observa á oscuras la pintura. Mirad si quereis, Silvio, lo que va alli por el camino, que todo está pintado en este cajon.

SILV. — Todo se representa bien al vivo; pero reparo que esta pintura no se forma al reves como sucede en otras esperiencias.

TEOD. — Eso consiste en el espejo; porque si no fuera por él y la pintura se hiciera en este lugar *sr*, se formaria al reves por la razon general que tengo dada para semejantes casos; y si el objeto pintado fuese un navío, se representaria el casco hácia arriba en *s* y los mástiles hácia abajo en *r*. Pero encontrando el espejo, el rayo que venia á este lugar

r reflecte hácia este *n*, y así se pintan en él; y el rayo que venia á este lugar *s* va á pintar el casco aquí en *m*; y poniéndonos nosotros á mirar de esta parte *sr* cuadra la pintura al derecho.

EUG. — No tiene duda que así es, y así debe ser.

TEOD. — Vamos á la otra máquina no menos agradable, que es la cámara óptica, (Fig. 77) : es un cajon con el artificio que veis : en el fondo *mm* se pone una estampa de ciudad v. g., ó cosa semejante, con la cabeza hácia abajo : en lo alto del cajon hay un espejo oblicuo que viene desde este sitio *e* hasta este *o* : ademas á espaldas del cajon, en la parte superior, hay una lente convexa (que por la postura de la caja, no se puede ver en la estampa). Si os llegareis á esta lente, os ha de parecer que estais á vista de una ciudad verdadera. Acercaos ambos, y mirad, que la esperiencia es divertida.

EUG. — Es así : no hay engaño mas agradable. Mirad, Silvio.

SILV. — Lo cierto es que la industria humana ha adelantado mucho : no podria la vista lograr en los objetos verdaderos mayor diversion de la que tiene en estos que no son mas que pintados.

TEOD. — Ahora resta que el entendimiento tenga conocimiento de su objeto, que es la verdadera razon de este maravilloso efecto. Aquí teneis esta figura estampada para esplicacion del caso presente : *mn* representa (Fig. 77) el suelo del cajon visto de lado : *co* es el espejo puesto oblicuamente para rechazar á la lente *ae* los rayos que vienen de la pintura que se supone estar en el suelo del cajon : *es* es la tapa fija; y *so* tambien es una tabla fija por la

parte anterior ; de ahí abajo el cajon es abierto para que entre la luz á iluminar bien la estampa en *mn*. Sentado

esto, vamos á esplicar el efecto. Ya os dije que la lente convexa si recibia los rayos paralelos los juntaba en el foco, y que si los recibia

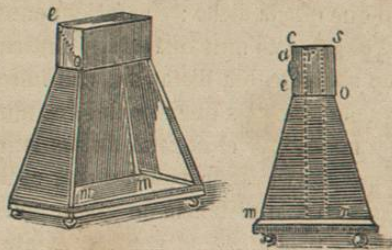


Fig. 77.

divergentes, y el punto de donde salian estaba á distancia igual á la del foco de los paralelos, volvia paralelos esos mismos rayos divergentes. Estando pues la pintura *mn* bien bañada de luz, salen de cualquier parte de ella como de punto radiante los rayos divergentes, y dando en el espejo *co* retroceden hácia la lente. Si esta distancia de la pintura al espejo y del espejo á la lente fuere igual á la del foco de la misma lente, resulta que quien estuviere mirando por la lente ha de recibir paralelos los rayos que vienen de la pintura, y por eso ha de juzgar que el objeto está muy lejos ; porque nuestra esperiencia nos ha enseñado, que cuanto mas distantes estan los objetos menos divergentes vienen sus rayos, y por ese motivo todas las veces que los rayos no traen divergencia sensible, conceptuamos que se halla á mucha distancia el objeto ; y así como de los coches, de los castillos, de los jardines que estan pintados en *mn*, llegan á los ojos los rayos sin divergencia, pues vie-

nen paralelos, juzga el alma con buen fundamento que los objetos estan muy lejos. Por otra parte la lente convexa aumenta la figura de los objetos por lo que queda dicho; y pareciéndonos á nosotros que el objeto está muy distante, y sintiendo en la retina, no obstante esa distancia, una imagen no muy pequeña, creemos que el objeto es muy grande; pues (á no ser por el engaño de las lentes) solo siendo en sí muy grande podría hacer en la retina aquella imagen á la distancia en que nosotros le consideramos; y por eso se nos representa ser los objetos verdaderos que estamos viendo á lo lejos.

EUG. — Ved ahí por qué las torres que en la pintura son muy pequeñas me parece que son las verdaderas, y que tienen la altura de 450 palmas ó mas.

SILV. — Pregunto: ¿y para lograr este efecto basta cualquiera lente convexa? Si es verdad lo que decís, bastará.

TEOD. — Sí, basta, con tal que la distancia de la lente al espejo, y de este á la pintura, sea igual á la del foco de esa lente; de otra suerte ya los rayos que salen de cualquier punto de la pintura podrán llegar á los ojos convergentes, ó todavía muy divergentes, lo cual impide ó disminuye el efecto. Advertido que la estampa debe meterse en el cajon con la cabeza hácia dentro para que se vea al derecho: la razon se ve aquí en la (Fig. 77). Supongamos que la línea de puntos cercana á *m* representa los rayos que reverberan de las ramas de un arbol por ejemplo: estos rayos dan en el espejo en *r*, y de ahí reflecten hasta la lente en *a*. El que estuviere

observando por detras de la lente verá la rama del arbol hácia arriba; y si la estampa estuviera puesta al revés forzosamente veria el tronco en lo alto y la rama en lo bajo. Pues este mismo efecto se ve en algunos cajones dispuestos á lo largo, colocada la lente en lo alto á un lado, y las estampas en el otro en frente de ella, é iluminándolas por arriba con la claridad del sol, la cual se puede recibir en un paño blanco ó papel para que se difunda con igualdad.

EUG. — Ya he visto estos cajones; pero este es mucho mejor, y creo que la razon es, porque en esos otros, ó la distancia entre la lente y la pintura, no siempre es la misma que debe ser, ó no quedan bien iluminadas las estampas.

TEOD. — Siguese otra máquina no menos plausible, que es la *linterna mágica*: voy á mostrárosla. Pero para que comprendais su artificio interior quiero poneros á la vista una estampa, en que conocereis las partes de que se compone, y cómo estan dispuestas (Fig. 78). Lo primero *ee* representa

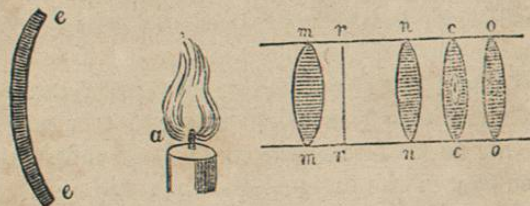


Fig. 78.

un espejo cóncavo: *a* es una llama grande, en lugar de la cual se puede usar de cuatro velas juntas que

hacen mejor efecto : *mo*, *mo* denota un cañon que contiene varias piezas : la primera es la lente convexa *mm*, despues hay un vidrio ó talco *rr*, en que se pinta con colores verdaderos algun objeto : si-guese otra lente *nn*, y despues un anillo *cc*, que tiene un hueco en medio representado en la letra *i*; y últimamente tenemos otra lente convexa en *oo*. El efecto de esta máquina es pintarse en la pared á determinada distancia el mismo objeto que está pintado en el vidrio ó talco *rr*, pero en postura inversa y con grandor extraño. La razon es, porque los rayos de luz que salen de la vela, y dan en la primera lente *mm*, van á bañar de una gran luz la pintura del vidrio *rr*; y como el vidrio y los colores quedan en algun modo transparentes, los rayos que pasan por la pintura se visten de sus colores, y salen del vidrio como podrian salir reverberando de una pintura bien iluminada. Estos rayos pasando por la lente *nn* quedan muy poco divergentes; de suerte que atravesando la otra *oo* salen convergentes, y van á hacer foco á cierta distancia donde pintan la figura del objeto. Pero esta figura ha de ser inversa á causa de que en el agujero *i* del anillo *cc* se cruzan los rayos. Porque los que salen de puntos diferentes de la pintura *rr*, y vienen convergentes á caer sobre la lente *nn*, á causa de la refraccion se han de cruzar en *i*; y en este lugar en que se cruzan debe colocarse el anillo para que no estorbe ninguna luz util. Esto supuesto, para que la pintura cuadre en la pared al derecho, es preciso que el vidrio *rr*, en que el objeto está pintado, se ponga al revés quedando la pintura con la cabeza hácia abajo.

EUG. — Todavía no me habeis dicho para qué era el espejo cóncavo.

TEOD. — Ese sirve para que la pintura reciba mucha luz, porque ademas de la que va derecha de la llama á la lente *mm*, toda la que da en el espejo va por reverberacion á la misma lente, y por consiguiente al vidrio pintado; y de tal suerte se ponen la luz y el espejo, que los rayos reflejos se junten sobre el vidrio pintado; lo cual se consigue acercando ya mas, ya menos la vela al espejo, hasta que la llama se pinte en el lugar en que se pone el vidrio pintado.

SILV. — ¿Y para qué es preciso dar al vidrio pintado tanta luz?

TEOD. — La razon es, porque como la pintura del vidrio es muy pequeña, y en la pared ha de ser muy grande, forzosamente los rayos se han de esparcir por espacio mucho mayor del que ocupan en el vidrio, y así es precisa mucha luz para que la pintura no salga debil.

EUG. — Tenemos conocida especulativamente esta máquina. Vamos á ver su efecto en la práctica.

TEOD. — Aquí teneis la linterna mágica. (Fig. 79). que en lo exterior puede tener diversas figuras; mas en cuanto á la sustancia todo el artificio se reduce á lo que queda explicado. En estos cañones *oa* se contienen las piezas que estan pintadas en la (Fig. 78) que os he mostrado : esta abertura *rr* es para meter por ella esta regla *RR* en que estan diferentes vidrios con varias pinturas, y sucesivamente se pueden mudar en la linterna. Esta parte

superior E sirve para recibir el humo de las velas,

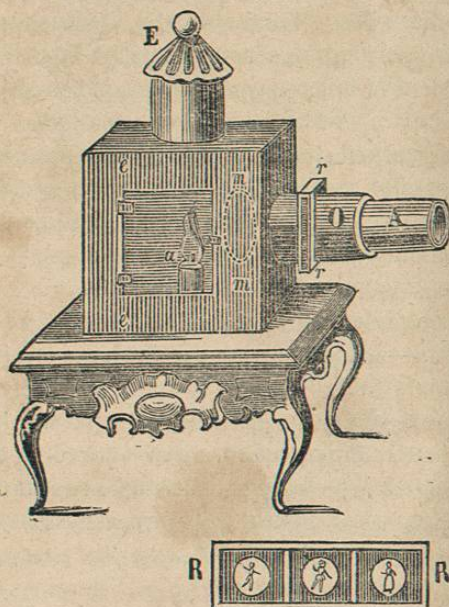


Fig. 79.

y echarlo fuera por los bordes inferiores, sin dejar salir luz que ilumine la estancia, la cual debe estar bien á oscuras: dentro de este cajon cuadrado estan el espejo *ee*, la llama *a* y la lente *mm*, que en la (Fig. 78) que os he mostrado, está inmediata á la pintura. Ved ahora su efecto,

SILV. — ¡Qué figura tan ridícula se nos representa pintada en la pared!

EUG. — Verdaderamente que está bien puesto el

nombre de linterna mágica, porque parece obra de hechicería.

TEOD. — ¿Quereis ver lo que es en realidad? Sacaré de la linterna la regla de las pinturas, y vereis que es una pintura pequeña y bien grosera.

SILV. — Estoy viendo estas cosas, y no puedo creerlas.

EUG. — Supuesta la esplicacion no hay aquí cosa que se me oculte, si bien el efecto es asombroso y capaz de pasmar.

SILV. — ¿Y la distancia de la linterna á la pared tiene medida determinada para que se haga en el a la pintura?

TEOD. — Sí, tiene; mas debe atenderse á la disposicion de las lentes dentro del cañon y á su convexidad, á cuyo fin se ha de ir buscando el lugar en que la pintura salga mas viva, ya acercando, ya apartando la linterna de la pared, ó tambien moviendo hácia fuera ó hácia dentro el cañon *a* en que está la última lente; porque, como os tengo dicho, solo se forma la pintura donde cae el foco de los rayos que se quiebran en la última lente, y el foco bien sabeis que tiene distancia determinada. Ahora os mostraria este mismo efecto, y seria mucho mas vivo si hiciese sol, que puntualmente está ahora encubierto; pero os diré cómo se hace la esperiencia. Sácanse de la linterna los dos cañones *oa* con la regla de los vidrios pintados, y se aplican á un agujero de la ventana redondo; y para que el sol dé bien en la pintura, ó se usa de un espejo puesto á mano por la parte de afuera, que haga dar al sol

en el vidrio pintado que por dentro corresponde al agujero de la ventana, ó se tapa el agujero con un papel encerado, en el cual, aunque el sol dé solamente de lado, siempre la luz se esparce, de manera que la pintura sale bien iluminada; pero el espejo hace mejor efecto.

EUG. — ¿Y qué piezas se han de aplicar al agujero de la ventana por la parte de adentro?

TEOD. — La pintura del vidrio y todo lo demas que desde ella afuera se contiene en los cañones *oa*, y con la misma disposicion. Ahora vamos á satisfacer á lo que tiempo há me pedisteis, que es explicar los telescopios de reflexion que tienen aquí su lugar.

EUG. — Confiésoos que ya no me acordaba de ellos.

§ XII.

De los telescopios de reflexion ó reverberacion, y del daguerreótipo.

TEOD. — De los telescopios de reflexion hay dos especies, unos que se llaman newtonianos, otros gregorianos: unos y otros son excelentes. Explicaréos primero su construccion en las estampas; despues vereis los verdaderos. Aquí tenéis un telescopio newtoniano (Fig. 80). Consta de un espejo cóncavo, que se representa en *mm*, y el centro de su concavidad, ó, como dicen, de su esfera, se supone estar á distancia doblada de *C*; por consi-

guiente los rayos paralelos se han de juntar en *C*;

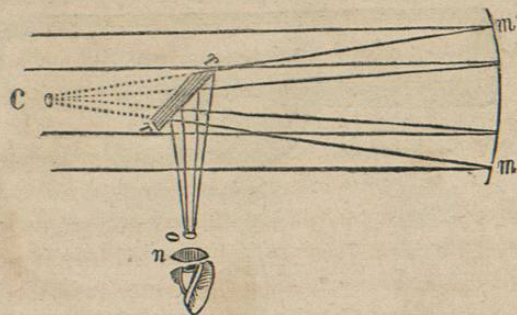


Fig. 80.

y como en los objetos demasiado distantes los rayos se suponen casi paralelos, en este lugar se ha de hacer la pintura de los objetos que estuvieren enfrente del espejo. Supongamos, pues, que en el lugar *C* se hace la pintura del objeto exterior: si cuando los rayos reflecten del espejo cóncavo encontraren un espejo plano puesto en *rr*, es cierto que en vez de ir al sitio *C* reverberarán hácia el lugar *o* que está al costado, y ahí harán la pintura de dicho objeto: si observáremos esta pintura con la lente *n*, veremos el objeto muy grande al modo que sucede en los otros telescopios, en los cuales la primera lente forma la pintura que se observa con la segunda, que es la ocular.

EUG. — Téngolo entendido, y ya sé que aquel telescopio *AB* (Fig. 81) es newtoniano, porque aplicando un cañoncito *M* al agujero *m*, se veían por el costado los objetos que estaban frente á la bo-