

pondiente á la perpendicular tirada desde el borde  $pq$ , hasta llegar á la paralela  $ao$ , tirada por el centro de la bola.

Supongamos que jugando al billar (Fig. 109) queremos que la bola del contrario  $R$ , herida por la nuestra, vaya á dar al punto  $o$ : ya se advierte que será preciso tocarla de soslayo; pero no sabemos la regla cierta, y jugamos á lo que salga. Es preciso, pues, obrar con seguridad, y se hace

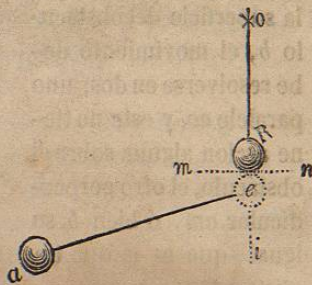


Fig. 109.

así: Sea el punto  $o$  á donde haya de ir á dar la bola  $R$ : para que la bola  $a$  le dé el golpe conveniente, primero se debe tirar desde  $o$  la línea  $oi$ , que pase por el centro de  $R$ : por la superficie de la bola  $R$  tírese una perpendicular  $mn$ , que sirva de tangente á la bola. Ultimamente, en la línea  $oi$  nótese bien el punto  $e$ , que corresponde enfrente al centro de la bola  $a$  al tocar esta á  $R$  en el punto por donde pasa la tangente  $mn$ . Hecho esto, en dirigiendo la bola  $a$  por la línea  $ae$ , necesariamente la bola  $R$  ha de ir á dar en  $o$ . La razón es, porque  $R$ , herida oblicuamente por  $a$ , necesariamente ha de ceder por la línea  $Ro$ , que es perpendicular á  $mn$ , la cual pasa por el punto del contacto, conforme á lo probado en la proposición segunda.

Pongamos una vara como balanza con dos canderos y (Fig. 110) velas encendidas, cuyo humo se

reciba en dos planos inclinados, bien que contrapuestos, de tal forma que el uno esté levantado hácia un lado de la balanza, y el otro al lado opuesto. El humo batiendo en un plano inclinado le hará mover hácia el lado; y como ambos están contrapuestos en tanto que  $a$  va hácia  $e$ , por la misma razón el humo de la otra vara hará ir el plano de  $b$  hácia  $o$ , y de este modo andará la balanza alrededor.

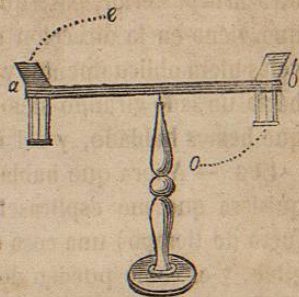


Fig. 110.

Hagamos una linterna, cuya cubierta sea formada de planos de oropel (Fig. 111), todos dispuestos como rayos que salen de un círculo menor concéntrico, y todos inclinados hácia la misma parte. Esté la tal linterna colgada por el centro ó con un cordón largo ó sobre una punta aguda. Póngasele debajo una vela encendida, y el humo que bate en los planos inclinados los mueve siempre hácia aquel lado, y la linterna dará vueltas sin cesar.

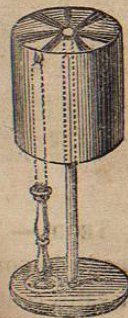


Fig. 111.

En los molinos de viento todas las velas se ponen, no paralelas al eje, sino inclinadas hácia la misma parte, pues el eje tiene cuatro varas más hácia adelante, y otras cuatro hácia atrás, y cada vela tiene atada una punta



por delante en la vara, otra en la vara anterior, y otra en la posterior, para que de este modo el viento que viene en la direccion del eje cuando da en las velas hiera oblicuamente, y las obligue á moverse hácia un lado girando siempre como la linterna de que hemos hablado, y del modo que queda dicho.

EUG. — Ahora que hablais de molinos de viento quisiera que me esplicaseis (pues no me parece fuera de tiempo) una cosa que para mí es ininteligible, y es como pueden dos navíos con el mismo viento entrar y salir en un puerto, pareciendo cosa evidente que un viento no puede impeler los navíos hácia partes contrarias.

SILV. — Allí teneis dos navíos á la vela caminando uno hácia abajo, otro hácia arriba (Fig. 112).



Fig. 112.

TEOD. — Toda la causa de este efecto está en el modo de poner las velas. Primeramente habeis de llegaros conmigo aquí dentro á una mesa de trucos (Fig. 115), aquí estan dos bolas *ab*: si yo tirare con una bola *b* á la otra, de suerte que la dé bien de lleno, ha de moverla hácia adelante por linea recta *am*; pero si la diese por esta parte de acá *e*, ha de moverse esta bola hácia el lado de allá *c*, y por el

contrario, si yo la diese por la parte de allá *i*, ha de

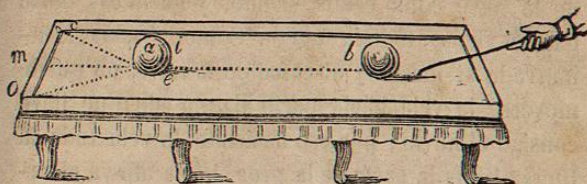


Fig. 115.

venir la bola á este lado de acá *o*. Haced la esperiencia que es facil.

EUG. — Así es en la práctica como decis.

TEOD. — De aquí saco una regla general, siempre que un cuerpo da en otro de lado no le mueve directamente hácia adelante; pero sí hácia el otro lado, como se ve en las bolas. ¿Quedamos en esto?

EUG. — No hay duda que es regla cierta y confirmada por la esperiencia.

TEOD. — Vamos ahora á ver como estan puestas las velas del navío *A* que va hácia abajo: la verga grande á que está atada la vela, y lo mismo digo de las demas, nunca está totalmente á lo largo de la nave, siempre está de algun modo atravesada, como veis en los dos navíos que tenemos delante de los ojos, mas ó menos segun está el viento; de suerte que una punta de la verga mas alta está hácia acá, y la otra punta está hácia la parte de allá. Supuesto esto, viniendo el viento de la parte de allá *c*, aunque encuentre el navío totalmente atravesado, nunca coge la vela de plano en el lleno, siempre la halla inclinada; y así conforme á la regla establecida no ha de mover la vela hácia el frente de sí derechamente



sino hácia el costado, y hacer la bolsa hácia la proa de la nave como estais viendo, y hácia esa parte hace el viento toda la fuerza. Como la vela está amarrada al mastil y al casco de la nave, no puede moverse la vela hácia parte alguna sin que lleve consigo el navío; por eso haciendo la vela toda la fuerza hácia la parte de la proa, hácia allí va el navío; y como la proa de este navío está vuelta hácia la barra, va andando el navío hácia abajo. En el otro navío B es la misma razon, porque aunque el viento le halle totalmente atravesado nunca coge las velas de lleno sino inclinadas; por lo mismo las ha de impeler no hácia enfrente de sí, sino hácia la parte de la proa, hácia donde hace la bolsa en la vela, y ha de mover el navío por el rio arriba, porque tiene la proa vuelta hácia arriba.

EUG. — ¿Y por qué el viento no ha de mover la vela, y hacer la bolsa hácia la parte de la popa?

TEOD. — Porque los marineros de tal suerte inclinan la verga en que está sujeta la vela, que viniendo el viento de costado, como aquí sucede, dé y se detenga en la vela por la parte de atras, que es la que queda vuelta hácia la popa, y así siempre hace la bolsa hácia adelante ó hácia la proa: reparad en ambos navíos, y vereis que es así.

EUG. — Ya entiendo, y veo que necesariamente ha de suceder así; pero tambien afirmo que si mudaren la verga al reves, de suerte que el viento dé en la vela por la parte anterior, el navío ha de recular.

TEOD. — Así ha de ser; mas siempre ha de tener mas dificultad para moverse por ser la popa mas ancha, y por eso menos proporcionada para dividir

el agua. Pero advierto que estando el viento de costado, como la bolsa de la vela no mira derechamente hácia la proa, tambien el navío no se mueve derechamente por la proa, antes siempre va declinando ó decayendo algun tanto hácia la parte contraria al viento; pero como para ir el navío hácia los lados tiene grande resistencia en la division del agua, por eso no declina tanto hácia el costado como habia de declinar si la embarcacion fuese redonda, y por cualquiera parte tuviese igual resistencia en la division del agua; de este modo la hechura de la embarcacion tambien contribuye para esto.

SILV. — Ese modo de esplicar me satisface enteramente. Pero ahora quiero saber si esta es tambien la razon del movimiento que tienen las velas de los molinos; á mí me parece que no será muy diversa de la que disteis en los navíos.

EUG. — Tambien es efecto que no se creará fácilmente antes de mostrarlo la esperiencia.

TEOD. — La misma razon concurre en uno y otro caso. Habeis de reparar que las velas del molino, aunque estan bien enfrente del viento, con todo cada una de por sí está inclinada; porque el eje en donde andan las velas tiene ocho varas, cuatro adelante y cuatro atras; cada vela se ata á dos varas, una punta se ata á una de las que estan delante, y otra á las que estan detras; y así aunque el eje de las velas está derecho al viento, siempre el viento coge las velas algun tanto inclinadas, y por eso siempre las hace andar hácia el costado; y continuando el movimiento andan las velas alrededor, como enseña la esperiencia.



EUG. — En los molinos ó rehilanderas de que usan los muchachos para su diversion no hay esas dos órdenes de varas.

TEOD. — Pero siempre milita la misma razon; voy á pedir uno de esos molinos que en casa no faltan... Aquí le teneis (Fig. 114.), reparad ahora : estas velillas estan presas por una parte; pero de la otra estan sueltas, aunque esteis bien en frente del eje, soplando las velas, la parte que queda suelta siempre se apartará hácia atras, y las velas quedan ya inclinadas respecto del viento; por tanto si continuais soplando no cogeis con el soplo estas velas de plano sino inclinadas, y así han de moverse hácia el costado, cada una hácia la parte que está sujeta; la de arriba *a* ha de moverse hácia una parte *b*; la de abajo *c* hácia la parte contraria *d*, y así ambas se mueven alrededor.

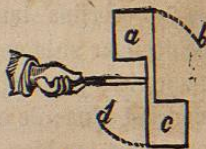


Fig. 114.

EUG. — Aun no he comprendido bien como sucede que inclinándose ambas á un tiempo con el soplo, una vela ha de ir hácia una parte y la otra vela hácia la otra.

TEOD. — ¿No veis que las velas no estan puestas ambas de la misma parte? Una está presa por la parte derecha, y tiene la izquierda suelta: la otra vela está al revés, tiene la parte izquierda presa y suelta la derecha; he aquí porque una va hácia la izquierda, otra hácia la derecha, porque las velas siempre se mueven hácia el lado que estan sujetas.

EUG. — Ahora comprendo la razon de diferencia,

y veo el motivo por que los muchachos siempre ponen las velas encontradas.

TEOD. — Antes que pasemos adelante quiero esplicaros cual es la razon por qué un pequeño timon puede mover y volver un navío muy grande, aunque vaya muy pesado con la carga; porque supongo que no sabeis la razon de este efecto.

EUG. — No ciertamente; y confieso que nunca esperé que en estas conferencias se tratasen cosas tan curiosas. Vamos á ese punto, y no me dilateis su explicacion.

TEOD. — Supongo que sabeis que los navíos, aunque por arriba sean muy anchos, abajo en la quilla son muy estrechos.

EUG. — Eso es cosa bien sabida, y se vé claramente cuando se construyen en los astilleros. (Fig. 115.).

TEOD. — Habeis de saber que el timon es una tabla *a*, que tiene unos ganchos para engancharse en la popa del navío, de suerte que se pueda mover á



Fig. 115.

una y otra parte. Esto supuesto, mientras que el timon vaya en su lugar, sin moverse á uno ú otro lado, no hace embarazo alguno á la nave, así como lo veis en esos navíos que van navegando; pero supongamos que le torcieron hácia el lado derecho del navío: como el timon es abajo mas ancho que la quilla de la nave, ha de salir mas hácia afuera; por consiguiente ya la quilla de la parte derecha no ha de correr tan fácilmente por el agua como de la



parte izquierda; porque de la parte derecha tiene la tabla del timon que sobresale, y de la parte izquierda queda toda libre y desembarazada.

EUG. — Todo eso es cierto; ¿pero por que vuelve la nave?

TEOD. — Voy á dar la razon: si la quilla estámas desembarazada por la parte izquierda que por la derecha, es necesario que la parte izquierda corte el agua mas fácilmente; y por eso de esa parte ha de andar mas ligera que de la izquierda, por cuanto de la izquierda tiene el timon que ha de hacer algun embarazo al cortar el agua; y si la nave anduviere mas ligera de la parte izquierda, toda ella se ha de ir volviendo hácia la derecha.

SILV. — Eso forzosamente ha de ser así; porque muchas veces me sucede en Lisboa, cuando voy gobernando los caballos de mi silla volante, tropezar en otra ó en alguna esquina, y es cosa infalible que si tropezó la rueda de la derecha toda la silla se inclinó hácia allí; como al contrario toda se inclina hácia la izquierda si tropezó por esta parte.

TEOD. — Pues de ese efecto es la misma razon, porque la rueda que tropezó en la otra, ó quedó parada, ó por lo menos se movió mas despacio; al mismo tiempo que la otra que está libre, yendo el carruaje rápido, continúa moviéndose por algun tiempo aunque muy poco; pero es bastante para que el caballo que va delante se incline todo hácia la parte del embarazo. Lo mismo digo de la nave, con la diferencia de que en el navío es mas leve el embarazo; pero persevera mientras se hace fuerza al timon; por eso la nave siempre va volviendo po-

co á poco: lo que dije haciendo fuerza en el timon hácia la derecha sucede á proporcion haciendo fuerza hácia la izquierda de la nave.

EUG. — Eso se infiere naturalmente por la misma razon.

TEOD. — Ocupémonos ahora particularmente del movimiento reflejo que nace despues del choque.

EUG. — Creo que no me habeis dicho nunca qué cosa sea movimiento reflejo.

TEOD. — Movimiento reflejo es el movimiento con que una cosa despues de encontrar con otra vuelve hácia atras: ejemplo, si tirais una pelota á la pared vuelve hácia atras, el movimiento con que fué á la pared es directo; el movimiento con que vuelve hácia atras se llama reflejo.

EUG. — Lo entiendo claramente, proseguid.

TEOD. — Voy á ello.

### § VIII.

De las leyes del movimiento reflejo.

TEOD. — Vos, Eugenio, sabeis por esperiencia, que si yo dejase caer la pelota de la mano perpendicularmente sobre esta piedra plana y lisa, sabeis, digo, que acostumbra á saltar y reflectir por la misma linea ó por el mismo camino (Fig. 416).

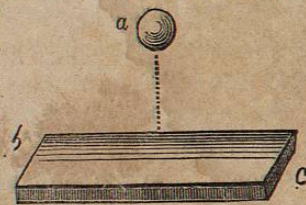


Fig. 416.