

sea con el taco contra una bola de billar; si obra la fuerza por mas tiempo y se aumenta su accion á proporcion que dura, en cuyo caso se llama fuerza *acceleratrix*, el movimiento resultante es ya otro, como cuando un cuerpo viene al suelo; otro será tambien si la fuerza obra durante cierto tiempo y luego abandona el cuerpo á sí mismo, como la que hace salir una bala del cañon, y otro en fin cuando esta fuerza ahora es mayor, ahora menor, como muchas que pudiera citaros. Así cuando hablemos de la aplicacion de estos principios generales á casos particulares, no echaremos en olvido todas estas circunstancias. Vamos á dar fin á estas ideas generales diciendo que cuando dos ó mas fuerzas se aplican simultanea ó sucesivamente á un cuerpo, pueden resultar dos efectos diferentes: el cuerpo puede permanecer inmovil, á pesar de la accion de todas estas fuerzas, ó el cuerpo puede ponerse en movimiento con una velocidad y direccion variables. En el primer caso hay lo que se llama *equilibrio*, y la parte de la mecánica que se ocupa en él es la *estática*; el segundo caso en el cual el cuerpo se pone en movimiento, forma con todas sus circunstancias la parte de la mecánica que se llama *dinámica*. Estos dos efectos generales de que os acabo de hablar estan sometidos á cierto número de leyes simples y fáciles de concebir que permiten prever y calcular todos los casos posibles. Mas antes de esponeros estas leyes quiero hablaros del movimiento, y teniendo las ideas convenientes de las propiedades de la materia de las fuerzas que la mueven, y del resultado de estas fuerzas que es el mismo movimiento.

me seguireis con mas facilidad en la esposicion de las leyes del equilibrio y las de aquel.

§ VII.

Trátase del movimiento y de sus diferencias.

TEOD.—¿Por que decís que se mueve aquel carro que pasa por la carretera, y aquel laud que navega por el rio?

EUG.—Porque le veo mudar de puesto continuamente.

TEOD.—¿Pero cómo conocéis que muda de puesto?

EUG.—¡Toma! esto está claro. Tanto en los lados de la carretera, como en las márgenes del rio hay cien objetos, como casas, cabañas, árboles, etc. que no se mueven de sus sitios, y yo veo el carro y el laud ahora delante de una casa, luego que se alejan de ella, luego que se acercan á un arbol, que pasan mas allá de este; en una palabra comparando su posicion con la de los objetos que lo rodean.

TEOD.—En efecto, es así, y esto es lo que os dará una idea clara del movimiento, el cual consiste en realidad en el paso de un cuerpo del lugar que ocupa á otro, y solo la comparacion con otros que estan fijos ó que se mueven en direccion opuesta puede hacernos apreciar la existencia del movimiento de un cuerpo. Conocemos que el sol, la luna y la estrella de la mañana se mueven, porque al amanecer

vemos al primero en oriente, á medio dia encima de nosotros, y al caer la tarde en ocaso, sucediendo lo propio por lo que toca, en estas mudanzas, á la luna y el lucero. Cuando os dé lecciones de astronomía os diré á quien pertenece realmente el movimiento diario que en apariencia tiene el sol; por ahora nos basta esto para nuestro objeto. Si no tuvieseis nada con que comparar la posicion del cuerpo que se mueve, os pareceria que está inmovil. Veis allá á lo lejos, en el horizonte del mar, un buque á toda vela, sin duda va volando por las aguas, yo os desafio á que dentro de dos horas advirtais la menor señal de movimiento. Lo mismo os sucederia si os miraseis muchas estrellas, las cuales os digo que se mueven, como se mueve la luna y el sol, y sin ir tan lejos á nuestra vista está la mejor prueba. Veis aquel arbol que agita el viento como bambolea su copa; pues el mismo aire agita las copas de los árboles que veis en lontananza; ¿diriais que se mueven aquellas copas? por la sola vista no, pues parecen pintadas. Todas estas inmovilidades aparentes dependen de que la distancia os impide comparar la posicion del cuerpo que se mueve con los vecinos. Me he entendido sobre este punto para conducirlos á creer que no hay movimiento absoluto, sino *movimiento relativo*; puesto que no podemos apreciar su existencia sino por la comparacion de la posicion de un cuerpo con las de otros; esto es, por sus relaciones con los demas, ya esten fijos, ya se muevan en direcciones opuestas ó diferentes.

EUG. — ¿Teneis que hacer alguna objecion á esto, Silvio?

SILV. — No tengo por ahora ninguna.

TEOD. — Pues pasemos á otros resultados de esta misma comparacion. Este mismo carro que ha pasado nos puede servir de ejemplo: en él iban un hombre y una muger; ambos á dos no mudaban sus relaciones establecidas entre los dos; pero las mudaban con respecto á los lados y objetos de la carretera; con que tenian un movimiento comun; pues entrambos mudaban de puesto en la carretera, y seguian el mismo espacio en el mismo tiempo. Si la muger se hubiese levantado y hubiese ido de un cabo al otro del carro, hubiese tenido un movimiento *propio*, á mas del comun; porque, á mas de las diferencias de sus relaciones con los objetos de la carretera, hubiese habido las de sus relaciones con los objetos contenidos en el carro. ¿Habeis comprendido bien esto?

EUG. — Nada tiene de difícil: y voy á proponeros yo mismo un ejemplo para daros una muestra de ello. Un barco sigue la corriente del rio, y un marinero tira una bola de un cabo del barco al otro: el barco, el hombre y la bola tienen movimiento comun, porque todos mudan á la vez sus relaciones con las riberas del rio; la bola tendrá un movimiento propio de que no participan los demas objetos; el barco tiene movimiento relativo por lo que toca á las orillas, y la bola tiene tambien movimiento relativo por lo que toca á los objetos contenidos en el barco.

TEOD. — Muy bien: os habeis explicado como un maestro. Una observacion importante voy á haceros

sobre el movimiento propio, y es que las leyes que lo rigen son absolutamente las mismas, cualquiera que sea el movimiento comun, en que pueda un cuerpo verse arrastrado con los demas que le rodean. Así, que un hombre arroje una piedra, estando en tierra, contra un obstáculo ó un blanco cualquiera; que lo haga dentro de un barco en movimiento, la piedra lanzada con la misma fuerza, correrá el mismo espacio, herirá el blanco con la misma energia, y le alcanzará con la misma precision; y esta circunstancia es tanto mas feliz, cuanto nos ahorra, en el estudio de los movimientos propios que se examinen, hacer caso de los movimientos comunes que arrastran la tierra y le hacen dar vueltas alrededor de su eje como vereis á su tiempo.

SILV. — Desearia, Teodosio, que probaseis una proposicion tan importante.

TEOD. — De mil amores. Yo pudiera deciros los experimentos que se han hecho en diferentes puntos del globo, donde el movimiento comun es muy diferente, y los resultados han sido iguales; mas como Eugenio no se halla todavía á la altura de los conocimientos necesarios, prefiero valirme de otras pruebas puesto que no faltarán para demostrar esta verdad. ¿Si dejais caer una piedra desde esta ventana al suelo, donde caerá?

EUG. — Al pie de la pared de la casa por supuesto.

TEOD. — Suponed que de lo alto del mastil de aquel buque que va saliendo de la barra con viento en popa caiga una piedra, ¿en donde os parece que caeria?

EUG. — Segun lo que habeis dicho, si es cierta la ley, al pie del mastil.

SILV. — No puede ser; habia de caer fuera de la nave, porque en tanto que vino la piedra por el aire, anduvo el buque mucho hácia delante, y por lo mismo habia de caer la piedra en la mar.

TEOD. — Así parece que habia de suceder, pero el caso es que sucede como decia Eugenio; cae bien inmediato al pie del mastil por mas ligero que vaya el navio. Pero para dar la razon de este efecto y de otros mas admirables que se siguen, es preciso daros una pequeña instruccion acerca de varios nombres de que hemos de usar. Primeramente, cuando tiramos una bola por un piso igual ó por encima de alguna mesa, decimos que la bola sigue una direccion horizontal, porque la linea horizontal es la que va derecha de una parte á otra sin levantar ni bajar; de suerte que si la piedra de esta mesa estuviere bien á nivel, decimos que está puesta horizontalmente.

EUG. — Lo entiendo: vamos á lo que se sigue.

TEOD. — Linea perpendicular hácia abajo es el camino que lleva el móvil cuando cae á plomo sin torcer mas hácia una parte que hácia otra. Supuesto esto, si tiramos una bola por encima de esta mesa, mientras va rodando por encima de ella lleva movimiento horizontal; si luego la dejaramos caer de la mano en el suelo lleva movimiento perpendicular. Hasta aquí no hay dificultad. Supongamos que se tire la bola por encima de la mesa con mas fuerza,

ha de caer en el suelo, pero allá lejos de la mesa.
(Fig. 5.)

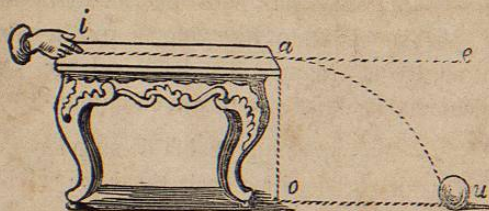


Fig. 5.

EUG. — No hay duda que así ha de suceder.

TEOD. — Pues en ese caso lleva la bola un movimiento compuesto de dos fuerzas, una horizontal, que yo la dí, otra perpendicular, que la dió su peso: de aquí nace que en llegando á la estremidad de la mesa, de allí adelante ni va por la línea horizontal *ae*, ni por la línea perpendicular *ao*, sino que va por el medio haciendo una línea curva *au*. La razón de esto es porque la bola luego que llegó á la estremidad de la mesa se halló con dos direcciones, una que yo la dí tirándola por línea horizontal *iae*, la cual aun la dura, otra perpendicular hácia abajo que se la da su peso; ella no puede ir al mismo tiempo por una línea *ae* y por otra *ao*; por eso va por el medio, porque así obedece del modo que puede á las dos fuerzas; va andando hácia adelante y juntamente bajando, y esto es ir la bola con movimiento compuesto ó mezclado de dos direcciones.

EUG. — Ahora percibo la razón de la curvatura de la línea que hacen todos los cuerpos cuando caen con ese movimiento compuesto. Pero no os olvidéis

de la experiencia del navío, porque no quiero quedar sin saber la causa de este efecto.

TEOD. — A eso voy encaminando el discurso. Cuando el navío se mueve lleva un movimiento horizontal, y semejante movimiento lleva todo cuanto va en el navío, y por consiguiente también los mástiles, los hombres y las balas ó piedras que estuvieren en lo mas alto de los mástiles, todo va corriendo con la misma velocidad que lleva el navío; luego cuando se dejare caer la piedra desde lo alto del mastil se halla con dos direcciones, una horizontal hácia adelante, que es el movimiento que lleva el navío con todo lo que va en él, otra perpendicular hácia abajo que la da su peso; y así, conforme á lo que dijimos antes, la piedra ha de ir con movimiento compuesto de horizontal y perpendicular; luego ha de caer hácia abajo para obedecer á la fuerza que la tira hácia el suelo; pero ha de ir también hácia adelante para obedecer al movimiento que traía del navío.

SILV. — Entonces la piedra ha de ir á caer en el agua delante del navío.

TEOD. — No ha de ser así, porque tanto anda la piedra hácia adelante cuanto el navío, y así ha de caer al pie del mastil; porque cuando la piedra principió á caer, si el navío parase de repente, entonces ciertamente caería la piedra en la proa ó en el agua; pero como el navío va tan ligero como la piedra, cuando ella habia de llegar al agua ya halla allí el navío que la fué siempre acompañando con movimiento igual al suyo.

EUG. — Ya lo entiendo.

SILV. — Yo solo tengo una dificultad, y es, ¿por

qué ha de ir la piedra hácia adelante si va ya separada del mastil?

TEOD. — Muévase hácia adelante, porque ha de conservar por algun tiempo el movimiento que traia: tambien la bola, despues que cae fuera de la mesa, conserva el movimiento que traia hácia adelante cuando venia por encima de ella, y sin embargo ya va libre en el aire. Esta misma razon sirve para explicar otra esperiencia semejante; y es, que yendo un coche despedido, si el lacayo no tuviere esperiencia y se quisiese apear, infaliblemente cayera, porque todo el cuerpo llevaba un movimiento horizontal, el cual conserva por algun tiempo; así sucede que cuando pone los pies en tierra todo el cuerpo va hácia adelante con el movimiento que aun conserva, y se cae. Pero los experimentados ya van con esa cautela; y, ó inclinan con violencia el cuerpo hácia la parte contraria de aquella adonde va el coche, para destruir con ese impulso el movimiento que aun conserva el cuerpo, ó se apean con la cara vuelta hácia el coche y mueven luego los pies hácia adelante, y van corriendo para que el cuerpo que va tambien hácia adelante con el movimiento que conserva el coche tenga sobre que sostenerse y no se caiga.

EUG. — Ahora advierto yo que cuando una calesa va corriendo, si cae el caballo ó mula de las varas, y paró de repente, el que va dentro da un balance hácia fuera de la calesa infaliblemente, y supongo que es por la misma razon.

TEOD. — Decís bien: eso es porque el cuerpo llevaba concebido el movimiento de la calesa, el

cual conserva cuando ella cae, y así se mueve hácia adelante. Otra esperiencia os diré ahora que os admirará mas. Si un hombre estando junto al mastil del navío que va con viento seguido tirare una saeta bien derecha hácia arriba, vendrá esta á caer á los pies del mastil, porque el hombre, aunque tire la saeta hácia arriba, cuando esta sale del arco se halla con dos determinaciones, una hácia arriba que la dió el arco, y otra horizontal hácia adelante que da el navío á todo cuanto va en él, la cual aun conserva la saeta; y así cuando sube va al mismo tiempo andando hácia adelante, y cuando baja va bajando y caminando tambien hácia adelante; por lo que, como en este tiempo ya el mastil y navío han andado igualmente hácia adelante, cae otra vez al pie del mismo mastil.

EUG. — Si hiciéremos la esperiencia en tierra corriendo ¿nos sucederá lo mismo?

TEOD. — Sucede efectivamente, y lo tengo ya hecho muchas veces tanto á pie como á caballo; pero no es tan facil el tirar derecho hácia arriba como se hace en el navío. Tambien se hace con bastante seguridad corriendo en un coche descubierto; pero se debe advertir que la piedra ó naranja, ó cosa semejante con que tiráremos, no ha de despedirse sino despues de principiada la carrera, ni se ha de aumentar ni disminuir el movimiento del coche despues de despedida la piedra, sino que debe continuar la carrera de la misma suerte que era cuando se despidió la piedra de la mano; con estas circunstancias si tiraron la piedra bien á plomo hácia arriba, caerá sin duda á los pies de quien la tiró.

EUG. — En la primera ocasion que tuviere he de hacer la esperiencia, porque es pasmosa.

TEOD. — Yo os voy á hacer presenciar un experimento que representa, por lo tocante á la ley, el barco de que hemos hablado y acabará de convencer á Silvio, en cuyo rostro adivino que aplaza su conviccion para cuando haga algun viage por mar ó rio.

SILV. — ¿Cual es este experimento? mucho me agrada presenciarlo.

TEOD. — Aquí tengo este pequeño carro de cuatro

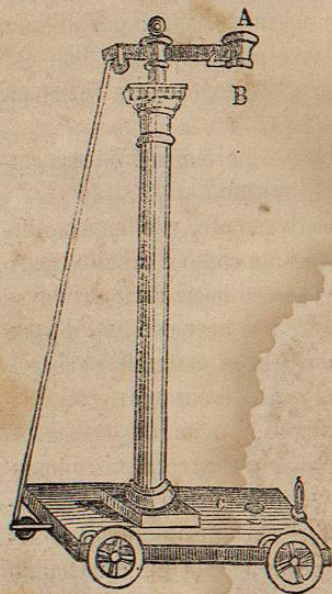


Fig. 4.

EUG. — Al agujero de debajo C.

ruedas (Fig. 4), aquí veis este vaso A sostenido por esta horquilla B, y que contiene esta bola de marfil: el fondo de este vaso es móvil, esto es se abre cuando uno quiere, y deja caer la bola en este otro agujero C, colocado verticalmente debajo del primero. ¿Si dejo caer la bola estando el cuerpo en reposo á donde va á parar?

TEOD. — Pues pongamos en movimiento nuestro carro encima de esta larga y ancha mesa procurando que el movimiento del aparato sea uniforme; pues en el momento en que la bola cae del vaso superior al agujero, ya no pertenece al movimiento común del carro, y si este aumentase ó disminuyese, mientras cayese la bola, cayera delante ó detrás del agujero. Vamos á la prueba, ya está en movimiento, abro el vaso superior, ¿á donde ha ido á parar la bola, Silvio?

SILV. — Al agujero: bien lo veo; ahora ya no me queda ninguna duda de vuestra ley.

TEOD. — Todo lo que os he dicho del movimiento es exactamente aplicable á la quietud. Tampoco hay quietud absoluta en la naturaleza, puesto que sus grandes masas parecen agitadas de movimientos comunes, y que suponemos en reposo los cuerpos que no mudan de relacion con los que los rodean y con los cuales los comparamos. Pero hay reposo ó quietud relativa; pues vemos que muchos cuerpos guardan constantemente ó por un dado tiempo sus mismas relaciones entre sí; aunque sepamos que la grande masa, donde se hallan, esté realmente en movimiento. Una montaña no muda sus relaciones con la superficie de la tierra, y bajo este aspecto está en quietud relativa con ella; esto no obstante la tierra en masa se mueve, y con ella se mueve el árbol como se mueve el marinero con el buque, donde duerme y el calesero con su calesa, donde está sentado, y por lo mismo, en quietud relativa. Estas diferencias de movimiento y quietud, y el modo que tenemos de apreciarlas, son la causa de los frecuen-

tes errores é ilusiones en que caemos, cuando viajamos, sea por mar, sea por tierra. Mas de una vez os ha sucedido sin duda hallaros dentro de un carruage tapado, ó en el camarote de un buque, al través de cuyas ventanillas os mirabais los campos circunvecinos. Como estabais sentado, ó echado y no mudabais vuestra relacion con los objetos del carruage ó del camarote, y al mismo tiempo veiais continuas mudanzas de relacion con los objetos exteriores, parecia que eran estos objetos los que se movian, tanto mas á prisa, cuanto mas á prisa os moviais vos con el carruage ó el buque y os creiais en profunda quietud. Todo lo contrario sucede cuando uno se coloca en el alcazar del buque, la ilusion cesa en seguida, porque allí se ve á la vez el buque, la playa, los campos, ó el carruage, los campos y la carretera, y no se puede ocultar que está en movimiento con el buque ó el carruage que se lo lleva.

EUG. — A esto pertenecerá tambien sin duda el parecerme que un carro no se mueve de su puesto ó que retrocede, cuando le miro pasando y despues de haber pasado por su lado siguiendo su misma direccion; pero en un coche que vaya mas de prisa, cuando paso por su lado veo que la diferencia de relaciones va de delante á atras y se me figura que retrocede, aun cuando veo que las cabalgaduras marchan hácia delante, y la rapidez con que se aleja de mí ó el hallarse en una misma linea me hace el mismo efecto que si no se moviese.

TEOD. — Perfectamente; dais á este fenómeno su debida aplicacion.

EUG. — Aun hay otro que he observado mas de una vez. Hay partes en que un rio corre tan manso que el agua parece no moverse: si flotan por encima algunas hojas de arbol ó algun palillo y yo sigo la corriente, el palillo se va para atras, de modo que llego á creer que el rio ha mudado de direccion, y no salgo de este error sino cuando me paro y observo el palillo en sus relaciones con la margen del rio, en cuyo caso veo que la corriente, aunque poca, es la misma de siempre y que el palillo va hácia adelante llevado por ella.

TEOD. — Ya que hemos visto todo lo que hay que decir en general del movimiento mirado bajo un aspecto comparativo, examinémosle ahora en sí mismo, y acabaremos esta conferencia que ya debe empezar á fatigaros.

EUG. — Al contrario, si deseo que se ponga fin á ella, solo es porque debeis de estar ya cansado con tanta esplicacion.

TEOD. — Pues bien acabaremos la leccion de hoy por lo que falta decir del movimiento. Si el mulo que tira el carro va corriendo, el carro recorrerá mucho espacio en poco tiempo; si el mulo va poco á poco, el carro gastará mucho tiempo para recorrer poco espacio. El primer movimiento se llama *rápido* el segundo *lento*, y esta circunstancia sumamente variable en los diferentes movimientos es lo que hemos llamado *velocidad*, y ahora acabais de ver por que hemos dicho que la velocidad era el espacio corrido por un cuerpo en un tiempo dado. Como el movimiento no es otra cosa que la mudanza de un cuerpo en el espacio, no hay razon

para que se mude mas hácia arriba que hácia abajo, hácia derecha que hácia izquierda, y obren las fuerzas en todas direcciones; se sigue que ha de haber movimientos en todas *direcciones* y de todas las máneras. Si yo me voy de un cabo de la sala al otro por el camino mas corto, mi movimiento será recto ó *rectilíneo* como querais; si serpenteo mi movimiento curvilíneo porque seguiré líneas curvas, y si en vez de irme al otro extremo de la sala, ruedo, como el jumento que mueve la noria, mi movimiento será circular, porque describiré lo que se llama un círculo. En una palabra el movimiento recibe nombres diferentes conforme fueren las líneas geométricas que describe el cuerpo que se mueve. Si el mulo que mueve el carro marcha siempre al mismo páso, el movimiento del carro será siempre el mismo, recorrerá espacios iguales con iguales tiempos: este movimiento pues se hace con uniformidad; es *uniforme*. Si el mulo primeramente va á paso lento, luego al paso seguido, luego al trote, luego á galope, luego en fin corre á escape; el movimiento del carro será *acelerado*: si primero va á escape, luego al galope, luego al trote, luego al paso, y en fin á paso lento; el movimiento es *retardado*. Por último si el mulo anduviese aumentando ó disminuyendo su paso, de suerte que el espacio recorrido por el carro aumentase ó disminuyese siguiendo una ley constante en los tiempos iguales y sucesivos, esto es hubiese uniformidad en acelerarse ó en retardarse, sería movimiento *uniformemente acelerado ó retardado*. Me parece que por esta tarde ya teneis bastante con lo dicho: mañana y los días su-

cesivos repetiremos la conferencia, si teneis tiempo y deseo de oirme,

EUG. — Del deseo no dudeis, del tiempo sí; pero de lo que me habeis enseñado creo que estoy instruido y hecho cargo, y ahora ya veo clara la razón de lo que hasta aquí me parecia imposible, lo cierto es que quien no sabe las ciencias anda en este mundo con los ojos cerrados.

SILV. — ¡Es fuerte pasión! Si este efecto hizo en vos la primera conferencia ¿que será mas adelantante? Ahora pues, Eugenio y Teodosio, dadme licencia que no me puedo dilatar mas: mañana por la tarde vendré á haceros compañía en vuestras conferencias; por la mañana no me puedo aprovechar de ellas porque me es preciso este tiempo para mi estudio y ver algunos enfermos á quienes asisto.

TEOD. — Ni hago yo ánimo de que Eugenio tenga tan continuada mortificación en oirme; para esto bastan las tardes: por las mañanas nos divertiremos con el ejercicio de la caza. Pero ya que por la mañana no podeis venir no falteis por la tarde, y venid temprano, porque deseo que esteis presente.

SILV. — Fiad en mí, que por gusto, aun mas que por obediencia, no faltaré.

EUG. — Muchos tiempos ha que no he pasado una tarde en conversacion mas amena ni mas de mi gusto que la de hoy.

TEOD. — El gusto que teneis de instruiros en estas materias os haria parecer amena hasta la conversacion mas insulsa. Mas decidme, ¿entendisteis lo que hoy se trató?

EUG. — Sí, lo entendí y con gran facilidad; confie-

soos que pensaba me costase mas trabajo; pero lo cierto es que vuestro buen método, y la claridad del estilo, harian percibir las aun al mas rudo.

TEOD.—Estos discursos siempre piden aplicacion de cabeza: descansad ahora del trabajo que tuvisteis; basta para primera leccion: mañana continuaremos tratando sobre estos puntos: vamos á hablar sobre otras materias, y sino divirtámonos al juego.

ERG.—Estoy por todo lo que quisiéreis.

TEOD.—Vamos á jugar.



TARDE SEGUNDA

CONTINUANSE Y DAN FIN LAS NOCIONES GENERALES DE LA FISICA. TRATANDOSE DE LAS LEYES DEL EQUILIBRIO Y MOVIMIENTO, Y DE LAS FUERZAS EN PARTICULAR.



§ I.

Trátase de las leyes del equilibrio.

TEOD.—Eugenio, ya que os desembarazasteis de vuestros quehaceres para venir á divertirnos en este sitio, es justo que antes de continuar nuestra fisica veais algunas casas de campo que hay por estas inmediaciones.

ERG.—Mucho os agradezco esta diversion, pero ayer ya vimos algunas, prefiero continuar en nuestra conferencia literaria, y atar el hilo que por esta noche interrumpimos. He aquí llega Silvio.

TEOD.—Seais bien venido, Silvio; ya os estábamos esperando y anhelábamos por vuestra compañía.

SILV.—Por gozar de la vuestra vengo aquí y estoy pronto á complaceros en todo. ¿Cómo os hallais, Eugenio, con vuestra fisica?