

532

56
nue

PUBLICACIONES DE LA «CRÓNICA CIENTÍFICA».

N.º 5.

10

NUEVO

APARATO HIDRODINÁMICO

DE

NIVEL CONSTANTE

POR

D. C. TOMÁS ESCRICHE Y MIEG,

CATEDRÁTICO DE FÍSICA EN EL INSTITUTO DE GUADALAJARA.



BARCELONA:

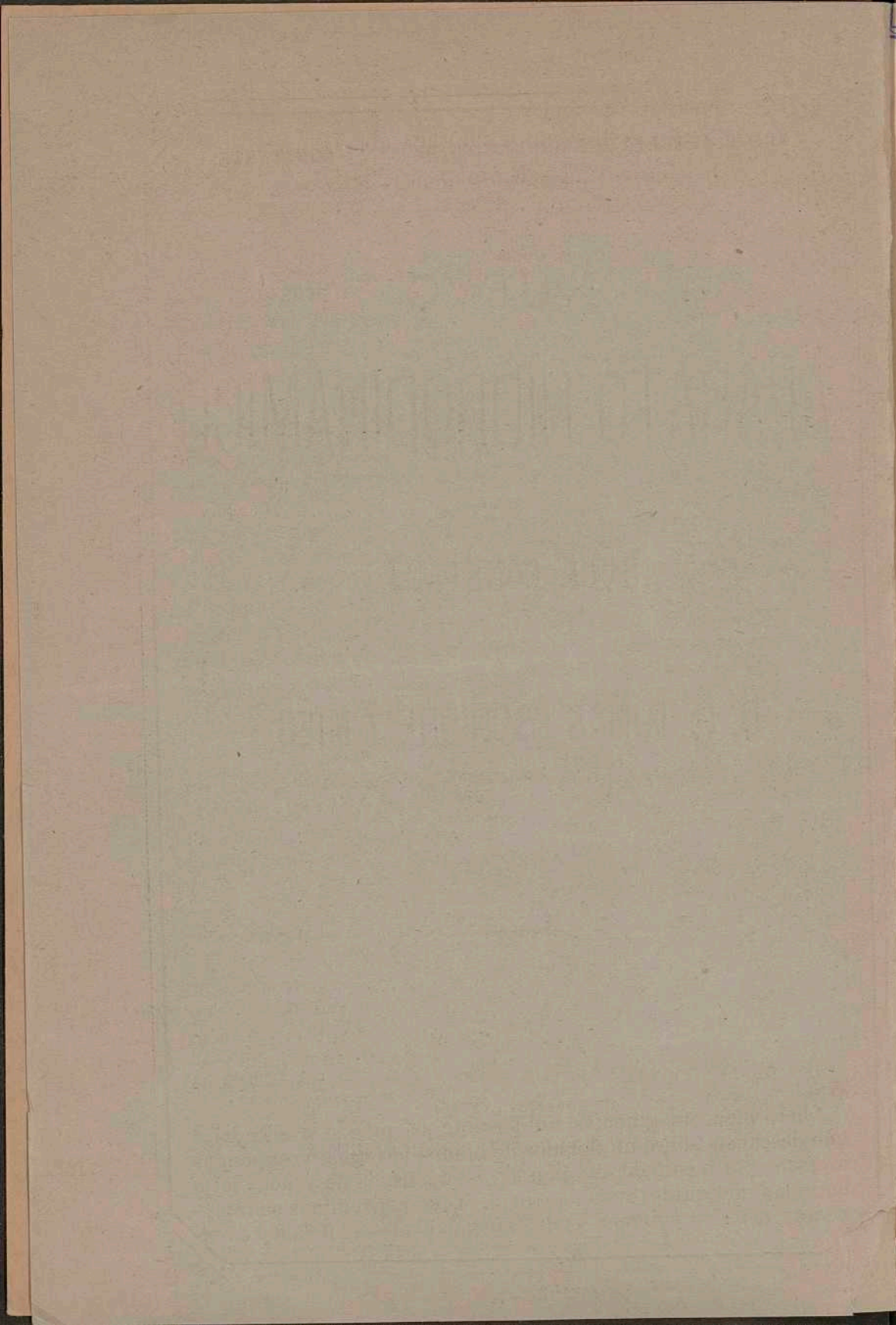
REDACCION Y ADMINISTRACION DE LA «CRÓNICA CIENTÍFICA»

CALLE DE FONTANELLA, NÚMERO 28.

1881.

40

411029155



81

NUEVO APARATO HIDRODINÁMICO DE NIVEL CONSTANTE,

POR D. C. TOMÁS ESCRICHE Y MIEG

Catedrático de Física en el Instituto de Guadalajara.

I.—PRINCIPIO EN QUE SE FUNDA.

Para que la salida del líquido contenido en un depósito pueda verificarse con una velocidad constante v , se necesita y basta que la distancia entre el nivel y el orificio de desagüe, es decir, la carga c , sea invariable, según la fórmula

$$v = \sqrt{2gc} \dots [1].$$

Si, pues, el agujero de salida está fijo, será necesario que permanezca también fija á la misma altura la superficie libre de la masa líquida, sin lo cual la distancia entre aquél y ésta no podría permanecer constante.

Cuando un depósito ó vasija cualquiera se desagua por un orificio practicado en su fondo ó pared, ó por medio de un sifon, baja necesariamente el nivel en el interior del vaso, á medida que se verifica el desagüe. Pero se podría mantener siempre la superficie del líquido á la misma altura con relacion al orificio de salida, si, siendo este orificio, como en el sifon, independiente del depósito, se hiciera subir este último poco á poco, empujándole por su fondo, una cantidad igual á la que en su interior fuese bajando el líquido.

No sería difícil conseguir este resultado, colocando la vasija sobre uno ó más resortes, con una disposicion análoga á la de un pesa-cartas; pero es más cómodo y seguro aprovechar el empuje de un líquido bajo un depósito flotante, á la manera de un areómetro. Es evidente que, á medida que el sifon descargue el depósito, el empuje del líquido en que flota lo irá elevando, y toda la dificultad se reduce á buscar el medio de que esta elevacion sea exactamente igual al descenso interior del líquido contenido en la vasija flotante.

Para dar solucion á este problema, empezaremos por observar que cuando un cuerpo flota, su peso es igual al del líquido que desaloja, esto es, al empuje, con el cual se equilibra; y si este peso aumenta ó disminuye, el volúmen sumergido se hace mayor ó menor en la cantidad necesaria para que el empuje iguale al nuevo peso del cuerpo flotante.

Ahora bien, imaginemos un depósito prismático ó cilíndrico que descansa sobre un flotador de la misma forma, y supongamos que por medio de un sifon se ha sustraído de aquél cierta cantidad de líquido, cuyo peso será $\varphi\delta$ —si convenimos en representar por φ su volúmen y por δ su densidad—; el flotador emer-

~~R 60980~~

R 60980



girá lo suficiente para disminuir el líquido desalojado, en un peso vd —si d es su densidad y v el volúmen emergido— igual al peso del líquido que el sifon ha sacado del vaso flotante. Siendo iguales estos pesos, tendremos

$$vd = \varphi \delta,$$

de donde

$$\frac{v}{\varphi} = \frac{\delta}{d};$$

lo que nos dice que el volúmen emergido y el sustraído por el sifon están en razon inversa de las densidades de los dos líquidos. Como ambos volúmenes son prismáticos ó cilindricos—segun la forma del depósito y del flotador— podremos representarlos por los productos de sus secciones por sus alturas, y tendremos

$$\frac{sa}{\sigma\alpha} = \frac{\delta}{d},$$

siendo s y a la seccion y altura en el flotador, y σ y α las correspondientes al líquido ántes de salir del depósito.

Como el líquido que sostiene al flotador no es el destinado á la experimentacion, podrá ser siempre el mismo, y puesto que se necesita en cantidad bastante grande, se deberá naturalmente elegir el agua; por consiguiente será $d=1$. Si convenimos además en considerar como unidad al volúmen del líquido extraído del depósito, haciendo $\sigma=1$ y $\alpha=1$, la igualdad anterior se convertirá en

$$sa = \delta \dots [2]$$

Segun esta última expresion, el número que representa la densidad del líquido que por el sifon corre, nos da el volúmen que ha de emerger el flotador por cada unidad que de aquél saliere del depósito.

Observemos ahora que no puede elevarse el cuerpo flotante sin que descienda el nivel del agua en el vaso que la contiene. Si la seccion de éste es doble que la de aquel cuerpo, lo que dará á su alrededor una corona ó anillo de agua de la misma seccion que él, bajará el nivel de ésta tanto como se eleve el flotador. Si, pues, esta elevacion ha de compensar exactamente el descenso del nivel en el depósito superior, por cada cantidad $\alpha=1$ que éste baje, será preciso que emerja aquél la cantidad $a=2\alpha=2$. Luego, segun la igualdad [2], será $s=\frac{1}{2}\delta$. De aquí la siguiente regla práctica para construir aparatos destinados á diferentes líquidos, con depósitos flotantes sobre el agua: *Para tener la seccion del flotador relativamente á la del depósito considerada como unidad, no hay más que tomar la mitad del número que representa la densidad del líquido para el cual se destina el aparato.*

Casi parece excusado advertir que no hay que preocuparse lo más mínimo por los cambios que con la temperatura experimentan las densidades de los líquidos; pues prescindiendo de que estos cambios son sumamente pequeños dentro de los límites de las temperaturas ordinarias, para influir sensiblemente en los resultados de experimentos que no son de precisión, hay que observar que no sería el desnivel procedente de estos cambios el que habríamos de tener en cuenta, sino su raíz cuadrada: los errores de observación, aún en los casos más favorables y experimentando con mercurio, que, por su gran densidad, produce las venas ménos deformadas por el aire, exceden en mucho á las mayores influencias de la temperatura. Por una razón análoga es inútil servirse de agua destilada.

Haciendo aplicación de la regla anterior á la construcción de aparatos destinados á la salida del mercurio y á la del agua, que son los dos líquidos de que se hace mayor uso para estos experimentos, se tendrá que dar al flotador una sección exterior 6,79 veces mayor que la interior del depósito en el primer caso, y mitad que la de éste para el agua. Construido el aparato en estas condiciones, el nivel del líquido en el depósito debe permanecer invariable, sin que jamás quede á descubierto el extremo sumergido del sifon, que debe penetrar á lo sumo unos milímetros bajo la superficie líquida. La experiencia lo confirma plenamente.

Si en vez de desear una salida constante se quisiera que la velocidad cambiase de un modo continuo, aumentando ó disminuyendo conforme á determinada ley, se conseguiría fácilmente haciendo variar la sección del flotador, relativamente á la del vaso en que flota.

II.—DESCRIPCIÓN.

Este sencillo aparato, tal como lo he hecho construir, se compone (fig. 1.^a) de un gran vaso cilíndrico V de 40 centímetros de altura por 10 de radio en el interior, y de un depósito D que tiene el mismo radio, por una altura de 15 centímetros. Unido al fondo de éste se halla el flotador hueco F, de 40 centímetros de altura, por un radio de 7^{cm},07, lo que le da una sección mitad que la de la vasija en cuyo interior se ha de mover.

El depósito D, destinado á producir venas de agua, se retira y reemplaza por el M, que se coloca sobre el flotador en el sitio designado con líneas punteadas, cuando se quiera operar con el mercurio. La sección de este último depósito es 23^{cc},13, es decir, 6,79 —media densidad del mercurio— veces menor que la del flotador.

Fijo á la vasija V, por medio de las laminillas *l* y *l'*, y fácil de

separar cuando convenga, se halla el sifon S, cuyo extremo de rama corta, ó sea el que toma el agua del depósito, dista $14^{\text{cm}},5$ del plano horizontal imaginado por el borde superior de la vasija V, con cuyo plano coincide el fondo de aquel depósito cuando se

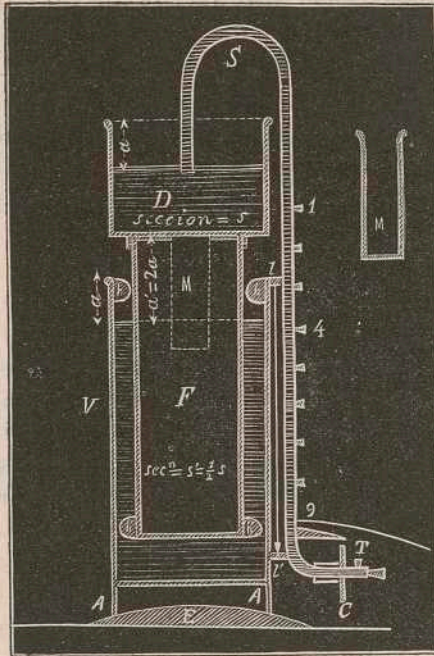


Fig. 1.ª

halla completamente lleno, de modo que el sifon sumerge en el agua medio centímetro nada más. A lo largo de la rama exterior hay ocho orificios que se pueden tapar y destapar fácilmente, separados 5 centímetros unos de otros, y situado el primero á 5 centímetros bajo el nivel; estos orificios están avellanados por la parte de afuera, con objeto de que se verifique la salida en pared delgada. Hay también en el extremo inferior del sifon un tubito cilindrico T, móvil sobre su eje, con un orificio lateral, para proporcionar una vena que forme con el horizonte á su salida un ángulo cualquiera, que se mide por medio de un círculo graduado C, que en la figura se ve de perfil. Estos orificios tienen exactamente el mismo diámetro. Por último acompaña al aparato una regla ó una cinta dividida en centímetros, para medir la amplitud de las venas líquidas; este último detalle, independiente de todo lo demás, no aparece en la figura 1.ª, pero está en la 2.ª representado por RR'.

Para que el depósito flotante, cuyo centro de gravedad está mucho más alto que el de presión ó empuje, se mantenga en equilibrio estable, sin necesidad del mucho lastre que reclamaria y no puede dársele sin grandes inconvenientes, hay soldadas en el interior del vaso V cuatro chapitas —tres serian suficientes— de las que solo aparecen en la figura las h, h , que se hallan en los extremos del diámetro situado en el plano de la sección que representa la figura, y otras cuatro soldadas á los extremos de dos diámetros perpendiculares en la base inferior del cilindro F, de las que se ven también solo dos, $h' h'$; estas chapitas pudieran reemplazarse por dos cerquillos, como en la figura 2.ª $h h, h' h'$. Guiado el flotador por estas chapas tangentes sin presión

halla completamente lleno, de modo que el sifon sumerge en el agua medio centímetro nada más. A lo largo de la rama exterior hay ocho orificios que se pueden tapar y destapar fácilmente, separados 5 centímetros unos de otros, y situado el primero á 5 centímetros bajo el nivel; estos orificios están avellanados por la parte de afuera, con objeto de que se verifique la salida en pared delgada. Hay también en el extremo inferior del sifon un tubito cilindrico T, móvil sobre su eje, con un orificio lateral, para proporcionar una vena que forme con el horizonte á su salida un ángulo cualquiera, que se

á las superficies exterior de éste é interior del vaso V, no puede inclinarse á ningun lado. Y si todo el aparato está bien nivelado su movimiento se verificará en una línea rigurosamente vertical, lo que tiene importancia, porque, si se venciera hácia un lado, habria en las chapitas rozamiento que dificultaria la marcha ascendente del depósito, cuya elevacion se haria por pequeños saltos en vez de presentar la perfecta continuidad que se requiere.

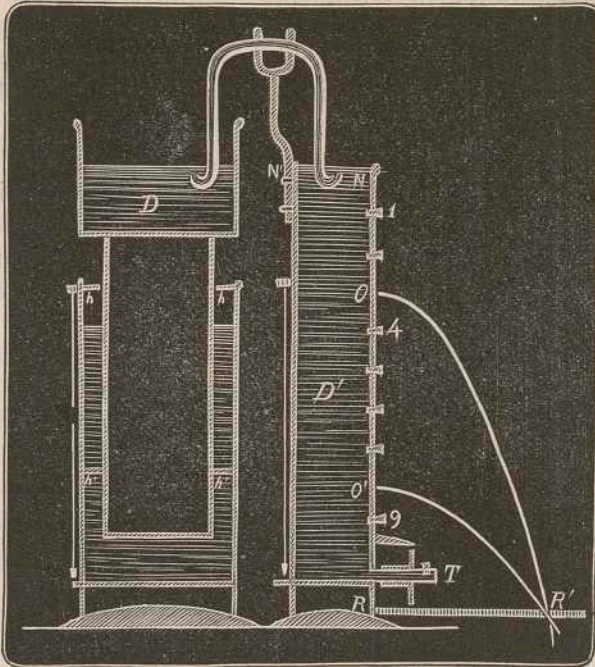


Fig. 2.ª

Hubiéranse podido emplear para nivelar el aparato cuatro y áun tres tornillos y dos niveles cruzados; pero prescindiendo de los inconvenientes que ofrecen los piés de tornillo en un aparato que ha de mojarse, semejante medio, que es excelente en instrumentos más delicados, aumentaria sin necesidad el precio del que nos ocupa, y he imaginado un sistema de nivelacion más sencillo, y que á la vez ofrece la ventaja de exigir muy poco tiempo, lo que no ocurre con los tornillos de nivel. Redúcese todo á terminar el vaso V, en su parte inferior, por un arillo A A', que le sirve de base, y se hace descansar sobre un casquete esférico E, colocado directamente sobre la mesa, y que hace veces de peana. Inclinando la vasija V á un lado ú otro, encuentra asiento sobre la superficie esférica en todas las posiciones, pu-

diendo siempre hallarse una en que su eje sea vertical. Para asegurarnos de esta circunstancia hay una plomada suspendida de la laminilla l , y en la l' una señal con la que deberá coincidir el vértice del perpendicular.

Tal es el aparato en su forma más sencilla; suministra magníficas venas líquidas de velocidad constante en los distintos orificios del sifon, permitiendo realizar con bastante aproximacion todos los experimentos de hidrodinámica.

Si se desea obtener la salida por agujeros practicados en la pared de un depósito, como en el aparato de Prony, se adopta la disposicion representada en la figura 2.^a, que no necesita explicacion, y tiene la ventaja de que el sifon está siempre lleno, aunque emerjan sus extremidades. Si este sifon es de mayor calibre que todos los orificios reunidos, podrá darse salida al agua por todos ellos simultáneamente, sin que descienda el nivel en el gran depósito D' , pues es bien sabido que un sifon que pone en comunicacion los líquidos contenidos en dos vasijas constituye á éstas en verdaderos vasos comunicantes; de suerte que el nivel del agua en el depósito D' estará siempre en el mismo plano horizontal que en D ; y siendo invariable la altura de éste, lo será también la de aquél, sin que sea necesario tubo lateral de vidrio para conocer el nivel interior, supuesto que éste llega constantemente al borde superior. Esta 2.^a disposicion del aparato, le hace más á propósito para la exactitud de los experimentos.

III.—Usos.

Para que el aparato descrito pueda funcionar, hay que empezar por llenar completamente el depósito D , y echar en el vaso V la cantidad de agua suficiente para que, flotando aquél, su fondo coincida con el borde superior del vaso V ; las dimensiones que he dado al aparato están calculadas para que, cuando ésto se verifique, la vasija V quede también llena hasta el borde. Si se adopta la disposicion representada en la figura 2.^a, hay que llenar además el vaso D' hasta el mismo nivel que el D , lo que se consigue sin ninguna dificultad, porque en el momento en que el líquido que se echa en el primero D' haya llegado al sifon, que supongo previamente lleno, quedará establecida la comunicacion con el D , y los niveles se igualarán en el acto. Si nos vamos á servir del aparato figura 2.^a, que es cómodo para los experimentos de la enseñanza elemental, podremos llenar el sifon por succion, ó adaptando á su extremo una bombita de goma elástica, en lugar del tapon que se ve en la figura.

Los experimentos se hacen como en el flotador de Prony, con la diferencia de que con mi sistema no hay necesidad de recoger el

líquido que sale, y nada importa que se pierda todo lo que por descuido se derrame. Solo convendrá, si se prolongan mucho los trabajos experimentales, ir de tiempo en tiempo añadiendo líquido con una jarra sobre el depósito D, que inmediatamente bajará hasta el nivel que tenía, el cual no puede ménos de permanecer invariable, aunque se añada ó quite líquido repentina ó paulatinamente.

Para demostrar que las velocidades son proporcionales á las raíces cuadradas de las cargas, segun la fórmula [4], harémos salir el chorro sucesivamente por los orificios 1, 4 y 9, é inferirémos las velocidades, de los pesos del líquido recogido en igualdad de tiempo, segun se acostumbra á practicar.

El aparato figura 1.^a permite asimismo demostrar de un modo muy sencillo que la presión hidrodinámica es menor que la hidrostática. Para ello hágase que salga el agua por el primer orificio, y despues de haber fijado la atención en la forma constante de la vena, ábrase el segundo agujero, y se verá en el acto que disminuye la amplitud del chorro, la cual decrecerá aún más si se abre el tercer orificio.

Entre las muchas demostraciones propias de cátedras de ampliacion y aún superiores, á que se presta el nuevo aparato de nivel constante, debo citar los siguientes, por la precision y facilidad con que se ejecutan, sobre todo con mercurio, sea cualquiera de los dos modelos descritos el que se emplee.

El principio de Torricelli se puede verificar, deduciendo la velocidad del líquido á su salida, de la amplitud de la vena parabólica, y comparándola con la que da la fórmula

$$v = \sqrt{2g c.}$$

Medida la amplitud x , con el auxilio de la regla ó cinta RR', fig. 2.^a, se obtiene la velocidad v á la salida de un orificio cualquiera, O por ejemplo, por medio de la fórmula del movimiento parabólico

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} x^2,$$

en la que $\alpha = 0$, porque la dirección del chorro á la salida es horizontal. Será, pues, la fórmula en este caso

$$y = -\frac{g x^2}{2v^2},$$

y por tanto tendremos la velocidad

$$v = x \sqrt{\frac{g}{2y}} \dots \dots [3],$$

en la que y ha tenido que tomarse negativamente, porque el orí-



gen de las coordenadas de la trayectoria está en el punto O. Comparando la velocidad que da esta expresión con la que se obtiene de la fórmula $v = \sqrt{2gc}$ correspondiente á un cuerpo que cae libremente por la vertical desde una altura c , ó sea la diferencia NO entre el nivel del líquido y el orificio de salida, se encuentra una conformidad notable.

Se comprueba también perfectamente con este aparato otra deducción teórica muy curiosa, á saber, que si por dos orificios O y O' salen simultáneamente venas líquidas, y se imagina un plano horizontal RR', á una distancia O'R del orificio inferior O', igual á la ON entre el orificio superior O y el nivel NN', las dos venas concurrirán en el plano horizontal RR'. Esta propiedad se desprende de la fórmula [3] que nos da

$$x^2 = \frac{2c^2y}{g};$$

y substituyendo en vez de v su valor $\sqrt{2gc}$, será

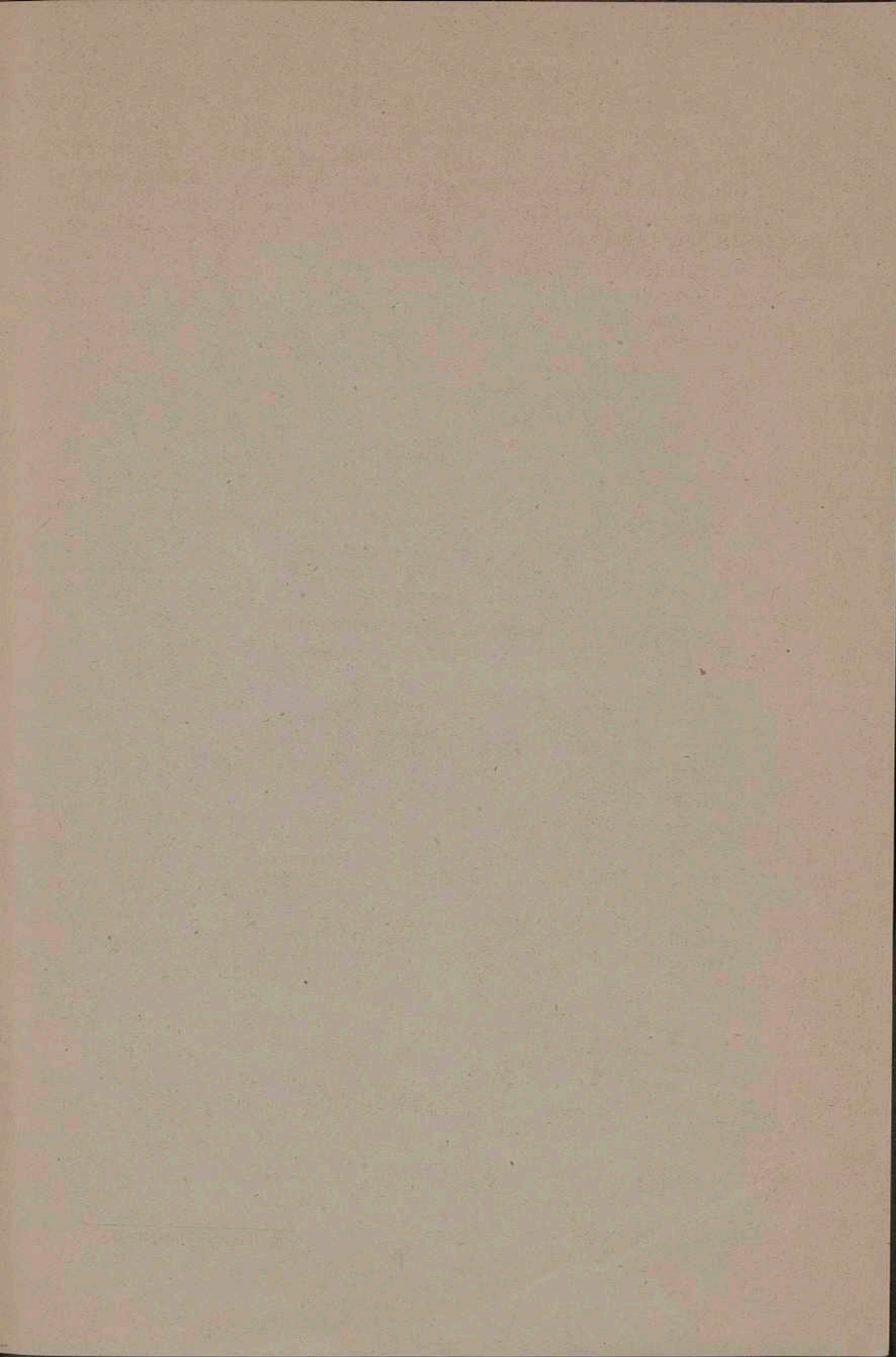
$$x^2 = 4cy,$$


de donde

$$x = 2\sqrt{cy}.$$

Ahora bien, para el orificio superior la altura c es NO y la ordenada y es OR, y para el O' la altura es NO' y la ordenada O'R; pero siendo por hipótesis $NO = O'R$, para los dos orificios será igual el producto cy ; luego la abscisa x será también igual, ó lo que es lo mismo, las dos venas se encontrarán en el plano RR'.

Haciendo salir el líquido por el orificio lateral del tubo T, se pueden obtener venas inclinadas, con diferentes valores del ángulo α , y es fácil observar las dos ramas de parábola, comprobar que dos venas que forman con la horizontal ángulos que suman 90° tienen la misma amplitud, y otras curiosas consecuencias del cálculo. La precisión y facilidad con que se ejecutan todos estos experimentos con el aparato que es objeto de estas líneas, le hacen de gran aplicación para el estudio de la hidrodinámica.





BARCELONA:
IMPRESA DE LUIS TASSO,
Arco del Teatro, números 21 y 23.

1881.



