

1846. *Cervus chilensis* Gay et Gervais, *Ann. des sc. nat.* febr.
 1847. *Cervus antisensis* d'Orbigny, *Voy. dans l'Amérique méridionale*, IV, páj. 28.
 1847. *Cervus chilensis* Gay et Gervais, *Hist. física i polít. de Chile*, zoolojia, tom. I, páj. 159.
 1849. *Cervus leucotis* Gray, *Proceed. Zool. Soc.* 1849, p. 64.
 1872. *Huamela leucotis* Gray, *Ann. and Mag. Nat. Hist.*, X p. 445, XI. p. 214.

MATEMÁTICAS.—*Observaciones sobre la enseñanza de la mecánica.*—*Memoria leída ante la Facultad de ciencias físicas i matemáticas, en 23 de octubre de 1873, por don José Zegers Recasens.*

Los profesores de matemáticas de la sección superior del Instituto Nacional, se han ocupado últimamente de arbitrar algún medio con el fin de hacer mas provechosa la enseñanza de la mecánica aplicada, que en la actualidad. Considerando que en el corto tiempo que se destina a este importante ramo de estudios, no es posible darle todo el desarrollo conveniente, se ha pensado en aumentar la duración del curso, que es ahora de un año, a dos: en el 1.º se enseñaría la mecánica racional, i en el 2.º la mecánica aplicada.

Desde hace años, soi profesor del ramo en la Escuela de Artes i Oficios i me ocupo de la teoría i de la práctica de los trabajos industriales cuya dirección se me ha confiado. Siendo el momento oportuno, me permito avanzar algunas ideas acerca del modo como, según mi opinión, debe hacerse en nuestra Universidad el estudio de esta ciencia, cuyos progresos han contribuido tan notablemente a la realización de los portentosos trabajos modernos en sus multiplicados i diversos ramos.

Esta esposición emana de mi deseo de ser útil i es fruto de la experiencia. En ella no hai, ni puede haber orijinalidad; hai solo algun trabajo: el de haber recojido i coordinado la parte de mis lecturas i estudios sobre mecánica en que se fundan los conceptos que ahora someto al juicio de mis maestros i de mis colegas en esta Facultad. Mi parecer se funda, pues, en el de los profesores que han escrito sobre la materia, i de cuyas obras he extractado lo que

he creído necesario para espresar mi pensamiento lo mejor que me ha sido posible.

I.

Es sabido que la mecánica racional sirve de fundamento a la mecánica aplicada. La primera, así llamada porque las proposiciones que enseña las deduce por el razonamiento fundándose en un corto número de verdades primitivas o principios que toma de la observacion, establece proposiciones que son de una verdad absoluta; pero supone muchas veces en los cuerpos propiedades que realmente no poseen o que no se verifican por consiguiente en el mundo real, sino aproximadamente. Estas leyes son las mismas para todos los cuerpos, celestes i terrestres, naturales i artificiales; pero los métodos de aplicacion de los principios de la mecánica jeneral o racional a casos particulares, son mas o menos diversos segun las circunstancias, porque las consecuencias deducidas bajo hipótesis no se aplican naturalmente, sino con las restricciones i modificaciones necesarias relativas a éstas.

Segun lo observa Bélanger, en el orden de los estudios científicos, la mecánica racional viene inmediatamente después de las matemáticas puras. Efectivamente, a la nocion jeométrica de las posiciones sucesivas de un móvil i de los espacios que describe, agrega la idea de tiempo, que no se ha considerado en jeometría, de donde surge la nocion de velocidad. Hé aquí la parte de la mecánica que se denomina cinemática, por la cual empiezan la mayor parte de los autores modernos el estudio de la mecánica, i en la que se hace abstraccion de la materia de que los cuerpos se componen, reduciéndolos a cuerpos puramente jeométricos.

Dando al volumen la materialidad o la impenetrabilidad, no podemos ya prescindir de la *masa*, por causa de la cual, cuerpos diferentes, para tomar el mismo movimiento, exigen intensidades diferentes en las causas de este movimiento. Se agrega de este modo, a la nocion de los cambios de lugar que los cuerpos experimentan, la idea de fuerza. Estamos en plena mecánica, en lo que se llama propiamente dinámica.

La mecánica racional o mecánica jeneral es una verdadera ciencia matemática que encierra varios teoremas jenerales i sirve de base a la mecánica celeste o astronomía, a la física matemática i a las obras de arte: máquinas i construcciones.

Pero hai mucha parte de esta ciencia que es meramente especulativa en el estado actual de los conocimientos humanos, i algunas de sus doctrinas, justamente las mas elevadas, encuentran su aplicacion principal o esclusiva, en la mecánica celeste i en la física matemática.

Me bastarán algunas citas para recordarlo.

En un trabajo del año 1838 que lleva las firmas de los señores Combes, Phillips i Collignon, se lee, tratándose de la mecánica especial de los cuerpos sólidos, lo siguiente:

“Los fenómenos de la deformacion de los cuerpos sólidos han constituido durante largo tiempo una ciencia de aplicacion, i solo en los últimos años los algebristas han llegado a fundar la teoría matemática jeneral, teoría mui espinosa, mas reciente, i ya mas avanzada que la hidro-dinámica, con la cual tiene sin embargo mas de una relacion.”

La teoría matemática de la elasticidad ha sido en fin fundada por los trabajos de Clapeyron i de Lamé, al mismo tiempo que por las investigaciones de Cauchy. Las lecciones sobre la elasticidad de M. Lamé son actualmente el resumen mas completo.

Las ecuaciones de la teoría de la elasticidad espresan las relaciones analíticas que ligan las deformaciones esperimentadas por un cuerpo de forma cualquiera a las fuerzas exteriores que se le aplican. La dificultad que se encuentra para emplearlas es una dificultad completamente analítica, al menos, cuando se admite como una verdad absoluta la hipótesis hecha, sobre la lei de las deformaciones simples del sólido elemental.

El análisis de las ecuaciones de derivadas parciales está todavía mui poco avanzado para que se pueda sacar un partido bien ventajoso de las ecuaciones tan complejas del equilibrio elástico de los sólidos. La integracion puede operarse en un número limitado de casos particulares, casi todos comprendidos en la teoría vulgar de la resistencia de materiales”...

“El estudio de los efectos dinámicos de la elasticidad forma en la ciencia una rama particular, que se podria llamar la *mecánica vibratoria*, i que se liga a las doctrinas mas elevadas de la óptica i de la acústica.”

En hidrostática admitiendo, como se hace en el estudio elemental, la existencia de los fluidos perfectos, es decir, de cuerpos cuyas moléculas tienen la propiedad de resbalar sin rozamiento las

unas sobre las otras, se llegan a establecer los principios fundamentales i a deducir de ellos todos los teoremas de aplicacion práctica. Pero, “cuando en lugar de considerar solo los fluidos perfectos, se quieren tomar en cuenta ciertas propiedades físicas no consideradas al principio, acciones capilares, por ejemplo, que se manifiestan, como se sabe, a lo largo de las paredes de los vasos i en los tubos de pequeño diámetro, la hidrostática no es ya tan sencilla; i se encuentran en ellas dificultades que provienen en gran parte de la ignorancia en que se está todavía acerca de las verdaderas leyes de estas nuevas fuerzas que deberian introducirse en el cálculo. A la esperiencia toca determinarlas. Hasta ahora, no obstante ingeniosas teorías, una de las cuales se debe a Laplace, se sabe poco a este respecto.”

Otro asunto de hidrostática completamente resuelto bajo el punto de vista de las aplicaciones, sin estarlo bajo el aspecto científico, es el que se refiere a la estabilidad del equilibrio de los cuerpos flotantes. Mirado de una manera jeneral, el problema presenta dificultades que no han sido vencidas hasta aquí, i entra en realidad en el dominio aún bien oscuro de la hidro-dinámica.

Las aplicaciones de esta última parte de la mecánica racional son de la mayor importancia para el ingeniero, i sin embargo, la hidráulica no es hasta ahora, por decirlo así, sino una ciencia en la infancia en que domina el empirismo.

Efectivamente, en la hidro-dinámica, además de la presión que en hidrostática se espresa por medio de tres variables independientes, las coordenadas de los diferentes puntos de la masa líquida, hai que considerar el tiempo, lo que da cuatro variables independientes; i en lugar de una función única de estas variables, hai cuatro que determinar, a saber: la presión i las proyecciones de las velocidades de las moléculas líquidas sobre los ejes coordenados. También la densidad puede considerarse como una función de las variables independientes; pero, como se hacen respecto de ella las dos hipótesis que corresponden a los líquidos i a los gases permanentes, esto es, la de su constancia o la de su variación conforme a la lei de Mariotte, el problema se reduce en todo caso a la determinacion de cuatro funciones dependientes cada una de cuatro variables independientes.

Las ecuaciones a que el problema conduce son de tal naturaleza que, manejadas por los mas grandes jeómetras, han merecido el

epíteto de *rebeldes*, i han resistido a todos sus esfuerzos. Se comprende, agrega Collignon, que la cuestion sea de una complicacion estremada mientras se la considere en toda su estension. ¡Son tantas las circunstancias diversas que presenta una masa fluida en movimiento! No es, pues, de estrañar que la solucion, aunque espresada con los caractéres conocidos del análisis, fuese probablemente de un débil auxilio.

Mientras tanto, las soluciones prácticas de los problemas de la hidráulica eran urgentes, i no era posible que los ingenieros llamados a resolverlas esperasen hasta encontrar las soluciones jenerales que puede dar la ciencia. Por esto es que en la hidráulica, la práctica ha precedido a la teoría. Los italianos, que por las condiciones especiales de su suelo las han estudiado mas detenidamente, sentaron sus principios fundamentales. La jeneralidad de las ecuaciones de la hidro-dinámica se ha restringido por hipótesis especiales que bastan para resolver las dificultades prácticas; i en resumen, "no se ha sacado gran partido de las ecuaciones de derivadas parciales de la hidro-dinámica."

El teorema fundamental de la hidráulica puede demostrarse sin recurrir a ellas, de una manera rápida, elegante i elemental, por medio de las fuerzas vivas; i bajo este punto de vista, las ecuaciones tan complejas de la hidro-dinámica no tienen una utilidad bien evidente.

Pero conduce a consecuencias analíticas importantes cuando se las aplica al caso de oscilaciones muy pequeñas de las moléculas al rededor de su posicion de equilibrio, i encuentra su aplicacion en la mecánica vibratoria, i por consiguiente, en las investigaciones elevadas que se refieren a la fisica matemática.

Los ejemplos que he citado, i otros que no seria difícil encontrar, me hacen creer que, aunque las teorías a que me refiero hayan servido, no solo a lo que puede llamarse la parte mas trascendental de la ciencia, sino tambien a la ciencia elemental, rectificando nociones incompletas o poco exactas, podria prescindirse de ellas con provecho en el curso de mecánica aplicada, sobre todo si se atiende a que éste solo debe durar dos años en nuestra Universidad.

Hai otra consideracion mas que tomar en cuenta.

El título de mecánica aplicada se ha restringido por costumbre a la seccion de esta ciencia que comprende las consecuencias de

las leyes fundamentales relativas solo a las obras de arte: construcciones i maquinarias.

Las aplicaciones de la mecánica jeneral a la astronomía i a la física matemática constituyen ramos que no forman parte de la enseñanza necesaria para obtener títulos profesionales. Su cultivo especial corresponde a los hombres que se dedican, nó a la práctica de las carreras de ingeniero, sino al descubrimiento de las leyes que rijen el universo i al estudio de la verdadera ciencia. I los teoremas de la mecánica racional que se utilizan en lo que se designa con el nombre de mecánica aplicada, forman justamente la parte menos elevada i mas elemental de aquélla. Es mas: los principios para servir a las aplicaciones, se presentan a veces bajo una forma mas sencilla i elemental; las fórmulas se modifican restringiendo su significado a los casos que la práctica puede necesitar, cambiando su enunciado de forma, i deduciendo de ellas consecuencias especiales que no es posible desenvolver en un curso superior de mecánica racional sin inconvenientes para la esposicion de la ciencia abstracta i elevada. Por otra parte, un curso teórico de esta naturaleza no podria hacerse en menos de un año, i en tal caso, quedaria un tiempo demasiado reducido para el fecundo i dilatado campo de las aplicaciones. Además, seria siempre necesario hacer un resúmen de los principios que comprende, antes de ocuparse de construcciones i maquinaria.

Por esto es que los tratados de mecánica aplicada principian por sentar i establecer mas o menos detenidamente los primeros principios que son comunes a todas las ramas de la mecánica, pero solo las consecuencias de estos principios que se prestan a las aplicaciones. A este respecto, Bélanger en la introduccion del curso de mecánica racional dice que la astronomía matemática o mecánica celeste, i la física matemática, que se apoyan en los conocimientos matemáticos mas elevados, parecen, tanto por su objeto como por su dificultad, reservados esclusivamente a un corto número de sabios. “No sucede lo mismo, agrega, con la hidráulica, la teoría de la estabilidad de las construcciones i la teoría dinámica de las máquinas, que en razon de su utilidad práctica han llegado a ser partes esenciales de la *ciencia del ingeniero*, que están fundadas sobre datos experimentales i sobre las proposiciones mas fáciles de la mecánica racional.”

En estas consideraciones me fundo para pensar que la mecánica

aplicada debe comenzar, nó por un curso completo i abstracto de elevada mecánica racional, sino por una esposicion elemental de los principios comunes a las diferentes subdivisiones de la mecánica aplicada. Haya o nó, por otra parte, en nuéstra Universidad, un curso especial de mecánica racional, tal esposicion es siempre indispensable como introduccion o base del estudio de las aplicaciones, i la estension que deba dársele queda, por consiguiente, fijada en términos jenerales en el sentido de limitarla a lo que acaba de señalar.

Sin embargo, conviene advertir que, no por ser elemental el curso, habria necesidad de esponer las materias que deba comprender renunciando a los recursos que prestan a la ciencia los ramos superiores de matemáticas como instrumentos de investigacion i lengua propia para simplificar los razonamientos.

El estudio de algunos ramos de matemáticas puras se ha hecho entre nosotros hasta cierto punto, sin que pueda el alumno conocer muchas veces qué partido, qué utilidad puede producir, fuera del que es comun a todos los trabajos del espíritu. Se ha mirado mas como un medio propio para adquirir conocimientos utilizables en la vida práctica. La mecánica permite manifestar que tal opinion es errónea, i debe aprovecharse la oportunidad de rectificarla.

Limitando el estudio de la manera que indicó, en el primer año podria el profesor dar, no solo los principios fundamentales de la mecánica jeneral, sino las aplicaciones al cálculo de la resistencia de materiales i al arte de conducir i distribuir las aguas, dejando para el segundo año todo lo relativo a las máquinas.

Se entiende, bajo el supuesto de que la clase dure el tiempo ordinariamente fijado para los cursos universitarios. En el primer año se comprenderia, pues, la mecánica jeneral i la parte práctica de la mecánica especial de los sólidos i fluidos.

En el segundo año, se trataria de la maquinaria, en relacion natural con el dibujo.

Dividido así el curso, la primera parte corresponderia mas o menos a lo que encierra el primer volumen de la mecánica de Weisbach, la obra alemana de mas reputacion para esta enseñanza, que se denomina: *De la mecánica, de la maquinaria i de los ingenieros*; i de la que el distinguido profesor don Adolfo Ballas extractó i tradujo lo que dió a sus alumnos sobre resistencia de materiales e hidráulica, como preparacion necesaria del curso de puentes i

caminos. Lo esencial de lo que forma el primer tomo de la obra a que me refiero, puede enseñarse en un año.

Segun esto, el 1.º i 2.º año de estudios, deberia a mi juicio comprender las siguientes secciones:

1.º AÑO.—*Mecánica de ingenieros. (W.)*

- 1.ª seccion:—Mecánica jeneral.
- 2.ª “ —Resistencia de materiales.
- 3.ª “ —Hidráulica, 1.ª parte.

2.º AÑO.—*Maquinaria.*

- 1.ª seccion:— { Máquinas simples, resistencias pasivas.
Teoría jeneral de las máquinas.
- 2.ª “ —Máquinas motrices.
- 3.ª “ —Órganos de transformacion i de modificacion de movimiento.
- 4.ª “ —Construccion de máquinas.
- 5.ª “ —Herramientas.

Para dar cuenta de las ventajas que traeria una division de estudios como esta, examinaré particularmente las materias que en mi concepto deberian constituir cada una de las secciones que he indicado.

II.

1.º AÑO.—1.ª SECCION: MECÁNICA JENERAL.

Comunamente se define la mecánica: la ciencia que trata de las fuerzas i de los movimientos.

En el movimiento de los cuerpos materiales pueden intervenir cantidades de distinta naturaleza, que Collignon clasifica en cuatro clases distintas: “ la primera clase comprende las magnitudes jeométricas, tales como las lonjitudes, superficie o ángulos; la segunda comprende una sola lonjitud, el tiempo; la tercera la fuerza; la cuarta, en fin, la masa o la medida numérica de la cantidad de materia contenida en los cuerpos.”

“Ciertas ramas de la mecánica no admiten a la vez estas cuatro

cantidades. Por ejemplo, la cinemática añade la idea de tiempo a la de las magnitudes geométricas; pero la fuerza es una cantidad ajena al problema que ella se propone resolver. La estática hace intervenir la fuerza con las cantidades geométricas, prescindiendo de la masa i el tiempo. En fin, la investigacion de los centros de gravedad i la determinacion de los momentos de inercia, partes anexas a la estática i a la dinámica, pueden separarse bajo el nombre de *geometría de las masas*, i forman entonces una rama particular de la mecánica en que no intervienen ni la fuerza ni el tiempo. Cuando, al contrario, la cuestion que nos proponemos resolver es de tal naturaleza que el tiempo i la fuerza entran juntos, la masa no puede escluirse, i los cuatro elementos de la mecánica figuran a la vez en los cálculos. Se les encuentra siempre en la dinámica, que en este sentido es la *mecánica completa o total*, mientras que cada una de las otras partes es, por decirlo así, una ciencia parcial, que puede servir de introduccion a la ciencia mas estensa."

La mecánica no tiene por objeto el estudio de la naturaleza de las fuerzas. Para el mecánico, éstas no intervienen en los problemas que se propone resolver, sino valorizadas numéricamente, i bajo este punto de vista son todas para él de la misma clase. Sin embargo, la investigacion de las leyes físicas que sirven de base a la teoría jeneral de las máquinas debe formar parte de la enseñanza de la mecánica, o preceder a ésta. Lo que corresponde a máquinas especiales encontrará su lugar tratándose de cada una de las que deban examinar.

En esta primera seccion hai desde luego un problema jeneral que examinar. ¿Cuál de los dos métodos, el geométrico o el analítico, deberá preferirse en la enseñanza de los principios que sirven de fundamento a la mecánica aplicada?

Hasta la época del descubrimiento de los nuevos cálculos por Newton i Leibnitz, la mecánica habia sido casi esclusivamente geométrica. Desde entonces las investigaciones sobre el sistema del mundo, apoyadas en la lei de Newton i practicadas por los eminentes matemáticos del siglo XVIII, dieron a la mecánica un jiro analítico. Los trabajos de Euler, Clairaut, d'Alembert, i por último, de Lagrange en su monumento de cálculo aplicado a la resolucion de las cuestiones de mecánica i que lleva por título *Mecánica Analítica* porque, sin apoyarse en una sola figura geométrica, trata las mas altas cuestiones del movimiento i de las

fuerzas, dieron un jiro enteramente diverso a la enseñanza de este ramo, i manifestaron que el cálculo es el instrumento mas poderoso para resolver los problemas de la mecánica celeste. Los trabajos de Lagrange se han completado por Poisson, Laplace, Jacoby i Hamilton; pero en nuestras época se ha encontrado que cada método tiene su utilidad propia, i los procederes de la jeometría, olvidados en las investigaciones que tenian por objeto penetrar en el conocimiento del sistema del mundo, han recobrado toda su importancia aplicados a la resolucion de las cuestiones del arte. El inmortal tratado de los *Principios Matemáticos* de Newton manifiesta que el método jeométrico es de una fecundidad inagotable; i aunque no tiene tanto brillo i es menos rápido que el método analítico, los trabajos de Monge, de Carnot, i por último, de Poncelet continuados por Morin i por Chasles, etc. han dado a conocer sus ventajas sobre el método analítico en la aplicacion de la mecánica a las máquinas i construcciones i principalmente en lo que toca a la enseñanza del ramo.

El sentimiento de los principios i la conviccion de las verdades de la mecánica, se graban en la mente por los procederes jeométricos con la mayor facilidad. Tomemos un ejemplo sumamente elemental; se buscan las condiciones de equilibrio en la palanca aplicando el principio de las velocidades virtuales, se llega inmediatamente al resultado; pero no se da uno cuenta de cómo por medio de una disposicion adecuada i sin que haya creacion de fuerza, puede, no obstante, este aparato servir para contrarrestar con una fuerza mui débil, una mui poderosa. Para mostrar el secreto de tan eficaz resultado de manera que al mismo tiempo desaparezcan toda alucinacion i toda majia, si me es permitido espresarme así, hai necesidad de entrar en consideraciones jeométricas. Solo entonces se descubre que allí, en el punto fijo, en el eje al rededor del cual la palanca jira, está tambien el eje de la dificultad. La potencia i la resistencia deben disponerse de modo que tengan una resultante, i que ésta sea destruida por la resistencia del punto de apoyo. El modo de utilizar ésta consiste en dar a las fuerzas una disposicion jeométrica que se traduce aljebraicamente por la mui conocida *igualdad de los momentos de la potencia i resistencia*. Si los trabajos jeométricos se recomiendan en topografia por su celeridad, aplicados a la construccion i maquinaria, agregan a esta circunstancia la de conducir a resultados mui exactos.

fuerzas, dieron un jiro enteramente diverso a la enseñanza de este ramo, i manifestaron que el cálculo es el instrumento mas poderoso para resolver los problemas de la mecánica celeste. Los trabajos de Lagrange se han completado por Poisson, Laplace, Jacoby i Hamilton; pero en nuestra época se ha encontrado que cada método tiene su utilidad propia, i los procederes de la geometría, olvidados en las investigaciones que tenian por objeto penetrar en el conocimiento del sistema del mundo, han recobrado toda su importancia aplicados a la resolución de las cuestiones del arte. El inmortal tratado de los *Principios Matemáticos* de Newton manifiesta que el método geométrico es de una fecundidad inagotable; i aunque no tiene tanto brillo i es menos rápido que el método analítico, los trabajos de Monge, de Carnot, i por último, de Poncelet continuados por Morin i por Chasles, etc. han dado a conocer sus ventajas sobre el método analítico en la aplicacion de la mecánica a las máquinas i construcciones i principalmente en lo que toca a la enseñanza del ramo.

El sentimiento de los principios i la conviccion de las verdades de la mecánica, se graban en la mente por los procederes geométricos con la mayor facilidad. Tomemos un ejemplo sumamente elemental; se buscan las condiciones de equilibrio en la palanca aplicando el principio de las velocidades virtuales, se llega inmediatamente al resultado; pero no se da uno cuenta de cómo por medio de una disposicion adecuada i sin que haya creacion de fuerza, puede, no obstante, este aparato servir para contrarrestar con una fuerza mui débil, una mui poderosa. Para mostrar el secreto de tan eficaz resultado de manera que al mismo tiempo desaparezcan toda alucinacion i toda majia, si me es permitido espresarme así, hai necesidad de entrar en consideraciones geométricas. Solo entonces se descubre que allí, en el punto fijo, en el eje al rededor del cual la palanca jira, está tambien el eje de la dificultad. La potencia i la resistencia deben disponerse de modo que tengan una resultante, i que ésta sea destruida por la resistencia del punto de apoyo. El modo de utilizar ésta consiste en dar a las fuerzas una disposicion geométrica que se traduce algebraicamente por la mui conocida *igualdad de los momentos de la potencia i resistencia*. Si los trabajos geométricos se recomiendan en topografía por su celeridad, aplicados a la construccion i maquinaria, agregan a esta circunstancia la de conducir a resultados mui exactos.

trial, ciencia que con propiedad podria llamarse *del trabajo de las fuerzas*.

Aunque con variaciones de mas o menos significado, este método seguido por Poncelet es tambien el que han adoptado para la enseñanza de la mecánica los autores modernos, como Morin, Sonnet, Weibach, Delaunay, etc.

En cuanto al orden de esposicion, la mecánica jeneral se dividia hasta hace poco en solo dos partes: la estática i la dinámica. Modernamente i en atencion a las consideraciones de que he hecho mérito, se principia por la cinemática pura, que observa i estudia el movimiento, independiente de las causas que pueden producirlo o modificarlo, i se trata en seguida de todo lo relativo al equilibrio i al movimiento con relacion a las fuerzas.

Las condiciones del equilibrio i las del movimiento uniforme, son las mismas; de aquí la idea de considerar la estática como un capítulo de la dinámica que tiene por objeto el exámen de un caso particular: aquel en que la velocidad se hace nula.

Procediendo de esta manera, al estudio de la cinemática, que comprende los principios mas sencillos de la mecánica, sigue la esposicion de las teorías de la dinámica.

La estática se apoya en la dinámica en lugar de servirle de fundamento, como se hacia antes, i aún ahora, cuando la enseñanza no tiene en vista un fin práctico industrial.

En el método modernamente seguido no se introduce, por consiguiente, la nocion de fuerza sino después de haber considerado el movimiento bajo el punto de vista puramente geométrico.

La nocion de fuerza i la apreciacion de los efectos que produce se presentan de esta manera mas claras al espíritu; pero se da al mismo tiempo a la estática una base menos segura que siguiendo el antiguo método. Se la hace descansar en los principios que sirven de fundamento a la dinámica, que no es posible demostrar directamente como verdaderos teoremas, que no se pueden aceptar tampoco como axiomas i que no se comprueban por esperiencias directas, sino por la exactitud de las consecuencias que de ellos se deducen admitiéndolos como verdaderos.

Al contrario, la estática, apoyándose en la nocion de fuerza, que, revelándonos por la conciencia de nuestros esfuerzos musculares, se considera como bastante sencilla, tiene todo el rigor de las ma-

trial, ciencia que con propiedad podria llamarse *del trabajo de las fuerzas*.

Aunque con variaciones de mas o menos significado, este método seguido por Poncelet es tambien el que han adoptado para la enseñanza de la mecánica los autores modernos, como Merin, Sonnet, Weisbach, Delaunay, etc.

En cuanto al órden de esposicion, la mecánica jeneral se dividia hasta hace poco en solo dos partes: la estática i la dinámica. Modernamente i en atencion a las consideraciones de que he hecho mérito, se principia por la cinemática pura, que observa i estudia el movimiento, independiente de las causas que pueden producirlo o modificarlo, i se trata en seguida de todo lo relativo al equilibrio i al movimiento con relacion a las fuerzas.

Las condiciones del equilibrio i las del movimiento uniforme, son las mismas; de aquí la idea de considerar la estática como un capítulo de la dinámica que tiene por objeto el exámen de un caso particular: aquel en que la velocidad se hace nula.

Procediendo de esta manera, al estudio de la cinemática, que comprende los principios mas sencillos de la mecánica, sigue la esposicion de las teorías de la dinámica.

La estática se apoya en la dinámica en lugar de servirle de fundamento, como se hacia antes, i aún ahora, cuando la enseñanza no tiene en vista un fin práctico industrial.

En el método modernamente seguido no se introduce, por consiguiente, la nocion de fuerza sino después de haber considerado el movimiento bajo el punto de vista puramente jométrico.

La nocion de fuerza i la apreciacion de los efectos que produce se presentan de esta manera mas claras al espíritu; pero se da al mismo tiempo a la estática una base menos segura que siguiendo el antiguo método. Se la hace descansar en los principios que sirven de fundamento a la dinámica, que no es posible demostrar directamente como verdaderos teoremas, que no se pueden aceptar tampoco como axiomas i que no se comprueban por esperiencias directas, sino por la exactitud de las consecuencias que de ellos se deducen admitiéndolos como verdaderos.

Al contrario, la estática, apoyándose en la nocion de fuerza, que, revelándosenos por la conciencia de nuestros esfuerzos musculares, se considera como bastante sencilla, tiene todo el rigor de las ma-

partes principales que debería abrazar la 1.ª sección, i que no presento bajo la forma de programa, sino solo como una indicación de las materias que deben estudiarse en el orden que fije el profesor:

I.ª AÑO.—I.ª sección.

1.º *Cinemática pura o foronomía.*—Desarrollo de las ideas que envuelven estas palabras: trayectoria, velocidad, movimiento uniforme, uniformemente variado, aceleración, velocidad adquirida.—Representación geométrica de los movimientos.—Composición de movimientos i aceleraciones.—Movimientos aparentes.

2.º *Estática.*—Composición de las fuerzas paralelas o concurrentes parejas.—Teoría de los momentos estáticos.—Reducción de las fuerzas que solicitan un cuerpo a una fuerza i una pareja.—Condiciones del equilibrio de un sólido invariable expresadas por ecuaciones.—Aplicación de los principios de la estática a los cuerpos pesados.—Principios relativos al equilibrio de los sólidos naturales.—Equilibrios de los fluidos.

3.º *Dinámica.*—Principios fundamentales de la dinámica.—Inercia de la materia.—Igualdad de la acción i de la reacción.—Principio de la proporcionalidad de las fuerzas a las aceleraciones que producen.—Trabajo mecánico.—Dinámica del punto material libre.—Id. del que no está libre.—Movimiento relativo de un punto material.—Teoremas de D'Alembert, i teoremas jenerales.—Teoría de los momentos de inercia.—Movimientos de un sólido invariable en los diferentes casos mas importantes para la práctica.—Movimiento de los sólidos naturales.—Choque de los cuerpos.—Consecuencias.—Principios fundamentales relativos al movimiento de los fluidos.

2.ª SECCION.

Resistencia de materiales.—En esta sección deberían comprenderse las nociones sobre resistencia de materiales extractadas de Weisbach a que me he referido anteriormente, i que forman el capítulo final de la estática.

Se encuentran tratadas latamente en el primer tomo de la mecánica aplicada de Collignon, obra de que el profesor encargado de esta parte de la enseñanza podría servirse con gran ventaja, extractando con relacion al tiempo disponible las siguientes mate-

partes principales que debería abrazar la 1.^a sección, i que no presento bajo la forma de programa, sino solo como una indicacion de las materias que deben estudiarse en el órden que fije el profesor:

1.^{er} AÑO.—1.^a sección.

1.^o *Cinemática pura o foronomía*.—Desarrollo de las ideas que envuelven estas palabras: trayectoria, velocidad, movimiento uniforme, uniformemente variado, aceleracion, velocidad adquirida.—Representacion jeométrica de los movimientos.—Composicion de movimientos i aceleraciones.—Movimientos aparentes.

2.^o *Estática*.—Composicion de las fuerzas paralelas o concurrentes parejas.—Teoría de los momentos estáticos.—Reduccion de las fuerzas que solicitan un cuerpo a una fuerza i una pareja.—Condiciones del equilibrio de un sólido invariable espresadas por ecuaciones.—Aplicacion de los principios de la estática a los cuerpos pesados.—Principios relativos al equilibrio de los sólidos naturales.—Equilibrios de los fluidos.

3.^o *Dinámica*.—Principios fundamentales de la dinámica.—Inercia de la materia.—Iguadad de la accion i de la reaccion.—Principio de la proporcionalidad de las fuerzas a las aceleraciones que producen.—Trabajo mecánico.—Dinámica del punto material libre.—Id. del que no está libre.—Movimiento relativo de un punto material.—Teoremas de D'Alembert, i teoremas jenerales.—Teoría de los momentos de inercia.—Movimientos de un sólido invariable en los diferntes casos mas importantes para la práctica.—Movimiento de los sólidos naturales.—Choque de los cuerpos.—Consecuencias.—Principios fundamentales relativos al movimiento de los fluidos.

2.^a SECCION.

Resistencia de materiales.—En esta sección deberían comprenderse las nociones sobre resistencia de materiales extractadas de Weisbach a que me he referido anteriormente, i que forman el capítulo final de la estática.

Se encuentran tratadas latamente en el primer tomo de la mecánica aplicada de Collignon, obra de que el profesor encargado de esta parte de la enseñanza podria servirse con gran ventaja, extractando con relacion al tiempo disponible las siguientes mate-

avanzada está la hidro-dinámica: sería imposible esperar los progresos de esta ciencia para tratar racionalmente una multitud de cuestiones que se encuentran a cada instante en la carrera de los trabajos públicos. El arte de dirigir las aguas, por otra parte, es contemporáneo del establecimiento de las grandes ciudades, i responde a necesidades demasiado imperiosas para que no se haya ensayado, en todas las épocas, el modo de encontrar las soluciones mas convenientes i las mas prácticas. El arte ha precedido, pues, a la teoría. La teoría, a su turno, rectifica muchos errores que los prácticos están espuestos a cometer, cuando una experiencia vulgar es su único guia. La hidráulica es, pues, una ciencia intermedia, modesta pero mui útil; no tiene en vista sino las aplicaciones prácticas; pero ella ilustra los resultados de la experiencia por medio de teorías racionales."

La obra de M. Collignon de que he tomado estas palabras forma dos gruesos volúmenes de 600 i tantas fojas cada uno i comprende solo las materias correspondientes a la 2.ª i 3.ª seccion de estudios de este 1.º año. Es, pues, demasiado estensa para poderse adoptar como testo entre nosotros; es mas bien una obra de consulta para el profesor. Ciñéndose estrictamente a ella, sería difícil enseñar en menos de dos años lo que contiene, aunque la teoría de las máquinas hidráulicas, que tambien comprende, no debería en nuestro curso tratarse sino después de conocer la teoría jeneral de las máquinas, es decir, en el 2.º año.

III.

2.º AÑO.—CURSO DE MÁQUINAS.

La segunda parte del estudio tendrá por objeto colocar a los alumnos en situacion de poder resolver todos los problemas a que da lugar en la práctica el establecimiento de una máquina cualquiera.

Estos problemas, como sabeis, son tres:

El 1.º es de cinemática práctica, o de lo que se llama la teoría de los mecanismos.

El 2.º es una cuestion de mecánica propiamente dicha o de mecánica dinámica.

El 3.º es la aplicación de la teoría de la resistencia de materiales a la construccion de máquinas.

avanzada está la hidro-dinámica: sería imposible esperar los progresos de esta ciencia para tratar racionalmente una multitud de cuestiones que se encuentran a cada instante en la carrera de los trabajos públicos. El arte de dirigir las aguas, por otra parte, es contemporáneo del establecimiento de las grandes ciudades, i responde a necesidades demasiado imperiosas para que no se haya ensayado, en todas las épocas, el modo de encontrar las soluciones mas convenientes i las mas prácticas. El arte ha precedido, pues, a la teoría. La teoría, a su turno, rectifica muchos errores que los prácticos están espuestos a cometer, cuando un experiencia vulgar es su único guia. La hidráulica es, pues, una ciencia intermedia, modesta pero mui útil; no tiene en vista sino las aplicaciones prácticas; pero ella ilustra los resultados de la experiencia por medio de teorías racionales."

La obra de M. Collignon de que he tomado estas palabras forma dos gruesos volúmenes de 600 i tantas fojas cada uno i comprende solo las materias correspondientes a la 2.^a i 3.^a seccion de estudios de este 1.^{er} año. Es, pues, demasiado estensa para poderse adoptar como testo entre nosotros; es mas bien una obra de consulta para el profesor. Ciñéndose estrictamente a ella, sería difícil enseñar en menos de dos años lo que contiene, aunque la teoría de las máquinas hidráulicas, que tambien comprende, no debería en nuestro curso tratarse sino después de conocer la teoría jeneral de las máquinas, es decir, en el 2.^o año.

III.

2.^o AÑO.—CURSO DE MÁQUINAS.

La segunda parte del estudio tendrá por objeto colocar a los alumnos en situacion de poder resolver todos los problemas a que da lugar en la práctica el establecimiento de una máquina cualquiera.

Estos problemas, como sabeis, son tres:

El 1.^o es de cinemática práctica, o de lo que se llama la teoría de los mecanismos.

El 2.^o es una cuestion de mecánica propiamente dicha o de mecánica dinámica.

El 3.^o es la aplicacion de la teoría de la resistencia de materiales a la construccion de máquinas.

la acción de la fuerza motriz, i las *herramientas* que confeccionan el trabajo útil, se coloca la serie de *órganos de trasmision* que determinan el movimiento de la herramienta o herramientas que deben moverse.

En seguida, hai que resolver el segundo problema, determinando el valor de la fuerza motriz que debe emplearse para asegurar a la herramienta el movimiento que ha de tener segun la resistencia útil en quilográmetros que está destinada a sobrellevar, i segun el valor de las resistencias nocivas que encuentra o se desarrollan en el receptor, en la herramienta, en los órganos de trasmision, en todas las partes del sistema, en fin, i hasta en el suelo i en el aire que lo rodea. Aquí entra la valorizacion de los rozamientos, de las presiones, tracciones, las pérdidas debidas al movimiento vibratorio. La mecánica dinámica enseña a valorizar todas estas clases de cantidades, enseña a calcular el efecto de los motores i el modo de regularizar el movimiento de las partes del mecanismo para alcanzar el objeto que se desea.

La tercera cuestion se apoya en los resultados del estudio de las dos anteriores, i tiene por objeto la determinacion de las dimensiones que deben darse a las piezas fijas o móviles que constituyen la máquina para que resistan sin quebrarse o deformarse los esfuerzos a que están sometidas, i para que, tomando en cuenta el material de que deben hacerse, no se emplee mas del necesario.

Como se ha indicado, este problema supone resueltos los dos anteriores; pero hai mas: el cálculo de la resistencia de materiales puede conducir a modificaciones de mas o menos importancia en los medios anteriormente elejidos. Un mecanismo puede ser bueno bajo el punto de vista cinemático, i ser no obstante inaplicable en realidad, porque daria origen a rozamientos u otras resistencias demasiado considerables, o al empleo de piezas muy costosas o difíciles de construir, atendidos los medios de que se dispone.

El tercer problema muestra, pues, las réctificaciones que deben hacerse en la solucion primitivamente adoptada, tomando en cuenta sólo las dos primeras cuestiones, i obliga a retocar el primer proyecto para resolver solo entonces definitivamente la cuestion compleja del establecimiento de una máquina, atendiendo a los tres jéneros de consideraciones que he señalado. La última

la acción de la fuerza motriz, i las *herramientas* que confeccionan el trabajo útil, se coloca la serie de *órganos de trasmision* que determinan el movimiento de la herramienta o herramientas que deben moverse.

En seguida, hai que resolver el segundo problema, determinando el valor de la fuerza motriz que debe emplearse para asegurar a la herramienta el movimiento que ha de tener segun la resistencia útil en quilográmetros que está destinada a sobrellevar, i segun el valor de las resistencias nocivas que encuentra o se desarrollan en el receptor, en la herramienta, en los órganos de trasmision, en todas las partes del sistema, en fin, i hasta en el suelo i en el aire que lo rodea. Aquí entra la valorizacion de los rozamientos, de las presiones, tracciones, las pérdidas debidas al movimiento vibratorio. La mecánica dinámica enseña a valorizar todas estas clases de cantidades, enseña a calcular el efecto de los motores i el modo de regularizar el movimiento de las partes del mecanismo para alcanzar el objeto que se desea.

La tercera cuestion se apoya en los resultados del estudio de las dos anteriores, i tiene por objeto la determinacion de las dimensiones que deben darse a las piezas fijas o móviles que constituyen la máquina para que resistan sin quebrarse o deformarse los esfuerzos a que están sometidas, i para que, tomando en cuenta el material de que deben hacerse, no se emplee mas del necesario.

Como se ha indicado, este problema supone resueltos los dos anteriores; pero hai mas: el cálculo de la resistencia de materiales puede conducir a modificaciones de mas o menos importancia en los medios anteriormente elejidos. Un mecanismo puede ser bueno bajo el punto de vista cinemático, i ser no obstante inaplicable en realidad, porque daría origen a rozamientos u otras resistencias demasiado considerables, o al empleo de piezas muy costosas o difíciles de construir, atendidos los medios de que se dispone.

El tercer problema muestra, pues, las rectificaciones que deben hacerse en la solucion primitivamente adoptada, tomando en cuenta solo las dos primeras cuestiones, i obliga a retocar el primer proyecto para resolver solo entonces definitivamente la cuestion compleja del establecimiento de una máquina, atendiendo a los tres jéneros de consideraciones que he señalado. La última

ciencia pura, sin dejar de ser lójico i conveniente. Lo esencial es fijar las materias que deben enseñarse. Serian las siguientes:

2.º AÑO.--CURSO DE MÁQUINAS.

Seccion 1.ª—Teoría del trabajo de las fuerzas.

Condiciones de equilibrio de las máquinas simples.

De las resistencias pasivas en las máquinas.

Equilibrio dinámico de las máquinas simples i sus principales combinaciones.

Teoría dinámica de las máquinas.

Seccion 2.ª—Consideraciones relativas a la accion i efecto de los motores.—Dinamómetros.

Clasificacion de los motores que la industria emplea.—Motores animados.—Máquinas a que se aplican.

Teoría dinámica i descripcion de las máquinas hidráulicas elevadoras, mistas, de los receptores hidráulicos, máquinas de columna de agua, ruedas de eje horizontal i vertical.

Molinos de viento.—Propulsion de los buques:

Principios en que se funda la aplicacion del vapor a las máquinas.—Teoría i descripcion de estos motores.

Seccion 3.ª—Órganos de modificacion de movimiento por medio de los que se pueden variar la direccion i velocidad del movimiento inicial.

Órganos de modificacion del movimiento de las máquinas, comprendiendo los que sirven para ponerlas en accion, los destinados a cambiar la velocidad del movimiento, sea para aumentarla, sea para disminuirla; los órganos de regularizacion de movimiento; los órganos de detencion, como escapes, etc.

Seccion 4.ª—Comprenderia la aplicacion de las fórmulas de la resistencia de materiales al cálculo de las dimensiones de las piezas de las máquinas i lo que los testos modernos, como Arman-gaud, Redtembacher i otros, designan bajo el título de “construccion de máquinas.” En esta seccion seria conveniente entrar en detalles acerca de la forma, dimensiones i modo de ejecutar las piezas principales de las máquinas, órganos de conexion. Deberian aquí sucesivamente considerarse los tornillos i los pernos, los remaches. La construccion de los árboles de distintas clases, ejes, descansos, union de los ejes, mecanismo de conexion, columnas i

ciencia pura, sin dejar de ser lójico i conveniente. Lo esencial es fijar las materias que deben enseñarse. Serian las siguientes:

2.º AÑO.—CURSO DE MÁQUINAS.

Seccion 1.ª—Teoría del trabajo de las fuerzas.

Condiciones de equilibrio de las máquinas simples.

De las resistencias pasivas en las máquinas.

Equilibrio dinámico de las máquinas simples i sus principales combinaciones.

Teoría dinámica de las máquinas.

Seccion 2.ª—Consideraciones relativas a la accion i efecto de los motores.—Dinamómetros.

Clasificacion de los motores que la industria emplea.—Motores animados.—Máquinas a que se aplican.

Teoría dinámica i descripcion de las máquinas hidráulicas elevadoras, mistas, de los receptores hidráulicos, máquinas de columna de agua, ruedas de eje horizontal i vertical.

Molinos de viento.—Propulsion de los buques.

Principios en que se funda la aplicacion del vapor a las máquinas.—Teoría i descripcion de estos motores.

Seccion 3.ª—Órganos de modificacion de movimiento por medio de los que se pueden variar la direccion i velocidad del movimiento inicial.

Órganos de modificacion del movimiento de las máquinas, comprendiendo los que sirven para ponerlas en accion, los destinados a cambiar la velocidad del movimiento, sea para aumentarla, sea para disminuirla; los órganos de regularizacion de movimiento; los órganos de detencion, como escapes, etc.

Seccion 4.ª—Comprenderia la aplicacion de las fórmulas de la resistencia de materiales al cálculo de las dimensiones de las piezas de las máquinas i lo que los textos modernos, como Armand, Redtembacher i otros, designan bajo el título de “construccion de máquinas.” En esta seccion seria conveniente entrar en detalles acerca de la forma, dimensiones i modo de ejecutar las piezas principales de las máquinas, órganos de conexion. Deberian aquí sucesivamente considerarse los tornillos i los pernos, los remaches. La construccion de los árboles de distintas clases, ejes, descansos, union de los ejes, mecanismo de conexion, columnas i

porciones, creo que seria prudente dejar que la esperiencia señale al profesor el mayor o menor desarrollo que, dentro de los límites fijados, deba darse a cada materia.

Mi objeto principal ha sido manifestar la necesidad imprescindible que hai de no independizar lo que forma la 1.^a parte del curso de lo que deba enseñarse en el 2.^o año, i de dar principio a las aplicaciones desde el 1.^o para poder enseñar en solo dos, lo mas esencial, que en el día se comprende bajo el nombre de *mecánica aplicada, práctica o industrial*.

Lejos de separar una parte de otra, enseñando en el 1.^o año solo la mecánica racional, pienso al contrario que las aplicaciones deben comenzar desde ese 1.^o año; solo estableciendo union i enlace entre la 1.^a parte del curso i la 2.^a se podrá evidenciar fructuosamente la necesaria relacion i armonía que existe entre la teoría i la práctica.

Siguiendo el orden que indico i que con buen éxito he adoptado en mi curso de la Escuela de Artes i Oficios, las cuestiones de aplicacion podrán tratarse en el momento conveniente de una manera definitiva, porque, cuando les llegue el turno, el alumno tendrá toda la suma de conocimientos de que puede necesitar con ese fin.

Podrá ocuparse de las condiciones jeométricas i dinámicas i del cálculo de las dimensiones i forma de cada una de las piezas de que una máquina se compone, siguiendo el mismo orden que en la práctica se observa.

El estudio así hecho pondrá de relieve el carácter práctico de la mecánica, mostrando las ventajas de la union, cada vez mas íntima, que se advierte entre la práctica i la ciencia especulativa. De ella resulta un conjunto de esfuerzos de que aprovecha la industria, al paso que esta misma señala muchas veces el sentido en que los estudios teóricos deben dirigirse.

La exactitud del sentimiento mecánico está muy lejos de la evidencia intuitiva i no se adquiere sino por el estudio teórico práctico, que previene los errores, i las inútiles tentativas a que conduce el conocimiento superficial o poco estenso de las leyes jenerales.

Hé aqui dos ejemplos que lo manifiestan:

La falta de rigor con que Arquímedes anunció su famoso principio relativo a los cuerpos sumerjidos, ha producido la alucinacion de muchas personas.

porciones, creo que sería prudente dejar que la experiencia señale al profesor el mayor o menor desarrollo que, dentro de los límites fijados, deba darse a cada materia.

Mi objeto principal ha sido manifestar la necesidad imprescindible que hai de no independizar lo que forma la 1.^a parte del curso de lo que deba enseñarse en el 2.^o año, i de dar principio a las aplicaciones desde el 1.^o para poder enseñar en solo dos, lo mas esencial, que en el dia se comprende bajo el nombre de *mecánica aplicada, práctica o industrial*.

Lejos de separar una parte de otra, enseñando en el 1.^{er} año solo la mecánica racional, pienso al contrario que las aplicaciones deben comenzar desde ese 1.^{er} año; solo estableciendo union i enlace entre la 1.^a parte del curso i la 2.^a se podrá evidenciar fructuosamente la necesaria relacion i armonía que existe entre la teoría i la práctica.

Siguiendo el orden que indico i que con buen éxito he adoptado en mi curso de la Escuela de Artes i Oficios, las cuestiones de aplicacion podrán tratarse en el momento conveniente de una manera definitiva, porque, cuando les llegue el turno, el alumno tendrá toda la suma de conocimientos de que puede necesitar con ese fin.

Podrá ocuparse de las condiciones geométricas i dinámicas i del cálculo de las dimensiones i forma de cada una de las piezas de que una máquina se compone, siguiendo el mismo orden que en la práctica se observa.

El estudio así hecho pondrá de relieve el carácter práctico de la mecánica, mostrando las ventajas de la union, cada vez mas íntima, que se advierte entre la práctica i la ciencia especulativa. De ella resulta un conjunto de esfuerzos de que aprovecha la industria, al paso que esta misma señala muchas veces el sentido en que los estudios teóricos deben dirigirse.

La exactitud del sentimiento mecánico está muy lejos de la evidencia intuitiva i no se adquiere sino por el estudio teórico práctico, que previene los errores, i las inútiles tentativas a que conduce el conocimiento superficial o poco estenso de las leyes jenerales.

Hé aquí dos ejemplos que lo manifiestan:

La falta de rigor con que Arquímedes anunció su famoso principio relativo a los cuerpos sumerjidos, ha producido la alucinacion de muchas personas.

medio del aire tranquilo, éste podría no serlo a alturas en que hubiese viento.

Ahora, en cuanto a los otros motores, tales como la máquina de vapor, su propio peso, el del combustible, el del agua que sería necesario llevar, conducirían a dar al globo dimensiones tales que el trabajo de la resistencia del aire para débiles velocidades, excedería con mucho al que pudiese desarrollar el aparato motor.

En resumen, la solución del problema de la navegación aérea está encerrada en una especie de círculo vicioso de que no podrá salir sino por el descubrimiento de un nuevo motor a la vez poderoso i liviano con relación a la cantidad de trabajo que desarrolle."

Por medio de las máquinas de vapor no se alcanzaria, pues, mejor resultado que empleando el hombre como motor. I esto debía preverse, porque, comparando el peso del motor a la fuerza que desarrolla, se encuentra una especie de igualdad entre el hombre i nuestras máquinas.

A este respecto agregaba Sagey que la naturaleza viviente nos ofrece una clase de seres completamente privilegiados i son justamente los que pueden elevarse en el aire: son los pájaros.

Encontramos, pues, de nuevo la confirmación de las ideas de Morin sobre este tema, en el exámen de las circunstancias que se reúnen en estos individuos, considerados como aparatos mecánicos.

"Efectivamente, estos motores admirables desarrollan la fuerza de un caballo—vapor bajo un peso de 5 a 6 quilógramos. Su estructura fisiológica les da, con una lijereza relativa, los medios de bástar al enorme trabajo que deben desarrollar para sostenerse en la atmósfera. El pájaro es un foco de combustion de estremada actividad; todo su cuerpo no es, por decirlo así, sino un pulmon; el aire, poderosamente atraído por el juego mismo de las alas, viene en abundancia a vivificar la sangre que el corazón lanza con un vigor prodijioso a través de los órganos. El torrente de la circulación suministra así a los músculos, enormes provisiones de calor que ellos pueden convertir en trabajo. Así, mientras que la temperatura del hombre queda fijada en 73° más ó menos, la de los pájaros alcanza a 43° i 44°. Excede, por consiguiente, los límites más allá de los cuales nuestros órganos se hacen impropios a la vida.

Se ha podido comprobar que un pájaro consume en estado de

medio del aire tranquilo, éste podría no serlo a alturas en que hubiese viento.

Ahora, en cuanto a los otros motores, tales como la máquina de vapor, su propio peso, el del combustible, el del agua que sería necesario llevar, conducirían a dar al globo dimensiones tales que el trabajo de la resistencia del aire para débiles velocidades, excedería con mucho al que pudiese desarrollar el aparato motor.

En resumen, la solución del problema de la navegación aérea está encerrada en una especie de círculo vicioso de que no podrá salir sino por el descubrimiento de un nuevo motor a la vez poderoso i liviano con relación a la cantidad de trabajo que desarrolle."

Por medio de las máquinas de vapor no se alcanzaria, pues, mejor resultado que empleando el hombre como motor. I esto debía preverse, porque, comparando el peso del motor a la fuerza que desarrolla, se encuentra una especie de igualdad entre el hombre i nuestras máquinas.

A este respecto agregaba Sagey que la naturaleza viviente nos ofrece una clase de seres completamente privilegiados i son justamente los que pueden elevarse en el aire: son los pájaros.

Encontramos, pues, de nuevo la confirmación de las ideas de Morin sobre este tema, en el exámen de las circunstancias que se reúnen en estos individuos, considerados como aparatos mecánicos.

"Efectivamente, estos motores admirables desarrollan la fuerza de un caballo—vapor bajo un peso de 5 a 6 quilógramos. Su estructura fisiológica les da, con una lijereza relativa, los medios de bastar al enorme trabajo que deben desarrollar para sostenerse en la atmósfera. El pájaro es un foco de combustion de estremada actividad; todo su cuerpo no es, por decirlo así, sino un pulmon; el aire, poderosamente atraído por el juego mismo de las alas, viene en abundancia a vivificar la sangre que el corazón lanza con un vigor prodijioso a través de los órganos. El torrente de la circulación suministra así a los músculos, enormes provisiones de calor que ellos pueden convertir en trabajo. Así, mientras que la temperatura del hombre queda fijada en 73° más ó menos, la de los pájaros alcanza a 43° i 44°. Excede, por consiguiente, los límites mas allá de los cuales nuestros órganos se hacen impropios a la vida.

Se ha podido comprobar que un pájaro consume en estado de

e ingeniosas. La forma cilindro-cónica del globo estaba muy bien calculada, i era la mas ventajosa que hasta ahora se conoce para su marcha en el aire i para las facilidades del descenso.

Sin embargo, esta experiencia confirmó tambien las previsiones científicas, i el problema, aunque mejor estudiado, sabeis que no ha sido definitivamente resuelto.

“El día de la experiencia, viernes 24 de setiembre de 1852, desgraciadamente, dice M. Tissandier, el viento era de una intensidad considerable, i el inventor no podia pensar en remolcarse con una corriente aérea que su máquina no estaba hecha para vencer.” Pero, agrega, “las diferentes maniobras de movimiento circular i de desviación lateral han sido ejecutadas con el éxito mas completo.”

Pero han trascurrido 21 años i el problema, lejos de avanzar, parece que ha retrogrado: segun lo que hemos visto, la experiencia fué repetida por M. Dupuy de Lome bajo condiciones mas desfavorables i su buen éxito ha sido lógicamente menos satisfactorio.

M. Giffard repitió su propia experiencia en 1855 sin alcanzar tampoco la solución buscada.

No obstante, las escursiones de M. Giffard, tan conocido por haber inventado el inyector que lleva su nombre, han sido las mas ingeniosas i las mas atrevidas: en ellas se asoció en un mismo aparato la máquina de vapor i el aréostata, salvando por medio de una disposición nueva de la chimenea de la caldera invertida, el peligro de la terrible union del fuego i del hidrógeno.

M. Girardin daba cuenta de esta gran tentativa en *la Presse* con estas palabras:

“Ayer, viernes 24 de setiembre, un hombre ha partido imperturbablemente sentado sobre el tónder de una máquina de vapor, elevada por un globo que tenia la forma de una inmensa ballena, navio aéreo provisto de un mástil que servia de quilla i de una vela que hacia el oficio de timon.

“Este Fulton de la navegación aérea se llama Enrique Giffard.

“Es un jóven ingeniero a quien ningun sacrificio, ningun desengaño, ningun peligro ha podido desalentar ni hacer abandonar esta empresa audaz, en la que no tenia mas apoyo que dos jóvenes ingenieros amigos, los señores David i Sciana, antiguos alumnos de la Escuela central.

e ingeniosas. La forma cilindro-cónica del globo estaba mui bien calculada, i era la mas ventajosa que hasta ahora se conoce para su marcha en el aire i para las facilidades del descenso.

Sin embargo, esta esperiencia confirmó tambien las previsiones científicas, i el problema, aunque mejor estudiado, sabeis que no ha sido definitivamente resuelto.

“El día de la esperiencia, viernes 24 de setiembre de 1852, desgraciadamente, dice M. Tissandier, el viento era de una intensidad considerable, i el inventor no podia pensar en remolcarse con una corriente aérea que su máquina no estaba hecha para vencer,” Pero, agrega, “las diferentes maniobras de movimiento circular i de desviacion lateral han sido ejecutadas con el éxito mas completo.”

Pero han trascurrido 21 años i el problema, lejos de avanzar, parece que ha retrogradado: segun lo que hemos visto, la esperiencia fué repetida por M. Dupuy de Lome bajo condiciones mas desfavorables i su buen éxito ha sido lójicamente menos satisfactorio.

M. Giffard repitió su propia esperiencia en 1855 sin alcanzar tampoco la solucion buscada.

No obstante, las escursiones de M. Giffard, tan conocido por haber inventado el inyector que lleva su nombre, han sido las mas ingeniosas i las mas atrevidas: en ellas se asoció en un mismo aparato la máquina de vapor i el arcóstata, salvando por medio de una disposicion nueva de la chimenea de la caldera invertida, el peligro de la terrible union del fuego i del hidrójeno.

M. Girardin daba cuenta de esta gran tentativa en *la Presse* con estas palabras:

“Ayer, viernes 24 de setiembre, un hombre ha partido imperturbablemente sentado sobre el tónder de una máquina de vapor, elevada por un globo que tenia la forma de una inmensa ballena, navio aéreo provisto de un mástil que servia de quilla i de una vela que hacia el oficio de timon.

“Este Fulton de la navegacion aérea se llama Enrique Giffard. “Es un jóven ingeniero a quien ningun sacrificio, ningun desengaño, ningun peligro ha podido desalentar ni hacer abandonar esta empresa audaz, en la que no tenia mas apoyo que dos jóvenes ingenieros amigos, los señores David i Sciama, antiguos alumnos de la Escuela central.

gusto público que da origen a trabajos que se admiran, nó en la proporción en que se ajustan a su objeto, o al arte empleado en alcanzar esta propiedad, sino en proporción a sus dimensiones i costos.

Con respecto a estas obras que, por falta de designio científico, ceden durante o inmediatamente después de su creación, diré poco; porque el daño que orijinan forma parte de nuestros conocimientos experimentales, i es una verdadera lección, aunque cara. Pero, una clase de estructuras todavía mas defectuosas i que existen en grande abundancia en todo el país, son principalmente aquellas en que la falta de un estudio científico ha sido contrabalanceada con el empleo de sólidas resistencias, buenos materiales, i cuidadosa fabricación; de manera que, mediante este concurso de circunstancias, se ha producido una estabilidad temporal, pero que contiene en sí misma causas de fragilidad, evidente solo ante un exámen científico, pero que deben inevitablemente causar su destrucción dentro de un limitado número de años."

Entre otras, he creído conveniente extraer estas juiciosas observaciones del autor Rankine, que hacen a mi propósito, porque en los colejos la opinión es comunmente exajerada, de hecho i en las clases, en el sentido teórico, pues nuestros estudios tienen mas bien esa tendencia; pero hai muchas personas que, talvez por un efecto de reaccion, creen que en materia de constucciones, de máquinas, i en la industria, todo debe esperarse de la práctica. La enseñanza bien dirigida i los resultados que de ella se obtengan harán sin duda desaparecer este error.

gusto público que da origen a trabajos que se admiran, nó en la proporción en que se ajustan a su objeto, o al arte empleado en alcanzar esta propiedad, sino en proporción a sus dimensiones i costos.

Con respecto a estas obras que, por falta de designio científico, ceden durante o inmediatamente después de su creación, diré poco; porque el daño que originan forma parte de nuestros conocimientos experimentales, i es una verdadera lección, aunque cara. Pero, una clase de estructuras todavía mas defectuosas i que existen en grande abundancia en todo el país, son principalmente aquellas en que la falta de un estudio científico ha sido contrabalanceada con el empleo de sólidas resistencias, buenos materiales, i cuidadosa fabricación; de manera que, mediante este concurso de circunstancias, se ha producido una estabilidad temporal, pero que contiene en sí misma causas de fragilidad, evidente solo ante un exámen científico, pero que deben inevitablemente causar su destrucción dentro de un limitado número de años.”

Entre otras, he creído conveniente extraer estas juiciosas observaciones del autor Rankine, que hacen a mi propósito, porque en los colejos la opinión es comunmente exajerada, de hecho i en las clases, en el sentido teórico, pues nuestros estudios tienen mas bien esa tendencia; pero hai muchas personas que, talvez por un efecto de reaccion, creen que en materia de constucciones, de máquinas, i en la industria, todo debe esperarse de la práctica. La enseñanza bien dirigida i los resultados que de ella se obtengan harán sin duda desaparecer este error.