

la enseñanza de la medida educando, y no dudo que alguno de vuestros discípulos os pida también el punto de apoyo para mover el mundo!

CAPITULO VIII.

FISICA.

Fines:—Material é ideal.

Facultades principales: observación, juicio y raciocinio.

Resumen.—1. Concepto general.—2. Método biográfico.—Arquimedes, Galileo y Torricelli —3. El programa.—4. El procedimiento constructivo.

1. FISICA.—Todos los autores, como una introducción á la ciencia experimental que nos ocupa, exponen sumaria y ordenadamente una serie de prenociones, sobre las cuales basan todo el edificio científico. Y no cabe duda que este orden lógico lleva al profesor de instrucción superior á un resultado provechoso, toda vez que este resultado proviene de una instrucción positiva que toca los dinteles de la Ciencia; pero como en el método pedagógico debemos tener en cuenta tanto el *objeto* de la enseñanza, como el *sujeto* (la mente del niño) hay que averiguar si en efecto estas prenociones se pueden acomodar á esa mente.

Para discutir con sinceridad este criterio tendremos en cuenta siempre el concepto spenceriano recordando que el interés de los alumnos es la piedra de toque para juzgar de la excelencia de cualquier plan educativo.

Hemos observado, que cuando el niño de 10 á 12 años, recibe sus lecciones primeras tratando de la *fuerza*, propiedades generales de la materia, etc., aprende

de memoria y no toma interés por estas clases sino cuando entiende por el experimento sensible, evidente y que sorprende á las inteligencias infantiles. Hay que abandonar, por lo mismo, el plan didáctico, que transmite los conocimientos directamente, y buscar el que mejor se acerque á los ideales del método pedagógico. No pretendo que no se deben transmitir estas nociones, muy al contrario, solamente deseo encontrar el momento oportuno para transmitir las.

Hemos observado también, que cuando se trata de un hombre célebre en la ciencia, los niños ponen tanta atención como si se tratara de una celebridad en la historia. En tal observación me fundo para abogar por el método biográfico aplicado á las primeras nociones de la Física.

2. MÉTODO BIOGRÁFICO.—Que la biografía interesa á los niños cuando está bien referida, es cosa fuera de toda duda, y si ésta se refiere á los hombres que son los ejes universales de la ciencia, el interés crece, dejando en beneficio del alumno no solamente instrucción, sino educación de cierto número de sentimientos. Mas como los descubrimientos de un personaje están ligados con otros muchos y que son como la consecuencia de una dilatada labor, el maestro comprenderá, cómo inconscientemente se puede desarrollar todo un plan instructivo iniciando á los alumnos en los primeros pasos del saber. Para aclarar esta doctrina sirva de ejemplo el plan siguiente:

Valiéndome del procedimiento tabular, bosquejo en el pizarrón los límites del Mediterráneo con los colores más propios que estén á nuestro alcaece. En ese mapa trazado á la ligera hago notar, v. g.: Alejandría y Siracusa. La primera parte de la lección está preparada. La segunda, es la relación biográfica que procuro dividir en varias partes que corresponde á otras tantas

lecciones. Tomemos para mayor claridad al gran Arquímedes.

A.—Sus primeros descubrimientos.

En el año 287. A. C. nació en Siracusa (*) un niño de familia noble, de la corte del rey Hieron. Este niño fué Arquímedes.

Hay que suponer que Arquímedes desde el momento en que empezó á tener uso de razón, se fué alejando de la política de su tiempo para dedicarse á los experimentos y á la meditación sobre los resultados que obtenía. Así, cuando no tuvo ya material suficiente para dedicarse y progresar por sí solo, emprendió un viaje al Egipto con destino á la escuela de Alejandría, adonde en ese entonces se reunían los jóvenes amantes del saber, de todos los puntos del mundo civilizado, especialmente jóvenes griegos. Dirigía la célebre escuela el más grande de los geómetras de la antigüedad, el sabio Euclides. A su lado, se instruían sus alumnos en Aritmética, Geometría, Música, fenómenos celestes, óptica, Teoría de los espejos (parte de la Física). Con la llegada del joven Arquímedes se inauguró una nueva era. Distinguióse entre todos por su atención profunda en las lecciones del maestro, y pronto, muy pronto, empezó á hacer descubrimientos propios.

Arquímedes aprendió en Egipto la ciencia antigua, y vuelto á su patria se dedicó con tanto ahinco á sus experiencias científicas que se abandonó por com-

(*) Por el año 736 A. C. el corintio Arquias edificó á Siracusa. Los griegos encontraron establecidos á varios pueblos de distintas razas en Sicilia y toda la isla fué teatro de guerras intestinas. Gelón batió á los cartagineses en Himera (480) y se unieron los griegos sicilianos con la metrópoli; á Gerón sucedióle Hierón. Los mercenarios descendientes de Agatocles llamaron á los romanos en 264 (1ª Guerra Púnica). Siracusa tomó el partido de Aníbal y fué sometida (2ª Guerra Púnica).

pleto en su persona, á tal grado, según la opinión de un escritor célebre de la antigüedad (Plutarco) "que estuvo tan enamorado é inflamado de la dulzura y de los atractivos de esta bella sirena (la ciencia) que, por decirlo así, estaba alojada en su casa, que se olvidaba de beber y de comer y del tratamiento de su persona, de suerte que sus criados lo llevaban al baño, por la fuerza y aun ahí, sobre las cenizas del fogón, trazaba figuras de Geometría."

En las circunstancias siguientes resolvió uno de los problemas fundamentales de la hidrostática. Hieron II, rey de Siracusa, sospechaba que un platero á quien le había mandado hacer una corona de oro, había alterado el metal mezclándole cierta cantidad de plata. El rey consultó con su pariente Arquímedes, sobre los medios para llegar á descubrir el fraude que suponía. El ilustre matemático meditó y reflexionó mucho para resolver este problema, y un día que se estaba bañando, notó que sus miembros sumergidos en el agua perdían considerablemente su peso, por ejemplo: podía levantar sus piernas sin gran esfuerzo, mover su cuerpo con poca fuerza sobre un punto de apoyo. Su genio de hombre pensador, como un relámpago se agitó en su mente y concibió el siguiente principio: Todo cuerpo sumergido en un líquido *pierde* parte de su peso, igual al *peso* de líquido desalojado. (*)

Loco de entusiasmo salió del baño y se lanzó á la calle gritando ¡Eureka! ¡Eureka! que quiere decir: ¡lo encontré! En efecto: consiguió dos masas iguales al peso de la corona, una de oro y otra de plata, y las sumergió sucesivamente en una vasija llena de agua observan

(*) En los experimentos el término *pierde* se modificará hasta hacer comprender que el cuerpo sufre una *presión de abajo para arriba*, cuya fuerza equivale al peso del volumen del líquido desalojado.

do cuidadosamente la cantidad de líquido desplazado. Sometió á la misma prueba la corona, y determinó la cantidad de oro y de plata de que estaba compuesta. El platero había sido descubierto y la ciencia conquistó un gran principio.

Al llegar á esta parte presumimos que el profesor comprenderá el gran partido que puede sacar de la atención de los alumnos, del interés que puede despertarse en la relación biográfica; pero desde luego se procede empíricamente á la comprobación del experimento haciéndose por partes. Proponemos, por ejemplo:

1º Relación entre el centímetro cúbico de agua y el gramo.

2º El peso de un cuerpo en el aire y su peso sumergido en el agua (procedimiento in natura y dibujo por los alumnos, del experimento.

3º Teoría de las presiones.

4º Comprobación del principio de Arquímedes, en los líquidos y su verdadera interpretación.

5º Cálculo de las densidades de algunos cuerpos sólidos y rectificación en las tablas conocidas.

6º Resultado del principio de Arquímedes.

$$P=V \times D; V = \frac{P}{D}; D = \frac{P}{V}.$$

7º El principio aplicado á los líquidos y á los gases, (conocimiento de areómetros.)

El maestro procurará que en la conciencia del educando queden grabadas las consecuencias de un descubrimiento como éste, para que empiecen á apreciar la importancia del estudio y la meditación. Solamente así el maestro desterrará el aprendizaje de memoria.

Después de una serie de lecciones los alumnos esperan con avidez algo más de lo que hubiese hecho el célebre Arquímedes; pues además de las variadas notas que hayan coleccionado, por más interés que les hayan inspirado los descubrimientos sucesivos, aún les queda en el ánimo un deseo irresistible, la curiosidad de saber si hizo algo más este hombre extraordinario por el que ya sienten amor. Este estado psíquico se aprovecha y se prepara entonces la 2ª parte de la biografía.

B.—DEFENSA DE SIRACUSA.—Contaba Arquímedes 73 años de edad en la época en que vamos á referir.

Los romanos en su ambición de dominar la Italia, conquistando pueblos hermanos, para someterlos al tributo y ensanchar su comercio, llegaron á los confines del Sur y quisieron apoderarse de Siracusa, entonces centro de gran comercio, sostenido por los cartagineses, hombres los más ricos de entonces. La empresa de conquista fué encomendada á Marcelo Claudio, valiente general que por sus méritos lo eligieron cinco veces cónsul, llamándole "La Espada de Roma." Llegó Marcelo con su escuadra de naves frente á Siracusa, affligida ya por los azares de la guerra. No había suficientes soldados para la defensa, y el gran viejo, encarándose frente á la escuadra del invencible Marcelo, la esperó en las playas de Siracusa. Erase el año 214 A. C. Marcelo creyó fácil la toma de Siracusa, y en pleno día acercó sus naves á la costa; pero he aquí que los marinos, cuenta la leyenda, empezaron á sentir cantidades enormes de calor enviadas de la playa por reflexión de espejos y á poco algunas naves comenzaron á arder. Los romanos retrocedieron espantados y probaron atacar durante la noche; pero los centinelas, listos en su vigilancia, pusieron en movimiento las máquinas inventadas por el sabio, y millares de piedras

y dardos llevaron la muerte y la destrucción á las naves. Días pasaban y noches venían, y los romanos vencedores de las naciones itálicas no podían vencer al sabio. Pasaron meses como pasaron días y desesperado el cónsul Marcelo exclamaba: "No queremos más que cesar de hacer la guerra á este Briaréo geómetra que hunde y despedaza nuestras naves en el mar y que ha sobrepujado á los gigantes de cien brazos de los que habla la fábula con las innumerables piedras y dardos que nos arroja de repente."

No obstante el genio de Arquímedes no fué posible salvar la patria. Los romanos tomaron Siracusa en el año 212 A. C. sorprendieron á las guarniciones de la costa en momentos de una festividad popular. Arquímedes estaba absorto en la resolución de sus problemas. Un soldado romano entró á su casa y le intimó rendirse, pero como siguiera absorto levantó la espada y le quitó la vida.

Marcelo sintió profundamente su muerte y colmó de honores á su familia. Le erigió un mausoleo consistente en una esfera inscrita en un cilindro para perpetuar uno de sus célebres descubrimientos.

Durante su vida descubrió la hélice; las leyes de las palancas que en un arranque de entusiasmo pidió un punto de apoyo en el espacio para mover el mundo, determinó la teoría de la esfera inscrita en un cilindro, los centros de gravedad, etc. Desde entonces su nombre se recuerda con veneración.

EXPERIMENTOS.

1º Reflexión de la luz y del calor en los espejos planos.

2º Reflexión del calor en los espejos cóncavos (espejos ustorios).

3º Equilibrio.

4º Leyes de las palancas.

En cada uno de los experimentos si fuere posible se hará uso del procedimiento constructivo. En la clase aprenden hijos de artesanos, industriales, y como este género de educandos están familiarizados con los instrumentos de construcción que usan sus padres, toman gran empeño y si el profesor fomenta el procedimiento constructivo, obtendrá hermosos resultados. Los niños son muy inteligentes y curiosos cuando se sabe dirigirlos.

A fin de que puedan hacerse aplicaciones, transcribimos las biografías de Galileo y Torricelli.

+1564—1642.

GALILÉO GALILEI.

Matemático, físico, astrónomo, una de las glorias más grandes de Italia, nació en Pisa en 1564.—Su padre cultivó con resultados la música y quiso que su hijo la aprendiese también; pero Galileo fué poco afecto á las artes y más bien dicho, no fué afecto á nada ordenado en la primera época de su vida. Espíritu pensador, meditaba y discutía con todas las opiniones de su época, sin especializar nada. Así, fué enviado á Pisa á seguir los cursos de filosofía y Medicina. Privaban las doctrinas peripatéticas y no pudiendo soportarlas las impugnó rudamente, atrayéndose todo el odio de sus profesores. Contaba entonces 19 años.

Solo en sus meditaciones, un día en la catedral de Pisa observó el movimiento oscilatorio de una lámpara, en el instante en que el sacristán la encendía. Notó que no obstante que la amplitud disminuía, las oscilaciones eran iguales y concibió la idea de aplicar el péndulo á la medida del tiempo.

Cosa singular, en la época de su primer descubrimiento, Galileo apenas si sabía Matemáticas imperfectamente; pero estudiando solo, hizo entonces tantos progresos, que seis años más tarde obtuvo una cátedra en la Universidad de Padua.

Hacia esta época inventó la balanza hidrostática, de la que hizo uso para determinar las densidades. Estos y otros muchos descubrimientos en el orden astronómico le atrajeron odios profundos y envidias sin número. Estaba en Venecia en 1609 cuando construyó su telescopio y sus observaciones se refirieron desde luego á la Luna. Pretendió medir sus montañas y aventuró la idea de que estuviese habitada, y cayeron sobre él todas las iras de los escolásticos. Galileo no retrocedió. Muy al contrario, siguió con más ardor que nunca.

—Como consecuencia de la observación del péndulo, estúdiase y experimente el maestro, el péndulo simple, el péndulo compuesto—*isocronismo*—aplicaciones á los relojes—péndulo de batir segundos—pesantez, $e = \frac{gt^2}{2}$ —balanza hidrostática.—

* * *

Estando Galileo en la República veneciana, se consideraba seguro en su persona. Contando ya con su telescopio, sus investigaciones lo llevaron á la composición de la vía láctea, al descubrimiento de los satélites de Júpiter, del anillo de Saturno, y los movimientos de las fases de Venus y las manchas del sol, le dieron materia para ratificar y defender las concepciones de Nicolás Copérnico y sus antecesores egipcios, es decir, que el Sol gira sobre su eje, que la tierra también gira sobre su propio eje y alrededor del sol; pero una llu-

via de injurias cayó sobre él y sus enemigos prepararon su perdición.

Era el año de 1610. El duque Cosme II lo llamó á Toscana colmándole de favores. En la Corte Pontificia se pretendía que las opiniones astronómicas de Galileo y sus descubrimientos estaban en contradicción con varios textos de la Sagrada Escritura; pero antes de acusarlo abiertamente, con el fin de forzarlo á comprometerse, determinaron denunciar al Santo Oficio las opiniones de Copérnico. Galileo, en efecto, salió á la defensa de lo que creía la verdad y dijo que el objeto de las Santas Escrituras era la salud de los hombres y no la enseñanza de la Astronomía. Las declaraciones no satisficieron á los jueces y pronunciaron la siguiente sentencia:

“Sostener que el sol está quieto, inmóvil, en el centro del mundo, es una opinión absurda, falsa en filosofía y formalmente herética, porque expresamente es contraria á las Escrituras. Sostener que la tierra no es punto fijo en el centro del mundo, que no es punto inmóvil y que tiene ella misma un movimiento de rotación, es también una proposición absurda, falsa en filosofía y no menos errónea en la fe.” (5 de Marzo de 1616).

Esta sentencia fué seguida de una amenaza para que no profesara en adelante la opinión condenada. Galileo, en efecto, prometió que ahí no la profesaría y se preparó á volver á Florencia, donde no se consideraba obligado á obedecer, y lejos de cambiar de opinión, se dedicó con más ahinco á sostener el nuevo sistema como jamás se habrá hecho, reuniendo las pruebas que le darían el triunfo; pero sus enemigos también no descansaron. El genio batallador de Galileo no se arredró ante las burlas sangrientas de sus contrarios. Antes bien, entró con ellos apelando á la misma arma, y en