

Planos de obras diversas.

No habiéndose podido reunir todos los planos que se pensaba, relativos á puertos, canales, abastecimiento de aguas, etc., etc., se ha formado esta coleccion, que encierra varios de los mas interesantes relativos á algunos trazados difíciles, tanto de carreteras como de ferrocarriles, varias estaciones de caminos de hierro, diferentes puertos, planos de canales, detalles de algunas de sus obras y conducciones de aguas, conteniendo en total 32 planos, los cuales encierran tambien detalles y datos importantes.

Album con el sistema de contabilidad seguido en las obras del puerto del Grao de Valencia.

Este album, lujosamente encuadrado, contiene en diferentes cuadros el sistema de contabilidad seguido en las mismas, y que pudiera aplicarse tambien á otros trabajos públicos, encerrando además datos relativos á los gastos hechos y obras ejecutadas en el puerto de que se trata, principalmente en el año 1865.

Vistas fotográficas de varias obras de España.

En seis tomos se han coleccionado algunas vistas fotográficas de las obras mas notables de España, siendo de sentir que la mayor parte de ellas, por circunstancias especiales, ha sido preciso sacarlas en invierno y con mal tiempo, por lo que no han salido todas tan limpias como hubiera sido de desear, habiendo tenido que desistirse tambien por las mismas causas de sacar algunas que hubieran debido figurar en dichas colecciones.

Los tomos se han formado comprendiendo en uno 20 vistas de faros; en otro 30 de puentes antiguos, conservados todavia en muchas provincias; en otro 33 de puentes de fábrica modernos de varias carreteras y ferrocarriles; en otro 46 de puentes de hierro para las mismas vias; en otro 40 vistas de obras diversas, como grandes desmontes, trazados, túneles, estaciones, puertos, etc., y en el último 30 vistas relativas á obras del Canal de Isabel II de conduccion de aguas á Madrid.

Todas estas vistas manifiestan la importancia de algunas obras, y por regla general lo quebrado del terreno, que hace sean tan costosas muchas de ellas y de tan difícil ejecucion.

Proyecto de un puerto de refugio para la costa de Asturias.

Este proyecto, perfectamente estudiado, consta de tres tomos, y hace ver la gran copia de datos y detalles que se acompañan, y los detenidos estudios que se practican cuando se trata de obras de la consideracion de la indicada, bastando examinarlo ligeramente para comprender su importancia y la necesidad y ventajas de presentar de esta manera los trabajos, pudiendo considerarse este proyecto como tipo de los que para obras análogas se estudian por los Ingenieros del Estado.

Proyecto de un ferro-carril de Cádiz á Gibraltar.

Este proyecto, que consta de cinco volúmenes, y del que se comprenderá fácilmente la importancia y lo bien presentados que están los trabajos, va acompañado, como puede observarse, de un gran lujo de detalles, y las consideraciones generales y de gran importancia que en él se consignan han hecho que la Junta superior consultiva de Caminos, Canales y Puertos lo haya considerado digno de figurar en el concurso universal, y haya propuesto su envío, habiéndolo así dispuesto la Superioridad. Hace ver tambien este proyecto cómo se presentan algunas veces

los de obras análogas estudiadas por los Ingenieros que están al servicio de las empresas.

SOBRE LAS TEORIAS MODERNAS DE LA LUZ

INTERFERENCIAS Y TRASFORMACIONES.

I.

Hemos dicho en el artículo anterior, que la luz no es otra cosa que el *movimiento trasversal y vibratorio* del éter: del mismo modo que, al impulso de una piedra arrojada en un estanque, nace una ondulacion circular, que se dilata y crece sobre la superficie líquida; así, cada vibracion del cuerpo luminoso dá origen á una *onda etérea*, que se extiende en el espacio.

Las olas en el agua tienen cierta *altura*, miden cierta *amplitud*, caminan con determinada *velocidad*; pues *altura*, y *amplitud*, y *velocidad* dependientes de las circunstancias especiales que en cada caso influyen, presentan tambien las olas etéreas que constituyen la luz. Pero al pasar del oleaje del océano al misterioso oleaje de ese otro océano de las esferas, y al reducir á números las leyes del fenómeno, en vez de las cantidades ordinarias y comunes á que estamos acostumbrados, y que reproducimos sin dificultad en nuestra imaginacion, aparecen otras, ó infinitamente pequeñas, ó infinitamente grandes, que llenan de asombro el ánimo.

I. Las olas del mar tienen *dos, cuatro, ocho, quince* metros de *altura* en las grandes tempestades; es decir, que cada molécula líquida, y todas ellas, suben y bajan recorriendo líneas verticales de *dos, cuatro, ocho, quince* metros de longitud. Los átomos del éter, en cambio, oscilan á uno y otro lado de su posicion media, describiendo líneas de dimensiones *infinitesimales*, que no acertamos, ni á comprender, ni á medir.

II. La *amplitud* de la ola acuosa, es decir, la distancia que hay entre dos crestas ó dos depresiones, es de *cuarenta, de trescientos, de setecientos* metros; la de las olas etéreas es de *cuatrocientas, de quinientas, de setecientas* MILLONÉSIMAS DE MILÍMETRO. O mas claro: suponiendo dividido un milímetro en *diez mil* partes, *cuatro, cinco, siete* de estas pequeñísimas partes, componen la *amplitud* ó espesor de la onda luminosa.

III. Camina el oleaje en el Océano á razon de *cuatrocientos, seiscientos, ó mil* metros por *minuto*; vuela la luz en los espacios con una *velocidad* de *TRESCIENTOS OCHO MILLONES* de metros, próximamente, por *SEGUNDO*.

Y estas tres cantidades,—*altura, amplitud y velocidad*,—tienen gran importancia en los fenómenos luminosos, é influyen de igual manera en el oleaje del éter, que los elementos análogos de las ondas acuosas ó aéreas, en las vibraciones del agua ó en las vibraciones del aire.

Detengámonos en este punto algun tanto.

Altura.—¿Qué representa en el mar la altura de la ola?

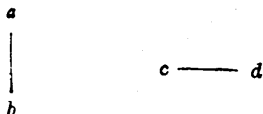
Ya lo hemos dicho: lo que cada molécula líquida sube ó baja; su escursion vibratoria; la distancia á que se separa en uno y en otro sentido de su posicion media. Por eso la *ola* es tanto mas poderosa, tanto mas terrible, cuanto es mas alta: su fuerza viva depende de su altura, y así el Océano muestra sus furores por la espantosa *magnitud* de su oleaje.

Es decir, en resumen, que la altura expresa el empuje, la *intensidad*, la *fuerza viva* de la ola.

¿Qué expresa en el aire la altura de la onda acústica?

La vibracion se extiende en este caso, no sobre una superficie, sino en todas direcciones, y esto hace comprender, que no podremos ya medir la altura del movimiento vibratorio por la escursion vertical de las moléculas. Diremos, pues, que en el aire la altura de la onda está medida por el camino total que cada molécula describe entre sus dos posiciones extremas.

Así cuando en el mar las *crestas* de las olas no pasan del punto *a*, ni las *depresiones* del punto *b*, se dice que la distancia



a b es la altura de la ola; y análogamente, cuando una molécula aérea, en su movimiento de vaiven, oscile entre *c* y *d*, podrá decirse que *c d* es la altura de su movimiento vibratorio.

Comprendida esta definicion, fácil es contestar á la pregunta últimamente formulada.

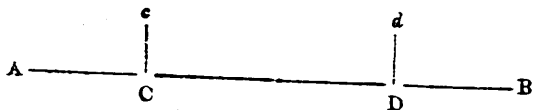
La *altura*, ó mejor dicho, la *amplitud de la escursion* en la onda acústica, espresa, como en el mar, *fuerza viva* de la masa, empuje del movimiento, *intensidad* del sonido.

Por último ¿qué significa en el éter la *altura* de la onda luminosa, medida dicha altura como en la *ola* acústica hemos explicado?

Lo que expresa en el mar, lo que en el aire: siempre empuje, masa y velocidad, movimiento acumulado: es decir, fuerza viva; es decir, *INTENSIDAD* de la luz.

Amplitud.—La *amplitud* de las olas es la distancia entre dos crestas, ó entre dos depresiones; y diremos análogamente, que la *amplitud* ó *espesor* de la onda acústica ó etérea es la distancia que media entre dos moléculas, que, en un mismo instante, se hallan en los límites de sus escursiones.

Explicuémonos con mas claridad.



En un rayo de luz *A B*, y en un instante determinado, la molécula *C* está en *c*, á la máxima distancia *C e* de su posicion inicial; de suerte que no ha de pasar mas allá de dicha posicion *c*, sino por el contrario, retroceder hácia *C* para continuar su movimiento vibratorio del lado opuesto; pues bien, si en este mismo instante es *d* la molécula mas próxima á *c*, que se encuentra en igual posicion que ella, *c* y *d* serán como las dos crestas del oleaje luminoso, y *C D* el *espesor* ó *amplitud* de la onda. El cálculo demuestra que la *rapidez* de las vibraciones y el *espesor* ó *amplitud* de las ondas son cantidades íntimamente ligadas; que cuanta mas lentitud hay en el movimiento vibratorio, tanto mayor es el espesor de la onda luminosa; que, por el contrario, cuantas mas vibraciones ejecuta en un segundo cada molécula, menor es la amplitud de dicha onda.

Hé aquí un nuevo elemento que á los tres ya mencionados, —altura, amplitud, velocidad,—debemos unir, á saber: el *número de vibraciones* ejecutadas por cada átomo etéreo en un *segundo de tiempo*, ó de otro modo, la *velocidad* ó *rapidez* de la vibracion. Elemento importantísimo, porque, así como en el sonido, el *número* de vibraciones ejecutadas por cada molécula del aire mide la *nota musical*, así en el éter este mismo número mide y expresa la que podemos llamar *nota luminosa*; es decir, el color.

Lo que en el sonido son las notas del pentágrama, son en la luz los colores del arco-iris, ese otro pentágrama sublime de los cielos.

En resumen, los colores se distinguirán unos de otros, ya por el número de vibraciones, ya por el espesor de su onda,—toda vez que ámbos elementos son correspondientes,—como dos cuerdas de un arpa se distinguen por su grueso y su longitud, circunstancias que influyen en la rapidez de las vibraciones.

Así el espesor de la onda será igual, por ejemplo, en el color *violado*. . . á . . . 406 millonésimas de milímetro:
en el *azul*. á . . . 450
en el *verde*. á . . . 530
en el *anaranjado* á . . . 570
en el *rojo*. á . . . 645

Y así, por lo tanto, el color *violado* será como la nota mas aguda, el color *rojo* como lo mas grave, de la escala.

En efecto, determinando el número de vibraciones del éter en los diferentes colores, resulta que el éter ejecuta:

Vibraciones en un segundo.	
en el color <i>violado</i>	734,000 000,000 000
en el <i>azul</i>	685,000 000,000 000
en el <i>verde</i>	581,000 000,000 000
en el <i>anaranjado</i>	540,000 000,000 000
en el <i>rojo</i>	477,000 000,000 000

¡Al considerar que un átomo del éter ejecuta SESENTIENTOS TREINTA Y CUATRO BILLONES de vibraciones en un SEGUNDO, la imaginacion se pierde y el vértigo de lo infinito se apodera de la razon!

Sin embargo, hijos de la razón ¡facultad divina! son estos portentosos descubrimientos.

II.

Quizá los resultados que acabamos de exponer parezcan á primera vista juegos fantásticos de la imaginación, y no obstante, aunque mucho nos admiren, preciso es confesar que son verdades positivas; que palpitan y viven, por decirlo así, en la realidad; que sobre el papel se demuestran, y en el gabinete del físico se ven con los ojos y se tocan con las manos.

Procuremos desvanecer dudas y prevenir incredulidades.

Hemos dicho que el espesor de la onda luminosa es de 4, de 5, de 6 *diezmilésimas de milímetro*; que el número de vibraciones varía según el color de la luz entre 400 y 800 *billones* por segundo; que la velocidad de propagación del movimiento luminoso es de 308 millones de metros en un *segundo* también.

Hé aquí tres cifras que quizá hagan brotar á los labios del lector, ó una sonrisa incrédula, ó esta maliciosa pregunta: ¿Quién ha medido esas distancias, quién ha contado esos números?

¿Quién? Roëmer, Bradley, Fizeau, Fresnel, Young, Cauchy y otros muchos físicos eminentes.

No como se miden los kilómetros de una carretera, ó como se cuentan las campanadas de una torre, es cierto; mas por métodos tan sencillos, tan ingeniosos, que si mucho trabajo cuesta inventarlos, poco cuesta comprenderlos.

Pero antes de entrar de lleno en la cuestión, debemos hacernos cargo de otro fenómeno luminoso, inexplicable en la teoría newtoniana, sencillo, natural, espontáneo en la de las vibraciones, y que ha servido de base, en cierto modo, á muchos importantes descubrimientos.

Nos referimos al fenómeno de las *interferencias*.

Permitásenos, á este propósito, presentar algunos ejemplos, vulgares si se quiere, pero, á nuestro entender, oportunos.

Cuando al que tiene un millon de reales, le dan otro millon, es cosa clara como la luz que tiene *mas dinero* que antes, es decir, dos millones.

Cuando en un estanque de agua se arroja *mas agua*, la masa total aumenta, el *nivel sube*.

Cuando en un depósito de aire se inyecta *mas aire*, aumenta también la cantidad de este fluido.

En general, cuando á una *sustancia*,—sea oro, agua, ó aire,—se agregan nuevas porciones de esta misma sustancia, la cantidad primitiva recibe un *incremento*.

Ahora bien,—volviendo á la cuestión,—si la luz fuera una sustancia como el aire, como el agua, como el oro, añadiendo *luz á luz*, obtendríamos siempre *mas luz*; y sin embargo, no en todos los casos sucede esto, antes por el contrario, experiencias hay, y muchas, en que *luz añadida á luz dá oscuridad*.

Es decir, *luz mas luz, igual sombra*.

Allí donde este fenómeno singular se presenta, dicese que hay una *interferencia*, y con él se prueba que la luz solo es un *accidente*, un *modo*, una *manera* de ser de la materia.

III.

Interferencias.—En la teoría de la emisión las interferencias son inexplicables; en la teoría de las vibraciones son accidentes necesarios del movimiento.

¿Qué tiene de extraño, si la luz es una mera vibración del éter, que luz agregada á luz dé oscuridad?

Agregar luz á luz es *reunir en uno dos movimientos*, y si ambos son iguales y opuestos, no es cosa extraña, sino antes bien natural y corriente, que se *anulen y destruyan*.

Chocan dos masas blandas que marchan en sentidos contrarios, y á veces ambos movimientos se equilibran y quedan las masas en reposo.

Tiran dos fuerzas iguales, y en direcciones opuestas, de una cuerda, y ni en uno ni en otro sentido camina esta.

Se cruzan dos olas, y allí donde la cresta de una de ellas se superpone á la depresión de la otra, el agua queda en su nivel ordinario: hé aquí un caso en que la coincidencia de dos movimientos vibratorios ocasiona la anulación de ambos.

Pues del mismo modo, si llega un *rayo* de luz, es decir, un movimiento vibratorio, á una molécula *a* del éter

$$b \text{ --- } \overset{a}{\cdot} \text{ --- } c$$

y tiende á llevarla en el sentido *a c*; y al propio tiempo llega otro rayo de luz á la misma molécula pugnando por arrastrarla en sentido *a b*, contrario al primero; y si, por último, ambas tendencias son iguales en intensidad, es evidente que ambos movimientos se anularán sobre la molécula *a*, quedando esta inmóvil. Tendremos por lo tanto en *a* dos luces que se anulan, ó lo que es lo mismo entre rayos de luz, un *punto de sombra*; resultado de la oposición de dos vibraciones, cero de ambos movimientos, expresión material y escritura simbólica, en el espacio, de esta fórmula:

$$\text{luz} + \text{luz} = 0.$$

Hé aquí demostrada la posibilidad de la *interferencia*.

Pero no siempre uno de los dos movimientos vibratorios destruirá al otro: podrá suceder que ambos lleguen á un átomo etéreo tendiendo á llevarlo en una misma dirección, en cuyo caso, lejos de anularse, se acumularán, dando una mayor cantidad de luz, es decir, un *punto brillante*; del mismo modo que se acumulan las crestas de dos olas, y producen una nueva ola mayor que cuantas la preceden y la siguen.

En resumen:

1.º Hay casos en que *luz agregada á luz dá mas luz*, y son aquellos en que las vibraciones concuer-

dan, y por lo tanto se refuerzan y acumulan: entonces la molécula vibra con una velocidad resultante igual á la suma de las dos velocidades, que ambos movimientos parciales tendian á comunicarle separadamente: entonces este punto se distingue y destaca entre los otros por su mayor brillo, y bien puede recibir el nombre de *punto brillante*; ó tambien, si este mismo fenómeno de concordancia vibratoria se repite á lo largo de una línea, podremos designarla con la denominacion de *línea brillante*.

2.º Hay otros casos en que luz agregada á luz da oscuridad, y son los en que se superponen y anulan movimientos iguales y contrarios, dando por resultado *puntos ó líneas de sombra*.

3.º Entre estos casos extremos, mil otros se presentan por la acumulacion de movimientos vibratorios, que en parte se destruyen y en parte se refuerzan, formando de esta suerte tintas intermedias entre las líneas de sombra y las líneas brillantes.

Los sentidos solo ven en estos casos caprichosas distribuciones de oscuridades y destellos; la razon ve movimientos concordantes ó discordes del éter; el análisis matemático halla la ley del fenómeno; y la ciencia, en fin, ordena y condensa la variedad de los hechos en la unidad de la *idea*.

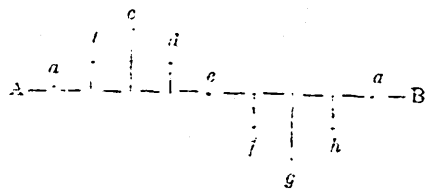
IV.

Varias veces hemos empleado esta palabra, *onda luminosa*: precisemos, antes de seguir adelante, su verdadero sentido.

¿Que es, hasta dónde llega, dónde empieza y dónde acaba la ola del mar?

La ola es en el mar la porcion comprendida entre dos crestas ó entre dos depresiones; ó dicho de otro modo, entre dos moléculas líquidas situadas en igual posicion relativa. La ola es, pues, la *parte periódica* del movimiento.

Fácilmente comprenderemos ahora lo que es la *onda luminosa*.



Sea A B un rayo de luz en un instante determinado del movimiento, y representemos por líneas verticales los caminos recorridos por los átomos etéreos, los que, antes de comenzar las vibraciones, se encontraban en dicha recta A B.

La molécula *a* se halla en el instante que consideramos en su *posicion inicial*.

b sube y se encuentra á la mitad de su camino ascendente.

c está á la mayor distancia posible de su primitiva posicion, y por lo tanto es la cresta de la *ola luminosa*.

d se halla á la mitad de su excursion descendente.

e ha vuelto, despues de subir y bajar, á su primera posicion, pero á ella llega con tal velocidad que seguirá caminando en sentido descendente.

f ocupa el punto medio de su semi-oscilacion.

g se halla en el punto mas bajo de su carrera, y es, segun esto, una depresion del oleaje luminoso.

h sube y se encuentra á la mitad de su camino.

Finalmente, *a* . . . ha vuelto á su primitiva posicion.

Y ahora podemos repetir la pregunta que há poco formulamos: ¿qué es la onda luminosa?

El conjunto de las moléculas *a b c d e f g h a* que constituyen la parte periódica, y que indefinidamente se repite en uno y en otro sentido; y es claro que la distancia entre *a* y *a* ó entre *c* y *c*, ó finalmente, entre *g* y *g*, será el espesor de la onda. Esta longitud es la que decíamos al comenzar que era de *cuatrocientos* ó *seis* diezmilésimas de milímetro; y en esta longitud demuestra Cauchy que hay por lo menos 200 moléculas, fundándose en varias experiencias de Arago sobre la estrella Algol.

Si lo infinitamente grande crece y crece en el cono visual del telescopio, lo infinitamente pequeño huye y se desvanece, ó ante los esfuerzos del cálculo, ó bajo los hinchados cristales de los mas poderosos microscopios.

Ante lo infinitamente pequeño, como ante lo infinitamente grande, la razon vacila; y es que lo infinitamente pequeño, como ha dicho un célebre físico aunque con distinto objeto, es siempre el mismo *infinito, gigante disfrazado de pigmeo*.

(Se continuará)

JOSÉ ECHEGARAY.

FERRO-CARRIL DE CÁDIZ Á GIBRALTAR.

Esta línea, cuyo objeto es completar la central del Mediodía, y la no menos importante del litoral del Mediterráneo; que política y militarmente considerada es de la mayor importancia, y que tiene, puede decirse, interés europeo, puesto que con ella se disminuirán los gravísimos inconvenientes que ofrece mucha parte del año la azarosa travesía del Estrecho, arranca de Cádiz, y pasando por San Fernando, Chiclana, Conil, Vejer, Tarifa, Algeciras y San Roque, va á terminar en la zona neutral que separa nuestro territorio del de Gibraltar. Su longitud, con arreglo al proyecto recientemente aprobado, es de 137 kilómetros.

Este proyecto, que con razon figura entre los mas notables que en cualquier parte se puedan presentar, ha sido estudiado, á expensas de una empresa particular, por el Ingeniero Jefe de 1.ª clase del Cuerpo de Caminos, D. Javier Boguerin, autor de otros trabajos análogos de que ha dado noticia la REVISTA, y alguno de los cuales se ha publicado en nuestra coleccion.

La traza propuesta es, como se ha dicho, de 137 kilómetros; pero como para justificar su acertada eleccion se presentan con ella muy oportunamente cuatro variantes, que juntas suman 47, resulta que la longitud total estudiada es de 184 kilómetros.