

mamente amplificativo, no presentó apariencia alguna de disco, pero apareció como un punto brillante. Se le cree á 81, 000, 000 leguas del sol.

Aunque no se saben aun á punto fijo las dimensiones de estos cuatro planetas, puede con todo decirse que son estremadamente pequeños relativamente á los que los rodean, y con respecto á la distancia que los separa del sol. Otra de las anomalías que presentan es que se desvian mucho del zodiaco ó camino de los planetas. Estas consideraciones han hecho emitir una opinion muy aventurada, á saber, que pudiera ser muy bien que estos cuatro planetas no fuesen mas que restos ó cascotes de algun planeta único que habrá existido entre Marte y Júpiter. Esta opinion adquiere sumo grado de probabilidad, si á las consideraciones que preceden se añade que estos planetillas no son redondos, lo cual indica la disminucion momentánea de su luz, cuando presentan sus faces angulares, y ademas que el enlace de sus órbitas, que los hace volver al mismo punto, está conforme con lo que exigirían las leyes de la mecánica en la hipótesis de que se trata. En efecto, segun estas leyes, si un planeta estallase con violencia, cada uno de sus trozos, despues de haber descrito una nueva órbita, volveria á pasar por el punto en que se hubiese operado la explosion.

LECCION VII.

JUPITER Y SUS SATELITES.

Júpiter es el mayor de todos los planetas y el mas brillante despues de Vénus. Es 1470 veces mayor que la tierra, y solo á causa de la distancia prodigiosa á que se halla, nos parece tan pequeño. Su movimiento sobre su eje es sumamente rápido, efectuándose en 9 horas 36'. Por lo que hace á su movimiento de revolucion, lo hace en 4,332 dias y algo mas de 12 horas, en una elipse cuyo plano tiene una inclinacion de $1^{\circ} 46'$ sobre la eclíptica. La distancia á que está Júpiter no permite que se puedan observar todas las faces que tiene indudablemente como todos los demas planetas.

Visto Júpiter con el telescopio, se presenta acompañado de cuatro pequeños cuerpos luminosos, que circulan en derredor, y que se llaman satélites suyos. Distingúeseles entre sí por su posicion, llamándose primero el que está mas próximo, al planeta, y así, por este orden los demas, moviéndose todos en órbitas que casi están en el plano del ecuador.

El 1.º	en 1 dia 18 horas	27' 35"
El 2.º	en 3 dias 13	13' 42"
El 3.º	en 7 dias 3	42' 33"
El 4.º	en 16 dias 16	32' 6"

Los tres primeros se mueven en planos muy poco diferentes entre sí; pero el del cuarto está algo mas apartado. Sus órbitas son casi circulares, y solo se ha encontrado alguna escentricidad en la del tercero y cuarto; la de este último es especialmente mas sensible.

Los movimientos de los tres primeros tienen entre sí; singulares relaciones. El movimiento sideral medio del primero, añadido á dos veces el tercero es siempre igual á tres veces el movimiento medio del segundo; y la longitud sideral ó sinódica del primero menos tres veces la del segundo, mas dos veces la del tercero, es siempre igual á dos ángulos rectos.

Examinando atentamente Herschell estos satélites con el telescopio, advirtió que la intensidad de su luz presentaba variaciones periódicas, y calculando las épocas en que están vueltas sus faces hácia nosotros, pudo calcular el tiempo que tardan en hacer su revolucion sobre su eje. Encontró que volvian siempre la misma faz hácia Júpiter, y que daban así una sola vuelta sobre su eje, mientras que recorrian toda su órbita; todo lo cual acredita evidentemente la analogía que tiene con la luna. Maraldi habia ya deducido la misma consecuencia respecto del cuarto satélite, siguiendo las vueltas de una misma mancha observada sobre su disco.

Cuando los satélites de Júpiter llegan á interponerse en virtud de su movimiento de revolucion entre el sol y él, proyectan sobre la sombra iluminada de su disco una sombra que varia segun la distancia y volúmen de cada uno. Entónces se verifica pues un eclipse parcial de este planeta, de lo que se infiere que ni Júpiter, ni sus satélites, son de suyo luminosos.

Cuando por el contrario los conduce su movimiento detras del planeta, se les ve desaparecer progresivamente; estos son los eclipses de los satélites. Los tres primeros se eclipsan en cada revolucion, pero el cuarto tiene una órbita tan inclinada, que en su oposicion de á Júpiter, se pasan dos años por cada seis sin que caiga en su sombra. Por las singulares relaciones de que hemos dado cuenta, se viene en conocimiento de que los tres primeros satélites no pueden eclipsarse á la vez en un gran número de años por lo menos; porque en los eclipses simultáneos del segundo y del tercero, el primero está constantemente en conjuncion con Júpiter y reciprocamente.

Háse notado que estos eclipses nunca se verificaban de oriente á occidente, sino en el momento de su vuelta de occidente á oriente. De aquí se saca la consecuencia de que los satélites se mueven de occidente á oriente como todos los demas planetas de nuestro sistema.

Estos eclipses de Júpiter han dado el medio de determinar la velocidad de la luz, como despues diremos. Veremos tambien que son muy útiles á los marinos para determinar su longitud.

CONSTITUCION FISICA DE JUPITER.

Hemos visto que Júpiter recibe la luz del sol lo mismo que sus satélites. Aunque 1470 veces mas voluminosa que la tierra, su densidad es la cuarta parte de este último planeta, y su figura la de un esferoide achatado hácia los polos. Este aplastamiento, que es de un $\frac{1}{4}$, es un efecto de la rapidez de su movimiento de rotacion, segun lo demostramos al tratar de la tierra. Como su eje es perpendicular al plano de su órbita, el sol está casi siempre en el plano de su ecuador, de manera que en este parage es poco menos que insensible la variacion de las estaciones, y las noches son casi siempre iguales á los dias.

El sol debe mostrarse á Júpiter cinco veces mas pequeño que nosotros, y comunicarle una cantidad veinte veces menor de calor y de luz. Pero sus noches son muy cortas y están alumbradas por cuatro brillantes lunas, una de las cuales, al menos, está siempre luciendo.

Quando se observa á Júpiter con un buen telescopio se distinguen una porcion de zonas ó bandas de un color mas oscuro que lo demas de su disco. Generalmente son paralelas al ecuador, que, por decirlo así, lo es tambien á la eclíptica, pero están sujetas, en otro sentido á notables variaciones. Algunas veces no se distingue mas que una, y otras se distinguen hasta ocho. Hay ocasiones en que no son paralelas entre sí, y tienen una anchura variable. Muchas veces se achica una de ellas, al paso que se dilata la que está mas próxima: diríase que se funden juntas. El tiempo de su duracion varia: se han visto algunas que conservaron tres meses la misma forma y se han visto salir otras nuevas en una ó dos horas. Algunas veces, se encuentra interrumpida la continuidad de estas bandas, la cual les dá la apariencia de una rotura. Estas bandas y manchas se consideran como parte del cuerpo del planete, y las partes luminosas se miran como nubes trasportadas por los vientos en diversas direcciones y con distintas velocidades.

SATURNO SUS SATELITES Y ANILLOS.

Observado Saturno con la simple vista, tiene para nosotros la apariencia de una estrella luminosa, de una luz macilente y rojiza, y como su movimiento es muy lento, apenas se le distingue de una estrella fija. Presenta paralelamente al ecuador una serie de bandas análogas á las de Júpiter, aunque mas tenues, y por ellas determinó Herschell el movimiento de rotacion del planeta sobre sí mismo, el cual ejecuta en 10 horas y media. Muévase en 329,000,000 de leguas del sol en una órbita que describe en 29 años, 5 meses y 4 dias, y cuya inclinacion en la eclíptica es de 2 grados y medio. Este planeta es cerca de 900 veces mayor que la tierra, y el sol le comunica solo la octava parte de luz de la que distribuye á nuestro globo.

Saturno tiene satélites lo mismo que Júpiter. Cuéntanse siete: seis de ellos se mueven casi en el plano de su ecuador, pero el sétimo se aparta de él insensiblemente, siendo la inclinacion de su órbita de cerca de 30°. Se ha averiguado que solo daba una vuelta sobre sí mismo durante todo el tiempo de su revolucion, y aunque no ha sido posible descubrir si les sucede lo mismo á los demas, así lo induce á creer la analogía, porque esta igualdad de duracion de los movimientos de traslacion y rotacion parece ser ley general de los planetas secundarios.

La revolucion de cada uno de los satélites de Saturno presenta diferencias notables. Estos son sus períodos y sus distancias del planeta.

El primero opera su revolucion media sideral en el espacio de:
Leguas del centro de Saturno.

	22	37	23"	y dista	39,878
El 2º	1	8	53	9	51,165
El 3º	1	21	18	26	63,844
El 4º	2	17	44	51	81,140
El 5º	4	12	25	11	113,335
El 6º	15	22	41	14	262,086
El 7º	79	7	54	37	765,513

Los satélites de Saturno tienen frecuentes eclipses que sirven, como los de Júpiter, para determinar la longitud; pero su mucha distancia hace mas difícil su observacion. Saturno, tan notable por el número de sus satélites, lo es mucho mas por el anillo de que está rodeado. Consiste este en una

banda luminosa, situada en el plano del ecuador del planeta al cual forma una especie de cintura, si bien se halla separado por una distancia igual á su anchura. Preséntase bajo una forma elíptica mas ó menos prolongada segun la oblicuidad bajo que es visto, efecto debido á las diversas inclinaciones que toma el globo de Saturno con respecto á nosotros en su movimiento de traslación; cuando el anillo toma esta forma elíptica, sus extremos del lado del eje mayor toman el nombre de *asas*, y entónces pueden distinguirse las estrellas entre él y su planeta, si la oblicuidad no es mucha. Pero cuando su posición es tal que la prolongación de su plano pasa por el centro de la tierra, en este caso no nos presenta mas que su orilla, y el ángulo que subtende entónces es tan pequeño, que es menester un instrumento de muchísimo alcance para hacer visible, apareciéndose bajo la forma de un filete luminoso que corta el disco del planeta.

Cuando se mira con anteojos de gran alcance, se descubren sobre la superficie del anillo unas líneas negras concéntricas formadas, segun parece, de varias separaciones, pero se distinguen con especialidad dos anillos cuyas dimensiones han sido calculadas por Herschell. Segun este astrónomo, el diámetro interior del anillo mas pequeño es de 48,782 leguas, y su diámetro exterior 63,464; el diámetro interior del mayor tiene 63,416 leguas de longitud, y 63,294 el diámetro exterior del mismo. En virtud de esto parece, pues, que entre Saturno y la circunferencia entera del anillo posterior hay una distancia de 14,444 leguas.

Herschell ha determinado, por medio de las manchas del anillo, el tiempo que dura la rotación sobre su eje, el cual es de 10 hs. 19' 16". Este eje de rotación es perpendicular á su plano, y el mismo que el de Saturno.

La duración de esta rotación, que parece ser cabalmente la de un satélite que tuviese por órbita la circunferencia media del anillo, ha servido á M. Biot para explicar como puede sostenerse el anillo de Saturno en derredor de este planeta sin tocarle, ó por lo menos para enlazar este hecho con la causa general que sostiene así á todos los satélites.

En efecto, dice, cada partícula del anillo puede considerarse como un satélite de Saturno, y el mismo anillo como una aglomeración de satélites ligados entre sí de una manera invariable. Si estos cuerpos fuesen libres é independientes unos de otros, su velocidad variaria segun su distancia del centro del planeta; los menos remotos de este centro se moverian con mayor rapidez, y con menor los mas remotos; y si se toma por término medio la velocidad que corresponde á la circunferencia media del anillo,

las velocidades de las demas partículas se diferenciarán de ella en mas ó en menos una misma cantidad. Ahora bien, si las partículas se uniesen y juntasen unas con otras para formar un cuerpo sólido, habrá una especie de compensación en sus movimientos; las mas rápidas comunicarán parte de su velocidad á las mas lentas, que á su vez les harán participar en cambio de parte de su lentitud, y, equilibrándose así mutuamente las fuerzas opuestas no quedará mas que el movimiento medio, comun á todas las partículas, y que será el de la circunferencia media. Estos anillos se sostendrán en derredor de Saturno del mismo modo que la luna se sostiene en torno de la tierra, ó como se sostienen los arcos de un puente, si el foco de la pesadez se halla en el centro de las claves de las bóvedas.

Esta teoría seria tambien verdadera en el caso que el anillo se compusiese, como parece, de muchos anillos concéntricos y separados unos de otros; en este caso bastaria aplicarla separadamente á cada uno de ellos, y entónces los tiempos de su rotación deberian guardar una diferencia sensible.

El anillo de Saturno, oculta algunas veces parte de este planeta, en razon á que se proyecta sobre el disco; otras veces, al contrario el planeta oculta, por su sombra, la vista de parte del anillo; de lo que se deduce que el anillo es opaco como el planeta, y que ni uno ni otro son por sí mismos luminosos.

HERSCHELL O URANO Y SUS SATELITES.

De todos los planetas conocidos, este es el que dista mas del sol, y su órbita envuelve la de los demas. Situado á mas de 662.000,000 de leguas, efectúa su revolución en 84 años. La inclinación de su órbita en la eclíptica no excede 46' 26". Aun no ha sido determinado el período de su rotación diurna.

Visible apenas al ojo desnudo, muéstrase al telescopio de un color blanco azulado. Del sol no recibe mas que $\frac{1}{362}$ de la luz que á nuestro planeta envía.

Cuando fué descubierto, se le reputó un cometa; pero su cercanía á la eclíptica pronto lo dió á conocer por un planeta. Hasta esa época, pasaba por estrella fija.

Herschell que fué el que hizo ver que era un planeta, le descubrió tambien seis satélites que circulan en torno suyo, y, á corta diferencia, en el mismo plano.

Estos son los períodos de sus revoluciones y sus distancias.

El primero acaba su revolución sideral en el espacio de 5⁷

21° 25' 21" y su distancia media es de 47,718 leguas.

En 2° en	8	16	57	48	96,940
En 3° "	10	25	3	59	129,572
En 4° "	13	10	56	30	129,572
En 5° "	38	1	48		259,162
En 6° "	107	16	39	56	518,254

Los cuadros siguientes representan, bajo un solo golpe de vista, todas las circunstancias de volumen, masa, densidad, distancia rapidez, inclinacion, etc. de los planetas relativamente unos á otros.

DISTANCIA DE LOS PLANETAS DEL SOL.

	LEGUAS.		LEGUAS.
Mercurio,	13 561,000	Ceres,	95 532,000
Vénus,	24 966,000	Palas,	95 892,000
La tierra,	54 515,000	Júpiter,	179 575,000
Marte,	52 390,000	Saturno,	329 200,000
Vesta,	51 530,000	Urano,	662 144,000
Juno,	91 278,000		

Diámetros del sol y de los planetas, tomado el de la tierra por unidad.

El sol,	109,93	Vesta,	
Mercurio,	0,39	Juno,	} No se sabe.
Vénus,	0,97	Ceres,	
La tierra,	1,00	Palas,	
La luna,	0,27	Júpiter,	11,56
Marte,	0,52	Saturno,	9,61
		Urano,	4,26

Volúmenes del sol y de los planetas, tomado el de la tierra por unidad.

El sol,	1.328,460	Vesta,	
Mercurio,	0,1	Juno,	} No se sabe.
Vénus,	0,9	Ceres,	
La tierra,	1,	Palas,	
La luna,	0,02	Júpiter,	1470,2
Marte,	0,2	Saturno,	887,3
		Urano,	77,5

Masas del sol y de los planetas, tomada la de la tierra como unidad.

El sol	337,086	Vesta,	
Mercurio	0,1664	Juno,	} No se sabe.
Vénus	0,9152	Ceres,	
La tierra,	1,	Palas,	
La luna	0 017	Júpiter,	315,8926
Marte	0 1324	Saturno,	120,0782
		Urano,	17,2829

Densidades del sol y de los planetas, tomada la de la tierra como unidad.

Sol,	0,23624	Vesta,	
Mercurio,	2,879646	Juno,	} No se sabe.
Vénus,	1,04701	Ceres,	
La tierra,	1,	Palas,	
La luna,	0,715076	Júpiter,	0,24119
Marte,	0,930736	Saturno,	0,095684
		Urano	0,020802

Número de pies, por segundo, que recorrería un cuerpo grave al caer en la superficie del sol y de los planetas.

En el sol,	429,	Vesta,	
—Mercurio,	12	Juno,	} No se sabe.
—Vénus,	18	Ceres,	
—la Tierra,	160	Palas,	
—la Luna,	3	Júpiter,	42
		Saturno,	15
		Urano	4,2

Tiempo de rotacion en el eje del sol y de los planetas.

El sol,	25 ds.	12 hs.	0'	07"	Vesta,	
Mercurio,	1	0	4	0	Juno,	} No se sabe.
Vénus,	0	23	21	0	Ceres,	
La tierra,	1	0	0	0	Palas,	
La luna,	27	7	44	0	Júpiter,	0 9 56 37
Marte,	1	0	39	22	Saturno	0 10 16 2
					Urano,	No se sabe.

LECCIONES

Tiempo de las revoluciones siderales.

Mercurio,	87 ds.	23 hs.	14'	30"
Vénus,	224	16	41	27
La tierra,	365	5	48	49
Marte,	686	22	18	27
Vesta, 3 años,	66	4	0	0
Juno,	128	0	0	0
Ceres,	4	2	0	0
Palas,	4	2	0	0
Júpiter	11	10	30	0
Saturno	29	5	27	0
Urano,	83	8	39	0

Paralaxes anuales.

Mercurio,	126° 14'	Júpiter,	9 59
Vénus,	139 9	Saturno,	5 42
La luna,	27 1	Urano,	2 55
Marte,	18 6		

Inclinacion de la órbita sobre la eclíptica

Mercurio,	7° 78'	Ceres,	10 62
Vénus,	8 76	Palas,	34 60
La luna,	5 71	Júpiter,	1 46
Marte,	1 85	Saturno,	2 77
Vesta,	7 15	Urano,	0 86
Juno,	31 05		

Inclinacion del eje sobre la órbita.

El sol,	82° 50'	Vesta,	} No se sabe.
Mercurio,	"	Juno,	
Vénus,	"	Ceres,	} " " "
La tierra,	66 52	Palas,	
La luna,	88 50	Júpiter,	89 45
Marte,	61 30	Saturno,	60
		Urano,	" "

DE ASTRONOMIA.

Leguas recorridas en un segundo.

Mercurio,	635
Vénus,	485
La tierra,	412
La luna,	14 (relativamente á la tierra)
Marte,	339
Vesta,	"
Juno,	"
Ceres,	"
Palas,	"
Júpiter,	178
Saturno,	132
Urano,	93

SATELITES DE JUPITER

	DISTANCIAS MEDIAS, siendo la unidad el semi-diámetro del planeta.	DURACION de las revoluciones.	MASAS, de los satélites, tomada como unidad la masa del planeta.
Satélite 1	6.0485	1 día 7691	0,00017
Satélite 2	9.6235	3 5512	0,00023
Satélite 3	15.3502	7 1546	0,00088
Satélite 4	26.9983	16 6888	0,00043

SATELITES DE SATURNO.

	DISTANCIAS MEDIAS, considerándose como unidad el semi diámetro del planeta.	DURACION de las revoluciones.
Satélites 1	3,35	0 día 943
Satélites 2	4 30	1 370
Satélites 3	5,28	1 888
Satélites 4	6,82	2 739
Satélites 5	9,52	4 517
Satélites 6	22,08	15 945
Satélites 7	64,36	79 330

LECCIONES
SATELITES DE URANO

DISTANCIAS MEDIAS, tomándose por unidad el semi-diámetro del planeta.	DURACION DE las revoluciones.
Satélite 1	13,12
Satélite 2	17,02
Satélite 3	19,84
Satélite 4	22,75
Satélite 5	45,51
Satélite 6	91,01

LECCION VIII.

LEYES DE KEPLER.

Al tratar de los planetas nos hemos contentado con decir que describian en torno del sol curvas elípticas mas ó menos prolongadas, pero no hemos indagado los medios de determinar estas órbitas ni estudiado su naturaleza.

Todas las curvas descritas por los planetas hacen un ángulo mas ó menos abierto con el plano de la eclíptica, cortándose todas por consiguiente en dos puntos exactamente opuestos que son los nudos. La línea de los nudos es la que determina la traza del plano de la órbita sobre la eclíptica 1º.

Supongamos ahora que se halle colocado un observador en el sol; fácil le será conocer el instante preciso del tránsito del planeta por sus nudos, que se verificará cuando le vea en línea que pasa por el nudo y el centro de aquel astro. Por lo que toca al observador colocado en la tierra, esto es, fuera del centro del sistema planetario, puede saber muy bien cual es el momento del paso por los nudos, pero no puede verlos mas que cuando están opuestos constantemente uno á otro, porque la recta que los une tiene sucesivamente varias inclinaciones por efecto del movimiento del sol; sucede, no obstante algunas veces, aunque muy raras, que encontrándose el sol y la tierra en la misma línea, el planeta que se quiere observar se encuentra tambien en su prolongacion. Entonces se le ve en el mismo punto que el sol; puede fi-

1º Se llama traza de un plano, la línea que señala su interseccion con otro determinado. La línea de los nudos es pues, en otros terminos la interseccion del plano del a órbita de un astro con el plano de la eclíptica.

jarse su longitud, y basta hacer algunas observaciones semejantes para determinar si el nudo del planeta corresponde siempre á la misma longitud visto desde el sol.

Conocido el nudo, se aguarda á que el sol tenga la misma longitud que el planeta para determinar su inclinacion; entonces se logra la longitud del astro de la que se deduce la inclinacion del plano de la órbita.

Despues de adquiridos estos datos, para encontrar la naturaleza de la curva, se mide la duracion de una revolucion completa lo que se hace fijando un punto, uno de los nudos, por ejemplo, y se calcula el tiempo trascurrido entre dos pasos sucesivos del astro por el mismo tiempo.

Luego que, de esta manera, se ha averiguado la duracion del movimiento, no hay mas que determinar el movimiento angular del planeta por medio de las oposiciones y de las conjunciones.

Trazadas así las órbitas de los planetos, se encontrará:

1º Que todos los astros se mueven describiendo elipses, uno de cuyos focos está ocupado por el sol.

2º Que el movimiento es tanto mas rápido cuanto mas cerca está del sol el planeta, en terminos que el radio vector describe siempre superficies iguales en un tiempo dado.

3º Que los cuadrados de los tiempos de las revoluciones son entre si como los cubos de los ejes mayores de las órbitas.

Estas son las tres leyes de Kepler, y sirven de vase á toda la astronomía; dentro de poco veremos implícitamente contenian la ley general de la atraccion. Estas preciosas leyes se han encontrado tan exactas, que no se tiene ningun reparo en deducir de la duracion de sus revoluciones siderales las distancias de los planetas al sol; desde luego se deja ver que este cálculo de las distancias ofrece mucha exactitud, pues fácil es determinar con precision la vuelta de cada planeta aun punto del cielo, al paso que es muy difícil calcular directamente su distancia del sol.

ATRACCION UNIVERSAL.

Las leyes de Kepler, que tan gran servicio acababan de hacer á la astronomía, descubriendo las mas maravillosas relaciones los cuerpos celestes debian inducir á los ánimos á investigar las causas que los origina.

Reservado estaba este descubrimiento al génio de newton. No diremos ahora como llegó á efectuarlo reflexinando sobre la causa por la que acaba de caer una manzana á sus pies, causa que tuvo la feliz idea de extender á las masas de los astros. Tam-