ne una perforacion cilíndrica en el centro, á la que entra ajustatadamente el eje vertical de la 2ª parte, y sobre el cual verifica su movimiento giratorio. Para evitar ó disminuir por lo menos el frotamiento que tendria lugar en las superficies en contacto al girar el instrumento sobre el eje, hay un mecanismo bastante ingenioso á la vez que sencillo, y que procuraré explicar con la mayor claridad que me sea posible. El extremo del eje, al rededor del cual gira el instrumento, casi enrasa con la superficie exterior de la pieza en que está practicada la perforacion cilíndrica, terminando, además, el mismo eje en una superficie anular y convexa. Una pequeña placa triangular de acero con su abertura circular en el centro, lleva fijos tres pequeños ejes en el sentido de las bisectrices de los ángulos y en los cuales giran libremente tres rueditas de antifriccion, á distancias convenientes del centro, para que puedan apoyarse sobre la superficie anular convexa del extremo del eje, en cuya posicion, por medio de tres tornillos que entran hácia los vértices de la placa y que vienen á atornillarse en la superficie que dijimos antes enrasaba con el extremo del eje, resulta que atornillándolos suficientemente, llega un momento en que casi todo el peso de la parte movible del instrumento descansa únicamente en los tres puntos de contacto de las rueditas sobre la superficie anular convexa, evitándose, por lo mismo, el rozamiento de las superficies y facilitándose notablemente el movimiento azimutal. Esta tercera parte del instrumento está formada á la vez de dos partes distintas, una inferior y otra superior. En la primera se hallan: un anteojo para leer las graduaciones del círculo azimutal, tres anteojos con micrómetros cuyas divisiones dan segundos, y dos armaduras con tornillos de presion y de aproximacion.

La parte superior tiene la forma de una lira, y se une á la inferior por medio de cuatro tornillos: lleva el nivel fijo paralelo al círculo vertical y otros dos niveles que le son perpendiculares, colocados hácia abajo, á uno y otro lado; contiene, además, un anteojo para hacer las lecturas en el círculo vertical, dos anteojos micrométricos que tambien dan de segundo en segundo, dos porta-lámparas, uno en cada lado, y dos tubos verticales con fuertes resortes, terminando cada uno en dos rueditas de antifriccion

para que, sirviendo tambien de apoyo á los brazos del anteojo, se evite ó disminuya notablemente el frotamiento en las chumaceras. La lámpara que se pone del lado del círculo vertical tiene tres conductos para la luz; uno en el centro por donde pasan los rayos luminosos que iluminan el campo del anteojo, y los otros dos que sirven para iluminar los micrómetros. La otra lámpara envia su luz por una ingeniosa pero sencilla combinacion de prismas, á iluminar simultáneamente los tres micrómetros del círculo horizontal.

Cuarta. La última parte se compone del anteojo y el círculo vertical. Este tiene un diámetro de 0^m59, y está dividido, como el horizontal, de cinco en cinco minutos. En el ocular hay dos micrómetros, uno que mueve un hilo horizontal, y otro que trasmite su movimiento al diafragma de la retícula fija, si bien los nueve hilos conservan invariablemente sus distancias respectivas. Ya veremos en otro lugar las ventajas que resultan de esta disposicion.

Estos micrómetros tienen, además, otra mejora importante, que consiste en que las revoluciones del tornillo micrométrico se acusan en otro anillo graduado contiguo al anillo micrométrico, de manera que, mientras este da una vuelta completa, aquel solo avanza una division. El anteojo tiene una distancia focal de 0^m85, y el diámetro de su lente objetivo es de 0^m083.

La colocacion de las lámparas en los dos extremos del eje del anteojo, además de su objeto principal explicado antes, puede dar este resultado favorable: que los rayos caloríficos de las lámparas, siendo próximamente iguales en uno y otro lado, hacen que por lo menos sensiblemente se elimine el error que pudiera resultar de la desigual dilatacion del metal habiendo una sola lámpara, y que en el caso de observaciones prolongadas, pudiera tener alguna influencia en los resultados.

Las variaciones, por ejemplo, que algunas veces he notado en el nivel fijo del telescopio zenital, despues de haber observado durante un largo rato, no tienen, en mi concepto, otra explicacion que la distinta temperatura á que se halla sometido el instrumento al principio y al fin de las observaciones. El nivel montante y un anteojo colimador completan las piezas del precioso

altazimut astronómico que he procurado describir con la mayor claridad que me ha sido dable.

Despues de haber dado una idea del estado que guarda el Observatorio respecto á su construccion y de los instrumentos con que cuenta, me ocuparé de los trabajos que se han hecho durante el primer año de su instalacion; mas para que ellos puedan ser apreciados con toda justicia, puesto que podrá haber personas á quienes parezca poco lo que se ha hecho en el Observatorio, debo, para concluir esta parte de mi Memoria, hacer las siguientes aclaraciones. Las personas que conocen los trabajos astronómicos saben muy bien que una de las desventajas aparentes que tiene la astronomía es que, despues de largas observaciones, de trabajos muy pesados y de dedicacion absoluta; despues de muchos cálculos sumamente laboriosos, tanto para la preparacion de las observaciones como para llegar al resultado de estas; despues de haber formado varios legajos llenos de puros números, lo que revela la terrible aridez del estudio, y para el cual se necesitan caracteres y organizaciones especiales; despues de todo esto que solo comprende el que ha trabajado en ello, pocas líneas bastan para dar el resultado final de aquellos trabajos. Usando una expresion vulgar, diriamos que la Astronomía es uno de los ramos en que no luce el trabajo.

Por otra parte, un Observatorio como el nuestro, ó principio de Observatorio si así quiere llamársele, en que hay los dos instrumentos que he descrito, y en que se hacen, además, observaciones meteorológicas, necesita, además del Director, un personal que, por reducido que fuese, no bajaria de dos ó tres ingenieros más, que juntos con el Director se alternasen en la observacion y en el cálculo, y ayudasen además en la meteorología. Mas hasta hoy el personal ha quedado reducido al Director, un ayudante que, á la vez que se ocupa de llevar el registro de las observaciones, se ha encargado de la meteorología y presta además útiles servicios en el cálculo, y otro ayudante que, aunque encargado especialmente del telégrafo y teléfono, se ha dedicado y tambien ayuda en la meteorología hasta donde se lo permite el tiempo, por no residir en el mismo edificio.

Téngase además presente que el mismo Director del Observa-

torio ha tenido constantemente otras atenciones, como han sido las mismas obras de construccion emprendidas en Chapultepec, y últimamente la inspeccion de las obras de la Exposicion Internacional, lo que seguramente impedirá concluir la redaccion de esta Memoria á su debido tiempo, si bien todo el material lo tengo ya preparado casi por completo.

Entiéndase, además, que no es una queja la que elevo, pues por una parte siempre he tenido gusto en prestar mis servicios en todas aquellas comisiones con que el Gobierno ha tenido á bien honrarme, y por otra, al palpar las circunstancias del Erario, bien comprendo las dificultades con que la Secretaría de Fomento ha venido luchando en todos los ramos que dependen de ella. Así se comprende que debido solamente á la laboriosidad y decidido empeño del Sr. Riva Palacio, apoyado en las nobles miras y buena voluntad del Sr. Presidente, ha podido establecerse y subsistir el Observatorio Astronómico Nacional, y caminar aunque sea poco á poco, en espera de mejores tiempos para el erario.

Despues de la separacion del Sr. Riva Palacio del Ministerio, es grato consignar que el Sr. Fernandez, Oficial Mayor de la propia Secretaría, procura secundar en todas sus partes, las elevadas miras de aquel ilustre personaje.

TELESCOPIO ZENITAL.

He dado ya la descripcion de este instrumento. Voy á ocuparme ahora de la determinacion de los distintos valores que se necesita conocer en él, comenzando por el valor de una division del nivel fijo, en partes de una revolucion micrométrica, por necesitarse este elemento al determinar el valor de las divisiones del micrómetro.

Para esto me valí de un punto fijo situado á una gran distancia en una serie de observaciones, y en otra, de la retícula de un colimador segun el método de Gauss. Las diferencias que se notarán en los resultados provienen, más que de la diferencia del método, de la distinta amplitud que procuraba recorriesen los extremos de la burbuja, para variar de esta manera las condiciones de la observacion que podian resultar de la falta de completa uniformidad en la curvatura del nivel.

Número de observaciones	MICROMETRO	Nivel.		Diferencia en el		Valor de una division en parte del micrómet
		Ocular	Objetivo	Micrómetro	Nivel	
1	21r965	118.8	50.8			
	23.275	68.5	0.5	1.310	50.30	2div 64
2	22.480	69.2	2.2			
	21,590	107.0	40.2	0.890	37.90	2.35
3	18.175	113.0	46.5			
	19.000	72.2	5.8	0.825	40.75	2.02
4	22.555	68.0	1.8			
	21.308	119 0	53.0	1.247	51.10	2.44
5	21.570	117.2	51.2			
	22.700	67.0	1.0	1.130	50.20	2.25
6	22.040	63.0	1.0			
	20.627	119.2	57.2	1.413	56.20	2.51
7	21,828	65.5	3.0			
	20,825	118.0	55.0	1.003	52.25	1.92
8	22.215	54.8	117.2			
	23.190	2.8	65.8	0.975	51.70	1.89
9	18.620	81.2	13.0			
	18.110	107.0	38.9	0.510	25.85	1.97
10	18.430	106.0	37.9			
	18.950	80.8	12.6	0.520	25.25	2.06
11	18.410	107.0	39.0			
	19.028	75.0	7.0	0.618	32.00	1.93
12	21.600	82.0	14.0			
	21.025	111.5	43.9	0.575	29.70	1.93
13	21.220	105.8	38.0			
	21.800	72.8	5.0	0.580	33.00	1.76
14	21.940	69.5	2,0			
	21.008	113.0	45.6	0.932	43.55	2.14
15	20.758	118.8	51.2			
	22.160	67.5	0.2	1.402	51.15	2.74
16	22.708	62.5	0.5			
	21.262	119.0	57.0	1.446	56.50	2.56
17	21.620	107.0	45.0			
	22.265	74.9	12.9	0.645	32.10	2.01
18	21.062	107.0	45.0			
	21.695	72.8	10.8	0.633	34.20	1.85
19	21.155	102.0	40.8			
	21.640	72.6	11.2	0.485	29.50	1.64
20	23.660	70.5	9.0			
	22.915	112.0	51.0	0.745	41.75	1.79
			Promedio.....			2.12

Tenemos, pues, que el valor angular de una division del nivel equivale al de 2.12 divisiones del micrómetro. Con este dato podemos ya ocuparnos en determinar los valores micrométricos. Para esto he empleado el método que se considera como más conveniente, tratándose de un telescopio zenital, que consiste en observar una estrella circumpolar cerca de su elongacion oriental ú occidental, en distintas posiciones del hilo micrométrico. La

-176-
FACULTAD DE INGENIERIA

estrella que me ha servido en esta operacion fué δ Ursae Minoris, habiendo comenzado por calcular su ángulo horario y distancia zenital en el momento de su elongacion por las fórmulas siguientes:

$$\cos h = \cot \delta \tan \varphi \qquad \cos z = \frac{\operatorname{sen} \phi}{\operatorname{sen} \delta}$$

Conocido el ángulo horario h, se viene en conocimiento del tiempo cronométrico que, con la distancia zenital z_0, proporciona lo bastante para prepararse á la observacion. Esta fué hecha el 1° de Junio de 1878, para cuyo dia siendo $\alpha = 18^h\ 11^m\ 49^s\ 86$, y... $\delta = +\ 86°\ 36'\ 18''\ 2$, obtuve despues de haber aplicado las fórmulas anteriores, que la hora del péndulo que llamaré T_0 en el momento de la elongacion, debia ser $12^h\ 16^m\ 31^s$, y la distancia zenital de la estrella en ese instante T_0, resultó ser de. . . . . $70°\ 32'\ 35'' = z_0$

En el anteojo zenital que vengo considerando, el hilo micrométrico corresponde próximamente al centro óptico del anteojo en la indicacion 20 del peine, comenzando la numeracion de arriba hácia abajo.

Puse, por consiguiente, el hilo en una indicacion superior que fué la 28 y terminé en la 9, moviendo el hilo por revoluciones completas y de una en una, y observando la estrella en sus tránsitos respectivos por él.

Las fórmulas y el método que he empleado para deducir el valor angular de una revolucion del tornillo micrométrico, son los mismos que trae Chauvenet en su tratado de astronomía esféririca y práctica. Con la fórmula:

$$z - z_0 = \pm \operatorname{sen} (T - T_0) \frac{\cos \delta}{\operatorname{sen} 1''}$$

en que z es la distancia zenital de la estrella en el momento T de un tránsito observado, he formado la siguiente tabla, en la cual no aparecen las indicaciones del nivel, por haber permanecido este constante en todo el tiempo que duraron las observaciones.

Núm. de observaciones	Micrómetro	T	$T-T_0$	$Z-Z_0$
1	28	$12^h\ 9^m 8^s\ 8$	$-7^m 22.2$	+392.73
2	27	„ 10. 3.0	—6.28.0	344.60
3	26	„ 10. 59.7	—5.31.3	294.22
4	25	„ 11. 55.0	—4.36.0	245.14
5	24	„ 12. 51.5	—3.39.5	194.93
6	23	„ 13. 47.5	—2.43.5	145.20
7	22	„ 14. 42.2	—1.48.8	96.64
8	21	„ 15. 35.5	—0.55.5	49.27
9	20	„ 16. 30.2	—0.00.8	+ 0.71
10	19	„ 17. 24.1	+0.53.1	— 47.13
11	18	„ 18. 20.0	+1.49.0	— 96.82
12	17	„ 19. 13.5	+2.42.5	—144.31
13	16	„ 20. 8.0	+3.37.0	—192.75
14	15	„ 21. 2.8	+4.31.8	—241.42
15	14	„ 21. 56.7	+5.25.7	—289.26
16	13	„ 22. 51.5	6.20.5	337.91
17	12	„ 23. 44.7	7.13.7	385.15
18	11	„ 24. 41.2	8.10.2	438.89
19	10	„ 25. 34.2	9.03.2	482.38
20	9	„ 26. 29.2	+9.58.2	—531.19

Si además de las letras explicadas, designamos por M_0 la lectura del micrómetro correspondiente al tiempo T_0, suponiendo nula la correccion del nivel; por M la que corresponde á una observacion dada, y en que la correccion ó desviacion del nivel es L; por R el valor de una revolucion del tornillo micrométrico, y por d el valor de una division del nivel expresado en fraccion de una revolucion del micrómetro, se tiene fácilmente para una observacion dada:

$$Z = Z_0 + (M_0 - M)\,R - L\,R\,d$$

Para otra observacion se tendrá:

$$Z' = Z_0' + (M_0 - M')\,R - L'\,R\,d$$

de donde

$$R = \frac{(Z - Z_0) - (Z' - Z_0)}{M' - M + (L' - L)\,d}$$

Mas como en nuestro caso el nivel no varió, resulta nulo el último término del denominador. Comparando entonces la 1ª observacion con la 11, la 2ª con la 12, y así sucesivamente, podremos formar otra tabla con los distintos valores del numerador que

para simplificar llamaremos Z — Z′, valores que, divididos por la cantidad constante

$$M' - M = 1 - 1\ 1 = 12 - 2\ \& = 10$$

darán otros tantos valores para R.

Observs. comparads.	Z — Z′	R.	v	v²
1 y 11	489″55	48″955	+ 0.391	0.1529
2 y 12	488.91	48.891	+ 0.327	0.1069
3 y 13	486.97	48.697	+ 0.133	0.0177
4 y 14	486.56	48.656	+ 0.092	0.0084
5 y 15	484.19	48.419	— 0.145	0.0210
6 y 16	483.11	48.311	— 0.253	0.0640
7 y 17	481.79	48.179	— 0.385	0.1482
8 y 18	488.16	48.816	— 0.252	0.0635
9 y 19	483.09	48.309	— 0.255	0.0650
10 y 20	484.06	48.406	— 0.158	0.0249
	Promedio.	48″564	Suma.	0.6725

Con la suma de los cuadrados de las diferencias entre cada resultado y el promedio de todos ellos, se obtiene un error probable.

$$R = 0.6745 \sqrt{\frac{0.672}{10 \times 9}} = 0.058$$

Para hacer la correccion por refraccion, se debe restar del valor medio de R la cantidad R △ r, en que △ r es la variacion de la refraccion por 1′ á la distancia zenital Z_0, expresando á R en minutos. Para una distancia zenital $Z_0 = 70° 32'$, △ r = 0.150; de donde

$$R \triangle r = 0.150 \times \frac{48''.6}{60} = 0''\ 121$$

Por consiguiente

$$R = 48''\ 564 - 0''\ 121 = 48''\ 443$$

Obtenido el valor de una revolucion del micrómetro, ó bien el de una de sus divisiones centesimales, que será, por lo mismo, 0″ 484.43, y habiendo obtenido antes 2.12 divisiones del micrómetro para el valor de una division del nivel, resulta por último que el valor de cada una de estas es de 1″ 03.

ALTAZIMUT.

En este instrumento tenemos que determinar el valor de una revolucion en cada micrómetro del ocular, el valor angular de una division tanto del nivel fijo como del montante, los intervalos ecuatoriales de los hilos y el error de colimacion. Comenzaré por el nivel fijo paralelo al círculo vertical. El método que he empleado es el que consiste en hacer recorrer la burbuja un cierto número de divisiones, visando un punto hácia el horizonte á una distancia considerable y haciendo la lectura de los micrómetros del círculo vertical en las dos coincidencias establecidas en cada una de las dos posiciones distintas del nivel. Hice varias observaciones variando el número de divisiones rocorridas, así como tambien el punto de mira, habiendo quedado este la primera vez como á cinco leguas de distancia, y la segunda como á tres leguas. Voy á poner solamente los resultados de dos observaciones, por ser su promedio enteramente igual al que resultó de todas las hechas.