



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

---

# GRAVEDAD RELATIVA

ENTRE

LA PLATA (Observatorio Nacional) y PÁDUA (R. Observatorio)

RELACION

DEL

DOCTOR ALBERTO ALESSIO



LA PLATA

Talleres: «La Popular», calle 8 esquina 46

1905

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

---

# GRAVEDAD RELATIVA

ENTRE

LA PLATA (Observatorio Nacional) y PÁDUA (R. Observatorio)

---

## RELACION

DEL

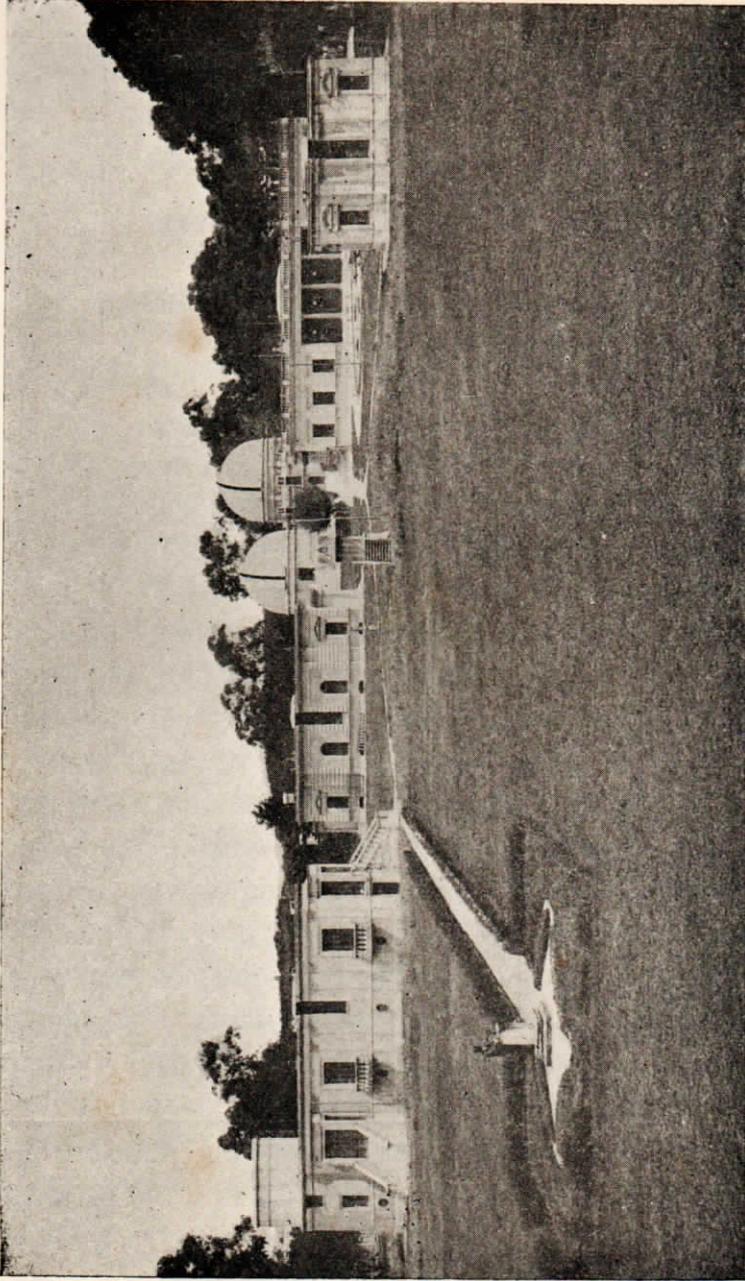
DOCTOR ALBERTO ALESSIO



LA PLATA

Talleres: «La Popular», calle 8 esquina 46

1905



Observatorio Astronómico Nacional de La Plata

## PREFACIO

---

Creado el Observatorio por el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires y confiado á la competente dirección del ex-director del Observatorio de Toulon, Mr. Francisco Beuf, no tardó aquél en experimentar también los efectos de la crisis económica que durante una serie de años pesara sobre las finanzas provinciales, causa por la cual llevó una existencia precaria en grado creciente á tal punto, que en 1900, un año después del fallecimiento de su director, por carencia casi absoluta de personal y de recursos, cesó también de aparecer el *Anuario* astronómico y meteorológico que, á estilo del «*Annuaire du Bureau des Longitudes*» había adquirido, por su carácter eminentemente práctico, bastante difusión en la República. Por suerte para el porvenir del Observatorio, aunque no sin grandes esfuerzos, pudo salvarse de la destrucción segura todo el grandioso instrumental, que si bien incompleto en su mayor parte desde su instalación, conservóse, no obstante, en perfec-

to estado hasta el 1° de Enero del corriente año, en que una era de reparación y de progreso debía iniciarse, al hacerse cargo de tan valioso establecimiento científico el Superior Gobierno de la Nación.

El 25 de Junio del corriente año, esto es, pocos meses después de haber entrado á depender dicho instituto del Gobierno Federal, precisamente cuando aún no podían ser apreciables los efectos benéficos de tal cambio de dependencia, presentóse á esta dirección el doctor Alberto Alessio, distinguido oficial de la marina italiana, quien, desembarcado ese mismo día del crucero «Calabria» á cuyo bordo venía el príncipe Fernando de Saboya, nos manifestó el deseo de efectuar en el Observatorio algunas determinaciones de *gravedad relativa* y *declinación magnética*. Inmediatamente fué puesto á disposición del distinguido hombre de ciencia el pabellón destinado para sótano magnético y que aún permanece sin la dotación correspondiente de instrumentos, ofreciéndosele además, todos los elementos de que hasta entonces el Observatorio podía disponer, incluso el escaso y aún bisoño personal.

De modesta apariencia y de carácter afable y franco á la vez, el doctor Alessio, de cuya atrayente conversación colegíase inmediatamente sus profundos conocimientos científicos, accedió amablemente á nuestro pedido de dar al joven y novicio personal del Observatorio una conferencia

sobre el importante tema objeto primordial de sus trabajos; y, en efecto, después de instalar los aparatos que el mismo laborioso marino había traído consigo, con palabra fácil y amena, cautivó por espacio de dos horas que transcurrieron fugaces, la atención del corto auditorio, que congregado en el piso bajo del sótano iluminado apenas con el débil resplandor de algunas velas estearinas que debían usarse durante la operación científica, escuchó con interés, casi diríamos mejor con entusiasmo creciente, la instructiva á la vez que amena conversación del erudito geodeta.

En los cortos intervalos de descanso, durante su engorrosa y delicada labor, no nos dejó de manifestar su sincera admiración por nuestro Observatorio, así como su satisfacción por haber entrado este establecimiento en una era nueva de actividad, como parte integrante de la Universidad recientemente creada bajo los auspicios del Gobierno de la Nación.

Desde San Francisco de California, el doctor Alessio ha tenido la gentileza, que agradecemos efusivamente, de enviarnos por intermedio de su superior jerárquico, el conde Marengo di Moriondo, comandante del crucero «Calabria», los manuscritos conteniendo la presente relación; y desde Honolulu, otros, referentes á la declinación magnética efectuada en este Observatorio, y que, traducidos al español, fueron ambos trabajos mandados publicar, por orden del Exmo. señor Minis-

tro de Justicia é Instrucción Pública, doctor Joaquín V. González.

Al cerrar estas líneas, ha de sernos permitido enviar nuevamente un saludo cordial y entusiasta á los ilustrados marinos del «Calabria», quienes acompañando al joven príncipe de Udine, al Exmo. señor Ministro de Italia, conde Bottaro Costa y al señor comandante del crucero, dignáronse honrarnos con una visita al Observatorio, antes de continuar su gira científica de circunnavegación.

Al distinguido marino doctor Alberto Alessio, quien con su talento y rara laboriosidad puestos al servicio de la ciencia, hace honor á la armada de su país, conquistando al mismo tiempo la admiración y el respeto del mundo científico, y al cual, — lo declaramos con orgullo — nos liga desde luego un lazo indisoluble de amistad, augurámosle el más completo éxito en su árdua y delicada labor, que deberá completar, como él declara, recién á su vuelta á la patria después de más de dos años de navegación al rededor del mundo; y plácenos reiterarle aquí nuestro más profundo agradecimiento, por el positivo servicio que directamente ha prestado á esta institución.

VIRGILIO RAFFINETTI.



El 15 de Enero de 1905 fué alistada en Venecia la real nave Calabria, la cual, llevando á bordo á S. A. R. Fernando de Saboia, príncipe de Udine, debfa emprender, con objeto de instrucción, bajo el mando del capitán de fragata conde Enrique Marengo di Moriondo, un viaje de circunnavegación: destinado como oficial de derrota á formar parte del estado mayor de la nave, con el apoyo del director del R. Instituto Geográfico (capitán de navío Pascual Leonardi Cattolica primero, y capitán de navío Juan Boet más tarde), obtuve del Ministerio de Marina la autorización de llevar en esa larga é interesante campaña, un conjunto de instrumentos científicos, mediante el cual fuera posible cumplir todo un programa de importantes determinaciones científicas como las de gravedad relativa, de magnetismo terrestre, de densidad y temperatura del agua del mar, etc.

En cumplimiento del programa científico expuesto, apenas atracado nuestro buque en la dársena norte del puerto de Buenos Aires el 25 de Junio de 1905, fué enviado por el comandante Marengo á La Plata, con objeto de averiguar si en

el importante y rico observatorio de aquella ciudad hubiese podido ejecutar la determinación de gravedad relativa, y eventualmente la de magnetismo también. No tuve más que presentarme al profesor Virgilio Raffinetti, subdirector del instituto, para quedar inmediatamente convencido de que en la amplia y cortés hospitalidad del Observatorio de La Plata habría encontrado no solamente los locales é instrumentos necesarios, sinó también preciosa ayuda y cooperación eficaz, abrigando desde luego el convencimiento de que mis labores serían coronadas del más completo éxito. Así fué, en efecto: y hoy yo no hallo palabras adecuadas para expresar mi más profundo agradecimiento al profesor Raffinetti, augurando que la Nación Argentina, bien convencida de que las conquistas científicas son las que más honran á los pueblos civilizados, le preste la ayuda material y de personal que ha menester para desarrollar, paralelamente á los adelantos siempre crecientes de la ciencia, la gran obra de progreso á que tiene derecho de aspirar aquel grandioso establecimiento, destinado á honrar á la nación que lo posée. Públicas y vivísimas gracias doy también al secretario del Observatorio, señor Gregorio Cánepa, al fotógrafo don Martín Zamora, á los asistentes señores Walker Campbell y Félix Aguilar, y al conservador de instrumentos don Antonio Francesconi.

El local elegido para la determinación de gra-

vedad fué el sótano magnético, que á la sazón no contenía aún ningún instrumento; el pavimento de cemento sobre el cual fué fijado, también con cemento de presa rápida, el soporte de cobre de mi aparato tripendular, se encuentra próximamente á cinco metros de profundidad debajo del suelo del jardín del observatorio. Las coordenadas del dicho aparato tripendular respecto al anteojo de pasajes del oeste, resultaron:  $\Delta \varphi = -3''$ ,  $\Delta \lambda = +3'' = +0^s 2$ ; siendo las coordenadas geográficas del susodicho anteojo de pasajes, según comunicaciones del profesor Raffinetti. (\*)

$$\begin{aligned}\varphi &= -34^{\circ}54'30'' \\ \lambda &= 3^h 51^m 45^s 0, (W. G.)\end{aligned}$$

Las coordenadas de la estación de gravedad son:

$$\begin{aligned}\varphi &= 34^{\circ}54'33'' (S.) \\ \lambda &= 3^h 51^m 44^s,8 (W. G.)\end{aligned}$$

Debido á la gentil intervención del señor Arturo Bello, quien por encargo del Departamento de Ingenieros de La Plata ejecutó una nivelación

---

(\*) La longitud, en el anteojo de pasajes, fué determinada en 1902 por el mismo profesor Raffinetti, cuya relación fué publicada bajo el título de «Diferencia de longitud entre los observatorios de Córdoba y La Plata.—Taller de publicaciones del Museo, La Plata, 1904».

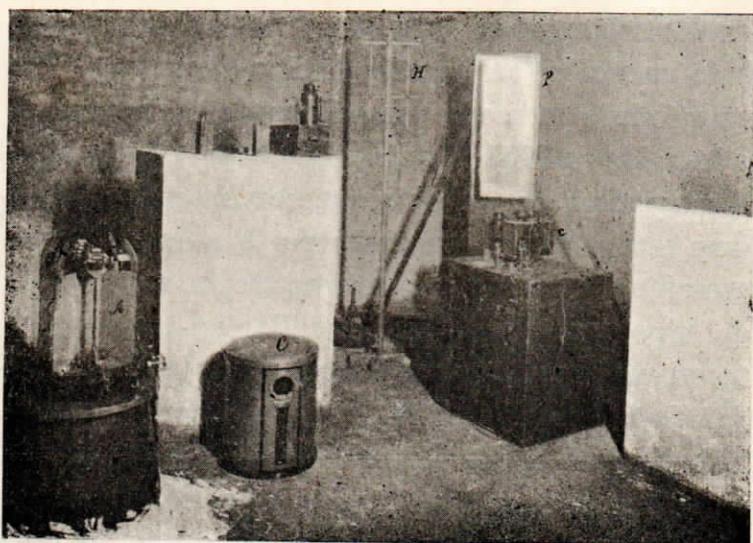
entre el Observatorio y una cota conocida, fué determinada exactamente la altura de las masas oscilantes de los péndulos del aparato tripendular respecto del nivel medio de las aguas del Río de la Plata en el puerto de la Ensenada (que en el presente caso puede considerarse sin daño apreciable, como coincidiendo con el nivel medio del mar); la altura citada resultó:

$$h=11, \text{mts.}20$$

En conjunto, el local presentaba las mejores garantías para obtener una gran constancia de temperatura y humedad del aire, lo que fué confirmado por los hechos, como puede verse por los datos que más adelante se consigna.

En este local, apenas llegado al Observatorio con mis instrumentos, hacia la tarde del 26 de Junio, en el ángulo más distante de la puerta de ingreso, empecé el aparato tripendular, y luego, en posiciones convenientes, establecí los demás instrumentos accesorios, tales como el *relais* de las coincidencias, el péndulo *Strasser* y *Rohde*, un barómetro de mercurio (del Observatorio de La Plata, comparado previamente con el patrón), y un psicrómetro. Debiendo referir mis observaciones al péndulo Regulador del Observatorio, empecé en la misma pieza de dicho

regulador mi óptimo cronógrafo Cavignato, y sirviéndome de pilas secas sistema Olbach, extendí circuitos eléctricos, mediante los cuales pude hacer funcionar el *relais* de las coincidencias con el péndulo *Strasser* y *Rohde* y tomar comparaciones cronográficas entre este último péndulo y el regulador.



P = péndulo *Strasser* y *Rohde* — A = aparato tripendular —  
C = campana — H = psicrómetro — e = *relais*.

Para la descripción de todos los instrumentos usados por mí en esta determinación de gravedad, como así para el método general seguido en las observaciones, indicaré á los estudiosos mis Relaciones: «Sulla determinazione delle costanti del'apparato tripendolare per le misure di gra-

vita relativa, poseído dal R. Instituto Hidrográfico, eseguito dal R. Osservatorio di Padova (1903-1904)». «Sulla determinazione della gravità relativa fra Padova e Genova» e «Sulla determinazione della gravità relativa fra Padova e Venezia» publicadas en el volumen IV de los Anales del R. Instituto Hidrográfico (Génova). Solamente del péndulo *Strasser* y *Rohde*, que usé en La Plata como péndulo de coincidencias, no hice mención en aquellas relaciones. Es este un péndulo de medios segundos, de acero-niquel, adquirido en 1904 por el R. Instituto Hidrográfico á propuesta de su director, comandante Cattolica; este péndulo, sea en su parte esencial como también por la importantísima de su montaje, es del tipo usado por el doctor Hecker en sus determinaciones de gravedad relativa efectuadas en Río Janeiro, Lisboa y Madrid (\*). Apenas llegado á Italia este péndulo, hacia fines de 1904, fué armado y puesto en observación en el Observatorio de Pádua; el experimento duró poco tiempo, porque tuve que embarcar el instrumento sobre el Calabria y así no pude formar un juicio definitivo sobre la bondad de su funcionamiento. De dicho péndulo me he servido también en una determinación de gravedad relativa que efectué

---

(\*) Ver: «Bestimmung Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozean, sowie in Rio de Janeiro, Lissabon und Madrid.— Von O. Hecker (Veröffentlichung des Königl. preussischen geodatischen Instituters.— Neue Folge Núm. 11, Stankiewicz, Berlin 1903.»

durante los meses de Abril y Mayo del presente año en Kingston (Jamaica), y en otras recientemente ejecutadas en Callao (Perú) y en Mar Island (California); reservándome de pronunciar á su tiempo un juicio definitivo, creo poder afirmar desde luego que este péndulo no mantiene en general una marcha diurna constante, aún encontrándose en un ambiente á temperatura y humedad atmosférica constantes, —pero en cambio, las variaciones de marcha son bastante regulares, á tal punto de poder excluirse el temor de *saltos* durante las observaciones de coincidencias; en tal virtud, cuando al servirse de este aparato como péndulo de coincidencias, sea posible para cada grupo de observaciones determinar su marcha diurna mediante comparaciones con un regulador, su bondad, medida por los efectos que puede producir sobre los resultados de una determinación de gravedad relativa, nada deja que desear. De que la presente afirmación no está lejos de la verdad, al menos en el presente caso, podemos convencernos por una simple inspección á los datos de observación expuestos más adelante.

Como fuentes de luz para la iluminación del local y de los instrumentos, hice uso de lámparas de aceite y velas estearinas.

El día 26 de Junio, como ya dejo dicho, coloqué en estación todos los instrumentos y preparé además el aparato tripendular, emplazando los diversos péndulos para poder comenzar la deter-

minación de la flexión del soporte hasta la madrugada del día siguiente: principié desde ese día á mantener en observación el péndulo *Strasser* y *Rohde*, con el fin de reducir á expresión mínima su marcha diurna respecto al tiempo sideral. Es por tal razón, y más aún para dejar tiempo al péndulo de aclimatarse bien al ambiente, que en las determinaciones de gravedad relativa tengo por sistema ponerle en movimiento cuanto antes, retardando cuanto sea posible las observaciones de coincidencias, anteponiendo en todo caso á éstas, la determinación de la flexión del soporte. Esto último ejecuté en La Plata en días 27 y 28, sirviéndome de los péndulos 34 y 35, suspendidos el primero en el plano A, el segundo en el plano C: (\*) sea para determinar la flexión correspondiente á los planos A y C, como para la correspondiente al plano B (con el aparato tripendular vuelto de 90°) ejecuté ocho series de cinco determinaciones cada una, adoptando en ambos casos como péndulo motor para cuatro series el péndulo 34 y para las otras cuatro el péndulo 35.

En los días 29 y 30 de Junio y 1 y 2 de Julio ejecuté las observaciones de coincidencias: el orden de las operaciones fué el siguiente: apenas hube bajado al local de las observaciones de gra-

---

(\*) Hago uso por brevedad de las mismas notaciones y símbolos de que me he servido en mis ya citadas «Relaciones» y, por ser éstas del dominio del público estudioso, me ahorro de repetir aquí su significado.

vedad á las 6 a. m. daba 24 horas de cuerda al péndulo *Strasser y Rohde*, (\*) mojaba luego el termómetro húmedo del psicrómetro, esperaba algunos minutos, me ponía en comunicación con el cronógrafo Cavignato y, con la ayuda del conservador de instrumentos don Antonio Francesconi, ejecutaba la comparación entre el péndulo *Strasser* y el regulador del Observatorio—tomaba la observación de las coincidencias para los tres péndulos en el orden A, B, C, observando para cada péndulo un grupo de 12 coincidencias al principio y otro grupo de 12 al final, de modo que el intervalo comprendido entre dos coincidencias correspondientes fuese 72 c; seguía en todas las operaciones los sistemas y advertencias descritas en las relaciones ya citadas, no sin adoptar previamente aquellas modificaciones y mejoras que la larga práctica y el conocimiento más profundo del instrumento me han sugerido ser de utilidad para mejor asegurar el buen resultado del trabajo.

Observados los péndulos A, B, y C, tomaba una nueva comparación entre el péndulo de las coincidencias y el regulador, é inmediatamente después

---

(\*) Según lo que ha sido observado por otros operadores que se han servido de este tipo de instrumentos (en particular el profesor Borrass que trata de ello en su «Bestimmung der Pöhlue und der Intensität Schwerkraft von Arkona bis Elsterwerda—Stankiewicz, Berlín 1902») la marcha de mi péndulo *Strasser y Rohde* podía depender de un modo sensible de la *edad de la cuerda*: para sustraerme á esta posible causa de variaciones (sobre la cual aún no he recojido suficientes elementos de juicio) adopté la precaución de dar la cuerda cada 24 horas, llevando cada vez el peso motor á la misma posición.

volvía á observar los mismos péndulos pero en el orden C, B, A, tomaba una nueva comparación, y luego, acompañado siempre por don Antonio Francesconi, en cuya persona encontré un ayudante de diligencia y habilidad superiores á todo elogio, preparaba el aparato tripendular para una nueva disposición de los péndulos, esto es, para la que resultaba girando de 180° alrededor de su propio eje vertical, los péndulos ya observados en la misma mañana—abandonaba el local por dos horas próximamente, y luego, hacia las 2 p. m., reanudaba el trabajo observando la nueva disposición de los péndulos, empleando las mismas prácticas de la mañana—hacia la noche, antes de abandonar el local, preparaba el aparato tripendular con la disposición en que debía observarle hacia la mañana del día siguiente.

Las ocho disposiciones de los péndulos mediante las cuales cada uno de éstos va á ser suspendido una vez respectivamente en cada uno de los tres planos A, B, C, de manera á ocupar en cada plano ambas posiciones que podemos llamar conjugadas, fueron observadas en el orden que resulta en la siguiente tabla, en la cual se hallan expuestos también los datos recojidos en las observaciones de coincidencias y las reducciones á aplicarse á los valores observados de las duraciones de oscilación de los péndulos.

Para poder consignar en seguida el grado de precisión de mi determinación, ha menester que

# TABLA DE LOS DATOS DE OBSERVACIONES

LA PLATA — JUNIO

Nº de orden	Fecha 1905	Número y disposición de los péndulos	Instante medio de las observaciones		Altura barométrica reducida a 0°	Tensión del vapor	Humedad relativa	Temperatura del péndulo	Densidad del aire	Amplitud	Marcha diaria del péndulo de las coincidencias.	observaciones
			En tiempo medio civil de Córdoba	En tiempo del péndulo de las coincidencias.								
1	29 Junio	A 32 D	6 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	19 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	752.8	10.2	89	13°07	0.940	12.3	— 3.40	32-38
2	»	B 33 A	7 41	19 53	753.0	10.2	89	13.14	0.940	12.3	— 3.40	32 31.
3	»	C 34 D	8 27	20 39	753.2	10.3	89	13.17	0.941	12.9	— 3.40	32 52.
4	»	C 34 D	9 17	21 29	753.2	10.4	90	13.20	0.940	12.3	— 3.40	32 52.
5	»	B 33 A	10 6	22 18	753.5	10.5	90	13.21	0.941	12.0	— 3.40	32 30.
6	»	A 32 D	10 54	23 6	753.7	10.6	90	13.22	0.941	12.6	— 3.40	32 37.
7	»	A 32 B	14 31	2 44	752.7	10.5	91	13.41	0.939	12.3	— 3.71	32 36.
8	»	B 33 C	15 16	3 29	752.7	10.5	90	13.40	0.939	12.3	— 3.71	32 30.
9	»	C 34 B	16 0	4 13	752.9	10.5	90	13.41	0.939	12.6	— 3.71	32 52.
10	»	C 34 B	16 47	5 0	752.9	10.6	89	13.42	0.939	12.6	— 3.71	32 52.
11	»	B 33 C	17 32	5 45	753.4	10.6	89	13.41	0.940	12.6	— 3.71	32 30.
12	»	A 32 B	18 16	6 29	754.0	10.6	88	13.40	0.941	12.6	— 3.71	32 36.
13	30	A 33 D	6 38	18 54	756.1	10.2	91	13.22	0.944	12.3	— 3.70	32 31.
14	»	B 34 A	7 23	19 39	756.2	10.3	91	13.22	0.944	12.3	— 3.70	32 52.
15	»	C 35 D	8 7	20 23	756.4	10.3	91	13.22	0.944	12.3	— 3.70	32 15.
16	»	C 35 D	8 53	21 9	757.2	10.4	91	13.22	0.945	12.3	— 3.70	32 15.
17	»	B 34 A	9 35	21 51	757.3	10.4	91	13.21	0.946	12.6	— 3.70	32 51.
18	»	A 33 D	10 18	22 34	757.2	10.5	91	13.20	0.945	12.6	— 3.70	32 30.
19	»	A 33 B	13 51	2 8	758.0	10.0	88	13.22	0.947	12.3	— 3.73	32 30.
20	»	B 34 C	14 35	2 52	757.4	10.0	87	13.21	0.946	12.3	— 3.73	32 51.
21	»	C 35 B	15 19	3 36	757.3	10.0	87	13.19	0.946	12.3	— 3.73	32 15.
22	»	C 35 B	16 2	4 19	757.2	10.1	86	13.17	0.946	12.0	— 3.73	32 15.
23	»	B 34 C	16 46	5 3	757.7	10.1	86	13.17	0.946	12.6	— 3.73	32 51.
24	»	A 33 B	17 31	5 48	758.3	10.1	85	13.14	0.947	12.0	— 3.73	32 30.
25	1º Julio	A 34 D	6 36	18 56	763.3	9.0	85	12.34	0.957	12.3	— 4.15	32 53.
26	»	B 35 A	7 21	19 41	763.3	9.2	85	12.30	0.957	12.3	— 4.15	32 15.
27	»	C 32 D	8 5	20 25	763.7	9.3	85	12.29	0.957	12.3	— 4.15	32 36.
28	»	C 32 D	8 48	21 8	763.9	9.4	86	12.32	0.957	12.3	— 4.15	32 37.
29	»	B 35 A	9 31	21 51	764.2	9.5	86	12.34	0.957	12.6	— 4.15	32 15.
30	»	A 34 D	10 14	22 34	764.6	9.7	86	12.35	0.958	12.6	— 4.15	32 52.
31	»	A 34 B	13 41	2 2	764.6	9.3	87	12.45	0.958	12.6	— 4.05	32 53.
32	»	B 35 C	14 24	2 45	764.8	9.4	87	12.43	0.958	12.6	— 4.05	32 15.
33	»	C 32 B	15 8	3 29	765.0	9.4	87	12.43	0.958	12.6	— 4.05	32 36.
34	»	C 32 B	15 50	4 11	765.3	9.5	87	12.43	0.958	12.3	— 4.05	32 36.
35	»	B 35 C	16 33	4 54	765.7	9.5	87	12.42	0.959	12.3	— 4.05	32 14.
36	»	A 34 B	17 17	5 38	766.1	9.6	87	12.42	0.960	12.6	— 4.05	32 52.
37	2	A 35 D	6 23	18 47	768.0	9.6	89	12.47	0.962	12.0	— 4.63	32 15.
38	»	B 32 A	7 6	19 30	768.3	9.6	89	12.48	0.962	12.3	— 4.63	32 35.
39	»	C 33 D	7 50	20 14	768.6	9.6	88	12.50	0.962	12.3	— 4.63	32 30.
40	»	C 33 D	8 32	20 56	769.0	9.7	88	12.53	0.963	12.3	— 4.63	32 30.
41	»	B 32 A	9 15	21 39	769.2	9.7	87	12.55	0.963	12.6	— 4.63	32 35.
42	»	A 35 D	9 59	22 23	769.3	9.7	87	12.56	0.963	12.3	— 4.63	32 15.
43	»	A 35 B	13 2	1 27	767.4	9.6	89	12.74	0.960	12.3	— 4.89	32 15.
44	»	B 32 C	13 45	2 10	767.0	9.6	89	12.73	0.960	12.6	— 4.89	32 35.
45	»	C 33 B	14 28	2 53	766.8	9.7	89	12.73	0.959	12.3	— 4.89	32 29.
46	»	C 33 B	15 10	3 35	766.7	9.7	88	12.70	0.959	12.3	— 4.89	32 29.
47	»	B 32 C	15 55	4 20	766.7	9.8	88	12.69	0.959	12.3	— 4.89	32 34.
48	»	A 35 B	16 38	5 3	766.7	9.8	88	12.69	0.959	12.3	— 4.89	32 14.

# OBSERVACION Y DE CALCULOS

JUNIO-JULIO 1905

72 c observadas	c observadas	s observadas	Reducciones ( $\times 10^3$ )						S
			A segundos de tiempo sideral.	A segundos de tiempo medio	A la ampli- tud infini- simal.	Al vacio	A la tem- peratura de 0°.	A soporte rigido	
32 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> 90	27 <sup>s</sup> 20 <sup>69</sup>	0°5093609	- 200	- 13907	- 4	- 652	- 577	-74	0.507 8195
32 31.74	27.1075	0.5093958	- 200	- 13908	- 4	- 617	- 591	-85	0.507 8553
32 52.91	27.4015	0.5092932	- 200	- 13905	- 4	- 651	- 590	-74	0.507 7508
32 52.58	27.3969	0.5092948	- 200	- 13905	- 4	- 650	- 592	-74	0.507 7523
32 30.48	27.0900	0.5094020	- 200	- 13908	- 4	- 617	- 594	-85	0.507 8612
32 37.10	27.1819	0.5093696	- 200	- 13907	- 4	- 653	- 584	-74	0.507 8274
32 36.88	27.1789	0.5093707	- 219	- 13907	- 4	- 652	- 593	-74	0.507 8258
32 30.61	27.0918	0.5094014	- 219	- 13908	- 4	- 616	- 603	-85	0.507 8579
32 52.70	27.3986	0.5092942	- 219	- 13905	- 4	- 650	- 601	-74	0.507 7489
32 52.63	27.3976	0.5092945	- 219	- 13905	- 4	- 650	- 602	-74	0.507 7491
32 30.33	27.0879	0.5094028	- 219	- 13908	- 4	- 617	- 603	-85	0.507 8592
32 36.70	27.1764	0.5093716	- 219	- 13907	- 4	- 653	- 592	-74	0.507 8267
32 31.46	27.1036	0.5093972	- 218	- 13908	- 4	- 619	- 594	-74	0.507 8555
32 52.12	27.3906	0.5092969	- 218	- 13905	- 4	- 653	- 592	-85	0.507 7512
32 15.78	26.8859	0.5094748	- 218	- 13910	- 4	- 655	- 568	-74	0.507 9319
32 15.74	26.8853	0.5094750	- 218	- 13910	- 4	- 656	- 568	-74	0.507 9320
32 51.51	27.3821	0.5092999	- 218	- 13905	- 4	- 655	- 592	-85	0.507 7540
32 30.36	27.0883	0.5094026	- 218	- 13908	- 4	- 620	- 594	-74	0.507 8608
32 30.58	27.0914	0.5094015	- 220	- 13908	- 4	- 621	- 595	-74	0.507 8593
32 51.69	27.3846	0.5092990	- 220	- 13905	- 4	- 655	- 592	-85	0.507 7529
32 15.35	26.8799	0.5094769	- 220	- 13910	- 4	- 657	- 567	-74	0.507 9337
32 15.55	26.8827	0.5094759	- 220	- 13910	- 4	- 657	- 566	-74	0.507 9328
32 51.77	27.3857	0.5092986	- 220	- 13905	- 4	- 655	- 590	-85	0.507 7527
32 30.44	27.0894	0.5094022	- 220	- 13908	- 4	- 621	- 591	-74	0.507 8604
32 53.12	27.4044	0.5092922	- 244	- 13905	- 4	- 662	- 553	-74	0.507 7480
32 15.32	26.8794	0.5094771	- 244	- 13910	- 4	- 664	- 529	-85	0.507 9335
32 36.81	27.1779	0.5093711	- 244	- 13907	- 4	- 664	- 543	-74	0.507 8275
32 37.08	27.1817	0.5093697	- 244	- 13907	- 4	- 664	- 545	-74	0.507 8259
32 15.15	26.8771	0.5094779	- 244	- 13910	- 4	- 664	- 531	-85	0.507 9341
32 52.81	27.4001	0.5092936	- 244	- 13905	- 4	- 663	- 554	-74	0.507 7492
32 53.16	27.4050	0.5092920	- 239	- 13905	- 4	- 663	- 558	-74	0.507 7477
32 15.12	26.8767	0.5094781	- 239	- 13910	- 4	- 665	- 534	-85	0.507 9344
32 36.61	27.1751	0.5093720	- 239	- 13907	- 4	- 665	- 549	-74	0.507 8282
32 36.79	27.1776	0.5093712	- 239	- 13907	- 4	- 665	- 549	-74	0.507 8274
32 14.98	26.8747	0.5094788	- 239	- 13910	- 4	- 666	- 534	-85	0.507 9350
32 52.68	27.3983	0.5092943	- 239	- 13905	- 4	- 664	- 557	-74	0.507 7500
32 15.72	26.8850	0.5094751	- 273	- 13910	- 4	- 668	- 536	-74	0.507 9286
32 35.60	27.1611	0.5093770	- 273	- 13907	- 4	- 668	- 552	-85	0.507 8281
32 30.18	27.0858	0.5094035	- 273	- 13908	- 4	- 631	- 562	-74	0.507 8583
32 30.04	27.0839	0.5094042	- 273	- 13908	- 4	- 632	- 563	-74	0.507 8588
32 35.33	27.1574	0.5093783	- 273	- 13907	- 4	- 668	- 555	-85	0.507 8291
32 15.48	26.8817	0.5094763	- 273	- 13910	- 4	- 668	- 540	-74	0.507 9294
32 15.05	26.8757	0.5094784	- 288	- 13910	- 4	- 666	- 548	-74	0.507 9294
32 35.03	27.1532	0.5093797	- 288	- 13907	- 4	- 666	- 563	-85	0.507 8284
32 29.84	27.0311	0.5094052	- 288	- 13908	- 4	- 629	- 572	-74	0.507 8577
32 29.68	27.0789	0.5094060	- 288	- 13908	- 4	- 629	- 571	-74	0.507 8586
32 34.79	27.1499	0.5093809	- 288	- 13907	- 4	- 666	- 561	-85	0.507 8298
32 14.91	26.8738	0.5094791	- 288	- 13010	- 4	- 666	- 546	-74	0.507 9303

diga algunas palabras sobre el modo como fueron extraídas de las observaciones y calculadas las reducciones de los valores observados de las duraciones de oscilación: recuerdo que las constantes de los cuatro péndulos en la determinación ejecutada en Pádua, resultaron:

$$\begin{aligned} \text{Péndulo 32: } S_0 &= 0,5075914 \pm 8 \times 10^{-7}; \alpha = (44,20 \pm 0,41) 10^{-7}; \gamma = (694 \pm 6) 10^{-7} \\ \text{» 33 » } 0,5076220 \pm 9 \times 10^{-7}; & \text{ » } (44,97 \pm 0,46) 10^{-7}; \text{ » } (656 \pm 7) 10^{-7} \\ \text{» 34 » } 0,5075143 \pm 9 \times 10^{-7}; & \text{ » } (44,83 \pm 0,46) 10^{-7}; \text{ » } (692 \pm 7) 10^{-7} \\ \text{» 35 » } 0,5076943 \pm 8 \times 10^{-7}; & \text{ » } (42,99 \pm 0,43) 10^{-7}; \text{ » } (694 \pm 6) 10^{-7} \end{aligned}$$

I—*Reducción á segundos de tiempo medio.*—  
Como ya se dijo anteriormente, las observaciones de las coincidencias fueron referidas mediante comparaciones, al péndulo regulador á tiempo medio del Observatorio de La Plata: la óptima instalación hace que pueda conservarse en general una gran regularidad de funcionamiento, de tal modo que su marcha diurna parece ser influenciada en manera apreciable y siempre bien determinada, por las fuertes variaciones de temperatura y presión atmosférica solamente; por largo tiempo dicha péndula ha quedado bajo la directa observación del prof. Raffinetti, el cual, personalmente y siempre que el tiempo lo permite, efectúa con el instrumento de pasages las determinaciones del tiempo local. Doy mas abajo las correcciones absolutas (K) y diurnas

(k) respecto al tiempo medio del regulador, determinadas antes y durante mis observaciones de gravedad, por el prof. Raftinetti:

Junio 8 1905 (hora media civil 21h ó 9h p.m.)	K = -6m 20s 92	k = -7s 323
» 15 »	» » 6 23.81	» » 0.407
» 19 »	» » 6 24 81	» » 0.318
Julio 1 <sup>o</sup> »	» » 6 28.64	» » 0.463
» 4 »	» » 6 30.03	

En el periodo invernal, la marcha diurna media de la péndula oscilaba al rededor de  $-0^s.40$ ; y tal valor fué precisamente el que he adoptado. Estaría inclinado á creer que este valor fuera despreciable; pero, prefiriendo más bien ser pesimista, (antes de que los competentes puedan asignar á mi determinación un grado menor de precisión del que será calculado por mí) le asignaré el error medio de  $\pm 0^s.05$  que me parece el máximo concebible teniendo en cuenta las circunstancias de vida y de gobierno del regulador; este error medio deberá ser considerado como sistemático en todas las observaciones de coincidencias—le tendremos en cuenta en el momento oportuno.

Del regulador fueron deducidas, mediante comparaciones cronográficas, las marchas diurnas del péndulo de las coincidencias (respecto del tiempo sideral), que se hallan consignadas en la tabla general de los datos de observaciones y de cálculo.

Los errores en las marchas diurnas del péndulo

de las coincidencias, debidos á las lecturas de la cinta cronográfica y á la inconstancia de la corriente eléctrica que actuaba sobre el cronógrafo, errores que malgrado la brevedad del período entre las comparaciones, podían aún resultar sensibles, son de naturaleza accidental y por lo tanto no se los debe clasificar á parte: estos errores, como también los debidos á la inconstancia de la marcha diurna del péndulo *Strasser y Rohde* durante la observación de las coincidencias, van á reflejarse sobre la duración de las oscilaciones de los péndulos, confundiendo con los demás errores accidentales cuyo conjunto se obtiene del examen directo de las duraciones de oscilación reducidas á condiciones idénticas de marcha diurna, de temperatura, de densidad del aire, etc. En cuanto á las variaciones eventuales durante el período diurno en la marcha del regulador respecto de su marcha diurna media, con el sistema adoptado de distribuir mis observaciones de coincidencias en una gran parte del día comprendida entre los dos instantes de la temperatura máxima y mínima del regulador, hay razones para esperar que el resultado total que emerge de mis observaciones no pueda hallarse afectado de un modo sensible por esta causa de error.

Las reducciones á segundos de tiempo sidereal de las duraciones de oscilación observadas, fueron deducidas de las marchas diurnas (respecto

al tiempo sideral) del péndulo de las coincidencias, con la fórmula:

$$\Delta s = s \frac{k}{86400}$$

y por fin, las reducciones á segundos de tiempo medio fueron calculadas por la fórmula:

$$\Delta s = -s \frac{235,9094}{86,400}$$

II—*Reducción á la amplitud infinitesimal.*—  
Fué calculada con la fórmula:

$$\Delta s = -\frac{s}{16} A^2.$$

en que A es la amplitud media de oscilación expresada en partes de radio y deducida de la amplitud observada, expresada en partes de escala (la distancia espejo-escala, fué constantemente mantenida = mts. 1,720 y, por lo tanto, una parte de escala, igual á m. m. 3, corresponderá á un ángulo de 3')

III—*Reducción al vacío.* Fué calculada con la fórmula:

$$\Delta s = -y D$$

en que D expresa la densidad del aire calculado por la formula.

$$D = \frac{B - \frac{3}{8} e}{760 + \alpha T}$$

en la cual B es la lectura barométrica corregida por la ecuación del barómetro y reducida á 0°; e, la tención del vapor de agua deducida de las lecturas corregidas de ambos termómetros (previamente comparados), del psicrómetro y de las tablas en uso en los observatorios meteorológicos italianos (R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinámica, Roma-1895);  $\alpha$  es la constante  $760 \times 0,00367$  y T es la temperatura del aire bajo la campana del aparato tripendular, leída sobre el termómetro-péndulo.

IV—*Reducción á la temperatura de 0°*.—Fué calculada con la fórmula:

$$\Delta s = \alpha T.$$

V—*Reducción al soporte rígido*—Se calculó con la fórmula:

$$\Delta s = - \frac{\alpha'}{\alpha} \frac{s' - s}{2} \operatorname{cosec.} \left[ \pi \frac{s' - s}{2 s' s} t \right],$$

para la cual el valor  $\frac{\alpha'}{\alpha}$  es deducido directamente de la observación siguiendo el método ya descrito en mis precedentes trabajos, y adoptando los péndulos 34 y 35 -- los valores adoptados para  $s'$  (péndulo 34) y  $s$  (péndulo 35) calculados haciendo el promedio de los valores observados de las duraciones de oscilación, resultan:

$$\begin{aligned}s' &= 0,5092953 \\ s &= 0,5094769;\end{aligned}$$

adoptando como valores medios:

$$\begin{aligned}\text{para } t &= 5^m \ 10^m \ 15^m \ 20^m \ 25^m, \\ 2\alpha &= 9,6 \ 9,2 \ 8,8 \ 8,5 \ 8,1 \ (\text{en partes de escala})\end{aligned}$$

y siguiendo el procedimiento indicado por mí en mi «Relazione sulla determinazione della gravità relativa fra Padova é Venezia», se encuentra que los pesos á asignarse á los valores de la flexión del soporte deducidos de las observaciones directas son:

$$\begin{aligned}\text{para } t &= 5^m \ 10^m \ 15^m \ 20^m \ 25^m \\ p &= 1,0 \ 3,3 \ 5,6 \ 7,0 \ 6,7\end{aligned}$$

el valor de una vuelta de micrómetro en partes de escala resultó, para los planos A. y C. 1,1636 y para el plano B. 1,1813. Los valores de la fle-

ción del soporte deducidos de las observaciones efectuadas en los días 27 y 28 de Junio, resultaron los siguientes (expresados en unidades del 7º orden).

	t = 5 <sup>m</sup>	10 <sup>m</sup>	15 <sup>m</sup>	20 <sup>m</sup>	25 <sup>m</sup>	Promedios
I — serie :	100,0	78,0	79,4	76,1	77,3	82,2
II — »	86,9	86,8	78,0	82,5	73,9	81,6
III — »	84,4	58,8	68,8	72,1	66,0	69,9
IV — »	65,9	66,1	76,0	69,2	69,6	69,4
V — »	83,6	83,7	71,4	76,1	71,2	77,2
VI — »	85,0	70,4	84,5	71,3	70,7	76,5
VII — »	94,9	78,8	73,6	72,9	70,0	78,0
VIII — »	73,9	66,6	63,5	73,2	71,6	69,8
Promedios	84,4	73,6	74,3	74,2	71,3	(75,6)

#### PLANO B

I — serie :	79,8	73,3	73,9	87,1	87,6	81,3
II — »	103,4	91,9	81,6	88,1	82,1	91,0
III — »	93,1	88,1	87,6	83,5	78,0	87,1
IV — »	98,1	85,0	81,7	82,2	82,0	85,6
V — »	95,4	94,8	92,6	92,1	91,2	93,2
VI — »	95,4	88,5	81,6	90,1	82,1	87,7
VII — »	68,6	80,8	82,6	87,9	85,6	81,3
VIII — »	93,4	81,2	79,5	83,8	80,7	83,7
Promedios	91,6	85,1	83,5	85,8	83,8	(85,4)

Asignando á los diferentes grupos los pesos más arriba clasificados y obteniendo el peso medio, se ha deducido como valor de la reducción á soporte rígido.

$$\begin{aligned} \text{para los planos A y C, } \Delta s &= (-73,8 \pm 1,3) 10^{-7} \\ \text{para el plano B } \Delta s &= (-85,3 \pm 1,0) 10^{-7} \end{aligned}$$

De la ya expuesta tabla general de los datos de observación y de cálculo, se deduce que las duraciones de oscilación *reducidas* de los cuatro péndulos en La Plata, resultaron las siguientes:

P. 32 — oscilación N° 1 $s = 0,5078195$		P. 33 — oscilación N° 2 $s = 0,5078553$	
6	8274	5	8612
7	8258	8	8579
12	8267	11	8592
27	8275	13	8555
28	8259	18	8608
33	8282	19	8593
34	8274	24	8604
38	8281	30	8583
41	8291	40	8588
44	8284	45	8577
47	8298	46	8586
Promedio	$s = 0,5078270$		$s = 0,5078586$
P. 34 — oscilación 3 $s = 0,5077508$		P. 35 — oscilación 15 $s = 0,5079319$	
9	7523	16	9320
10	7491	21	9337
14	7512	26	9335
17	7540	29	9341
20	7529	32	9344
23	7527	35	9350
25	7480	37	9286
30	7492	42	9294
31	7477	43	9294
36	7500	48	9308
Promedio	$s = 0,5077506$		$s = 0,5079321$

Los errores de los promedios indicados más arriba son, respectivamente:

$$\begin{aligned}
 E'_{32} &= \pm 7,6 \times 10^{-7} \\
 E'_{33} &= \pm 5,3 \times 10^{-7} \\
 E'_{34} &= \pm 6,0 \times 10^{-7} \\
 E'_{35} &= \pm 6,3 \times 10^{-7}
 \end{aligned}$$

en estos valores se hallan comprendidos los errores que intervienen de un modo accidental en cada duración de oscilación ó aún en grupos de algunas duraciones de oscilación (como acontece con los dos errores de las reducciones al soporte rígido que se encuentran: uno para los planos A y C en un grupo de ocho duraciones de oscilación, y el otro, para el plano B en un grupo de cuatro; y como sucede también con los errores en la marcha diurna del péndulo de las coincidencias debidos á la lectura de la cinta cronográfica que se hallan en un grupo de 2 duraciones de oscilación, y así sucesivamente). A éstos y para cada péndulo, es menester agregar, á fin de establecer el grado de precisión de la determinación de gravedad relativa, los errores sistemáticos que se encuentran difundidos en el grupo de las 12 duraciones de oscilación: tales son los debidos á los errores medios de los coeficientes de temperatura de los péndulos y densidad del aire, los cuales se hallan en grado sistemático en cada péndulo, pero de modo accidental en el grupo de los cuatro. El error medio de los coeficientes (x) de temperatura que fueron determinados en el Observatorio de Pádua con una temperatura media de los péndulos  $T_p = 15^\circ$ , es en conjunto:  $E_x = \pm 44 \times 10^{-7}$ ; el de los coeficientes (y) de densidad, que en Pádua fueron determinados con una presión media  $D_p = 0,63$ , es:

$E_v = \pm 6,5 \times 10^{-7}$ ; habiendo sido en La Plata la temperatura media aproximada de los péndulos  $T_L = 13^\circ$ , y la densidad media del aire  $D_L = 0,95$ , el error que será preciso combinar con los (E') ya determinados, será expresado en unidades de la 7.<sup>a</sup> cifra decimal, por:

$$\sqrt{(T_L - T_P)^2 0,44^2 + (D_L - D_P)^2 0,5^2} = \pm 2,3$$

Los errores medios de las duraciones de oscilación de los diversos péndulos en La Plata, serán respectivamente, en unidades del 7<sup>o</sup> orden decimal.

$$E_{32} = \sqrt{7,6^2 + 2,3^2} = \pm 7,9$$

$$E_{33} = \sqrt{5,3^2 + 2,3^2} = \pm 5,8$$

$$E_{34} = \sqrt{6,0^2 + 2,3^2} = \pm 6,4$$

$$E_{36} = \sqrt{6,3^2 + 2,3^2} = \pm 6,7$$

Siendo los correspondientes errores de las duraciones de oscilación en Pádua iguales respectivamente á 8, 9, 9, 8, los errores de la gravedad relativa entre La Plata y Pádua expresada como es sabido por:

$$R = \frac{g_L}{g_P} = \frac{s_P^2}{s_L^2}$$

teniendo presente los errores accidentales de la determinación, serán, en unidades del 7º orden decimal:

$$\text{para el péndulo 32} = 4 \sqrt{8^2 + 8^2} = \pm 45$$

$$\text{» » » 33} = 4 \sqrt{9^2 + 6^2} = \pm 43$$

$$\text{» » » 34} = 4 \sqrt{8^2 + 6^2} = \pm 43$$

$$\text{» » » 35} = 4 \sqrt{8^2 + 7^2} = \pm 42$$

De estas cifras resulta entonces que á cada péndulo deberá corresponderle el mismo *peso*.

El promedio de los valores de la gravedad relativa dada por cada péndulo tendría por error medio:

$$E'_R = 10^{-7} \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{45^2} + \frac{1}{43^2} + \frac{1}{43^2} + \frac{1}{42^2}}} = \pm 21,6 \times 10^{-7}$$

pero aún debe tenerse en cuenta los errores sistemáticos que se hallaron en las duraciones de oscilación del grupo de los cuatro péndulos, ó bien se debe calcular el error medio del regulador para todo el período de la observación de las coincidencias: dicho valor, por las consideraciones hechas es igual á  $\pm 0^s,05$ ; el cual, en las duraciones de

oscilación de los péndulos del aparato tripéndice, se transforma en  $(E_s) = \pm 3 \times 10^{-7}$  y por fin, para la gravedad relativa, en:  $E''_R = \pm 12 \times 10^{-7}$ .

En definitiva, el error medio de la gravedad relativa determinado por mí en La Plata, resulta entonces:

$$E_R = 10^{-7} \sqrt{21,6^2 + 12^2} = \pm 24,7 \times 10^{-7}$$

Los valores de la gravedad relativa deducidos de cada uno de los péndulos resultaron:

$$\begin{aligned} R_{32} &= 0,9990726 \\ R_{33} &= 0,9990684 \\ R_{34} &= 0,9990697 \\ R_{35} &= 0,9990637; \end{aligned}$$

haciendo el promedio simple de estos valores (que tienen igual *peso*), se obtiene:

$$R = 0,9990686 \pm 25 \times 10^{-7}$$

Adoptando para la gravedad en Pádua el valor (\*):

$$g_P = \text{mt.}^s \ 9,80659$$

se tiene para la gravedad en el observatorio de La

---

(\*) Véase en mi citada «Relazione sulla determinazione delle costanti, etc., etc.», el prefacio del Prof. Comendador José Lorenzoni.

Plata, cuya latitud es  $34^{\circ}54'30''$  S, longitud =  $3^{\text{h}} 51^{\text{m}} 44,8$  W. G. y altura = 11, 2, el valor:

$$g_L = \text{mt.}^s \ 9,79746 \pm 0,00002$$

el cual reducido al nivel del mar por medio de la fórmula de Faye, se obtiene:

$$(g_L)_{h=0} = \text{m.}^s = 9,79750 \pm 0,00002$$

la pequeñez del error medio de esta determinación, indica que se ha obtenido un grado de precisión muy satisfactorio.

El resultado al cual se ha llegado, no debe aún considerarse como definitivo: concluída la actual campaña del «Calabria», será preciso efectuar una nueva serie de observaciones en el Observatorio de Pádua, para verificar si por ventura los péndulos no hubiesen sufrido un alargamiento: en el caso de notarse un alargamiento será preciso tenerle en cuenta, modificando oportunamente los valores de las duraciones de oscilación de los péndulos en Pádua ya adoptados para el cálculo de la gravedad relativa entre Pádua y La Plata: en tal caso podrá quizá obtenerse un valor de R un poco diferente del actualmente calculado. Es de preverse que la diferencia entre el futuro valor y el actual será nulo ó muy pequeño; pero de todos modos, el futuro resultado se-

rá publicado á su tiempo, probablemente en un volumen en el cual serán reunidas, estudiadas y discutidas todas las observaciones científicas del Estado Mayor de la R. Nave Calabria durante el viage de circunnavegación.

El valor de la gravedad absoluta  $g_1$  en La Plata podrá sufrir una modificación, debido no solo á una variación en el valor de la gravedad relativa entre Pádua y La Plata, sino también por una futura rectificación en la gravedad absoluta de Pádua: á tal propósito, si mis superiores se dignan continuar prestándome el apoyo y estímulo que he menester, tengo el proyecto, apenas vuelto á Italia, de efectuar una prolija determinación de gravedad relativa entre Pádua y Potsdam, sirviéndome del mismo aparato tripendular que he usado en La Plata y en otras comarcas. Combinando esta futura importante determinación (á la cual se podrá también agregar una nueva determinación de las constantes de temperatura de los péndulos y densidad del aire en Potsdam mismo ó en otro lugar) con las observaciones hechas en Pádua, las que permitirán tener en cuenta exactamente un eventual alargamiento de los péndulos, todas las determinaciones practicadas por mí serán directamente relacionadas con Potsdam.

En la República Argentina, por lo que ha llegado á mi conocimiento, fué efectuada una sola determinación de gravedad relativa en Buenos Aires.

pero fueron ejecutadas también otras determinaciones en la ciudad de Montevideo, próxima á la anterior.

En Buenos Aires la gravedad relativa (respecto de Pola) fué determinada en 1897 por el teniente de navío de la marina austro-húngara Edler von Reiterdank; los medios de que disponía este distinguido oficial para la determinación de la gravedad relativa eran bastante deficientes respecto de los que yo disponía en La Plata. Sin entrar en mayores detalles remito á los estudiosos á cuanto escribe al respecto el ilustre profesor F. R. Helmert en su «Bericht uber die relative Messungen der Schwerkraft mit pendellapparaten» contenido en el Vol. II de «Comptes rendus» de las sesiones de la XIII conferencia general de la Asociación Geodésica Internacional. El profesor Helmert (en la página 176 del volumen citado) dice que los valores de la gravedad relativa determinados por Reiterdank, pueden considerarse afectados por un error medio superior á  $\text{mt}^{\circ}$ . 0,00010 y en algunos casos, superior también á  $\text{mt}^{\circ}$ . 0,00015; se comprende como semejante falta de precisión afirmada *para el caso general* por tan notoria autoridad, pueda en casos especiales haber alcanzado valores mucho mayores.

El señor Reiterdank afectuó en Buenos Aires su determinación en un sótano de la calle Florida en un punto cuyas coordenadas geográficas

eran las siguientes: latitud =  $34^{\circ}36',5$  S. longitud =  $58^{\circ}22',2$  (W. G.) y á una altura = 2 metros sobre el nivel del mar: el valor de la gravedad en Buenos Aires al nivel del mar obtenido por dicho observador es:

$$g = \text{mt}^s 9,79684$$

este valor es deducido de la gravedad absoluta en Viena  $g_v = \text{mt}^s. 9,80876$ .

Si quisiéramos referirnos á un sistema único y precisamente al de Potsdam (al cual también fué referido nuestro valor de la gravedad absoluta en Pádua) sirviéndonos del dato de Helmert « $g_v - g_p = + \text{mt}^s. 0,00199$ », la gravedad en Viena sería:  $g_v = \text{mt}^s. 9,80858$ , y por consiguiente, la gravedad en Buenos Aires según la determinación de Reiterdank, resultaría:

$$g_n = \text{mt}^s 9,79666.$$

La diferencia entre la gravedad teórica de dos lugares de latitud  $\varphi$  y  $\varphi + \Delta$  ( $\Delta$   $\varphi$  siendo contado positivamente desde el Ecuador hacia el polo) según la fórmula de Helmert, es dada con suficiente aproximación por:

$$\Delta g = \Delta \varphi \times 9,78046 \times 0,005302 \text{ sen. } 2 \varphi ;$$

La diferencia entre la gravedad teórica en La Plata y Buenos Aires, en los puntos de las respectivas estaciones de gravedad, sería entonces:

$$g'_L - g'_B = + 0,00026 = T.$$

Comparando mi determinación con la de Reiterdank habría resultado:

$$g_L - g_B = + 0,00080 = E.$$

La diferencia entre los valores E y T arriba indicados (que es  $E - T = + 0,00054$ ) debe ser atribuída á los errores de observación y á la variación de la gravedad entre ambos lugares, á causa de la distribución irregular de las masas terrestres próximas; indicando, para conservar las notaciones del profesor Helmert, con  $\delta \Delta$  la diferencia  $E - T$ , la cual no es otra que la diferencia entre las anomalías de la gravedad observadas en los dos lugares, con  $M_L$  y  $M_B$  los errores medios de la gravedad determinada en La Plata y en Buenos Aires, con M la variación de la anomalía de la gravedad de un lugar al otro, se tiene la relación:

$$\delta \Delta^2 = M^2_L + M^2_B + M^2 \dots \dots \dots (a)$$

Según el prof. Helmert el valor medio de M es

$\pm 0,000007 \times D$ , en que  $D$  expresa la distancia entre los dos lugares considerados apreciada en kilómetros; el prof. Helmert ha notado que en ciertos casos se ha llegado á  $M = \pm 0,00008 \times D$  y en otros hasta  $M = \pm 0,00011 \times D$ ; pero, dada la naturaleza geológica de la región á la cual se refieren las presentes consideraciones, me parece evidente que el valor máximo de  $M$  deba tomarse  $= \pm 0,000007 \times D$ .

En nuestro caso y aproximadamente  $D = 55$  kilómetros; por consiguiente como máximo podrá tenerse:  $M = \pm 0,00038$ .

Se ve inmediatamente que el valor efectivo constatado:  $\delta \Delta = 0,00054$ , es muy superior á aquel que no obstante, representaría el máximo aceptable, y que se obtendría haciendo en la fórmula (a)  $M_L = \pm 0,00002$ , y  $M_B = \pm 0,00015$  — no existe, pues acuerdo entre mi determinación y la de Reiterdank. Para explicar el valor obtenido de  $\delta \Delta$  es necesario admitir que los errores medios de una de las determinaciones de gravedad relativa ó de ambas, sean notoriamente superiores á los adoptados, ó que no sea exacta la diferencia entre la gravedad en Pádua y en Viena, deducida de los datos de Helmert, ó que la variación efectiva de la anomalía de la gravedad entre Buenos Aires y La Plata sea notablemente superior al valor medio introducido por mí, ó también, por último, que todas ó algunas de estas circunstancias subsistan juntas en grado diferente.

Esta última parecería la hipótesis más aceptable, pero, por haber sido rigurosamente calculado el error medio de mi determinación, por ser muy presumible la pequeñez del error que pueda atribuírse á la diferencia de gravedad entre Pádua y Viena deducido de los datos del prof. Helmert, y por no poderse admitir que el valor de  $M$  supere el arriba indicado, debe aceptarse como probable que el error medio de la determinación del señor Reiterdank haya sido muy superior al valor  $\pm 0,00025$ : circunstancia que por otra parte no está en contradicción con ningún hecho positivo ni con la opinión de autoridad alguna: no tengo conocimiento de que el señor Reiterdank haya calculado directamente el error medio de su determinación y el prof. Helmert, en varios pasajes hace comprender cómo los errores medios por él asignados á ciertos grupos de determinación pueden ser, en casos particulares, muy inferiores á los verdaderos.

Otras determinaciones de gravedad en localidades relativamente próximas á La Plata fueron efectuadas, como ya he indicado, en Montevideo: en 1894, por el teniente de navío de la armada austro-húngara Bersa von Leidenthal (en un sótano de la ciudad, de posición  $\varphi = 34^{\circ}54'3$  S. y  $\lambda = 56^{\circ}11',8$  (W. G.) el cual obtuvo como gravedad al nivel del mar:  $g_m = \text{mt}^s.9,79774$ ; que reducido al sistema de Potsdam se transforma en:  $g_M = \text{mt}^s.$

9,79756; y en 1828 (\*) por el capitán H. Foster (en  $\varphi = 34^{\circ}54',4$  S. y  $\lambda = 56^{\circ}10'$  S. (W. G.) el cual obtuvo para la gravedad al nivel del mar  $g_M = \text{mts. } 9,79749$  que reducido como anteriormente,(\*\*) se convierte en:  $g_M = \text{mts. } 9,79735$ .

El prof. Helmert asignó á la determinación de Leidenthal particularmente un error medio inferior á  $\text{mts. } 0,00010$ ; á las determinaciones de gravedad efectuadas por Foster le asignó en general, pero á raíz de un estudio profundo y preciso, el error  $\pm \text{mts. } 0,00015$ : calculando el valor de  $T - E = \delta \Delta = (g'_L - g'_M) - (g_L - g_M)$ , se obtiene para la determinación mía y la de Leidenthal:  $\delta \Delta = -0,00006$ ; para la determinación mía y de Foster:  $\delta \Delta = + 0,00015$ .

Estas cifras nos demuestran que existe perfecto acuerdo entre mi determinación y las dos ejecutadas en Montevideo por Leidenthal y por Foster, y nos presentan como probable que en la región considerada la variación M de la anomalía de la gravedad sea nula ó muy pequeña, dándonos de cualquier modo una confirmación notoria de la opinión ya expresada por mí—esto es que el desacuerdo entre mi determinación en La Plata y la de Reiterdank en Buenos Aires, debe ser justificada atribuyendo escasa precisión á la determinación de Reiterdank.

(\*) Véase el citado volumen del «Comptes-rendus» pág. 327,310 y siguientes.

(\*\*) El valor  $GM = \text{mts. } 9,79749$  es deducido del valor de la gravedad en Greenwich =  $\text{mts. } 9,81200$ : según los datos de Helmert en el sistema aquí usado, sería la gravedad en Greenwich =  $\text{mts. } 9,81186$ .

En la sección geodésica del Instituto Geográfico Militar Argentino existe actualmente un aparato cuadripendular—ó sea, un instrumento que en materia de determinaciones de gravedad relativa, representa la última expresión de la ciencia: es de notar en efecto, que este aparato posee sobre el tripendular la ventaja de una más racional determinación en la flexión del soporte para todos los planos de suspensión de los péndulos. Pero, más aún que por la excelencia del aparato, por hallarse éste confiado á un distinguido hombre de ciencia cual es el prof. Julio Lederer, director de la citada sección geodésica, es de esperar que en época no lejana se harán en la región argentina, muchas y buenas determinaciones de gravedad relativa. Todo el sistema de estas futuras determinaciones de gravedad tendrá gran valor científico por cuanto podrá ser puesto en relación con los valores de la gravedad en los otros puntos del globo. En este orden de ideas la labor ejecutada por mí y de la cual he dado noticia en esta relación, representando una conexión directa entre la República Argentina y Europa, adquiere capital importancia—é importancia grandísima hará adquirir en tal sentido al Observatorio de La Plata, si poniéndose de acuerdo los distinguidos profesores Raffinetti y Lederer para la ejecución de un grandioso programa científico, puedan referirse á esta institución las determinaciones de gravedad efectuadas en e

suelo argentino. El sótano magnético del Observatorio, que me ha sido tan propicio para tal género de observaciones, podrá convertirse en la estación base, en el centro de los futuros trabajos de gravedad—y, determinadas en dicha estación las constantes de los péndulos de los aparatos pendulares, toda la red de las futuras estaciones de gravedad en la República Argentina se encontrará directamente ligada al sistema mundial de Potsdam.

DR. ALBERTO ALESSIO.

