

COLLEGAMENTO GRAVIMETRICO PADOVA-PISA

GIOVANNI BOAGA

In occasione del rilevamento gravimetrico dell'Isola di Sardegna (1), patrocinato dalla Commissione Geodetica Italiana, ritenni opportuno effettuare il collegamento di Pisa (Facoltà di Ingegneria) con Padova, stazione gravimetrica di riferimento nazionale (Sala di gravità G. Lorenzoni, presso l'Osservatorio Astronomico).

A Pisa le misure vennero eseguite il 2 e 3 settembre, a Padova il 18, 19, 20 giugno (I serie) e 6, 7, 8 settembre 1937 (II serie).

Gli strumenti adoperati sono stati: una *mensola bipendolare corredata da campana pneumatica* costruita dal meccanico Mioni dell'Officina dell'Osservatorio Astronomico di Padova (2); un *relais* (tipo Sternek) per la stima delle coincidenze; quattro *pendoli in bronzo Mioni* portanti i m. 1, 2, 3, 4; il *cronometro Nardin* n. 566 regolato a tempo siderale; un *apparato R.T. Ducati* (a 12 valvole) per la ricezione dei segnali orari di Rugby e Bordeaux in collegamento ad un *cronografo a punte*; due *termometri Goeckel* a lungo bulbo; un *barometro*; un *igrometro*; un *termometro a massima e minima* per la determinazione della temperatura ambiente.

A Padova ed a Pisa il *relais* venne sistemato sopra un solido sostegno ed alla distanza di 2,48 m dallo specchio della scala posta sulla faccia anteriore del *relais*, agli specchi dei pendoli: ciò per ottenere l'amplitudine, letta in parti di scala del *relais* (ampiezza 3 mm), espressa in minuti primi di arco.

I quattro *pendoli* vennero a due a due associati in due coppie: 1, 2 e 3, 4; i pendoli di ciascuna coppia vennero fatti oscillare contemporaneamente fra le emissioni r.t. di Bordeaux (mattina-sera o sera-mattina) e di Rugby (mattina-sera). Per ciascun pendolo furono osservate quaranta coincidenze: venti all'inizio delle osservazioni e

(1) BOAGA G., *Campagna gravimetrica in Sardegna*, Rend. Acc. Naz. dei Lincei, Vol. XXVII, s. 6.

(2) La descrizione di questo apparato, corredata da fotografie dello stesso, trovasi nella seguente pubblicazione: BOAGA G., *Determinazioni di gravità eseguite a Portici ed Ottaiano* in «Atti Ist. Veneto di S. L. ed A.», tomo XCIV, parte II.

venti alla fine. I quattro pendoli furono fatti oscillare due volte a Padova I, tre volte a Padova II e tre volte pure a Pisa.

La *rarefazione* media nell'interno della campana è stata per le singole stazioni:

Padova I	13 mm
Pisa	48 »
Padova II	18 »

La *temperatura* nell'interno dell'apparato venne determinata a mezzo dei termometri Goeckel, dianzi citati, applicando alle letture fatte sulle scale arbitrarie, le seguenti riduzioni:

$$T_1 = 1.601 t_1 - 3.200 \quad T_2 = 1.601 t_2 - 3.118$$

i cui coefficienti sono stati determinati, con opportuna campionatura, presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Padova.

Le *escursioni di temperatura* nell'interno dell'apparato sono state:

Padova I	temp. min.	16,17	gradi.	temp. max.	16,53	gradi
Pisa	»	»	22,05	»	»	» 22,15 »
Padova II	»	»	20,18	»	»	» 20,39 »

All'esterno dell'apparato pendolare si ebbe una media di 16 gradi a Padova I, 22 gradi a Pisa e 20 gradi a Padova II, con escursioni inferiori ad un grado.

Le *costanti x di temperatura* e y_1, y_2 di *densità* (per la formula binomia) eguali per tutti i pendoli adoperati, sono, in unità della settima cifra decimale del secondo:

$$x = 44,65 \quad y_1 = 530,5 \quad y_2 = 115,2 \quad (1).$$

La determinazione dell'*andamento dell'orologio* venne fatta secondo il metodo delle coincidenze, deducendo con la seguente formula (2) il tempo T del primo segnale, espresso con i secondi del cronometro adoperato, per mezzo dei tempi t_h delle coincidenze e dei numeri i_h dei segnali corrispondenti:

$$T = t^{(m)} - (t^{(m)} - 1) \frac{\sum_h (t_h - t^{(m)}) \cdot (i_h - i^{(m)})}{\sum_h (i_h - i^{(m)})^2}$$

(1) BOAGA G., *Determinazione delle costanti di densità e di temperatura dei pendoli gravimetrici*, ecc. in « Atti Ist. Veneto di S. L. ed A. », tomo LXXXVII, parte II.

(2) BOAGA G., *Determinazioni di gravità relativa eseguite a Somma Vesuviana, Bacoli, Pozzuoli, Pianura*, in « Atti Ist. Veneto di S. L. ed A. », tomo XCV, parte II.

con

$$i^{(m)} = \frac{1}{n} \sum_h t_h \quad i^{(m)} = 1 + \frac{1}{n} \sum_h (t_h - 1).$$

Dal « Bulletin horaire du Bureau international de l'Heure » si sono ricavati gli istanti T^s dei primi eguali delle ricezioni eseguite nei giorni di osservazione e mediante formule del resto note ⁽¹⁾ vennero espressi in tempo siderale. Dagli stati del cronometro dati dalla

$$\Delta T = T - T^s$$

si determinarono gli *andamenti parziali* e conseguentemente quelli *diurni a*.

Le *durate s delle oscillazioni pendolari* vennero ricavate dalle coincidenze *c* per mezzo della nota formula

$$s = c : (2c - 1)$$

e ad esse furono portate le seguenti cinque riduzioni:

1) *alla amplitudine infinitesima*

$$r_a = - \frac{s \cdot \alpha_m^2}{16 \cdot R'} = - 0,0269 \cdot \alpha_m^2 \cdot 10^{-7} \text{ sec.}$$

dove si è assunto, come è lecito, per s il valore approssimato 0,508 sec e $R' = 3438'$, e dove α_m indica l'amplitudine media espressa in primi:

2) *alla temperatura di 23 gradi centigradi*

$$r_t = - x (T_m - 23)$$

con T_m temperatura media nell'interno dell'apparato pendolare durante le osservazioni:

3) *al vuoto*

$$r_d = y_1 d + y_2 \sqrt{d}$$

con d densità dell'aria nel recipiente durante le osservazioni, calcolata con la

$$d = b : 760 (1 + 0,00367 \cdot T_m)$$

dove b è la pressione media espressa in millimetri e letta sul barometro tronco annesso alla campana pneumatica dell'apparato gravimetrico;

⁽¹⁾ *Connaissance des Temps ou des mouvements célestes* (Paris-Gauthiers-Villars), ultimo capitolo.

4) *a tempo siderale*

$$r_s = \pm \frac{s, a}{86.100} = \pm 58.80, a. 10^{-7} \text{ sec.}$$

5) *a supporto rigido* determinando in un primo tempo la flessione del supporto mediante la formula Lorenzoni-Silva.

I valori delle *durate di oscillazione ridotte* per tutti i pendoli nelle varie serie e per le singole stazioni sono:

<i>Pendolo</i>	<i>Serie</i>	<i>Padova I</i>	<i>Pisa</i>	<i>Padova II</i>
1	I	0,5075837,3	0,5076151,7	0,5075848,1
2	»	5781,6	6068,0	5768,2
1	II	5826,1	6138,6	5836,0
2	»	5766,6	6057,2	5754,8
1	III	—	6133,1	5845,1
2	»	—	6050,8	5766,8
3	I	7121,9	7151,2	7127,7
4	»	7089,1	7127,0	7084,0
3	II	7114,8	7433,9	7131,9
4	»	7071,9	7386,9	7098,9
3	III	—	7452,8	7126,0
4	»	—	7114,1	7088,5

Ai quali corrispondono i seguenti *valori medi*:

S_1	Padova I, II	0,5075838 sec	Pisa	0,5076141 sec
S_2	»	5768 »	»	6059 »
S_3	»	7125 »	»	7116 »
S_4	»	7087 »	»	7109 »

Applicando la

$$g = g' - 2g' \cdot \frac{S_i - S'_i}{S'_i} \quad (i=1,2,3,4)$$

con g' gravità a Padova 980,658 gal, S'_i durata di oscillazione del pendolo i -esimo a Padova, dedotta dallo specchio precedente ed aumentata di 3 unità della settima cifra decimale del secondo per ridurla alla stazione Lorenzoni, S_i quella corrispondente a Pisa, si ottiene mediamente

$$g_{\text{Pisa}} = (980,539 \pm 0,003) \text{ gal}$$

La quota h della stazione a Pisa è di 3 m.

La *riduzione di Faye o in aria libera* risulta con ciò:

$$g_0 - g = +0,0003086 \cdot h = +0,001 \text{ gal}$$

mentre la *correzione di Bouguer* definita dalla

$$g''_0 - g = -0,0000112 \cdot h \cdot \delta$$

con $\delta = 2,6$ (densità media del terreno circostante la stazione) risulta inferiore ad 1 milligal.

La *gravità normale* calcolata con la formula internazionale (1930)

$$\gamma'_0 = 978,049 (1 + 0,0052881 \text{ sen}^2 \varphi - 0,0000059 \text{ sen}^2 2 \varphi) \text{ gal}$$

è per Pisa

$$\gamma'_0 = 980,514 \text{ gal.}$$

La latitudine $\varphi = 43^\circ 43' 15''$ introdotta nella precedente, venne ricavata dalle osservazioni astronomiche effettuate dal prof. G. Ciavonetti, alla Torre di S. Agnese.

Tenuto conto dei valori ottenuti e ritenendo nulla la correzione topografica, *risultano eguali per Pisa le anomalie di Faye e di Bouguer entrambi dell'importo di 26 milligal.*

La determinazione di gravità eseguita a Pisa assume importanza anche per il fatto che in Toscana esistono misure gravimetriche lungo un allineamento di $22^\circ 30'$ di azimuth, comprendenti le stazioni di Livorno, Lucca, ecc. Si può così costruire un profilo geo-gravimetrico lungo detto allineamento, risultando le anomalie, da noi calcolate per le varie stazioni con la formula internazionale, dei seguenti importi:

Livorno	$g''_0 - \gamma'_0 = +0,309 \text{ gal}$	Oss. Cassinis
Pisa	$= +0,026 \text{ »}$	Boaga
Lucca	$= +0,025 \text{ »}$	Ballarin
Borgo a Mozzano	$= -0,005 \text{ »}$	Ballarin
Bagni di Lucca	$= -0,013 \text{ »}$	Ballarin

Questi risultati mettono in evidenza una regolare variazione della anomalia $g''_0 - \gamma'_0$ lungo la direzione accennata.

Altre misure gravimetriche finora eseguite in Toscana si possono disporre ancora lungo due allineamenti paralleli all'allineamento dianzi considerato. Dette stazioni, con le rispettive anomalie, sono:

1) Firenze	$g_0'' - \gamma_0' = -0,008$ gal	Oss. Benedetti
Monte Senario	$-0,018$ »	» Benedetti
Scarperia	$-0,046$ »	» Dore
2) Siena	$+0,031$ »	» Cassinis
Vallombrosa	$-0,007$ »	» Benedetti

i cui importi, in perfetta armonia con quelli dianzi richiamati, denotano una costante diminuzione di gravità, all'incirca lungo i paralleli geografici, procedendo verso nord dalla linea Livorno-Siena-Arezzo e mettono in luce una vasta depressione gravimetrica, che potrebbe essere ulteriormente studiata con misure di dettaglio, effettuandole per es. con gravimetri.

Roma — Istituto di Geodesia e Topografia della Facoltà di Ingegneria — Gennaio 1949.

RIASSUNTO

L'A. dà conto della sua determinazione di gravità relativa eseguita a Pisa con riferimento alla stazione fondamentale di Padova e richiama l'attenzione dei geofisici sulla deficienza gravimetrica che si riscontra a nord della linea Livorno-Siena-Arezzo.