
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

MICHELE CAPUTO

Antonio Marussi

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 78 (1985), n.6, p. 343–354.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1985_8_78_6_343_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

MICHELE CAPUTO

ANTONIO MARUSSI

COMMEMORAZIONE TENUTA NELLA SEDUTA DEL 28 GIUGNO 1985

MICHELE CAPUTO (*)

ANTONIO MARUSSI

Antonio Marussi nasce a Trieste il 12 ottobre 1908. Fin da ragazzo, attratto dagli aspetti teorici della scienza, si dedica allo studio della Matematica e nel 1932 ottiene la laurea in Matematica Pura all'Università di Bologna.

Subito dopo la laurea tuttavia manifestò il suo interesse anche per le applicazioni della scienza e lavorò prima presso l'Istituto di Geofisica di Trieste, poi entrò a far parte dell'Istituto Geografico Militare di Firenze. Salvo una breve interruzione di tre anni, durante i quali lavorò come attuario presso le Assicurazioni Generali di Trieste e capì la propria attitudine e maggiore interesse per i fenomeni naturali; nel 1936 ritornò all'Istituto Geografico Militare per rimanervi fino al 1952.

Ma il suo interesse per le ricerche teoriche doveva seguirlo tutta la vita, poiché il lavoro applicativo dei rilievi fatti in Italia, in Etiopia, Albania e Grecia non gli impedì di sviluppare le ricerche teoriche e di raggiungere i risultati notevolissimi dei quali parleremo in seguito.

Infatti, in riconoscimento soprattutto di queste ricerche, egli ottenne la libera docenza in Geodesia e poi nel 1952 diventò Professore ordinario di Geodesia all'Università di Trieste dopo avervi insegnato per qualche anno la Topografia. Fondò l'Istituto di Geodesia e Geofisica di quell'Università e ne fu direttore per moltissimi anni, fino a quando volle dedicarsi esclusivamente alla ricerca scientifica. Fu anche Preside della Facoltà di Scienze della sua Università dal 1967 al 1973.

Marussi è stato Membro del Consiglio dell'Università delle Nazioni Unite nonché membro o presidente di parecchie Commissioni e gruppi di lavoro dell'Associazione Internazionale di Geodesia, per la quale ebbe un costante interesse e della quale fu eletto prima Vicepresidente, poi Presidente dal 1967 al 1971.

Fra gli altri importanti riconoscimenti della sua vita vogliamo ricordare che fu eletto membro della nostra Accademia dal 1961, membro della Royal Astronomical Society di Londra nel 1969, presidente Onorario dell'Associazione Internazionale di Geodesia, Presidente della Commissione Geodetica Italiana dal 1970 fino alla cessazione dell'attività della Commissione nel 1976.

(*) Discorso commemorativo letto nella seduta del 28 giugno 1985.

Ottenne dall'Università di Trieste una medaglia d'oro per la sua attività presso l'Università stessa ed un Dottorato Onorario dall'Università di Graz in Austria; infine il Bollettino di Geodesia e Scienze affini dell'Istituto Geografico Militare gli dedicò un numero speciale con articoli scientifici di colleghi e allievi e la casa Springer ha pubblicato una raccolta di parecchie sue note scientifiche.

L'attività scientifica di Marussi, come la sua vita lascia facilmente comprendere, è stata multiforme ma di altissimo livello in tutti i settori della ricerca che ha toccato che, come vedremo, sono molti e abbracciano la teoria e le applicazioni, la geologia e la navigazione spaziale, la geodesia e la geofisica.

Questa attività comincia con un lavoro nel quale egli fornisce una descrizione particolareggiata dell'altopiano carsico di Trieste degna di un esperto di geomorfologia. Egli dimostra che i numerosi « solchi » che caratterizzano l'orografia carsica indicano che il carso triestino, prima del fenomeno del carsismo, ebbe una vistosa idrografia epigea iniziata sulla superficie di spianamento oligocenico-miocenico che, come afferma il Marussi, originariamente era ad una quota di circa 250 metri superiore al livello attuale.

Il Marussi estende, poi, le sue indagini in profondità trovando che le acque del Timavo superiore, che affondano nel sottosuolo nella Grotta di San Canziano, giungono nella Grotta dei Serpenti nei pressi di Divaccia e poi procedono sottoterra verso l'abisso di Trebiciano fino alla risorgiva di San Giovanni a Duino.

Recentemente gli speleologi triestini sono riusciti a percorrere la via ipogea del Timavo dalla Grotta dei Serpenti fino alla Caverna di Lindner presso Trebiciano dimostrando così la validità dell'ipotesi di Marussi formulata seguendo concetti noti di altri studiosi del Carso (D'Ambrosi, 1985).

Dopo questo giovanile lavoro rivolto ad un problema appassionante del suo Carso, che doveva rappresentare un riferimento costante in tutta la sua vita, Marussi si dedicò alla Geodesia.

Per illustrare degnamente le sue ricerche è necessaria una schematica premessa.

Il Geoide è la superficie equipotenziale della Terra definita dalla superficie degli oceani. Fino dal secolo XVIII, con Clairaut che nel 1743 per primo trattò il problema col rigore della matematica, il problema fondamentale della Geodesia è stato la determinazione del Geoide; questa determinazione era chiamata intrinseca poiché le osservazioni per il calcolo della sua forma dovevano essere fatte sulla superficie stessa.

Da un punto di vista matematico la determinazione del Geoide si identifica con la determinazione della congruenza delle sue normali in un capitolo della Geometria Differenziale che fù sviluppato da Gauss nella prima metà del XIX secolo e da Christoffel nella seconda metà dello stesso secolo.

Christoffel per primo ha risolto teoricamente il problema della determinazione del Geoide (Mineo 1910): considerando la rappresentazione sferica del Geoide ed assumendo che sia nota la somma dei raggi principali di curvatura, Christoffel (1865, 1867, 1869) trova che le coordinate cartesiane del Geoide

sono date da integrali doppi nei quali la somma dei raggi principali di curvatura appare linearmente.

Circa cinquant'anni dopo il lavoro di Christoffel, Eötvös (1908, 1909), colla bilancia di torsione, da lui ideata e realizzata, fornisce un metodo pratico per la misura della somma dei raggi di curvatura mediante la osservazione delle componenti del tensore mareale del campo di gravità.

Nel 1910 e 1921 Mineo a completamento dei lavori di Viterbi (1908, 1909), Reina (1895, 1912) e Pizzetti (1882), notò che i metodi geometrici da loro proposti per la determinazione del Geoide erano validi, ma che si doveva tenere conto anche delle equazioni di Mainardi-Codazzi come equazioni di condizione per le osservazioni eseguite sul Geoide fornendo, come scrive Marussi (1951*b*), una sintesi chiara e consistente dei principi e dei metodi per la determinazione del Geoide a mezzo di misure geometriche.

Da un punto di vista teorico il problema della Geodesia sembrava così chiuso.

Ma l'invenzione del Radar, che permette la misura diretta di distanze senza passare attraverso quella di angoli, e quindi non necessita della direzione della verticale, doveva rivoluzionare la situazione aprendo un nuovo capitolo al quale Marussi portò un contributo di fondamentale importanza speculativa avendo capito subito la portata del nuovo mezzo di misura.

Seguendo Marussi (1949*a*-1949*b*-1951*b*) consideriamo le superfici di costante latitudine astronomica, longitudinale astronomica e potenziale (le cui intersezioni definiscono un sistema di riferimento nel quale le linee di costante latitudine e longitudine su una superficie equipotenziale non sono necessariamente ortogonali) che forniscono un sistema di riferimento fisico naturale in ogni punto dello spazio. Tutte le entità fisiche dello spazio possono quindi essere riferite a questo sistema di riferimento locale che è determinato univocamente dalla prima forma fondamentale delle superficie equipotenziali.

In ogni punto dello spazio essa può essere ottenuta a mezzo di misure geodetiche di lunghezza d'arco e di variazione di longitudine e latitudine nell'intorno del punto considerato.

La connessione fra due sistemi di riferimento vicini è fornita dai simboli di Christoffel. Ad esempio i vettori di base V_i in due punti separati da dy_i variano di $dv_i = \Gamma_{ij}^r v_r dy^j$ (Marussi, 1951*a*).

Come nota Marussi (1951*a*) questo potrebbe essere fatto mediante misure tradizionali della Geodesia e Geodesia Astronomica e con misure dirette di distanza nello spazio dove ora però le geodetiche sono linee rette.

A seguito di queste considerazioni Marussi ha risolto il problema fondamentale della Geodesia che, esteso allo spazio, può essere formulato nel modo seguente: dati due punti, la loro distanza e la direzione del segmento da essi individuato (azimut e distanza zenitale) e le coordinate di uno di essi, determinare gli stessi elementi dell'altro punto nel sistema di coordinate geodetico già definito.

Marussi risolve il problema con la seguente formula (Marussi 1951a)

$$y^i - y_0^i = s\lambda^i + \frac{s^2}{2!} \Gamma_{rs}^i \lambda^r \lambda^s + \dots, \lambda^i = \frac{dy^i}{ds}$$

dove la direzione del vettore \bar{s} è misurata col teodolite ed il suo modulo con geodimetro. Le equazioni scritte per i vettori di base (che sono legati alla curvatura del campo) permettono la loro determinazione

$$\bar{v}_1 = \frac{\partial P}{\partial \varphi} \quad ; \quad \bar{v}_2 = \frac{\partial P}{\partial \lambda} \quad ; \quad \bar{v}_3 = \frac{\partial P}{\partial w}$$

con riferimento a qualsiasi sistema di coordinate materializzato nello spazio. La determinazione di Γ_{rs}^i necessita della conoscenza delle derivate di \bar{v}_i che possono essere trovate mediante il calcolo dei vettori \bar{v}_i in numerosi punti dello spazio circostante e sostituendo le derivate stesse col rapporto degli incrementi finiti.

Prima della generalizzazione fatta da Marussi tutte queste operazioni erano fatte sulla superficie della Terra e quindi le misure eseguite erano ridotte con vari artifici al Geoide dove i vari sistemi di riferimento venivano collegati; con l'introduzione della terza coordinata costituita dal potenziale terrestre, ad opera di Marussi, il collegamento dei sistemi di riferimento potrebbe teoricamente (Grafarend 1972, 1973) essere fatto a mezzo del campo di gravità che fornisce inoltre il terzo vettore di base: fisicamente la verticale definita dal filo a piombo.

Dopo questo lavoro fondamentale, introducendo il calcolo tensoriale al posto delle omografie vettoriali usate nei lavori precedenti Marussi (1950a, 1950b, 1950c) ha esteso allo spazio gli sviluppi di Legendre per una curva qualsiasi ed una curva su una superficie qualsiasi.

In seguito dedicò alcuni lavori (Marussi 1950d, 1950e) all'applicazione della geodesia intrinseca spaziale al campo di Somigliana; in questi lavori egli naturalmente evita l'uso di una superficie equipotenziale di riferimento che implicherebbe - come si faceva in passato e talora si fa anche oggi - che le misure siano ridotte su di essa - con correzioni non sempre chiare e rigorose che implicano ipotesi semplificatrici e difficoltà concettuali - per il semplice motivo che le misure sono fatte su diverse superficie equipotenziali.

La ragione per la quale questa teoria di Marussi non è applicata consiste nel fatto che l'osservazione dei satelliti artificiali a mezzo laser e radar dallo spazio permette di avere le posizioni reciproche dei punti dello spazio e del geoido direttamente, evitando così la misura di angoli sulla quale era basata la geodesia classica e per la quale la teoria di Marussi era stata proposta.

Marussi trascurò poi questo argomento per circa trent'anni e rivolse la propria attenzione a ricerche di carattere sperimentale.

Cominciò con la spedizione scientifica al Karakorum del 1954 organizzata da Desio la quale aveva due obiettivi distinti: la conquista del K 2, che è se-

condo solo all'Everest in altezza ma non certo in difficoltà per la scalata, nonché l'esplorazione scientifica della regione. Marussi partecipò alla spedizione e, con gravimetri e magnetometri, fece misure in moltissime regioni inesplorate, scalando anche la Sella dei Venti (o Sella Quintino Sella) a 6.320 metri di altezza. A questa spedizione ne seguirono due nel 1955 e 1961 con puro scopo scientifico alle quali Marussi partecipò attivamente.

Furono necessari anni per elaborare i numerosissimi dati raccolti, lavori ai quali io ebbi il piacere di partecipare, finché fu pubblicato un intero volume dedicato ai risultati scientifici ottenuti (Marussi 1964). Fra questi si debbono ricordare l'interpretazione delle misure di gravità che mostrano anomalie marcatamente positive in relazione agli affioramenti granitici della regione probabilmente associati ad intrusioni granitiche nella crosta. Il risultato più importante in questo campo è la conferma della validità della teoria isostatica per il complesso della vasta catena montagnosa, dove la teoria isostatica era nata, anche se non per il dettaglio delle strutture minori. Risultato particolarmente importante oggi poiché la teoria isostatica deve essere compatibile colla tettonica a placche.

I rilievi del Marussi furono l'inizio per colmare la lacuna che esisteva fra i rilievi geofisici inglesi della piattaforma indiana e quelli sovietici del Pamir.

Sempre nel campo della gravità vogliamo ricordare il collegamento gravimetrico Roma, Beirut, Karachi, Jodhpur, Jaipur, Delhi e Dehra Dun che ebbi il piacere di elaborare (Caputo, 1957). Le osservazioni del campo magnetico e della declinazione fatte durante la spedizione rappresentano un contributo significativo allo studio della variazione secolare del campo magnetico della regione del Karakorum.

Durante la spedizione, Marussi osservò le anomalie di gravità nonché la velocità superficiale dei ghiacciai, dalle quali ebbi il piacere (Caputo, 1958) di ottenere la sezione dei ghiacciai stessi servendomi anche di una formula dovuta a Somigliana che trattò il problema dello scorrimento viscoso dei ghiacciai.

È anche da ricordare che un insetto da lui raccolto durante la spedizione ora porta il nome di coleottero Marussi.

Il capo delle spedizioni italiane al K2 non poteva scegliere persona più adatta di Marussi per i lavori geodetici e geofisici, poiché Egli, oltre all'amore per la scienza, aveva anche un grande amore per le montagne e la natura in genere, era un ottimo scalatore e sciatore, un degno seguace della tradizione scientifica italiana come Somigliana, Rasetti, Desio e Caloi.

Egli riprese questi studi alla fine degli anni settanta. In collaborazione con colleghi russi, pakistani ed indiani partecipò ad alcune spedizioni per un sondaggio sismico profondo lungo un profilo che, partendo dal Lago Karakul nel Pamir, attraversa il Karakorum fino alla piana dell'Indo e del Kashmir; è questo il primo profilo che attraversa l'orogene himalayano. È uscita ora la monografia Pamir-Himalaya che ne compendia i risultati e comprende anche gli studi di Marussi (Belousov *et al.*, 1980, Marussi, 1983).

Il lavoro sperimentale forse più originale, fatto da Marussi, è stato l'installazione dei grandi pendoli orizzontali nella Grotta Gigante di Trieste. La sospensione dei pendoli di circa 100 metri di altezza ed il loro periodo proprio superiore a dieci minuti permisero un'accurata osservazione delle maree terrestri per le quali essi erano stati realizzati, nonché dei fenomeni indiretti.

Ma il risultato più importante ottenuto con i pendoli, come succede sovente nella scienza, doveva venire da una direzione diversa. Essi permisero di registrare le oscillazioni libere della terra in occasione del grande terremoto del Cile del 1960.

Il calcolo numerico dei periodi delle oscillazioni libere della Terra risale a Lamb (1882); il calcolo di questi periodi per un modello della Terra stratificato e gravitante è dovuto ad Alterman *et al.* (1960). Le prime registrazioni di questi periodi propri sono quelle di Benioff (1958) in occasione del terremoto del Kamchatka del 1952 che mostrano chiaramente il periodo fondamentale.

Un gran numero di queste oscillazioni furono osservate con vari strumenti solo nel 1960 in occasione del grande terremoto del Cile; le analisi dei dati furono fatte prima da Alsop *et al.* (1961), Benioff *et al.* (1961), Ness *et al.* (1961), con strumenti di vario tipo nonché da Bolt e Marussi (1962) che analizzarono le registrazioni dello stesso terremoto ottenute dai pendoli orizzontali della Grotta Gigante di Trieste. Tutte queste analisi confermarono le previsioni teoriche (Pekeris *et al.*, 1961). Queste registrazioni furono analizzate anche da Bozzi Zadro e Caputo (1968) e fornirono in seguito i periodi delle oscillazioni torsionali di basso periodo con precisione superiore a quella degli altri strumenti che avevano registrato il terremoto in altri punti della Terra. Fu anche studiato il decadimento delle oscillazioni (Marussi, 1965; Bozzi Zadro, Marussi, 1967; Bozzi Zadro, Caputo, 1968).

A quell'epoca le oscillazioni libere costituivano un argomento scientifico di tale attualità che in Israele fu emesso un francobollo con una registrazione sismografica.

I pendoli della Grotta Gigante furono usati anche per lo studio dell'assorbimento della gravitazione (Caputo, 1962) e per il rilievo di segnali precursori dei terremoti (Chiaruttini, Zadro, 1976).

Con una energia inesauribile ed ineguagliabile tenacità Marussi continuò a lavorare fino all'ultimo.

Quando cessò di fare le lezioni all'Università di Trieste, come rinvigorito, egli promosse nuove spedizioni. Fra le altre quella per le misure di gravità, per il collegamento gravimetrico della Cina con paesi limitrofi eseguite con il gravimetro assoluto dell'Istituto di Metrologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Un primo profilo è stato osservato nel Pakistan attraverso il Karakorum occidentale lungo l'autostrada del Karakorum fino al passo Khunjerab al confine con la Cina. Poi Marussi firmò un accordo con la Cina Popolare nel quale il governo di questo paese si impegna a proseguire i rilievi sul proprio territorio in un unico profilo che attraversi tutto il continente.

L'ultima iniziativa di Marussi è stata l'organizzazione delle osservazioni per la determinazione del Geoide in Europa e in Africa.

Come nel caso dell'invenzione della misura elettromagnetica delle distanze, quando i satelliti artificiali permisero la misurazione delle quote topografiche, Marussi capì a fondo l'importanza di questa metodologia per la determinazione del Geoide nei limiti di precisione di quelle misure (circa 1 metro) e promosse ed organizzò il rilievo delle quote geometriche con strumenti doppler che osservano i satelliti artificiali.

All'inizio le misure erano limitate all'Italia, poi alcuni stati africani ed europei si unirono all'impresa che intanto aveva ottenuto il patrocinio dell'Associazione Internazionale di Geodesia.

Negli ultimi anni della sua intensissima attività di ricerca scientifica egli si occupò simultaneamente di ricerche sperimentali e teoriche; in quest'ultimo settore si riallacciò al problema della geodesia spaziale, al quale in gioventù aveva portato un contributo determinante, e studiò il campo microgravitazionale, detto anche campo mareale. Questo campo, generalmente definito dalle derivate seconde del potenziale, si manifesta anche in oggetti in orbita o veicoli spaziali in moto inerziale mediante deformazione elastica e librazioni dell'oggetto stesso; esso è stato introdotto da Paci (1894) ed Eötvös (1908) e successivamente esteso alle derivate superiori da Olczak (1948).

Marussi (1979, 1983) fornisce una chiara esposizione del problema per il caso delle derivate seconde e suggerisce metodi per la misura di questo campo tensoriale nel veicolo in orbita.

Si deve anche ricordare che Marussi promosse la costruzione di una grande camera stellare con obiettivo di un metro di focale; inoltre egli realizzò una serie di pendoli orizzontali metallici portatili, quattro coppie furono poste in altrettante cavità carsiche dell'altopiano di Doberdò (Gorizia) per lo studio del sito proposto per un protosincrotrone del CERN; successivamente furono costruite altre coppie, usate per lo studio del bradisismo di Pozzuoli.

Antonio Marussi è stato uno dei più importanti geodeti del nostro tempo e ci ha lasciato con una immagine del campo gravitazionale terrestre diversa da quella che egli aveva trovato.

Anche per questo la sua scomparsa è stata immatura, perché il presente sviluppo degli studi del campo mareale gli avrebbe dato la soddisfazione di constatare la validità del proprio modo di vedere la Geodesia.

In altre parole, come molti studiosi di questa e di altre discipline, egli ha vissuto prima del proprio tempo ed ha cercato di rendere applicative le proprie idee. Comunque prima di lasciarci egli ha avuto pieno riconoscimento dell'importanza del proprio contributo alla scienza.

Con un carattere forte, a volte troppo forte, interessi scientifici svariati, e una personalità complessa, egli si è occupato di tanti settori della Geodesia e della Geofisica, ma ha avuto anche numerosi svaghi culturali: degno erede dello zio Marussig, famosissimo pittore, era appassionato collezionista di quadri,

inoltre, nel raffinato ambiente culturale triestino del quale egli era devotissimo frequentatore, aveva sviluppato un forte interesse per la musica nonché per la letteratura europea.

Solo chi gli era vicino e frequentava la sua singolarissima casa piena di oggetti artistici, classici e dadaisti, conosceva la sua competenza in questi campi della cultura, che non nascondeva, ma certamente non ostentava.

Pensando alla vita di Marussi ho ricordato le parole di un filosofo esistenzialista che descrive un albero con rami che si volgono alti al cielo e con radici che prima sfiorano il terreno poi affondano profondamente; scrive il filosofo vedendo quell'albero si capisce cosa vuol dire esistere.

Marussi ci ha lasciato con una nuova Geodesia ed una sensazione di profonda solitudine.

ELENCO DEI RIFERIMENTI

- ALSO P L.E., SUTTON G.H. e EWING M. – *Free oscillations of the Earth observed on strain and pendulum seismographs*. « J. Geophys. Res. », 2, 631-641.
- ALTERMAN Z., JAROSH H. e PEKERIS C.A. – *Oscillations of the Earth*. « Proc. R. Astr. Soc. », 252, 80-95.
- D'AMBROSI C., Comunicazione personale 1985.
- BELOUSSOV V.V., BELYAEVSKY N.A., BORISOV A.A., VOLVOVSKY I.S., RESVOY D.P., TALVIRSKY B.B., KHAMRABAEV I. KH., KAILA K.L., NARAIN H., MARUSSI A. e FINETTI I. *Structure of the Lithosphere Along the Deep Seismic sounding Profile: Tien Shan-Pamirs-Karakorum-Himalayas*. « Tectonophysics », 70, 3-4, 1980.
- BENIOFF H. – *Long waves observed in the Kamchatka earthquake of November 1952*. « Journ. of Geophys. », 63, 589-593, 1958.
- BENIOFF H., PRESS F. e SMITH S. – *Excitation of the free oscillations of the Earth by the Earth*. « J. Geophys. Res. », 2, 605-619, 1961.
- BOLT B.A. e MARUSSI A. – *Eigen vibrations of the Earth observed at Trieste*. « Geophys. I., R. Astr. Soc. », 6, 3, 1962.
- BOZZI ZADRO M. e CAPUTO M. – *Spectral, Bispectral analysis and Q of the free oscillations of the Earth*. « Suppl. Nuovo Cimento », 1, 1, 1968.
- BOZZI ZADRO M. e MARUSSI A. – *Polarization and total energy spectra of the eigen vibrations on the Earth recorded at Trieste*. « Geophys. I. R. Astr. Soc. », 12, 425, 1967.
- BRUNS H. – *Ueber einen Satz der Potentialtheorie*. « Crelle's Journ. », 81, 1876.
- BRUNS H. – *Die Figur der Erde*. Königl. Preuss. Geod. Inst. Potsdam, 1878.
- CAPUTO M. – *Un nuovo limite superiore per il coefficiente di assorbimento nella gravitazione*. « Atti Acc. Naz. Lincei. Rend. fis. », (8), 52, 4, 1962.
- CAPUTO M. – *Ein graphisches Verfahren für die Berechnung der verticalen Komponente der Anziehungskraft zylindrischer Körper und dessen Anwendung für die Bestimmung der Gestalt von Gletscherbetten*. « Zeitschrift für Geophysik », 359-368, 1958.
- CAPUTO M. – *Il collegamento gravimetrico Roma-Beirut-Karachi-Delhi-Dehra Dun effettuato dalla Spedizione Italiana al Karakorum 1954-1955*. « Boll. di Geod. e Sc. Affini », 2, 139-166, 1957.
- CHIARUTTINI C. e ZADRO M. – *Horizontal pendulum observations at Trieste*. « Boll. Geofis. Teor. e Appl. », 19, 71, 1976.
- CRISTOFFEL E.B. – *Ueber die Bestimmung der Gestalt einer krummen Oberfläche durch lokale Messungen. auf derselben*. « Journ. für die reine und angew. Mathem. », 64, 1865.
- CHRISTOFFEL E.B. – *Ueber einige allgemeine Eigenschaften der Minimumflächen*. « Journ. für die reine und angew. Mathem. », 67, 1867.

- CHRISTOFFEL E.B. - *Allgemeine Theorie der geodätischen Dreiecke*. « Mathem. Abh. der Akad. der Wissensch. Berlin », 1869.
- EÖTVÖS R. - *Bericht über die geodätische Arbeiten in Ungarn; Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveau-flächen mit Hilfe der Drehwaage*. Comptes rendus de la XV Conférence Générale de l'Assoc. Géod. Intern., 1908.
- EÖTVÖS R. - *Ueber geodätische Arbeiten in Ungarn, besonders über Beobachtungen mit der Drehwaage*. Comptes rendus de la XVI Conférence Générale de l'Assoc. Géod. Intern., 1909.
- GRAFAREND E.W. - *3-dimensional Geodesy and the gravity gradient*, Dept. Geodetic Sc. Report 174, Ohio St. Univ., 1972.
- GRAFAREND E.W. - *Gravity gradients and 3-dimensional adjustments without ellipsoidal reference*, Dept. Geodetic Sc. Report 202, Ohio St. Univ., 1973.
- LAMB H. - *On the vibrations of an elastic sphere*. « Proceed. London Math. Soc. », 13, 189-212, 1882.
- MARUSSI A. - *Il paleotimavo e l'antica idrografia subaerea del Carso triestino*. « Boll. Soc. Adr. Sc. Nat. », 38, 1941.
- MARUSSI A. - *Ipotesi sullo sviluppo del carsismo*. « Giornale di Geologia », 2, 15, 1941.
- MARUSSI A. - *Fondements de géométrie différentielle absolue du champ potentiel terrestre*. « Bulletin Géodésique », 14, 1949a.
- MARUSSI A. - *Geodesia intrinseca*. Univ. di Trieste, 1949b.
- MARUSSI A. - *Sviluppi di Legendre generalizzati per una curva qualunque tracciata su di una superficie pura qualunque*. « Atti Acc. Lincei, Rend. fis. », (8), 8, 4, 1950a.
- MARUSSI A. - *Sviluppi di Legendre generalizzati nello spazio*. « Atti Acc. Lincei, Rend. fis. », (8), 8, 5, 1950b.
- MARUSSI A. - *Sviluppi di Legendre generalizzati per una curva qualunque dello spazio*. « Atti Acc. Lincei, Rend. fis. », (8), 9, 1-2, 1950c.
- MARUSSI A. - *Principi di Geodesia intrinseca applicata al campo di Somigliana*. « Boll. di Geod. e Sc. Affini dell'I.G.M. », 8, 2, 1950d.
- MARUSSI A. - *Il primo problema fondamentale della geodesia ampliato nel campo di Somigliana*. « Riv. di Geof. pura e applicata », 18, 1950e.
- MARUSSI A. - *Geodesia spaziale*. « Boll. di Geod. e Sc. Affini dell'I.G.M. », 10, 1, 1951a.
- MARUSSI A. - *Fondamenti di Geodesia intrinseca*. Pubbl. della Comm. Geod. Ital.-Terza Serie - « Memorie », 7, 1951b.
- MARUSSI A. - *Geophysics of the Karakorum*, E.J. Brill, Leiden 1964.
- MARUSSI A. - *Funzione di dissipazione delle auto-oscillazioni della Terra eccitate dal terremoto del Cile e registrate a Trieste*. « Atti Acc. Lincei, Rend. fis. », (8), 28, 3, 1965.
- MARUSSI A. - *Geomorphology Paleohydrography and Karstification of the Karst of Trieste and upper Istria*. Sonderdruck aus der Steir Beitrage zur Hydrogeologie, 27, 1975.
- MARUSSI A. - *Bibliografia generale*. « Boll. Geofisica Teorica ed Applicata dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste ».
- MARUSSI A. - *The Tidal Field of a Planet and the Related Intrinsic Reference Systems*. « Geophys. J.R. astr. Soc. », 56, 3, 1979.
- MARUSSI A. - *Geophysical Trends and Evolution of Pamir Syntaxis and Karakorum*. « Boll. Geof. Teor. Appl. », 25, 99-100, 1983.
- MINEO C. - *Sistemi geografici sulle superfici*. « Periodico di matematiche », 26, 13-8, 1910.
- MINEO C. - *Sulla determinazione intrinseca del Geoide*. « Mem. Soc. Astron. Ital. », II, 2-10, 1921.
- NESS N.F., HARRISON J.C. e SLICHTER L.B. - *Observations of the free oscillations of the Earth*. « J. Geophys. Res. », 2, 621-629, 1961.
- OLCZAK T. - *The Measurements with the Eötvös Torsion Balance and the Problem of determining the Higher normal Derivates of the External Gravity Potential*. Inst. Géol. de Pologne, Warszawa, 1948.

- PACI P. – *Sopra le derivate terze della funzione potenziale di una superficie.* « Rend. Cir. Mat. di Palermo », 8, 33-40, 1894.
- PEKERIS C.L., ALTERMAN Z. e JAROSH H. – *Comparison of theoretical with observed values of the free oscillations of the Earth.* « Proc. Nat. Acad. Sc. », 47, 1, 91-98, 1961.
- PIZZETTI P. – *Contribuzione allo studio della superficie terrestre.* « Giorn. della Soc. di Lettere e Conversaz. Scient. di Genova », 17, 1887.
- REINA V. – *Sulla determinazione dei raggi di curvatura di una superficie per mezzo di misure locali sopra di essa.* « Atti Acc. Lincei, Rend. fis. », (5), 2, 1893.
- REINA V. – *Sulla determinazione di porzioni della superficie del geoide per mezzo di misure sopra di essa.* « Atti Acc. Lincei, Rend. fis. », (5), 26, 1917.
- VITERBI A. – *Sulla determinazione degli elementi intrinseci fondamentali della superficie terrestre mediante misure locali.* « Rend. Circ. Matern. di Palermo », 25, 1908.
- VITERBI A. – *Alcune formule relative alle traiettorie ortogonali di una famiglia di superfici e applicazioni di esse allo studio della superficie di livello terrestre.* « Atti Ist. Ven. », 69, 1909-10.