

L'ANEROIDE A VITE MICROMETRICA

sperimentato colle differenze di livello della Strada Ferrata delle Alpi

DA

ALESSANDRO DORNA

MEMORIA

*Presentata alla Società degli Ingegneri e degli Industriali
nell'adunanza detti 2 dicembre 1873.*

PARTE PRIMA

Sull'istromento e sulle misure che sono state fatte.

I.

Il nuovo aneroido a vite micrometrica del sig. Goldschmid di Zurigo è in uso nella Svizzera ed altrove. Né che io sappia, è qui adoperato. Pensai quindi che farei una cosa gradita, segnatamente per i nostri Pratici, sperimentandolo e mostrando i risultamenti ottenuti. Si vedrà che è molto più preciso degli altri aneroidi e non meno comodo; in modo che ogni qualvolta non converrà far uso del barometro a mercurio, è l'aneroide che potrà meglio surrogarlo.

L'Annuario del Club Alpino Svizzero (Jahrbuch des Schweizer Alpen Club) pubblicò nel 1869 una descrizione del nuovo aneroido, mostrandone l'uso e l'avvertenza necessaria per non guastarlo in viaggio, ed elevandosi. Però, mentre nella descrizione venne inserita dal costruttore una figura per mostrare la complicazione ed i difetti della tra-

missione del moto negli aneroidi usuali a scatola vuota d'aria, non è spiegata la trasmissione del nuovo, il quale è anche a scatola col vuoto. Né si può esaminarla nell'istromento, che è fatto in modo da non potersi aprire dall'osservatore, essendo fermato con viti che non si vedono.

Tre anni fa il distinto meccanico signor-Hipp di Neuchâtel, al quale ho fatto chiedere un aneroide del miglior modello, inviò l'aneroide a vite micrometrica, num. 81. Io, dopo averlo esaminato, lo feci aprire, in mia presenza, dal meccanico dell'Osservatorio cav. Allemano, il quale trovò le viti nascoste sotto la vernice a fuoco.

In tal modo potei vedere la nuova trasmissione sostituita dal costruttore all'antica con molla, leva ad angolo, catena e tamburo degli altri aneroidi, i quali appunto per tale complicazione non servono per operazioni di qualche importanza, essendo cause simultanee di errori le ineguali dilatazioni della catena, dei bracci di leva e delle molle, gli ineguali avvolgimenti della catena sul tamburo, e l'ossidazione di questa e dei perni; per cui, generalmente, ridiscendendo da una montagna con uno di siffatti aneroidi, si trova che dà delle indicazioni false, se non si guasta del tutto per la sua fragilità.

Nel nuovo aneroide, la cui forma è quella di un cilindro alto sei centimetri e mezzo e col diametro di sette centimetri, la scatola col vuoto, soggetta alla pressione atmosferica, trasmette il moto misuratore di questa pressione nel seguente modo:

Dal centro della faccia superiore della scatola, sporge in alto da una parte, un robusto sostegno ricurvo all'insù, alla cui sommità havvi una punta verticale, che agisce come potenza di cortissimo braccio, contro una leva orizzontale rigida di terza specie, lunga quanto può esserlo nell'interno cilindrico dell'istromento. Questa leva termina, all'estremità libera, con una faccetta quadrata, sul di cui piano verticale è incisa una riga orizzontale, la quale indica sopra una scala in avorio che si legge con una lente,

il moto della scatola, ingrandito nel rapporto della lunghezza della leva al braccio della potenza.

Le divisioni della scala sono uguali, ma hanno un valore differente, e che è diverso da un aneroide all'altro. Ordinariamente, il massimo valore non arriva a due centimetri della colonna barometrica, ed ha luogo sotto il livello del mare; mentre il valor minimo, inferiore ad otto millimetri, corrisponde alla metà della massima differenza di livello, di quattro chilometri e più, che si può misurare coll'aneroide; alla quale altitudine, il valore delle divisioni della scala è poco meno di undici millimetri. — Come adesso farò vedere, si misurano i centesimi di queste divisioni, e si possono apprezzare i quinti dei centesimi. Ossia si misura generalmente il decimo d'un millimetro della colonna barometrica, come coi barometri portatili, e se ne apprezza comodamente il cinquantesimo di millimetro, che corrisponde ad una differenza di livello, la quale varia fra uno e due decimetri.

Le parti della scala su avorio, si suddividono in cento nuove divisioni, così:

Il cilindro, che forma l'aneroide, è diviso in due parti disuguali, con un piano parallelo alle basi. La minor parte superiore è girevole, e conduce nell'interno, lungo l'asse dell'istromento, una vite contro la leva. Un giro intero della vite corrisponde ad una divisione della scala in avorio, e la parte superiore girante del cilindro è divisa in cento parti uguali; e questi archetti sono ancora così grandi da poterne stimare a vista comodamente il quinto.

La punta della vite non agisce sulla leva rigida, ma preme contro una leva a molla, lunga quanto la rigida e fermata su di essa da una parte, ed avente all'estremità libera una faccetta quadrata con una riga orizzontale, nel piano verticale della faccetta dell'altra leva.

Il valore delle parti dell'aneroide è stato determinato sperimentalmente, mediante il confronto con un barometro a mercurio sotto la campana pneumatica; e si sono pari-

menti determinate coll'esperienza le correzioni da farsi all'aneroido per la sua temperatura.

Sempre, ad ogni lettura, sono state messe in linea retta le due righe, di cui ho parlato; e, per conseguenza, prima di leggere l'istromento bisognerà, ogni volta, disporle in linea retta colla vite micrometrica.

Fatta l'osservazione in una stazione, la precauzione per essere certi di non alterare l'aneroido, trasportandolo ad altra stazione, consiste nel capovolgere l'istromento e tirare indietro la vite finché le due leve della trasmissione si trovino davanti alla finestrina di un cursore, con cui si tengono lontane dalla punta che agisce come potenza.

Due anni fa ricevetti da Zurigo due altri aneroidi dello stesso modello. I medesimi hanno i numeri d'ordine 232 e 233, che mostrano essersene venduti più di centocinquanta in un anno, avendo quello arrivato l'anno precedente il num. 81.

Il primo dei tre aneroidi menzionati è stato ritenuto dal cav. Allemano, il terzo da me ordinato per il Club Alpino, venne preso dal nostro collega ingegnere Camusso, ed il secondo, col N. 232, ch'io acquistai pel corso di Geodesia della Scuola Superiore di Guerra, è quello che, sperimentato sulla strada ferrata delle Alpi, fornì i dati intorno a cui si aggira questa Memoria.

II

Ogni aneroido a vite micrometrica, ha sulla base superiore tre tabelle che chiamerò *A*, *B*, *C*. Colla prima « *Temperatur correction* » si riducono le letture dell'aneroido a ciò che sarebbero alla temperatura del ghiaccio fondente. Colla seconda che ha per titolo: « *Vergleichs tab. d. aneroid. Bar. m. d. Quecksilber Barometer* » si convertono quelle letture in millimetri della corrispondente colonna barometrica. Colla terza intestata: « *Tafel der dem Barometerstand bei 0° Therm. eutspr. Hohensahlen* » si deduce dalle colonne

barometriche calcolate colla seconda tabella per due stazioni, l'approssimata differenza di livello di queste, data dall'ipotesi che in entrambe le stazioni la temperatura dell'aria fosse zero.

Le due tabelle *A* e *B* sono sperimentali e per conseguenza variano da un istromento all'altro. La *C* invece è la medesima per tutti gli aneroidi; ed è la traduzione in numeri della formola di Laplace, come è stata modificata dal Ramond, ed inoltre spogliata del fattore relativo alle temperature dell'aria.

In un piccolo libretto, intitolato: *Kurze Gébrauchs-Anleitung zu Barometrischen Hohenmessungen mit dem Aneroid-Barometer, von I. Goldschmid*, che si dà coll'aneroido insieme al termometro per misurare la temperatura, è insegnata la regola di DéLuc per dedurre la differenza di livello definitiva, dalla precedente approssimata. Applicare tale regola è precisamente tener conto del summentovato fattore relativo alle temperature dell'aria, nella formola di Laplace che riferirò più innanzi.

Nel librettino di qualche aneroido havvi la curva delle temperature da cui deriva la tabella *A*, e dovrebbe esservi in tutti, perché questa è un sunto troppo ristretto di quella.

Ogni librettino contiene cinque esempi, in cui si mostra come si ha da fare secondochè si richiede la differenza di livello con minore o maggiore precisione. La maniera, la più esatta, del quinto esempio, sempre qui da me praticata, consiste nelle due operazioni che seguono:

1^a operazione. Convertire, colla curva delle temperature o colla tabella *A*, e colla tabella *B*, le letture dell'aneroido in millimetri della corrispondente colonna barometrica a zero.

2^a operazione. Dedurre da questi numeri di millimetri per due stazioni, la differenza di livello delle medesime, colla tabella *C*, e colla regola DéLuc o con l'altra equivalente di aggiungere alla differenza di livello approssimata, la sua mil-

lesima parte moltiplicata per due volte la somma delle temperature dell'aria nelle due stazioni.

Ma, più generalmente, fatta la prima operazione, si potrà, invece della seconda, con cui si applica il metodo annesso all'aneroide, usare la formola barometrica che si vuole.

Dalla curva delle temperature, per l'aneroide N. 232, ho ricavata la seguente tabella A, delle correzioni da farsi alla lettura di tale istromento, per ridurle alla temperatura di 0° centigradi.

Tabella A.

Temp. aner.	Corr. lett.						
gradi	parti	gradi	parti	gradi	parti	gradi	parti
0	0	10	12,4	20	14,8	30	5,4
1	2,4	11	13,0	21	14,4	31	3,0
2	4,5	12	13,4	22	13,9	32	0,6
3	6	13	13,9	23	13,4	33	— 2,2
4	7,3	14	14,2	24	12,9	34	— 5,8
5	8,4	15	14,5	25	12,1	35	— 9,0
6	9,6	16	14,7	26	11,2	36	— 13,0
7	10,4	17	14,9	27	10,1	37	— 17,0
8	11,1	18	15,0	28	9,0	38	— 21,3
9	11,9	19	14,9	29	7,1	39	— 26,0
10	12,4	20	14,8	30	5,4	40	— 30,0

La tabella per convertire in millimetri di colonna barometrica a 0° le letture dell'aneroide state corrette colla tabella A, è, per il N° 232, questa che segue:

Tabella B.

Letture dello aneroide	Equiv. colonna barom.	Valore di una parte	Letture dello aneroide	Equiv. colonna barom.	Valore di una parte
parti	mill.	mill.	parti	mill.	mill.
300	801,0	0,190	1900	605,8	0,076
400	782,0	0,180	2000	598,2	0,076
500	764,0	0,172	2100	590,6	0,076
600	746,8	0,160	2200	583,0	0,076
700	730,8	0,150	2300	575,4	0,082
800	715,8	0,140	2400	567,2	0,084
900	701,8	0,130	2500	558,8	0,086
1000	688,8	0,120	2600	550,2	0,088
1100	676,8	0,110	2700	541,4	0,090
1200	665,8	0,105	2800	532,4	0,090
1300	655,3	0,095	2900	523,4	0,095
1400	645,8	0,090	3000	513,8	0,096
1500	636,8	0,082	3100	504,3	0,100
1600	628,6	0,076	3200	494,3	0,100
1700	621,0	0,076	3300	484,3	0,105
1800	613,4	0,076	3400	473,8	0,105
1900	605,8		3500	462,9	0,109

E la tabella con cui si deduce la differenza di livello, nella supposizione che la temperatura dell'aria sia zero nelle due stazioni, e da questo valore approssimato si deduce la differenza di livello definitiva colla regola DéLuc, è questa :

Tabella C.

Colonn. barom. a 0°	Altezza sul mare	Altezza corrispon. ad 1 mill.	Colonn. barom. a 0°	Altezza sul mare	Altezza corrispon. ad 1 mill.
mill.	metri	metri	mill.	metri	metri
760	0	10,592	570	2300,8	14,16
750	105,92	10,735	560	2442,4	14,41
740	213,27	10,880	550	2586,5	14,68
730	322,07	11,031	540	2733,3	14,95
720	432,38	11,182	530	2882,8	15,24
710	544,20	11,34	520	3035,2	15,53
700	657,6	11,51	510	3190,5	15,85
690	772,7	11,68	500	3349,0	16,17
680	889,5	11,85	490	3510,7	16,49
670	1008,0	12,02	480	3675,6	16,84
660	1128,2	12,21	470	3844,0	17,20
650	1250,3	12,40	460	4016,0	17,59
640	1374,3	12,60	450	4191,9	17,98
630	1500,3	12,80	440	4371,7	18,39
620	1628,3	13,00	430	4555,6	18,83
610	1758,3	13,22	420	4743,9	19,28
600	1890,5	13,45	410	4936,7	19,46
590	2025,0	13,67	400	5131,3	20,56
580	2161,7	13,91	390	5336,9	20,79
570	2300,8		380	5544,8	

REGOLA DÉLUC					Riduz. della colonna barom. a 0°				
Somma temperat. dell'aria	Per cent.	Somma temper. dell'aria	Per cent.	Somma temper. dell'aria	Per cent.	Colonna barom.	Diminuzione per + un grado del term. attacc.	Colonna barom.	Diminuzione per + un grado del term. attacc.
5°	1	25°	5	43°	9	m m.	mm.	m m.	m m.
10	2	30	6	50	10	800	0,129	550	0,089
						750	0,121	500	0,081
15	3	35	7	55	11	700	0,113	450	0,073
						650	0,105	400	0,065
20	4	40	8	60	12	600	0,097	350	0,056

I numeri che stanno nel compartimento intestato: « riduzione della colonna barometrica a zero » servono per ridurre alla temperatura del ghiaccio fondente la colonna del barometro, con cui si confronterà l'aneroide prima e dopo delle osservazioni.

La formola citata, da cui è stato dedotto il metodo della tabella C per l'aneroide a vite micrometrica, è questa:

$$z = 18393 (\log h_0 - \log h) \left\{ 1 + 0,003 (T_0 + T) \right\}$$

in cui

z è la differenza di livello definitiva fra le due stazioni;
 h_0 ed h le colonne barometriche a 0° nella stazione inferiore e nella superiore;

T_0 e T le corrispondenti temperature dell'aria in dette stazioni.

La formola completa di Laplace da cui venne ricavata la precedente è

$$z = 18336 (\log h_0 - \log h) \left\{ 1 + \frac{z (T_0 + T)}{1000} \right\} \times \\ \times (1 + 0,00265 \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{z + 159,26}{6366198} + \frac{z}{3183099} \right)$$

nella quale, oltre alle notazioni precedenti, φ è la latitudine media delle due stazioni, ed s l'altezza della stazione inferiore sul livello del mare.

In questa Memoria applicai tal formola facendo uso delle tavole dell'*Annuaire des longitudes*, anno 1858 (*), ed applicai eziandio la formola ridotta del conte di San Robert:

$$z = 58,8 \frac{h_0 - h}{\frac{h_0}{t_0} + \frac{h}{t}}$$

in cui h_0 ed h sono i numeri sovra designati, e

(*> In esse trovai l'errore di stampa: metri 7146,8 invece di 7256,8, che non è stato finora corretto nelle edizioni successive.

$t_0 = 274 + T_0$ } le temperature assolute dell'aria nella due
 $t = 274 + T$ } stazioni.

Ed usai anche la mia formola, indipendente dalla temperatura inferiore:

$$\log \frac{z}{z_0} = 1,47255 + \log \left(-T + \sqrt{2 \frac{h_0}{h} - T} \right)$$

adoperando la tavola logipsometrica che da essa ho ricavato.

III

Stabilito di sottoporre l'aneroide a vite micrometrica ad una prova molto seria, sperimentandolo sulla strada ferrata delle Alpi, andai col permesso del Direttore della manutenzione e dei lavori, l'11 settembre, a trascrivere dai magnifici profili di quella strada le seguenti altezze, sul livello del mare, del piano di formazione all'asse delle stazioni; state desunte dalle misure di Le Haitre, ed adottate per quei disegni

Tabella D.

Bussoleno	Metri 483,40	Oulx . .	Metri 1110,25
Meana . .	» 637,965	Beaulard. .	» 1187,60
Chiomonte . .	» 813,926	Bardonecchia	» 1301,33
Salbertrand	» 1050,116		

Da esse emergono le differenze di livello:

Tabella E.

Meana-Bussoleno	metri 154,565
Chiomonte-Meana	» 175,901
Salbertrand-Chiomonte	» 236,234
Oulx-Salbertrand	» 60,09
Beaulard-Oulx	» 77,35
Bardonecchia-Beaulard	» 113,73 •

che si devono ritenere come esatte, essendo state determinate col livello a cannocchiale, accuratissimamente, per l'esecuzione della strada, dal summentovato direttore.

Non mi riuscì d'avere anche subito le altitudini delle altre stazioni fra Torino e Bussoleno. Esse mi sono poi state date, a lavoro compiuto, dall'ingegnere Pecco e dall'ingegnere Pulciano, e le riferirò più innanzi.

Metto soltanto in rilievo le precedenti, perché è su di esse che si fondano, essenzialmente, l'esperimento e la Memoria; essendo, in conseguenza dell'orario delle ferrovie pel treno ordinario del mattino, assai meno convenienti le ore d'osservazione al passaggio del convoglio davanti alle altre stazioni, e dovendo io operare sul medesimo, nell'andata e nel ritorno di una stessa giornata.

Per seguire i miei piccoli preparativi dell'escursione, andai nell'indomani dal Duroni a scegliere un robusto termometro a mercurio, colle divisioni centigrade incise sul vetro, di grado in grado.

Confrontatolo all'Osservatorio col termometro normale, e verificatone lo zero nel ghiaccio fondente, mi risultò la piccola correzione di $-0^{\circ},1$.

Ho scelto questo termometro, perchè quello annesso all'aneroide, fragilissimo ed a scala mobile, nel caso mio non avrebbe servito a darmi la temperatura dell'aria, mentre per la rapidità delle operazioni, sul convoglio in moto, mi conveniva misurare con un solo termometro la temperatura dell'aria e dell'istromento.

Siccome l'aneroide si porta al collo dentro una busta di cuoio, fatta in maniera che si può leggere senza estrarlo dalla busta, così anche, perché il termometro potesse darmi la sua temperatura, gli preparai un sacchettino di bambagia, dentro un forte astuccio di cartone.

E per misurare collo stesso termometro la temperatura dell'aria, esponendolo nudo fuori della vettura, infilai nella sua cruna un cordoncino di seta, formandone un anello abbastanza grande da potervi passare un fazzoletto di tela, con

cui tenere il termometro assicurato alla mano senza toccarlo.

Tutto ciò per le due seguenti supposizioni alle quali mi attenni, siccome risulta dalle annotazioni fatte operando, che riferisco più innanzi.

1^a *supposizione.* Il termometro coperto dalla sua bambagia nell'astuccio, indossato a me presso all'aneroido dentro la vettura, prenderà, nel tragitto da una stazione alla successiva, la temperatura dell'aneroido; in modo che, leggendolo appena estratto, indicherà questa temperatura, la quale per qualche minuto non varierà sensibilmente.

2^a *supposizione.* Il termometro, esposto fuori nudo, col braccio disteso, lontano dalla vettura, e letto col treno in moto per avere della ventilazione, un po' prima dell'arrivo a ciascuna stazione, ed un po' dopo la partenza, indicherà la temperatura dell'aria pel luogo della stazione, essendo in tal modo evitate le irradiazioni che il termometro subirebbe, col treno fermo, dal materiale che può trovarsi, dalle case e dal medesimo treno.

Il tempo promettendo bello per l'indomani, 13 del mese, ho disposto che, durante la mia gita, si facessero alla Specola delle osservazioni termometriche e barometriche, oltre a quelle triorarie; ed invitai il conte Augusto Salino a farmi, col suo grande barometro portatile Fortin e col suo termometro, delle osservazioni dove abita, al 1° piano della casa Panizza in via Cernaia, nelle ore in cui il convoglio si ferma il mattino, e nel pomeriggio, alle stazioni fra Bus-soleno e Bardonecchia.

Inoltre sapevo di poter contare sulle osservazioni triorarie della Sacra di S. Michele, dove, oltre alla temperatura, da un paio d'anni in qua si può misurare a dovere anche la pressione atmosferica, con un buon barometro Fortin di proprietà del nostro servizio meteorologico municipale, stato confrontato col normale dell'Osservatorio.

Riferirò, nel seguente paragrafo, tutte queste osservazioni, insieme a quelle che io feci, nello stesso giorno, all'Osservatorio in strada ferrata ed a Bardonecchia.

IV.

Prima di partire, il giorno 13 settembre, a 4^h 22^m del mattino, confrontai l'aneroido col barometro normale della Specola; ed ho ripetuta l'operazione appena ritornato, a 5^h 53^m della sera. Trovai:

• Tabella F.

ALLA PARTENZA.			
	pressione		temperatura
Barometro	millimetri 741,50		centigradi 21,8
Aneroido	parti 630,0		» 20
ALL'ARRIVO.			
	pressione		temperatura
Barometro	millimetri 740,51		centigradi 23,5
Aneroido	parti 643,7		« 25

Da questi numeri, colle tabelle A, B, C, risultano le seguenti correzioni per l'aneroido:

Alla partenza, millimetri	— 0,69
All'arrivo »	— 0,16
Variatione »	0,53

Come si vedrà, l'altitudine di Bardonecchia, che è il luogo più elevato a cui abbia portato l'aneroido è di 1260 metri, e la massima temperatura misurata da me colà è di 22 gradi. Dalla tabella C, quindi, risulta che la massima differenza di livello corrispondente ad un millimetro della colonna barometrica, è stata, in tutta l'escursione, di metri 13,3. Per conseguenza la suddetta variazione di mill. 0,53 dà 7 metri pel limite superiore degli errori, attribuibili all'aneroido, nelle differenze di livello misurate; supponendo

che il medesimo si sia mantenuto fra i due limiti trovati — 0,69 e — 0,16 (*).

Né può dirsi quell'errore eccessivo, perché può essere cagionato un errore più grande, all'infuori dell'istromento, dalle ineguali variazioni dello stato atmosferico nelle due stazioni; segnatamente se queste sono lontane ed in condizioni topografiche diverse.

Per una precisione maggiore, nei rilevamenti ipsometrici, con istromenti che misurano la pressione atmosferica, bisogna ricorrere al calcolo delle probabilità, facendo molte misure e compensandole. Nel qual modo si ottengono dei buoni risultati, paragonabili con quelli della livellazione geodesica, e della livellazione diretta, ancora più precisa, colla stadia e col livello a cannocchiale.

Era persuaso che per piccole differenze di livello, come quelle delle stazioni successive fra Torino e Bardonecchia, le osservazioni nella maniera divisata ed in ore, come ho già detto, improprie, avrebbero dato dei risultamenti grossolani: sia per la difficoltà di aver bene, in tali condizioni, la temperatura e le indicazioni dell'aneloide, avente una delle sue leve in vibrazione quasi continua, non potendo sempre rinserarle nella finestrina del cursore; sia anche per i possibili piccoli sbagli, operando varie ore di seguito con pochi minuti d'intervallo da un'osservazione all'altra, sbagli che non è lecito correggere sebbene plausibili, trattandosi di elementi relativi allo stato atmosferico continuamente variabile. Tuttavia osservai anche in tutte le stazioni prima di Bussoleto, sia nell'andata che nel ritorno; e trascriverò qui le osservazioni e le annotazioni tali e quali le ho registrate facendole. — Alcune osservazioni devono realmente dichiararsi erronee, perché danno delle differenze di livello

(*) Riconobbi che ciò non è rigorosamente vero, portando, due giorni dopo, sulla montagna Ciabergia l'aneloide ed un barometro Fortin. La correzione, alla cima, non si mantenne fra i due limiti della partenza e del ritorno; ma si allontanò di poco dal primo limite.

diverse da quelle state trovate colla livellazione diretta. Ma non avendo un motivo sufficiente per supporre che io le abbia sbagliate, lascio che gli errori pesino sulle circostanze delle misure, e sull'aneloide sperimentato: sebbene tutte le altre osservazioni diano dei risultamenti che mostrano la bontà di questo istromento di precisione, il quale bene usato, ed in condizioni favorevoli, corrisponde davvero abbastanza bene all'uso cui è destinato; come potei eziandio assicurarmi, due giorni dopo, livellando contemporaneamente coll'aneloide e col barometro, e coi termometri asciutto e bagnato, il punto geodesico *Monte Ciabergia*, che sovrasta alla Sacra di San Michele, facendo fare delle osservazioni simultanee in questa stazione meteorologica dal mio buon collega ed amico Don Burdet (*).

Tabella G.

Osservazioni in vettura.

STAZIONI FERROVIARIE	ANDATA			RITORNO		
	ora	altezza	temperatura	ora	altezza	temperatura
	part.	metri	asc. air.	part.	metri	asc. air.
Torino	1 52 ^a	624,9	19,8 16,8	3 11 ^p	626,3	20,5 23,2
Collegan	3 14	646,8	20,5 17,0	4 48	658,0	23,5 24,4
Alpignano	5 28	669,8	20,3 16,8	6 37	677,1	25,0 24,3
Roosta	5 35	679,9	19,9 16,3	6 37	679,7	25,0 24,2
Avigliana	5 47	689,0	19,3 16,4	6 16	679,5	25,2 25,0
Sant'Ambragio	5 58	672,9	18,5 17,1	6 8	681,1	24,8 23,1
Candove	6 8	689,2	19,0 17,2	6 2	691,2	24,0 22,9
Sant'Antonino	6 18	687,0	18,7 16,2	6 28	689,7	23,8 22,9
Borgosesia	6 28	696,7	19,3 17,4	6 30	700,0	23,0 24,7
Bussoleto	6 42	719,4	18,8 17,1	6 22	733,5	24,8 24,9
Meana	7 15	806,3	21,3 16,0	6 1	820,4	24,0 22,8
Chianomonte	7 40	911,0	22,0 15,9	2 39	925,4	23,0 21,8
Salbertrand	8 6	1062,5	17,2 13,3	2 8	1078,2	23,0 20,7
Onix	8 25	1164,8	18,8 14,0	1 52	1121,5	22,0 20,0
Beaulard	8 50	1160,3	18,4 15,9	1 37	1179,5	21,5 21,3
Bardonecchia	8 55	1246,0	18,0 14,2	1 25	1255,7	21,0 19,3

(*) Pella differenza di livello Sacra-Ciabergia, che è di metri 227,0, l'aneloide ha dato 225,3.

Tabella G'.

Osservazioni in terra a Bardonecchia.

Ora osserv.	Letture aneroide	Temperatura	
		aneroide	aria
h m	parti	gradi	gradi
9 37 a.	1247,8	22,2	15,3'
10 30	1248,2	22,1	17,2
10 46	1249,6	22	17,4
11 00	1250,2	22	17,3
0 15 p.	1253,3	22	18,2
0 30	1253,2	22	18,6
0 45	1254,4	22	18,7

Annotazioni fatte osservando.

Torino. — Pel cattivissimo lume della vettura osservai malamente.

Torino-Collegno. — Per avere la temperatura dell'istromento leggo il termometro quando l'estraggo per esporlo fuori della finestra. Se l'aneroide avesse un termometro metallico, attaccato dove si legge, se ne dedurrebbe la temperatura assai meglio.

Per avere la temperatura dell'aria tengo fuori il termometro, lontano almeno 25 centimetri dalla vettura, stringendolo in mano per l'estremità opposta al suo bulbo, in un fazzoletto di tela col bulbo all'inghiù. E per timore che non mi cada ho fatto passare prima un angolo del fazzoletto nell'anello di seta del termometro, l'annodai all'anello e lo tengo avvolto attorno alle quattro dita più lunghe della mano stringendolo fra queste ed il pollice, in modo da poter subito rimettere il termometro nel sacchettino dell'astuccio e posarlo su di un cuscino della vettura, per leggere comodamente l'aneroide, allorché la vettura passa o si ferma davanti alla stazione a cui si arriva.

Vedo meglio, operando, l'attenzione che ci vuole per misurare la temperatura dell'aria da una vettura che irradia calore per un riscaldamento anteriore. — È una necessità, l'osservare il termometro uno o due minuti dopo la partenza o prima dell'arrivo, affinché si abbia per la velocità del convoglio una buona ventilazione. Poiché appena questo si rallenta, vedesi il termometro a variare di alcuni gradi. — La ventilazione ha anche il vantaggio di difendere il termometro dal vapore acqueo, che talvolta viene indietro abbondante dalla macchina.

Collegno-Alpignano. — Ecco come a Collegno ho proceduto nelle operazioni, e come procurerò anche di fare in seguito:

1° Circa tre minuti prima dell'arrivo, lettura del termometro per la temperatura dell'istromento;

2° Almeno due minuti prima dell'arrivo, esposizione del termometro all'aria libera e lettura di esso quando il convoglio comincia a rallentarsi sensibilmente;

3° Lettura dell'aneroide davanti alla stazione.

Azzardai lungo la strada qualche altra osservazione termometrica, per vedere come la temperatura dell'aria cambia, cangiando rapidamente di luogo, e mi parve che il termometro facesse delle piccole oscillazioni. — Variando continuamente di posizione, il Sole rispetto all'orizzonte ed il termometro rispetto al livello del mare, fra due luoghi lontani e di altitudine diversa il termometro dovrebbe avere, nelle sue oscillazioni, una specie di precessione e di nutazione, che sarebbe curioso il poter determinare.

Eosta. — Qui l'osservazione è stata cattiva per lo stesso motivo di Torino.

Avigliana. — In questa stazione ho fatto la prima lettura dell'aneroide colla luce solare. Che differenza! Le superficie su cui sono incise le due righe per la lettura, essendo un po' lucide, col debole ed incerto lume della vettura, queste non si potevano ben discernere; per leggere sempre bene, bisognerebbe annerire le faccette ed imbiancare le righe.

Borgone. — Finora tenni aperte tutte le finestre della vettura di prima classe, in cui sono tutto solo. Qui le ho chiuse, eccettuata quella di mezzo dalla parte dell'ombra.

Bussoleno. — Aprii anche l'altra finestra di mezzo e d'ora innanzi le terrò aperte tutte e due, e chiusi i finestrini.

Meana-Chiomonte. — Dopo la partenza non potei leggere una seconda volta il termometro come avrei voluto, pel cattivo lume della vettura, quasi spento all'entrare della galleria.

Chiomonte. — Ho letto l'aneroide colla riga di sinistra un tantino più alta dell'altra.

Bardonecchia. — Disceso dal convoglio mi collocai all'ombra del magazzino, che è a valle della stazione, e sospesi il termometro nel frapposto giardinetto, dietro due pianticelle che lo difendono dalle irradiazioni del muro insolato della stazione, abbenchè il vento, che spira dal basso, basterebbe a preservarlo.

Il luogo dell'osservazione è circa un metro più alto del piano di formazione della strada, ed un metro più basso del davanzale delle finestre d'una vettura, davanti alla stazione.

Impressioni provate nella salita.

Se, come ho messo in dubbio in questo paragrafo, commisi qualche sbaglio osservando, l'attribuisco in parte alle impressioni provate, che m'hanno ogni tanto distratto dallo scopo scientifico dell'escursione. Trascrivo quelle che ho registrato nel luogo stesso dove le provai, non fosse che per mostrare la convenienza e la difficoltà di evitarle.

Sant'Ambrogio. — Il cielo è coperto, fuorché verso Oriente, alle spalle del Musineto, il quale, pel levarsi del Sole, sembra una montagna di fuoco, stupenda a vedersi.

Borgone. — Il Sole, che illumina le cime nevose, rende incantevole il panorama delle Alpi.

Meana. — Come è bella Susa, il mattino, vista dall'alto!

Bardonecchia. — Che mattinata deliziosa! Un moderato scirocco intiepidisce la locale freschezza dell'aria. L'azzurro del cielo è cosparso di piccole nubi indorate dal sole. E la mobil nebbia, che si dirada in alto, mostra e nasconde striscie di neve, bianche e lucide come l'argento. — Ecco la montagna del Fréjus, il cui fianco di quarzite è, attraversato dal treno. Oh! come qui si ammirano, con dignitoso orgoglio, i grandiosi effetti dell'intelligenza e dell'attività umana.

A Torino sono state fatte le seguenti osservazioni :

Tabella H
All'Osservatorio astronomico.

Ora osserv.	Barometro normale	Temperatura		Colon. bar. a zero gradi
		barom.	aria	
		gradi	gnidi	mm.
5 15 a.	741,32	21,7	17,8	738,73
6 15	741,55	21,6	17,3	738,97
7 15	741,70	21,4	18,1	739,14
8 15	741,84	21,8	18,5	739,24
9 15	742,00	22,2	19,3	739,35
0 15 p.	741,30	22,5	22,2	738,61
1 15	741,22	22,8	23,3	738,50
2 15	740,95	23,2	24,2	738,18
3 15	740,77	23,6	24,5	737,95
4 15	740,70	23,8	24,7	737,86
5 15	740,61	23,6	24,1	737,79
6 15	740,50	23,4	23,2	737,71

Tabella K.

**Al primo piano di casa Panizza
in via Cernaia.**

Ora osserv.	Barometro Salino	Temperatura		Colon. bar. a zero gradi
		barom.	aria	
h m	mm.	gradi	gradi	mm.
6 48 a.	743,7	18,5	19	741,48
7 12	743,65	19	20	741,37
7 35	743,65	19,5	20,5	741,31
8 7	743,65	19,5	20,5	741,31
8 27	743,65	19	20	741,37
8 43	743,85	19	20	741,57
8 58	743,9	19	20	741,62
1 15 p.	743,6	23	24	740,83
1 42	743,5	23	24	740,73
2 5	743,35	23	25	740,58
3 25	743,2	24	25,5	740,31

Ed alla Sacra di San Michele queste che seguono :

Tabella /.

Alla Sacra di San Michele.

Ora osserv.	Barometro Fortin	Temperatura		Colon. bar. a zero gradi
		barom.	aria	
h m	mm.	gradi	gradi	mm.
6 16	684,0	16,0	15,5	682,3
9 16	684,2	16,4	16,4	682,4
12 16	684,3	17,0	18,0	682,5
3 16	683,8	18,0	18,6	681,8
6 16	683,8	17,0	17,9	681,6

In queste tabelle le temperature sono corrette dall'errore istromentale, e le colonne barometriche a zero gradi sono ridotte all'errore istromentale del barometro normale della

Specola (che si ragguaglia col barometro dell'Osservatorio di Parigi applicandovi la correzione $-0^{\text{mm}},10$).

Colla tabella C, confrontando le osservazioni di Torino, è facile arguire che le differenze dei risultamenti ipsometrici relativi alle varie stazioni ferroviarie, calcolati colle osservazioni di casa Panizza e con quelle dell'Osservatorio, non arriverebbero a due metri. Inoltre le prime osservazioni si riferiscono unicamente alle stazioni più lontane, e le di cui altitudini variano da 440 a 1260 metri. In tali condizioni sarebbe tempo sprecato utilizzare quelle differenze con dei calcoli prolissi per una livellazione fatta coll'aneroido. Come base dei calcoli ipsometrici delle stazioni ferroviarie, ho quindi solamente fatto uso delle tabelle H ed I. Ma anche la K mi servirà a mostrare la precisione che si può ottenere livellando col barometro, e la bontà del metodo annesso all'aneroido a vite micrometrica, eziandio pelle differenze di livello di pochi metri.

Per le sette stazioni principali del tronco Bussoleno-Bardonecchia, calcolai coll'interpolazione e colle tabelle A e B, le tavole L, M degli elementi che occorrono per la determinazione delle differenze di livello e delle altitudini di quelle stazioni; adottando per correzione dell'aneroido i numeri dati più sopra $-0,53$ nell'andata e $-0,17$ nel ritorno, che avevo trovato in principio, invece delle due correzioni, poco diverse ma più esatte, $-0,69$ e $-0,16$, state ricavate dopo che i calcoli ipsometrici erano quasi tutti fatti; i quali pel motivo già espresso, non valeva la pena fossero rifatti per una differenza così piccola.

Le ore d'osservazione per le altre stazioni fra Torino e Bussoleno sono, come già dissi, troppo improprie perché io avessi ad istituire dei calcoli prolissi anche per le medesime. E per conseguenza mi contentai di calcolare per esse la tavola N, meno accurata delle precedenti, adottando per l'aneroido, come correzione costante, la media $-0,3$ delle correzioni usate nelle altre tabelle. Ed estesi la tavola N a tutta la linea da Torino a Bardonecchia, volendo con essa, che preparai la prima, fare diverse prove per assicurarmi delle misure, prima di incominciare dei calcoli ipsometrici più lunghi.

Tabella L.

STAZIONE FERROVIARIA	ANDATA						RITORNO					
	Ora dell' OSSERV.	STAZIONE FERROVIARIA		OSSERVATORIO		Variazioni colonna baroni. Osservatorio durante passagg. da una Stazione alla successiva	Ora dell' OSSERV.	STAZIONE FERROVIARIA		OSSERVATORIO		Variazioni colonna baroni. Osservatorio durante passagg. da una Stazione alla successiva
		Colonna barometrica a zero	Temp. dell' aria	Colonna barometrica a zero	Temp. dell' aria			Colonna barometrica a zero	Temp. dell' aria	Colonna barometrica a zero	Temp. dell' aria	
Bussoleno	h m	mm.	gradi	mm	gradi	mill.	h m	mm.	gradi	mm.	gradi	mill.
Meana	6 47	725,01	16,9	739,06	17,7		3 22	723,58	24,8	737,94	24,5	-0,07
Chiomonte	7 13	712,30	15,9	739,14	18,1	+ 0,08	3 1	710,91	22,7	738,01	24,4	— 0,08
Salbertrand	7 40	697,96	13,8	739,18	18,3	+ 0,04	2 39	696,82	21,7	738,09	25,3	-0,13
Oulx	8 6	678,92	13,2	732,22	18,4	+ 0,04	2 8	677,84	20,6	738,22	24,1	— 0,08
Beaulard	8 25	674,03	14,5	739,26	18,6	+ 0,04	1 52	672,68	19,9	738,30	23,9	-0,08
Bardonecchia	8 40	667,95	15,8	739,29	18,8	+ 0,03	1 37	666,32	21,4	738,38	23,6	-0,07
	8 55	638,82	14,1	739,32	19,0	+ 0,03	1 25	658,22	19,4	738,45	23,5	

Tabella M.

STAZIONE FERROVIARIA	ANDATA						RITORNO					
	Ora dell' OSSERV.	STAZIONE FERROVIARIA		SACRA SAN MICHELE		Variazione colonna baroni. Sacra durante passagg. da una Stazione alla successiva	Ora dell' OSSERV.	STAZIONE FERROVIARIA		SACRA SAN MICHELE		Variazioni colonna baroni. Sacra durante passagg. da una Stazione alla successiva
		Colonna barometrica a zero	Temp. dell' aria	Colonna barometrica a zero	Temp. dell' aria			Colonna barometrica a zero	Temp. dell' aria	Colonna barometrica a zero	Temp. dell' aria	
Bussoleno	h m	mm.	0°	mm.	0°		h m	mm.	0°	mm.	0°	
Meana	6 47	725,01	16,9	682,32	15,7		3 22	723,58	24,8	681,79	18,6	— 0,07
Chiomonte	7 10	712,30	15,9	682,33	15,8	+ 0,01	3 1	710,91	22,7	681,86	18,6	— 0,08
Salbertrand	7 40	697,96	15,8	682,35	15,9	+ 0,02	2 39	696,82	21,7	681,94	18,5	— 0,12
Oulx	8 6	678,92	13,2	682,36	16,1	+ 0,01	2 8	677,84	20,6	682,06	18,4	-0,07
Beaulard	8 23	674,03	14,5	682,37	16,1	+ 0,01	1 52	672,68	19,9	682,13	18,4	-0,06
Bardonecchia	8 40	667,95	15,8	682,38	16,2	+ 0,01	1 37	666,32	21,4	682,19	18,3	— 0,04
	8 55	658,82	14,1	682,39	16,3	+ 0,01	1 25	658,22	19,4	682,23	18,2	

Tabella N.

STAZIONE FERROVIARIA	ANDATA			RITORNO			
	Ora dell' osservaz.	STAZIONE FERROVIARIA		Ora dell' osservaz.	STAZIONE FERROVIARIA		Iniziali senza baroni, baro- tro altimetro dalla passag- gio da un dia- sita assoluta.
		Columna barometri a zero	Tempor. dell' aria		Columna barometri a zero	Tempor. dell' aria	
Torino	h 52 n	710,1	16,7	h 53 p	710,4	16,7	—0,0
Collegno	5 13	737,2	16,9	4 48	735,3	16,9	—0,0
Alpignano	5 28	739,9	16,7	4 37	739,9	16,7	—0,0
Rosta	5 33	732,8	16,2	4 37	731,8	16,2	—0,0
Avigliana	5 47	733,0	16,3	4 16	731,8	16,3	—0,0
Sant' Ambrogio	5 56	731,6	17,0	4 8	731,1	17,0	—0,0
Candove	6 8	731,3	17,1	4 2	729,9	17,1	—0,0
Sant' Antonino	6 18	740,2	16,1	3 48	738,5	16,1	—0,0
Borgone	6 28	728,7	17,3	3 39	727,2	17,3	—0,0
Basiglio	6 47	735,0	16,9	3 22	729,3	16,9	—0,0
Monin	7 15	712,6	15,9	3 1	710,8	15,9	—0,1
Chivasso	7 40	698,2	13,2	2 20	696,1	13,2	—0,1
Salbertrand	8 6	679,2	13,2	2 8	677,5	13,2	—0,1
Orsiera	8 23	671,3	11,5	1 52	672,5	11,5	—0,1
Beaulieu	8 40	658,1	13,8	1 37	656,2	13,8	—0,1
Bardonecchia	8 53	659,0	14,1	1 25	658,1	14,1	—0,1

Finalmente preparai la tabella 0 colle osservazioni fatte in terra a Bardonecchia e con quelle simultanee dell'Osservatorio astronomico, desunte in parte dal suo barografo e dal suo termografo.

Adottai nella tabella 0 la costante $-0,3$ per l'aneroide, come nella precedente N. E questa volta, non per applicare la solita regola di prendere la media per il valore incognito di una quantità che si suppone essere compresa fra due limiti noti, ma per la ragione tecnica che ora dirò. Il barografo ha per indicatore della pressione atmosferica la scatola col vuoto, precisamente come l'aneroide a vite micrometrica, e nel tempo delle osservazioni di Bardonecchia subì una depressione rispetto al barometro, prossimamente uguale alla differenza fra la correzione dell'aneroide al mattino $-0,69$, e quella che adottai $-0,3$.

Le indicazioni del barografo e del termografo sono registrate nella tabella P.

Tabella 0.

Ora dell'osservazione	Osservatorio astron. ⁰		Bardonecchia	
	Colon. bar. a zero	Temp. ^a aria	Colon. bar. a zero	Temp. ^a aria
h	mm.	gradi	mm.	gradi
9 37 a.	739,23	19,9	658,99	15,2
10 30	739,13	20,7	658,95	17,1
10 46	738,99	21,3	658,79	17,3
11 00	738,71	21,5	658,73	17,2
0 15 p.	738,61	22,2	658,41	18,1
0 30	738,58	22,5	658,42	18,5
0 45	738,55	22,8	658,30	18,6

Tabella P.

Ora della osservaz.	BAROGRAFO	TERMOGRAFO
	Colonna baromet. a zero gradi	Temperatura aria
h m	mm.	gradi
8 55 a.	739,25	19,3
9 37	739,16	19,9
10 30	739,06	20,7
10 46	738,92	21,3
11 00	738,64	21,5
0 15 p.	738,18	22,9
0 30	738,14	22,8
0 45	738,14	22,8
1 25	738,07	23,7

PARTE SECONDA

Sul risultamenti ottenuti.

V.

Per il piacere che provo a far de' numeri ed a confrontare, e come esercizio, la mal ferma salute non permettendomi, adesso, occupazione più seria, ho spinto nei calcoli ipsometrici l'approssimazione ad una o due cifre decimali cogli elementi della tabella *N*, ed a tre con quelli delle *L* ed *M*. Ma qui do dei numeri interi di metri, perché non credo guari possibile di ottenere praticamente con una livellazione aneroidica delle cifre decimali esatte; ed anche perché, non avendo sempre tenuto conto delle differenze che possono nascere, nelle colonne barometriche e nelle temperature dedotte coll'interpolazione, dal supporre le ore di osservazione all'Osservatorio astronomico ed alla Sacra di San Michele, ore di tempo medio mentre erano di tempo vero, come ho poi fatta la correzione in tutte le tabelle, che adesso sono a tempo medio di Roma, tali differenze, le quali non possono cagionare l'errore di un metro, sono sufficienti per alterarne le frazioni.

Lo scopo di questa Memoria essendo di mettere in rilievo per quello che vale, l'aneroide a vite micrometrica, mi conviene, prima di esporre i risultamenti ottenuti, avvertire, che le altitudini della tabella *D* erano da me credute esatte, come certamente lo sono le differenze di livello della tabella *E*; e che sono state le misure fatte coll'aneroide, le quali mi mostrarono che sono erronee, nel modo che ora dirò.

Trovai, con un calcolo speditivo, l'altitudine di Bardonecchia colle osservazioni di mezzogiorno (e coll'altitudine 276 metri dell'Osservatorio astronomico, la quale è esatta, come avrò l'occasione di verificare alla fine).

Feci uso dei quattro metodi menzionati nella Prima Parte, che designerò con *a, b, c, d*; e trovai

con *a* (tavola annessa all'aneroido).... metri 1267,
b (formola di Laplace) » 1266,
e (formola del conte di San Robert) » 1267,
d (tavola logipsometrica) » 1272;
 mentre dalla tabella *D* si hanno » 1301

Credendo quest'ultima esatta, conchiusi che l'aneroido aveva cagionato un errore di 34 metri in meno.

Colle due osservazioni dell'andata e ritorno fatte a Bussoleno, cercai l'altitudine di quella stazione e trovai:

colla tavola *a* metri 447,
 colla tavola *d* „ 448.
 mentre dalla tabella *D* si ha „ 483.

Volendo supporre quest'ultima esatta, doveti concludere, che l'aneroido cagionò l'errore in meno di 36 metri. Però la quasi identità dei due errori e la poca probabilità di un errore istromentale costante nell'aneroido, mi fecero sospettare le altitudini della tabella *D* troppo grandi.

Mi ricordai di avere determinato l'altitudine dell'Osservatorio della Sacra di San Michele con osservazioni della Specola e diverse osservazioni simultanee fatte alla Sacra coi barometri del prof. Luvini e del conte Augusto Salino, colà appositamente trasportati; e di avere trovato 957 metri, come pubblicai in una Nota inserita negli *Atti della Reale Accademia delle Scienze*.

Ho voluto servirmi di quest'altitudine per determinare quella di Bussoleno, e trovai:

colla tavola *a* . . . metri 440
 e colla tavola *d* . . . » 435.

Onde, derivando l'altitudine di Bussoleno simultaneamente dalla Sacra di San Michele e dall'Osservatorio astronomico,

si hanno nella prima maniera . . . metri 443,
 e nella seconda » 441.

Da questi numeri, i quali devono riputarsi più esatti dei precedenti, risulta che nella tabella *D* il tronco Bussoleno-Bardonecchia è 41 metri più alto del vero.

Colla tavola *a* ho ripetuto il calcolo precedente per la stazione di Meana colle osservazioni della Specola, e trovai 592 metri, invece dei 638 della tabella *D*, colla differenza di 46 metri. Colla stessa derivazione e collo stesso metodo risultò, più sopra, per Bussoleno la differenza di 36 metri. In modo che si ha la differenza media di 41 metri in eguai modo trovata su Bussoleno, colle due derivazioni dall'Osservatorio e dalla Sacra di San Michele.

Ho fatto parecchie altre prove speditive: Le osservazioni aneroidiche mi hanno dato per la differenza di livello Meana-Bussoleno, colla tavola *a*, 152 metri il mattino, 153 metri la sera; e colla *b*, 153 metri, mattina e sera; invece dei 155 metri certamente esatti della tabella *E*. — Colle osservazioni aneroidiche del mattino ed applicando i quattro metodi, ho trovato, per l'intero tronco Bussoleno-Bardonecchia, i risultamenti contenuti in questa tabella:

TRONCHI PARZIALI	Livellazione col livello a cannocchiale, tabella E	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Meana-Bussoleno	155m	152m	152m	152m	153m
Chiomonte-Meana	176	174	174	174	175
Salbertrand-Chiomonte	236	234	234	234	235
Oulx-Salbertrand	60	61	61	61	62
Beaulard-Oulx	77	78	78	78	79
Bardonecchia-Beaulard	114	116	116	116	118
Bardonecchia-Bussoleno	818	815	815	815	822

Onde mi persuasi di due cose: che l'aneroido a vite micrometrica è un buon istromento; e che la differenza di 41 metri trovata precedentemente deve realmente essere difalcata dalle altitudini della tabella *D*. — Inoltre

mi confermò una parte dell'asserzione inserita nel testo che precede la tavola logipsometrica, dove è stampato che « la costante 1,47235 dell'equazione logaritmica, per differenze di livello inferiori ad un chilometro o superiori a « tre chilometri e mezzo, è forse un tantino troppo forte. »

L'accordo trovato, nelle differenze di livello calcolate del tronco Bussoleno-Bardonecchia, non si verifica nelle differenze di livello delle stazioni inferiori, fra Torino e Bussoleno; né così bene anche per quel tronco, tenendo eziandio conto delle osservazioni del ritorno. — Ho fatto tutti questi calcoli cogli elementi della tabella *N*, applicando il metodo *a*; ed ho riuniti nella seguente tabella i risultamenti, con quelli della livellazione diretta da Torino a Bussoleno, che mi sono stati dati dagli ingegneri Pecco e Pulciano, e con quelli della tabella *E*.

TRONCHI PARZIALI	Livellazione col livello a cannocchiale	COLLE OSSERVAZIONI DELL'	
		Andata	Ritorno
Collegno-Torino	62'''	32m	52'''
Alpignano-Collegno . . .	38	49	37
Rosta-Alpignano	6	1	4
Avigliana-Rosta	0	— 1	0
Sant'Ambrogio-Avigliana.	10	17	8
Condove-Sant'Ambrogio .	14	2	14
Sant'Antonino-Condove .	11	14	17
Borgone-Sant'Antonino .	19	18	16
Bussoleno-Borgone . . .	41	41	47
Meana-Bussoleno	155	152	153
Chiomonte-Meana	176	174	176
Salbertrand-Chiomonte .	236	234	243
Oulx-Salbertrand	60	61	65
Beaulard-Oulx	77	78	78
Bardonecchia-Beaulard .	114	116	107
Bardonecchia-Torino . . .	1019	988	1017

Adesso esporrò i risultamenti ipsometrici più importanti, relativi alle 7 stazioni più elevate, del tronco Bussoleno-Bardonecchia, stati fatti cogli elementi delle tabelle *L* ed *M*, applicando il calcolo di compensazione.

VI.

Certo che le differenze di livello della tabella *E* sono esatte, mi sono servito di esse per far pesare tutte le osservazioni su Bussoleno, affine di ricavarne l'altitudine, nel modo migliore applicando successivamente i quattro metodi *a*, *b*, *c*, *d*.

METODO a.

Tabella *L*.Colle osservazioni dell'Osservatorio
e colla sua altitudine 276 metri.

Ottenni:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno	438m	447 ⁿ	442 ⁿ
Meana	590	600	595
Chiomonte.	764	776	770
Salbertrand	998	1017	1007
Oulx	1062	1083	1073
Beaulard	1142	1169	1155
Bardonecchia	1257	1273	1265

Onde, poste le notazioni

- (1) Altitudine di Bussoleno
- (2) " di Meana
- (3) " di Chiomonte
- (4) " di Salbertrand
- (5) " Oulx
- (6) " Beaulard
- (7) " Bardonecchia

si hanno i residui

- (1) — 442 = v_1
- (2) — 595 = v_2
- (3) — 770 = v_3
- (4) — 1007 = v_4
- (5) — 1073 = v_5
- (6) — 1155 = v_6
- (7) — 1265 = v_7

e le equazioni di condizione della tabella E:

- (2) — (1) = 155
- (3) — (2) = 176
- (4) — (3) = 236
- (5) — (4) = 60
- (6) — (5) = 77
- (7) — (6) = 114.

Quindi

- (1) — 442 = v_1 = 1, 6
- (1) — 440 = v_2 = 3, 6
- (1) — 439 = v_3 = 4, 6
- (1) — 440 = v_4 = 3, 6
- (1) — 446 = v_5 = —2, 4
- (1) — 451 = v_6 = —7, 4
- (1) — 447 = v_7 = —3, 4
- [v_0] = 121, 72

$$(1) = 443^m, 6$$

coll'errore medio 1^m, 7.

Tabella M.

**Colle osservazioni della Sacra di San Michel[©]
e colla sua altitudine 957 metri.**

Otteni :

STAZIONE COLLE OSSERVAZIONI	ALTITUDINE		Media
	dell		
	Andata	Ritorno	
Bussoleno.	438 ^m	438 ^m	438 ^m
Meana.	589	592	591
Chiomonte.	762	767	765
Salbertrand.	998	1008	1003
Oulx.	1060	1073	1066
Beaulard.	1137	1157	1147
Bardonecchia.	1253	1262	1258

Onde, come precedentemente,

- (1) — 438 = v_1 = 0, 0
- (1) — 436 = v_2 = 2, 0
- (1) — 434 = v_3 = 4, 0
- (1) — 436 = v_4 = 2, 0
- (1) — 439 = v_5 = —1, 0
- (1) — 443 = v_6 = —5, 0
- (1) — 440 = v_7 = —2, 0
- [v_0] = 54, 00
- (1) = 438^m, 0

coll'errore medio 1^m, 1.

Colle osservazioni dell'Osservatorio astronomico e della Sacra di San Michele e coll'altitudine di 276 metri del primo.

Ottenni:

Primieramente, le seguenti differenze di livello fra la Sacra di San Michele e l'Osservatorio astronomico:

Colle osservazioni ridotte alle ore	Differenza di livello
h m	metri
6 47 a.	681
7 15	683
7 40	684
8 6	684
8 25	685
8 40	686
8 55	680
1 25 p.	687
1 37	687
1 52	688
2 8	687
2 39	687
3 1	687
3 22	688
Media . .	686

Secondariamente, le seguenti altitudini:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno	438 ^m	444 ^m	441 ^m
Meana	592	598	595
Chiomonte	765	774	769
Salbertrand	1001	1013	1007
Oulx	1064	1080	1072
Beaulard	1142	1163	1152
Bardonecchia	1259	1268	1263

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 441 &= v_1 = 1,4 \\
 (1) - 440 &= v_2 = 2,4 \\
 (1) - 438 &= v_3 = 4,4 \\
 (1) - 440 &= v_4 = 2,2 \\
 (1) - 445 &= v_5 = -2,5 \\
 (1) - 448 &= v_6 = -5,6 \\
 (1) - 445 &= v_7 = -2,6 \\
 [v v] &= 77,72 \\
 (1) &= 442^{\text{m}},4
 \end{aligned}$$

coll'errore medio $1^{\text{m}},4$.

Riepilogando, ebbi le tre seguenti determinazioni dell'altitudine (1):

Derivazione da Torino metri 443,6 coll'errore medio $1^{\text{m}},7$
 Derivazione dalla Sacra » 438,0 » 1,1
 Derivazione da Torino
 (colle osservazioni di
 Torino e della Sacra) » 442,4 » 1,4.

Prendendo per unità di peso il peso della prima determinazione, il peso della seconda risulta di 2,89 e quello della terza di 1,48. Quindi la compensazione dà:

$$(1) = 440^{\text{m}},26$$

coll'errore medio $0^{\text{m}},73$.

METODO b

Tabella L.

Ottenni:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno.	438 ^o	446 ^o	442 ^o
Meana	589	597	593
Chiomonte.	764	775	770
Salbertrand	996	1015	1006
Oulx	1060	1082	1071
Beaulard	1140	1168	1154
Bardonecchia	1256	1271	1263

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 442 &= v_1 = 0,7 \\
 (1) - 438 &= v_2 = 4,7 \\
 (1) - 439 &= v_3 = 3,7 \\
 (1) - 439 &= v_4 = 3,7 \\
 (1) - 444 &= v_5 = -1,3 \\
 (1) - 450 &= v_6 = -7,3 \\
 (1) - 445 &= v_7 = -2,3 \\
 [v v] &= 110,23 \\
 (1) &= 442^{\text{m}},7
 \end{aligned}$$

coll'errore medio $1^{\text{m}},7$.

Tabella M.

Ottenni:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno.	439 ^m	438 ^m	439 ^m
Meana	590	594	592
Chiomonte.	764	768	766
Salbertrand	998	1008	1003
Oulx	1059	1074	1067
Beaulard	1137	1157	1147
Bardonecchia	1253	1260	1257

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 439 &= v_1 = -0,6 \\
 (1) - 437 &= v_2 = 1,4 \\
 (1) - 435 &= v_3 = 3,4 \\
 (1) - 436 &= v_4 = 2,4 \\
 (1) - 440 &= v_5 = -1,6 \\
 (1) - 443 &= v_6 = -4,6 \\
 (1) - 439 &= v_7 = -0,6 \\
 [v v] &= 43,72 \\
 (1) &= 438^{\text{m}},4
 \end{aligned}$$

coll'errore medio $1^{\text{m}},0$.

Otteni:

Primieramente, le seguenti differenze di livèllo fra la Sacra di San Michele e l'Osservatorio astronomico:

Colle osservazioni ridotte alle ore		Differenza di livèllo
h	m	metri
6	47 a.	682
7	15	684
7	40	684
8	6	684
8	25	686
8	40	686
8	25	687
1	25 p.	687
1	37	686
1	52	687
2	8	687
2	39	687
3	1	687
3	22	687
Media		686

Secondariamente, le altitudini:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno.	438 ^m	445 ^m	442 ^m
Meana	591	599	595
Chiomonte.	766	773	769
Salbertrand	1001	1012	1006
Oulx	1062	1079	1070
Beaulard	1140	1160	1150
Bardonecchia.	1257	1265	1261

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 442 &= v_1 = -0,4 \\
 (1) - 440 &= v_2 = 1,6 \\
 (1) - 438 &= v_3 = 3,6 \\
 (1) - 439 &= v_4 = 2,6 \\
 (1) - 443 &= v_5 = -1,4 \\
 (1) - 446 &= v_6 = -4,4 \\
 (1) - 443 &= v_7 = -1,4 \\
 [v v] &= 45,72 \\
 (1) &= 441^m,6 \\
 \text{coll'errore medio} &= 1^m,0.
 \end{aligned}$$

Riepilogando ebbi le tre seguenti determinazioni dell'altitudine (1):

Derivazione da Torino metri 442,7 coll'errore medio 1^m,7
 Derivazione dalla Sacra » 438,4 » 1,0
 Derivazione da Torino (colle osservazioni di Torino e della Sacra) » 441,6 » 1,0.

Quindi, come precedentemente, la compensazione dà:

$$\begin{aligned}
 (1) &= 440^m,40 \\
 \text{coll'errore medio} &= 0^m,65.
 \end{aligned}$$

METODO C.

Tabella L.

Ottenni:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno	438 ^m	446 ^m	442 ^m
Meana	588	601	595
Chiomonte	765	778	771
Salbertrand	999	1016	1008
Oulx	1063	1083	1073
Beaulard	1143	1168	1155
Bardonecchia	1254	1272	1263

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 442 &= v_1 = 1,6 \\
 (1) - 440 &= v_2 = 3,6 \\
 (1) - 440 &= v_3 = 3,6 \\
 (1) - 441 &= v_4 = 2,6 \\
 (1) - 446 &= v_5 = 2,4 \\
 (1) - 451 &= v_6 = 7,4 \\
 (1) - 445 &= v_7 = 1,4
 \end{aligned}$$

$$[v v] = 97,72$$

$$(1) = 443^{\text{m}},6$$

coll'errore medio $1^{\text{m}},5$.

Tabella M.

Ottenni:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno	437 ^m	438 ^m	438 ^m
Meana	589	593	591
Chiomonte	762	768	765
Salbertrand	998	1008	1003
Oulx	1059	1073	1066
Beaulard	1137	1157	1147
Bardonecchia	1256	1263	1259

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 438 &= v_1 = 0,1 \\
 (1) - 436 &= v_2 = 2,1 \\
 (1) - 434 &= v_3 = 4,1 \\
 (1) - 436 &= v_4 = 2,1 \\
 (1) - 439 &= v_5 = 0,9 \\
 (1) - 443 &= v_6 = 4,9 \\
 (1) - 441 &= v_7 = 2,9
 \end{aligned}$$

$$[v v] = 58,87$$

$$(1) = 438^{\text{m}},1$$

coll'errore medio $1^{\text{m}},2$.

Tabella L ed M.

Otteni :

Primieramente, le seguenti differenze di livello fra la Sacra di San Michele e l'Osservatorio astronomico:

Colle osservazioni ridotte alle ore		Differenza di livello
h	m	metri
6	47 a.	682
7	15	684
7	40	684
8	6	684
8	25	686
8	40	686
8	55	687
1	25 p.	687
1	37	086
1	52	687
2	8	687
2	39	687
3	1	687
3	22	687
Media		686

Secondariamente, le seguenti altitudini:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno	439 ^m	444 ^m	442 ^m
Meana	592	599	595
Chiomonte	766	774	770
Salbertrand	1002	1014	1008
Oulx	1064	1078	1071
Beaulard	1143	1163	1153
Bardonecchia	1262	1269	1265

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 442 &= v_1 = 1,1 \\
 (1) - 440 &= v_2 = 3,1 \\
 (1) - 439 &= v_3 = 4,1 \\
 (1) - 441 &= v_4 = 2,1 \\
 (1) - 444 &= v_5 = -0,9 \\
 (1) - 449 &= v_6 = -5,9 \\
 (1) - 447 &= v_7 = -3,9 \\
 [vv] &= 82,87
 \end{aligned}$$

$$(1) = 443^m,1$$

coll'errore medio 1^m,4.

Riepilogando ebbi le tre seguenti determinazioni dell'altitudine (1):

Derivazione da Torino metri 443,6 coll'errore medio 1^m,5

Derivazione dalla Sacra » 438,1 . » 1,2

Derivazione da Torino

(colle osservazioni di

Torino e della Sacra) . » 443,1 » 1,4

Quindi :

$$(1) = 441^m,08$$

coll'errore medio 0^m,61.

METODO d.

Tabella L.

Ottenni:

STAZIONE	ALTITUDINE		Media
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		
	Andata	Ritorno	
Bussoleno	439 ^m	448 ^m	444 m
Meana	592	603	597
Chiomonte	768	778	773
Salbertrand	1000	1020	1010
Oulx	1066	1086	1076
Beaulard	1148	1175	1161
Bardonecchia	1262	1277	1269

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 444 &= v_1 = 2,9 \\
 (1) - 442 &= v_2 = 4,9 \\
 (1) - 449 &= v_3 = 4,9 \\
 (1) - 443 &= v_4 = 3,9 \\
 (1) - 449 &= v_5 = -2,1 \\
 (1) - 457 &= v_6 = -10,1 \\
 (1) - 451 &= v_7 = -4,1
 \end{aligned}$$

$$[vv] = 194,87$$

$$(1) = 446,6$$

$$2^{\text{m}},2.$$

coll'errore medio

Tabella M.

Ottenni:

STAZIONE	ALTITUDINE		Media
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		
	Andata	Ritorno	
Bussoleno	433 ^m	438 ^m	436 ^m
Meana	585	592	589
Chiomonte	761	767	764
Salbertrand	998	1008	1003
Oulx	1060	1075	1068
Beaulard	1139	1160	1150
Bardonecchia	1256	1266	1261

Onde:

$$\begin{aligned}
 (1) - 436 &= v_1 = 2,4 \\
 (1) - 434 &= v_2 = 4,4 \\
 (1) - 433 &= v_3 = 5,4 \\
 (1) - 430 &= v_4 = 2,4 \\
 (1) - 441 &= v_5 = -2,6 \\
 (1) - 446 &= v_6 = -7,6 \\
 (1) - 443 &= v_7 = -4,6
 \end{aligned}$$

$$[vv] = 145,72$$

$$(1) = 438^{\text{m}},4$$

coll'errore medio

$$1^{\text{m}},9.$$

Tabelle L ed M.

Otteni:

Primieramente, le seguenti differenze di livello fra la Sacra di San Michele e l'osservatorio astronomico:

Colle osservazioni ridotte alle ore		Differenza di livello
h	m	metri
6	47 a.	637
7	15	688
7	40	689
8	6	689
8	25	690
8	40	690
8	55	691
1	25 p.	688
1	37	687
1	52	688
2	8	687
2	39	687
3	1	688
3	22	687
Media		688

Secondariamente, le seguenti altitudini:

STAZIONE	ALTITUDINE		
	COLLE OSSERVAZIONI dell'		Media
	Andata	Ritorno	
Bussoleno	439 ^m	445 ^m	442 ^m
Meana	593	599	596
Chiomonte	769	773	771
Salbertrand	1006	1014	1010
Oulx	1069	1082	1076
Beaulard	1148	1167	1158
Bardonecchia	1266	1273	1269

Onde:

$$\begin{aligned} (1) - 442 &= v_1 = 3,7 \\ (1) - 441 &= v_2 = 4,7 \\ (1) - 440 &= v_3 = 5,7 \\ (1) - 443 &= v_4 = 2,7 \\ (1) - 449 &= v_5 = -3,5 \\ (1) - 454 &= v_6 = -8,3 \\ (1) - 451 &= v_7 = -5,3 \\ [v] &= 183,45 \\ (1) &= 445^m,7 \end{aligned}$$

coll'errore medio $2^m,1$.

Riepilogando, ebbi le tre seguenti determinazioni dell'altitudine (1):

Derivazione da Torino metri 446,9 coll'errore medio 2m,2;

Derivazione dalla Sacra » 438,4 » 1,9;

Derivazione da Torino

(colle osservazioni di

Torino e della Sacra) » 445,7 » ,2,1.

Quindi:

$$(1) = 443^m,26$$

coll'errore medio $1^m,09$.

Finalmente, dalle quattro ultime determinazioni:

a, metri 440,06 coll'errore medio 0,73

b, » 440,40 » 0,65

c, » 441,08 » 0,61

d, » 443,26 » 1,09

mi risultò:

Altitudine di Bussoleno = 441^m,02

coll'errore medio 0^m,36.

Prendendo per unità il peso del risultamento d si hanno i quattro pesi:

a, 2,23
6, 2,81
c, 3,19
d, 1,00

i quali mostrano: 1° che il risultato della formola del conte di San Robert è il più esatto di tutti, e che il mio è il meno esatto; 2° che la precisione del risultato ottenuto col metodo annesso all'aneroide, sta fra quelle dei risultati della formola di Laplace e della mia, ma assai più vicina alla prima.

Il Direttore della manutenzione e dei lavori della ferrovia delle Alpi, in una lettera del 29 ottobre ultimo, mi comunicò le tre seguenti altitudini di Bussoleno:

Determinazione Le Haitre, adottata per i profili della strada	metri	483,83
Determinazione dello Stato Maggiore.	»	447,36
Determinazione del conte di San Robert	»	441,36

Non è detto a qual punto della linea si riferiscano questi numeri; ma avendo io copiato dai profili, per il piano di formazione: sull'asse della stazione metri 483,40, ed all'incontro della ferrovia di Susa metri 483,83, arguisco che si riferiscano al piano di formazione in questo incontro; e quindi che per il piano di formazione sull'asse della stazione si abbiano le tre altitudini:

Le Haitre	metri	483,40
Stato Maggiore	»	446,93
Conte di San Robert	»	440,93

Ora l'altitudine che io determinai eccede solamente di nove *centimetri* quella del conte di San Robert, che è la più

esatta (*). — Spero che un tal risultato, ottenuto coll'aneroide a vite micrometrica, proverà ai nostri Pratici che starebbe loro bene in mano anche questo piccolo istromento.

VII.

La grande precisione ottenuta nella determinazione dell'altitudine di Bussoleno, è dovuta all'esattezza della livellazione del tronco Bussoleno-Bardonecchia, contenuta nella tabella 1?, la quale mi permise di riferire a Bussoleno anche le osservazioni aneroidiche fatte alle altre stazioni. — Avrei ricavata un'altitudine meno precisa, se avessi dovuto dedurre dalle stesse osservazioni aneroidiche le differenze di livello fra stazione e stazione, invece di prenderle dalla tabella E. — Per convincermi praticamente di ciò determinai, colla tabella L e col metodo a, le differenze di livello delle sette stazioni, combinate due a due in tutti i modi, tanto colle osservazioni dell'andata che con quelle del ritorno; e ricavai da esse col calcolo di compensazione le sei differenze di livello successive. Presento qui i risultamenti ottenuti.

Poste le notazioni

$x = (7) - (6) = \text{Bardonecchia-Beaulard}$
 $y = (6) - (5) = \text{Beaulard-Oulx}$
 $z = (5) - (4) = \text{Oulx-Salbertrand}$
 $u = (4) - (3) = \text{Salbertrand-Chiomonte}$
 $v = (3) - (2) = \text{Chiomonte-Meana}$
 $w = (2) - (1) = \text{Meana-Bussoleno}$

ho trovato:

(*) L'altitudine risultante dalla livellazione diretta sulla strada ferrata da Genova a Bussoleno è di metri 440,60; come faccio rilevare in una breve Nota, pubblicata negli Atti della Reale Accademia delle Scienze mentre si stampa, questa Memoria. — Mettendo in disparte i risultati ottenuti col quarto metodo, da quelli dei tre primi risultano metri 440,62, in perfetto accordo colla determinazione precedente, che io, considero come la esatta.

TRONCO PARZIALE	Differenze di livello calcolate		
	Sulle osservazioni del		Media
	Astizia	Riserva	
Bardonecchia - Beaulard = x	117 ^m	107	112
Beaulard - Oulx = y	77	84	80
Oulx - Salbertrand = z	62	67	64
Salbertrand - Chiomonte = u	235	241	238
Chiomonte - Meana = v	173	175	174
Meana - Bussoleno = w	152	155	153
Bardonecchia - Oulx = x + y	194	190	192
Bardonecchia - Salbertrand = x + y + z	256	257	257
Bardonecchia - Chiomonte = x + y + z + u	491	497	494
Bardonecchia - Meana = x + y + z + u + v	664	683	674
Bardonecchia - Bussoleno = x + y + z + u + v + w	816	831	824
Beaulard - Salbertrand = y + z	139	151	145
Beaulard - Chiomonte = y + z + u	375	393	384
Beaulard - Meana = y + z + u + v	549	569	559
Beaulard - Bussoleno = y + z + u + v + w	701	726	714
Oulx - Chiomonte = z + u	297	308	302
Oulx - Meana = z + u + v	469	483	476
Oulx - Bussoleno = z + u + v + w	622	627	624
Salbertrand - Meana = u + v	418	417	417
Salbertrand - Bussoleno = u + v + w	559	573	566
Chiomonte - Bussoleno = v + w	325	321	323

Per questi elementi il calcolo di compensazione dà le sei equazioni normali:

$$\begin{aligned}
 6x + 5y + 4z + 3u + 2v + w &= 2551 \\
 5x + 10y + 8z + 6u + 4v + 2w &= 4320 \\
 4x + 8y + 12z + 9u + 6v + 3w &= 5515 \\
 3x + 6y + 9z + 12u + 8v + 4w &= 6270 \\
 2x + 4y + 6z + 8u + 10v + 5w &= 5353 \\
 x + 2y + 3z + 4u + 5v + 6w &= 3207
 \end{aligned}$$

e quindi

$$\begin{aligned}
 x &= 111^m,7; & y &= 82^m,0; & z &= 62^m,9; \\
 u &= 237^m,4; & v &= 175^m,6; & w &= 151^m,6.
 \end{aligned}$$

Questi numeri mettono nel massimo accordo fra loro le osservazioni aneroidiche; ma, confrontati colle differenze di

livello della tabella E, non trovansi guari più soddisfacenti dei valori calcolati semplicemente colle due osservazioni fatte alle estremità di Ciascun tronco parziale; come si scorge dando una scorsa alla seguente tabella di confronto :

TRONCO PARZIALE	LIVELLAZIONI				
	Col livello a cannocchiale tabella E	Aneroidica colle osservazioni alle estremità di Ciascun tronco	Aneroidica colle osservazioni a tutte le stazioni della linea		
			errori	errori	
	m	m	m	m	m
Meaua - Bussoleno. . .	154,55	153,2	-1,4	151,6	-3,0
Chrajnte - Meana . . .	176,96	174,4	-1,6	175,6	-0,4
Saibertrand - Chiomonte . . .	236,23	237,9	+ 1,7	237,4	+ 1,2
Oulx - Salbertrand. . . .	60,09	64,5	+4,4	62,9	+ 1,8
Beaulard- Oulx	77,35	80,4	+3,0	82,0	+4,6
Bardonecchia - Beaulard.	113,73	111,7	-2,0	111,7	-2,0
Bardonecchia - Bussoleno	817,9	822,1	4,2	821,2	3,3

Per quanto concerne la tabella 0, mi limitai a prendere le medie delle osservazioni, ed a calcolare l'altitudine di Bardonecchia colla formola del conte di San Robert. Le medie sono queste:

STAZIONE	Colonna barometri a zero	Temper. ^a dell'aria
Bardonecchia ad un metro sopra il piano di formazione	m 658,68	gradi 17,43
Osservatorio astronomico.	738,83	21,56

e l'altitudine trovata è 1265^m,3, invece della precisa 1258^m,5, che deriva da quella di Bussoleno 440^m,6 (vedila nota in calce al paragrafo VI) aggiungendovi la differenza di livello Bardonecchia-Bussoleno 817^m,9.

VIII.

Importa che io tolga ogni dubbio sull'esattezza dell'altitudine dell'Osservatorio astronomico, 276^m, di cui mi sono servito in questa Memoria, anche perché metterò in rilievo alcune circostanze di qualche interesse. — Un illustre scienziato, insigne anche nell'ipsometria, mi disse più d'una volta che quest'altitudine è troppo piccola, di parecchi metri; e venendo alla direzione dell'Osservatorio trovai registrata, di proprio pugno del Plana (e non so proprio darmene ragione avendo esso trovato geodesicamente meno di 274^m), l'altitudine 284 metri; in modo che l'adottai da principio, e non l'ho cambiata se non dopo che mi risultò troppo grande di otto metri.

L'Osservatorio astronomico è il punto più importante delle operazioni del nostro Stato Maggiore, relative alla gran carta del Piemonte (in cui non poche inesattezze topografiche generarono a torto dei dubbi sull'esattezza delle operazioni geodesiche che hanno servito per far la carta); e ne determinò, quindi, anche l'altezza sul mare, con gran precisione mediante tre derivazioni dal livello medio fra Genova e Nizza. Ne risultò l'altitudine di 275^m,75 del pavimento della sala meridiana, dove sta il barometro normale.

Con tre basi misurate in Doragrossa, quattro distanze renitali prese col teodolite, e quattro differenze di altezza trovate col livello a cannocchiale, lo Stato Maggiore determinò eziandio l'altezza del pavimento suddette sulla soglia del portico del palazzo, con tre derivazioni; e risultò di 36^m,17.

La livellazione della ferrovia di Genova prolungata alla soglia del palazzo Madama, ha dato metri 238,90 (a me comunicati dall'ing. Pecco); e questo numero non differisce dalla differenza dei due precedenti che di 0^m,68. È già un bell'accordo fra due livellazioni fatte con due metodi tanto di-

tersi, da luogo a luoghi tanto lontani; ma proverò più innanzi essere l'accordo quasi perfetto.

Il livello del mercurio nel pozzetto del barometro è alto metri 0,78 sul pavimento, e la sua altitudine per conseguenza è di 276^m,53 secondo la determinazione geodesica; e 275,85 secondo la livellazione sulla ferrovia di Genova. Avendo adottato, in numeri interi, 276 metri, mi trovo adunque all'altitudine voluta.

Le osservazioni barometriche, simultanee e precise, dell'Osservatorio e di casa Panizza mi permisero di fare una verifica dell'altitudine del livello del mercurio nel pozzetto del nostro barometro.

Confrontando le tabelle *H e K ho* veduto: 1° che nel mattino possono ridursi alla stessa ora le quattro osservazioni fatte alla Specola dalle 6^h15 alle 9^h15^m e le sette in casa Panizza dalle 6^h48^m alle 8^h58^m; e che nel pomeriggio possono anche ridursi alla stessa ora le tre osservazioni della Specola da 1^h15^m a 3^h15^m, e le quattro di casa Panizza da 1^h15^m a 3^h25^m; 2° che per questo basta ridurre le due dell'Osservatorio a 6^h15^m e da 9^h15^m; rispettivamente a 6^h48^m ed 8^h58^m, e quella delle 3^h22^m in casa Panizza a 3^h15^m; e quindi prendere la media delle quattro dell'Osservatorio e delle sette di casa Panizza nel mattino, e la media delle tre dell'Osservatorio e delle quattro di casa Panizza nel pomeriggio. — In tal modo trovai:

TEMPO delle OSSERVAZIONI	OSSERVATORIO astronomico		ALLOGGIO SALINO all'°p. di casa Panizza	
	Colonna bar. a zero	Temper. ^a aria	Colonna bar. a zero	Temper. ^a aria
	mill.	gradi	mill.	gradi
Mattino	739,19	18,35	741,43	20,0
Pomeriggio. . .	738,21	24,00	740,62	24,4

E calcolai con ciascuno dei quattro metodi *a*, *b*, *c*, *d*, la differenza di livello dei pozzetti dei due barometri.

Ottenni:

TEMPO delle OSSERVAZIONI	DIFFERENZA DI LIVELLO			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Mattino	26,056	26,070	26,082	27,174
Pomeriggio.	28,587	28,545	28,575	28,621
Media	27,32	27,31	27,33	27,90

Il livello del mercurio, nel pozzetto del barometro Salino, è più alto del pavimento del 1° piano, in casa Panizza, di 0^m,70.

Quindi il livello del mercurio nel pozzetto del barometro dell'Osservatorio è più alto del pavimento di detto 1° piano:

secondo <i>a</i>	di metri	28,02,
» <i>b</i>	»	28,01,
» <i>c</i>	»	28,03,
» <i>d</i>	»	28,60.

Secondo la livellazione della ferrovia di Genova, prolungata dentro la città, l'altitudine del marciapiede di casa Panizza sull'angolo di Via Cernaia e Piazza Solferino, è di metri 242,24; e l'altezza del pavimento del 1° piano di detta casa su tal marciapiede è di metri 5,78 (statemi comunicate dall'ingegnere Pecco).

Quindi l'altitudine di quel pavimento è di metri 248,02; e per conseguenza quella del barometro dell'Osservatorio è:

secondo <i>a</i>	di metri	276,04,
» <i>b</i>	»	276,03,
» <i>c</i>	»	276,05,
» <i>d</i>	»	276,62.

Le tre prime determinazioni si accordano in dare l'altitudine di 276,04, colla differenza di 0^m,49 e 0^m,19, rispettivamente, dalle altitudini, di cui sopra, state determinate geodesicamente e colla livellazione sulla ferrovia; la quarta determinazione differisce di 0^m,09 dall'altitudine geodesica e di 0^m,77 dall'altra. Ora osservo che, nonostante la quasi perfetta coincidenza della quarta determinazione colla geodesica, essa deve riputarsi la meno precisa delle quattro; e perché le prime tre sono pienamente d'accordo, e perché il metodo *d* non tiene conto di una temperatura, e si è veduto che per piccole differenze di livello esso dà dei numeri un po' troppo grandi. Per tali considerazioni dovrei concludere che la nostra altitudine geodesica, stata determinata con tante cure dallo Stato Maggiore, deve essere diminuita poco meno di sei decimetri (pei 68 centimetri dati più sopra ed i 49 trovati).

Ciò sembrandomi ancora troppo, una di queste sere dissi, nella nostra sala Coriolis, all'ingegnere V. Soldati, che io credeva le altitudini delle ferrovie troppo alte di 58 o 59 centimetri; ed egli, con mia grandissima soddisfazione, mi informò che il piano di partenza, in Genova, di tutte le livellazioni, fra cui quella della ferrovia di Genova, è sessanta centimetri sotto il livello del mare. Non si hanno adunque che *otto centimetri* di differenza fra l'altitudine geodesica dell'Osservatorio astronomico e quella della livellazione diretta sulla ferrovia; e dando la preferenza alla seconda, il livello del mercurio nel pozzetto del suo barometro normale risulta a 276^m,45 sul livello del mare; ossia, in numero rotondo, a 276 metri.

Torino, 2 dicembre 1873.

ALESSANDRO DORNA.