

C. — LA VARIAZIONE DELLE ZONE TERRESTRI.

Nota del socio prof. FEDERIGO MINUTILLI.

Antichissima è la divisione della Terra in zone, e risale forse al tempo in cui gli uomini si accorsero della gran differenza di temperatura nelle varie ragioni del globo. Sicchè le zone non furono in principio che grandi classificazioni di climi fisici, e vennero così dette (da ζώνη fascia) perchè variando la temperatura con la latitudine, si presentavano come altrettante fasce che tutta attraversavano la Terra da occidente ad oriente, indipendentemente da qualunque idea che si riferisse alla forma piana o sferica del nostro pianeta. Parmenide, amico di Socrate (450 a. C.), divideva la Terra in tre zone: torrida, temperata e fredda, delle quali soltanto la seconda era abitata. Della stessa opinione era Virgilio (1), e tutti gli antichi credevano che la zona torrida e la glaciale fossero inabitabili. Del resto è certo che mai nessun Greco o Romano oltrepassò il circolo polare; e della zona torrida non ebbero che idee monche e confuse. La larga cintura di adusti deserti che nel continente africano separa la zona temperata dalla torrida non permise alla civiltà greca ed alle armi romane di oltrepassare il tropico, e nella supposizione che avanzando verso l'equatore il clima dovesse farsi sempre più infocato, si comprende come credessero inabitabile la

(1) Quinque tenent coelum zonae, quarum una corusco
Semper Sole rubens, et torrida semper ab igni:
Quam circum extremae dextra laevaue trahuntur
Cerulea glacie concretæ atque imbris aëtris.
Has inter, mediamque duae mortalibus aëgris
Munere concessæ Divum; et via secta per ambas,
Obliquus quæ se signorum verteret ordo.

GEORG. I. 233 et seq.

zona torrida. Non potevano sospettare che di là dai deserti ricominciasse la vegetazione e con essa la vita, non ostante che qualcuno fra gli antichi geografi accennasse all'esistenza dei grandi laghi equatoriali.

Le idee degli antichi intorno alle zone terrestri si trovano brevemente riassunte nel *Sogno di Scipione* del principe degli oratori romani (1).

Ma il concetto moderno delle zone, anzichè al clima, si riferisce alla posizione del Sole nell'eclittica relativamente ai paralleli terrestri. E chiamiamo zona torrida tutto quel tratto del nostro globo nel quale ogni punto ha il Sole perpendicolare in due giorni dell'anno, zona temperata quella che non ha mai il Sole al suo zenit, ma che tutti i giorni dell'anno lo vede sorgere sull'orizzonte, e zona glaciale quella che per uno o più mesi non lo vede sorgere o tramontare. Così le zone non sono più una divisione climatica del globo, ma semplicemente una divisione matematica determinata dall'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica. Infatti molti luoghi della zona temperata, p. e. il Belucistan, sono più caldi di molti luoghi della zona torrida, e molti altri p. e. Jacutsk, sono assai più freddi di molti luoghi della zona glaciale. Tutti sanno che la zona torrida è compresa fra i due tropici, che ogni zona temperata sta fra il tropico ed il circolo polare del proprio emisfero, e che di là dai circoli polari sono le zone glaciali. È noto altresì che la latitudine dei tropici è eguale all'obliquità dell'eclittica, e che la latitudine dei circoli polari è eguale al complemento dell'obliquità suddetta.

Forse, essendo così cangiato il concetto delle zone sarebbe stato preferibile che agli antichi nomi se ne fossero sostituiti altri più convenienti al nuovo concetto. Per esempio la zona torrida meglio si chiamerebbe *ortelia*, ossia che ha il Sole perpendicolare (da ὀρθος, diritto e ἥλιος, Sole); le due zone glaciali meglio verrebbero indicate dalla parola *afelie*, ossia senza Sole (per una parte dell'anno), e le due zone

(1) Vides habitari in Terra raris et angustis in locis, et in ipsis quasi maculis ubi habitatur, vastas solitudines interjectas; hosque, qui incolunt Terram, non modo interruptos ita esse ut nihil inter ipsos ab aliis ad alios manare possit, sed partim obliquos, partim transversos, partim etiam adversos stare vobis... Cernis autem eandem terram quasi quibusdam redimitam et circumdatam cingulis, e quibus duos maxime inter se diversos, et coeli verticibus ipsis ex utraque parte subnixos, obriguisset pruina vides; medium autem illum et maximum Solis ardore torreri. Duo sunt habitabiles; quorum australis ille, in quo insistent, adversa vobis urgent vestigia, nihil ad vestrum genus; hic autem alter subjectus aquiloni, quem incolitis, cerne quam tenui vos parte contingat.

glaciale si avrà $S = 2R\pi(R - R \sin 66^\circ 32' 40'' 76)$. Sostituendo ad R il suo valore in km. 6,371, raggio della Terra, o per meglio dire raggio di una sfera di superficie eguale a quella della Terra, secondo i calcoli del Clarke, avremo $2R\pi = \text{km. } 40,028.933$, e $R \sin 66^\circ 32' 40'' 76 = 6,371 \times 0,91737 = \text{km. } 5,844.568$; onde $S = 40,028.933 \times 526,432 = \text{km. q. } 21,072,511$.

La semizona torrida DZD'E'TE ha per misura $2R\pi \times TV$, ma $TV = R \sin VDT$, e l'angolo $VDT = DTE = 23^\circ 27' 19'' 24$ dà per $R \sin VDT$ il valore di $6,371 \times 0.3980342 = 2535,8759$, onde $S = 40,028,933 \times 2535,8759 = \text{km. q. } 101,508,406.5$.

La zona temperata KHL'D'ZD ha per misura $2R\pi(TN - TV)$ ossia $40,028.933 \times 3308,692 = \text{km. q. } 132,443,418.4$.

Sommando i tre risultamenti si avrà per un emisfero la superficie di km.q. 255,024,300 e per tutto il globo 510,048,672.

Volendo tener conto dello schiacciamento terrestre potremo, invece di calcolare le zone ellittiche, calcolo lungo e alquanto complicato, sostituire a $2R\pi$ il valore del parallelo medio della zona corrispondente, il che si otterrà facilmente calcolando i raggi terrestri che corrispondono alle latitudini $78^\circ 16' 20'' - 11^\circ 43' 20''$ e 45° , con la formola (1) $R' = R(1 - \alpha \sin^2 \varphi)$ nella quale R' è il raggio terrestre ad una latitudine φ , R è il raggio equatoriale = km. 6,378.253, ed α è lo schiacciamento terrestre $= \frac{1}{293.5}$. Eseguiti i calcoli si troveranno per i tre raggi i valori di 6,357.46 — 6,377.36 — 6,367.387, e per le tre zone le superficie di 21,028,400, — 132,372,400 e 101,613,000. Come si vede sono piccole differenze affatto trascurabili.

Daremo accanto alle nostre cifre quelle ottenute dal Delambre e dal Bessel, avvertendo che questi fissava a km. 6,370.2895 il raggio di una sfera di superficie eguale a quella dello sferoide terrestre, e che al suo tempo l'obliquità dell'eclittica era alquanto maggiore.

		Bessel	Delambre
Zone glaciali	42,145,022.6	42,479,573	42,120,000
» temperate	264,886,836.8	265,230,956	264,360,000
» torrida	203,016,813.0	201,240,184	202,780,000
	510,048,672.4	509,950,714	509,260,000

Se l'asse terrestre conservasse sempre la stessa inclinazione sul piano dell'eclittica, le cifre suddette rimarrebbero inalterate

« infin che il Sole
Risplenderà sulle sciagure umane »,

ma per le perturbazioni cagionate dagli altri corpi celesti, il piano dell'eclittica si sposta, e l'inclinazione dell'eclittica oscilla entro certi limiti che vengono determinati dalla formula:

$$\omega = \omega_0 - 47'' 594 t - 0'' 0143 t^2 + 0'' 00204 t^3 \dots (1)$$

nella quale ω_0 è l'inclinazione che corrisponde ad una data epoca, e t è il numero dei secoli trascorsi. Ma in questa formola i coefficienti di t^2 e t^3 variano secondo i valori che si assumono per le masse, ed essendo dedotti dalla teoria pura, possono non corrispondere rigorosamente alla realtà; il primo coefficiente è dedotto dalle osservazioni fatte dal 1100 a. C. sino ad oggi.

Su questa formola lo Stockwell ha calcolato che l'obliquità dell'eclittica può variare fra un massimo di $24^\circ 55' 58''$ ed un minimo di $21^\circ 58' 36''$, con un'oscillazione di $2^\circ 57' 22''$ fra i due estremi, come già aveva fatto osservare il Laplace (2). Oggi essa è quasi egualmente lontana da questi due estremi e diminuisce di circa $0'' 47594$ ogni anno. Continuerà a diminuire sin verso l'anno 6600 dell'E. V. in cui toccherà il suo minimo valore, quindi aumenterà sino a toccare il massimo dopo circa 13000 anni.

Accettiamo con le debite riserve i risultamenti ai quali è pervenuto lo Stockwell, e vediamo quali conseguenze ne verranno per la Geografia.

Variando l'obliquità dell'eclittica, si spostano i tropici ed i circoli polari; i tropici potranno oscillare fra $21^\circ 58' 36''$ e $24^\circ 55' 58''$ di latitudine, ed i circoli polari fra $68^\circ 1' 24''$ e $65^\circ 4' 2''$. Attualmente i tropici si avvicinano all'equatore di circa $0'' 47594$ ogni anno, ossia di circa 15 metri, e di altrettanto i circoli polari si avvicinano ai poli. Dopo il 6600 dell'E. V. lo spostamento avrà luogo in senso contrario. Vediamo ora quali variazioni di superficie avremo nelle zone terrestri.

La zona glaciale potrà variare fra

$$2R\pi (R - R \sin 68^\circ 1' 24'') \text{ e}$$

$$2R\pi (R - R \sin 65^\circ 4' 2'')$$

sostituendo a $R \sin 68^\circ 1' 24''$ il suo valore $6,371 \times 0.9273365 = 5,908.061$, e ad $R \sin 65^\circ 4' 2''$ il suo valore $6,371 \times 0.9068031 = 5,777.242$, si otterrà che la superficie di ogni zona glaciale può variare fra questi limiti:

$$4,0028.933 \times 462,939 = \text{km.q. } 18,530,936. 2$$

$$4,0028.933 \times 593,758 = \text{km.q. } 23,767,499. 2$$

(1) LEVERRIER, *Tavole solari*.

(2) *Exposition du système du monde* — 6^e ed. L. IV; chap. XIV.

Per la semizona torrida i limiti sono dati da:

$$2R\pi (R \text{ sen } 21^{\circ} 58' 36'')$$

$$2R\pi (R \text{ sen } 24^{\circ} 55' 58'')$$

sostituendo ad $R \text{ sen } 21^{\circ} 58' 36''$ il suo valore $6,371 \times 0.37422902 = 2,384.213$; e ad $R \text{ sen } 24^{\circ} 55' 58''$ il suo valore $6,371 \times 0.42155462 = 2,685.7245$ si otterranno i limiti:

$$40,028.933 \times 2,384.213 = \text{km.q. } 95,437,502.4$$

$$40,028.933 \times 2,685.7245 = \text{km.q. } 107,506,506.1$$

E finalmente per ognuna delle due zone temperate, variando NT da 5,908.061 a 5,777.242, e VT da 2,384.213 a 2,685.7245, l'espressione NT — VT varia da km. 3,523.848 a km. 3,091.5175, sicchè la superficie può variare fra

$$40,028.933 \times 3,523.848 = \text{km.q. } 141,055,875.5$$

$$40,028.933 \times 3,091.5175 = \text{km.q. } 123,750,146.9$$

Avremo dunque per la superficie attuale, massima e minima delle zone terrestri le cifre:

	Obliquità dell'Eclittica		
	$23^{\circ} 27' 19'' 24$	$21^{\circ} 58' 36''$	$24^{\circ} 55' 58''$
Zona glaciale	42,145,000	37,061,900	47,535,000
» temperata	264,886,800	282,111,700	247,500,300
» torrida	203,016,800	190,875,000	215,013,300
	<u>510,048,600</u>	<u>510,048,600</u>	<u>510,048,600</u>

Fra 47 secoli adunque i tropici si troveranno a $21^{\circ} 58' 36''$ dall'equatore, ossia 165 chilometri più vicini che nol sieno ora. Il tropico del Cancro taglierà la spiaggia occidentale dell'Africa presso il Capo Corveira; la parte più settentrionale delle Oasi di Adrar e dei Tibesti, che oggi son comprese nella zona torrida, si troveranno nella zona temperata; altrettanto dicasi di Corosco e di Uadi Halfa sul Nilo, che verrà tagliato dal tropico presso la 2^a cataratta; del Capo Ras el-Hadd nell'Arabia, di Calcutta nell'India, di Mandalè nella Birmania, di Canton e di Hong-Kong nella Cina, di tutta la parte meridionale dell'Isola Formosa; di Mazatlan, San Luis de Potosi e Tampico nel Messico, e di Avana nell'Isola di Cuba; mentre la città di Aguas Calientes si troverà quasi precisamente sul tropico. Nell'emisfero australe entreranno a far parte della zona temperata la Baja della Balena in Africa, Porto Bowen nell'Australia, Cobija nella Bolivia e Rio Janeiro nel Brasile.

Il circolo polare artico, spostato più al Nord, a $68^{\circ} 1' 24''$ di latitudine, lascerà nella zona temperata la maggior parte della Lapponia e delle Penisole di Cola e di Canin, Vercojansk in Siberia, ed il Forte Macpherson in America. Tutti questi paesi, che ora per 15 giorni prima

e dopo del solstizio invernale sono abbandonati dal Sole, lo vedranno sorgere e tramontare ogni giorno dell'anno.

Dopo l'anno 6600 i tropici retrocederanno lentamente allontanandosi dall'equatore e di altrettanto gli si avvicineranno i circoli polari, finchè trascorsi altri 6600 anni gli uni e gli altri ritorneranno alla stessa latitudine che hanno al presente. Quindi continueranno a spostarsi nella stessa direzione sino a che fra circa 200 secoli avranno raggiunto il massimo. Allora il tropico del Cancro, a $24^{\circ} 55' 58''$, taglierà l'Africa passando per Ghat e per l'Oasi di Cufra; Assuan in Egitto e Mascate in Arabia saranno comprese nella zona torrida; nell'India passerà non lungi da Caraci e Mirzapur; nella Cina, lasciando alla zona torrida la città di Amoi, taglierà l'estremità settentrionale dell'Isola Formosa e nell'America passerà al Sud del Capo Sabbia (Florida). Il circolo polare artico a $65^{\circ} 4' 2''$ passerà in Europa presso Uleaborg e per le Isole Solovezki, in America per il Forte Franklin, ed in Islanda al Nord dello Snaefells. Nell'altro emisfero il tropico del Capricorno si avvicinerà alle foci del Limpopo e taglierà l'estremità meridionale dell'Isola di Madagascar; nell'Australia taglierà al Nord l'Isola Fraser, e nell'America passerà presso Salta ed al Nord dell'Asuncion e di Coritiba.

La variazione dell'obliquità dell'eclittica apporta una variazione nella durata massima e minima dei giorni e delle notti per tutti i luoghi del globo, eccetto l'equatore. La durata del giorno dipende infatti dall'altezza del Sole sull'orizzonte e dall'angolo che questo fa con l'eclittica, e l'altezza meridiana del Sole, visto da un punto qualunque del globo, è eguale al complemento della latitudine del luogo, più o meno la declinazione del Sole, a seconda che questa è di nome eguale o contrario all'emisfero al quale appartiene quel dato luogo. Ma nei solstizi la declinazione del Sole è eguale all'obliquità dell'eclittica, sicchè quando questa avrà raggiunto il suo valore minimo di $21^{\circ} 58' 36''$, ossia $1^{\circ} 28' 43''$ meno dell'attuale, in tutti i paesi della zona temperata il Sole al mezzodì del solstizio estivo sarà alto sull'orizzonte $1^{\circ} 28' 43''$ meno, e nel solstizio iemale $1^{\circ} 28' 43''$ più, che nol sia presentemente. I giorni saranno un po' meno lunghi d'estate ed un po' più lunghi d'inverno, e la differenza andrà crescendo con la latitudine. Quando invece l'eclittica avrà raggiunto il suo valore massimo di $24^{\circ} 55' 58''$, ossia $1^{\circ} 28' 39''$ più dell'attuale, in tutti i paesi della zona temperata il Sole al mezzodì del solstizio estivo sarà alto sull'orizzonte $1^{\circ} 28' 39''$ più, e nel solstizio iemale $1^{\circ} 28' 39''$ meno, che nol sia presentemente; i giorni saranno un po' più lunghi d'estate ed un po' più corti d'inverno, e la differenza andrà crescendo con la latitudine.

Per calcolare la durata del giorno astronomico in un luogo qualunque del globo procederemo come segue:

Sia il punto *M* ad una latitudine φ , e sia $DE = \delta$ la declinazione del Sole. Nel suo moto diurno apparente intorno alla Terra, il Sole percorrerà il parallelo $DZD'U$, e sarà visibile dal punto *M* per tutto il tempo che impiega a percorrere l'arco $S'DS$, doppio di DS , ossia finchè rimane sull'orizzonte astronomico del punto *M*, rappresentato dal piano OT ; sarà invisibile per tutto il tempo che impiega a percorrere l'arco $SD'S'$ doppio di SD' , il quale ultimo ha per misura l'angolo orario $D'PS$. Quest'angolo verrà determinato facilmente, osservando che nel triangolo sferico OPS conosciamo l'arco PO , che essendo complemento di PM , sarà eguale ad $ME = \varphi$; conosciamo pure l'arco $PS = 90^\circ - \delta$, e l'angolo in *O*, che è retto; quindi

$$\cos OPS = \frac{\tan \varphi}{\cot \delta}$$

Trovato l'angolo OPS lo raddoppieremo, e poichè il Sole nel suo moto apparente percorre 15 gradi ogni ora, dividendo per 15, avremo la durata della notte, la quale per i paesi della zona torrida e temperata quando la declinazione del Sole è boreale, è eguale alla lunghezza del giorno, quando il Sole si trova ad un'eguale declinazione australe.

Ciò posto, calcoliamo la lunghezza del massimo e del minimo giorno qual è adesso al Cairo, a Roma, a Pietroburgo, ad Arcangelo ed a Tornea, e quale sarà nelle epoche della minima e della massima obliquità dell'eclittica.

Al Cairo: Lat. $30^\circ 2' 4''$

$$1^\circ \text{ caso: } \cos OPS = \frac{\tan 30^\circ 2' 4''}{\cot 23^\circ 27' 19'' 24}$$

$$OPS = 75^\circ 28' 26''$$

che raddoppiato e diviso per 15 darà $10^h 3^m 47^s$ per la durata della notte al 21 giugno e del giorno al 21 dicembre. La durata del giorno al 21 giugno e della notte al 21 dicembre sarà dunque $24^h - 10^h 3^m 47^s = 13^h 56^m 13^s$.

$$2^\circ \text{ caso: } \cos OPS = \frac{\tan 30^\circ 2' 4''}{\cot 21^\circ 58' 36''}$$

$$OPS = 76^\circ 30' 28''$$

che dà $10^h 12^m 4^s$ per il giorno minimo, e $13^h 47^m 56^s$ per il massimo,

$$3^\circ \text{ caso: } \cos OPS = \frac{\tan 30^\circ 2' 4''}{\cot 24^\circ 55' 58''}$$

$$OPS = 74^\circ 24' 30''$$

che dà $9^h 55^m 12^s$ e $14^h 4^m 48^s$.

Operando allo stesso modo si trova :

A *Roma*: Lat. $41^{\circ} 53' 54''$

1° caso: $8^h 56^m 44^s$ e $15^h 3^m 16^s$

2° » $9 10 11$ e $14 49 49$

3° » $8 42 47$ e $15 17 13$

A *Pietroburgo*: Lat. $59^{\circ} 56' 30''$

1° caso: $5^h 31^m 27^s$ $18^h 28^m 33^s$

2° » $6 6 18$ $17 53 42$

3° » $4 52 25$ $19 7 35$

Ad *Arcangelo*: Lat. $64^{\circ} 32' 8''$

1° caso: $3^h 14^m 43^s$ $20^h 45^m 17^s$

2° » $4 16 32$ $19 43 28$

3° » $1 40 12$ $22 19 48$

A *Tornea*: Lat. $65^{\circ} 50' 50''$

1° caso: $1^h 57^m 3^s$ $22^h 2^m 57^s$

2° » $3 26 48$ $20 33 12$

nel 3° caso avremo per Tornea $\cos OPS = 10,0156486$; ma nessun coseno potendo avere un valore maggiore del raggio, al 21 giugno non vi sarà notte ed al 21 dicembre non vi sarà giorno a Tornea; infatti allora il circolo polare sarà a $65^{\circ} 4' 2''$ e Tornea si troverà nella zona glaciale.

Abbiamo dunque che nei luoghi suddetti la durata del massimo e del minimo giorno varierà, col variare dell'inclinazione dell'eclittica entro i limiti seguenti:

	Durata del giorno quando l'eclittica è inclinata di		Differenza	Durata del giorno quando l'eclittica è inclinata di		Differenza fra i due estremi
	$23^{\circ} 27' 19'' 24$	$21^{\circ} 58' 36''$		$24^{\circ} 55' 58''$		
Cairo	$10^h 3^m 47^s$ $13 56 13$	$10^h 12^m 4^s$ $13 47 56$	$+ 8^m 17^s$ $- 8 17$	$9^h 55^m 12^s$ $14 4 48$		$16^m 52^s$
Roma	$8 56 44$ $15 3 16$	$9 10 11$ $14 49 49$	$+ 13 27$ $- 13 27$	$8 42 47$ $15 17 13$		$27 24$
Pietroburgo	$5 31 27$ $18 28 33$	$6 6 18$ $17 53 42$	$+ 34 51$ $- 34 51$	$4 52 25$ $19 7 35$		$1^h 13 53$
Arcangelo	$3 14 43$ $20 45 17$	$4 16 32$ $19 43 28$	$+ 1^h 1 49$ $- 1 1 49$	$1 40 12$ $22 19 48$		$2 36 20$
Tornea	$1 57 3$ $22 2 57$	$3 26 48$ $20 33 18$	$+ 1 29 45$ $- 1 29 45$	$- 0$ $+ 24^h$		

Queste differenze nell'altezza del Sole e nella durata del giorno sono tali da apportare una modificazione sensibile nel clima della superficie terrestre? come? e in qual misura?

Diminuendo l'inclinazione dell'eclittica tutti i paesi della zona temperata avranno minor caldo nell'estate e minor freddo nell'inverno. Nel complesso la temperatura media annuale rimarrà forse qual'è oggi, salvo che nelle contrade più prossime al circolo polare, ma diminuirà la differenza fra le estreme temperature estive e iemali, qualora a ciò non si oppongano condizioni puramente locali. Si può asserire che verso il 6600 dell'E. V. i vari paesi del globo avranno l'estate, quale oggi l'hanno i paesi situati un grado e mezzo più al Nord, e l'inverno, quale oggi l'hanno i paesi situati un grado e mezzo più al Sud. La differenza sarà piccolissima per la zona torrida e tropicale, ma sarà abbastanza sensibile per i paesi oltre il 40° parallelo, e lo diverrà sempre più a misura che si procederà verso il Nord. Al contrario, quando l'inclinazione dell'eclittica aumenterà, ci sarà estate più calda ed inverno più freddo, sicchè fra 200 secoli ogni punto della zona temperata avrà un'estate eguale a quella che oggi si ha ad un grado e mezzo più al Sud, ed un inverno quale oggi si ha ad un grado e mezzo più al Nord.

Benchè sia universalmente ammesso che il Sole non è la sola fonte del calorico sul globo, concorrendovi anche quello delle stelle e quello proprio della Terra, pure è anche riconosciuto che il Sole si può considerare come la causa precipua e quasi unica delle variazioni della temperatura alla superficie terrestre. Ora, ammesso che l'intensità della radiazione solare sulla superficie del globo sia proporzionale al seno dell'angolo sotto il quale i raggi solari la colpiscono, potremo calcolare con una certa approssimazione — sempre facendo astrazione dalle condizioni locali che possono modificare l'azione solare — quale quantità di calorico dovranno ricevere le varie regioni del globo in confronto a quella che ricevono oggi, allorquando l'obliquità dell'eclittica avrà raggiunto il *minimum* od il *maximum*.

Così operando otterremo che quando l'obliquità dell'eclittica sarà minima, la zona torrida avrà un'estate più calda dell'attuale (sull'equatore :: 927:917); a Roma invece la temperatura estiva di allora starà a quella di adesso :: 939:948; a Pietroburgo :: 787:803; a Tornea :: 731:748. L'inverno invece sarà più caldo dappertutto; al Cairo :: 616:595, a Roma :: 439:415, a Pietroburgo :: 139:114, a Tornea :: 53:27. Queste differenze saranno rese molto più sensibili dalla durata del giorno, minore nell'estate e maggiore nell'inverno, cosicchè arriveremmo a differenze sensibilissime. Al contrario quando

l'obliquità sarà massima, l'estate sarà di poco meno calda nella zona torrida, e sensibilmente più calda nella temperata, — a Roma: .956:948, a Pietroburgo: .818:803 — ma l'inverno sarà in entrambe più freddo — sull'equatore: .907:917, a Roma: .392:415, a Pietroburgo: .88:114.

Nè risultati molto diversi si otterrebbero prendendo le medie attuali, estive ed invernali, dei paesi situati circa un grado e mezzo più al Nord o più al Sud, seguendo i calcoli del Dove (1). Alla latitudine fra 40° e 50° la differenza sarebbe di circa 1° 17 C. in più o in meno, sicchè avremmo nel primo caso, per Roma, 7° 9 per la media di gennaio, invece di 6° 8 qual'è ora, e 23° 5 per la media di luglio invece di 24° 6; nel secondo caso 5° 7 nel gennaio e 25° 7 nel luglio. A Torino si avrebbe nel primo caso 1° 3 nel gennaio, invece di 0° 1, e 21° 9 nel luglio, invece di 23° 1; e nel secondo caso: — 1° 1 nel gennaio e 24° 3 nel luglio.

Con un altro metodo si arriverebbe a differenze ancor più sensibili. Nell'epoca della minima inclinazione l'altezza meridiana del Sole al 21 dicembre sarà eguale a quella che ha ora al primo dicembre; potremo dedurre che al 21 dicembre si avrà una temperatura media che molto si accosterà all'attuale media del 1° dicembre, ossia a Roma circa 10° 1 invece di 8° 3; e la media del gennaio che ora è 6° 8, ossia 1° 5 meno della media del 21 dicembre, sarebbe allora 8° 6, quasi la media di Napoli; gli aranci ed i limoni vi potranno prosperare all'aperto, senza bisogno di essere riparati nell'inverno con le stuoje, come si fa adesso. Al 21 giugno, invece di una media di 22° qual è oggi, si avrebbe una media di 20° 8 corrispondente all'attuale media del 1° giugno, e quella del luglio sarebbe 2° 6 di più, ossia 23° 4 (2). L'escursione termometrica, che ora è di 17° 8 fra il gennaio ed il luglio, sarebbe allora di 14° 8.

Questi confronti non possono essere presi come assoluti, per le molte altre cause che concorrono a modificare gli effetti dell'obliquità dei raggi solari. Ma ad ogni modo è da credere che per altri 50 secoli circa andrà lentamente a diminuire nella zona temperata la differenza fra le temperature estreme, mentre la media annuale non soffrirà nessun notevole cangiamento, e che i maggiori vantaggi li godranno le regioni più fredde. Dopo, per un periodo di cento e più secoli, avverrà

(1) DOVE, *Allgemeine Witterungskunde*. Leipzig, 1882.

HANN, *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften*. Wien, 1882.

(2) Le medie della temperatura di Roma sono ricavate da un periodo di osservazioni dal 1869-1891, pubblicate dall'Ufficio Centrale di Meteorologia al Collegio Romano.

l'opposto, e la differenza fra le temperature estreme andrà crescendo, soprattutto nelle regioni più fredde. Lo spostamento dell'equatore terrestre cagionato dalle rotazioni dell'asse principale d'inerzia sull'asse di rotazione (secondo il Chandler lo spostamento attuale avrebbe un periodo di 427 giorni ed un'ampiezza di $0''2$ a $0''4$) (1) non avrà nessuna influenza a modificare queste variazioni parziali della temperatura terrestre. Non così lo spostamento del perielio, per il quale la durata dell'inverno andrà lentamente diminuendo sin verso l'anno 3900 dell'E. V.; il che contribuirà con la diminuzione dell'obliquità dell'eclittica a raddolcire la temperatura iemale, ed opererà in senso opposto a quella per la temperatura estiva: ma dopo l'anno 3900, continuando il perielio a spostarsi, la durata dell'inverno andrà di nuovo aumentando, e nel 6600 — epoca della minima inclinazione dell'eclittica — sarà ritornato alla durata attuale, anzi l'avrà di poco superata; cosicchè se lo spostamento del perielio potrà sino al 3900 accelerare l'addolcimento dell'inverno e far ritardare quello dell'estate, non eserciterà nessuna azione modificatrice sulla temperatura delle stagioni estreme all'epoca della minima inclinazione dell'eclittica.

E qui facciamo punto, che ne è ormai tempo, non senza però ripetere che tutte le nostre induzioni riposano sull'esattezza dei calcoli del Laplace e dello Stockwell e sulle conoscenze attuali della meccanica celeste.
