

Sull'andamento della temperatura nell'interno della Terra

P. E. VALLE

Ricevuto il 1-X-1960

INTRODUZIONE.

La questione dell'andamento della temperatura nell'interno della Terra è stata oggetto, come è noto, di un gran numero di ricerche basate sull'integrazione dell'equazione differenziale della conduzione del calore. Ma anche a prescindere dalla difficoltà che presenta la determinazione dei vari parametri che compaiono nella suddetta equazione, la difficoltà di stabilire un sicuro stato termico iniziale della Terra e l'incertezza della distribuzione dei materiali radioattivi nel suo interno, rendono alquanto dubbi i risultati di queste ricerche.

I dati fisici locali più attendibili relativi all'interno della Terra, sono costituiti dai valori delle velocità delle onde sismiche longitudinali e trasversali, ottenuti con i metodi sismologici. Pertanto varie ricerche sono state condotte allo scopo di ottenere informazioni sullo stato fisico dell'interno della Terra, direttamente dai valori delle velocità delle onde sismiche longitudinali e trasversali. Per quanto riguarda in particolare lo stato termico della Terra, i risultati più importanti di tali ricerche sono costituiti probabilmente dall'andamento del punto di fusione nel mantello e del gradiente adiabatico nel mantello e nel nucleo.

Nella presente nota vengono utilizzati questi risultati per calcolare il presumibile andamento della temperatura nell'interno della Terra, nel caso che l'intero pianeta risulti in equilibrio adiabatico.

Si determina inoltre un attendibile limite superiore della temperatura attuale nell'interno della Terra.

L'ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA NELL'INTERNO DELLA TERRA NEL CASO DI EQUILIBRIO ADIABATICO.

Si può ritenere che la temperatura attuale alla profondità di 33 km, cioè alla profondità media della base della crosta terrestre, sia assai prossima alla temperatura di fusione.

Con l'ipotesi, piuttosto verosimile, che la temperatura di fusione alla profondità di 33 km sia pari al valor medio della temperatura massima delle lave eruttate dai vulcani, risulta che questa temperatura vale circa $1450^\circ\text{K}^{(2)}$.

In una nota precedente ⁽¹⁾ è stato mostrato che il gradiente adiabatico di temperatura nel mantello della Terra, è dato dalla relazione

$$\frac{d \log T_a}{dh} = \frac{g}{v_i^2 - \frac{4}{5} v_i^2} \frac{\partial \log (\varrho v_i v_i^2)}{\partial \log \varrho} \quad [1]$$

nella quale T_a è la temperatura nel caso di equilibrio adiabatico, h la profondità, g il modulo del campo gravitazionale, v_i la velocità isoterma

Tabella I.

h km	$\frac{T_a}{T_{33}}$	h km	$\frac{T_a}{T_{33}}$
33	1	1800	1,46 ₄
200	1,07 ₆	2200	1,53 ₂
413	1,16 ₁	2600	1,59 ₆
600	1,21 ₉	2800	1,62 ₈
1000	1,31 ₁	2898	(1,64 ₄)
1400	1,39 ₁		

Tabella II.

h km	$\frac{T_a}{T_{2898}}$
2898	1
3500	1,12 ₆
4000	1,22 ₈
4500	1,30 ₆
4982	1,38 ₀

delle onde elastiche longitudinali e v_i la velocità delle onde elastiche trasversali.

La relazione [1] si riduce alla

$$\frac{T_s^3}{\rho v_i v_i^2} = \text{costante} \quad [2]$$

nel caso di uno strato di materiale omogeneo, nella quale la variazione di densità sia dovuta soltanto alla compressione adiabatica.

Tabella III.

h km	T_s °K	h km	T_s °K
33	1450	1000	3100
100	1517	1400	3358
200	1621	1800	3575
300	1736	2200	3776
413	1885	2600	3983
500	2136	2800	4083
600	2455	2898	4083
800	2879		

Per quanto riguarda il nucleo liquido, supposto omogeneo, la [2] diviene

$$\frac{T_a^3}{\rho v_i^3} = \text{costante} \quad [2']$$

Mediante le [1], [2] e [2'] è possibile ottenere il rapporto T_a/T_{ho} , dove T_{ho} è la temperatura ad una profondità h_o .

I procedimenti tenuti per eseguire i calcoli e le approssimazioni ammesse sono esposti nella nota sopracitata. Qui vengono riportati nella tabella I i risultati ottenuti per il mantello e nella tabella II i risultati ottenuti per il nucleo.

Ora, se si ritiene che l'intero pianeta sia in equilibrio adiabatico e che la temperatura alla profondità di 33 km abbia un valore pari a 1450 °K, i dati delle tabelle I e II forniscono subito l'andamento della temperatura nel suo interno. Questo andamento è riportato nella seconda colonna della tabella IV ed illustrato nella fig. 1.

LIMITE SUPERIORE DELLA TEMPERATURA ATTUALE NELL'INTERNO DELLA TERRA.

In un recente lavoro ⁽²⁾ è stato mostrato che il punto di fusione nel mantello della Terra può essere calcolato mediante la relazione

$$\frac{T_f}{v_t^2} = \text{costante} \quad [3]$$

nella quale T_f è la temperatura di fusione e v_t la velocità delle onde trasversali della fase solida al punto di fusione.

Tabella IV.

h km	T_a °K	$T_{\max}$ °K	h km	T_a °K	$T_{\max}$ °K
33	1450	1450	1800	2123	3575
100	—	1517	2200	2221	3776
200	1560	1621	2600	2314	3983
300	—	1736	2800	2361	4083
413	1683	1885	2898	2384	4083
500	—	2136	3500	2689	4606
600	1768	2455	4000	2928	5014
800	—	2879	4500	3114	5332
1000	1901	3100	4982	3290	5635
1400	2017	3358	—	—	—

I valori del punto di fusione nel mantello della Terra, tratti dal lavoro sopracitato, sono riportati nella Tabella III.

Giova avvertire che questi valori devono ritenersi in eccesso di qualche unità percentuale. È evidente che il punto di fusione nel mantello solido costituisce il limite superiore della temperatura attuale nel mantello stesso. Dato poi che si può ritenere l'equilibrio del nucleo liquido assai prossimo all'equilibrio adiabatico, per ottenere il limite superiore della temperatura attuale nel suo interno, basta utilizzare i dati contenuti nella Tabella II ponendo $T_{2898} = 4083$ °K.

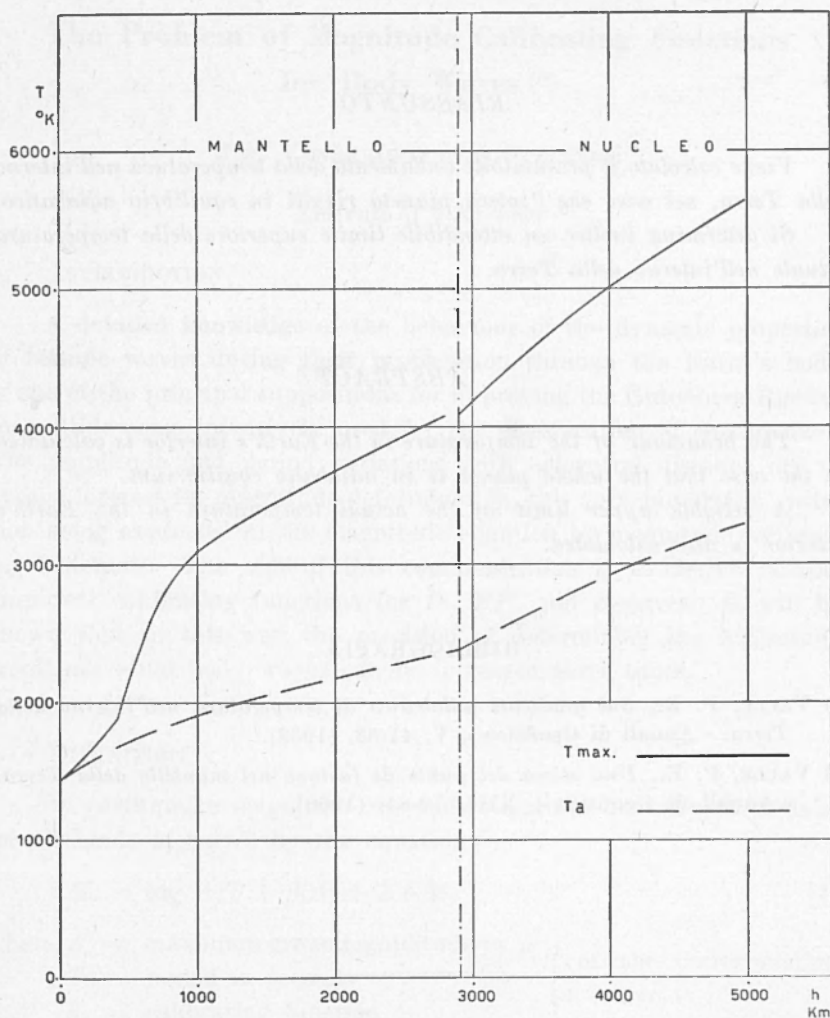


Fig. 1 - Limite superiore della temperatura attuale e andamento adiabatico della temperatura nell'interno della Terra.

I valori del limite superiore della temperatura attuale nell'interno della Terra, calcolati nel modo sopra esposto, sono contenuti nella terza colonna della Tabella IV ed indicati col simbolo $T_{\max}$.

Nella fig. 1 viene illustrato l'andamento di questi valori.

RIASSUNTO

Viene calcolato il presumibile andamento della temperatura nell'interno della Terra, nel caso che l'intero pianeta risulti in equilibrio adiabatico.

Si determina inoltre un attendibile limite superiore della temperatura attuale nell'interno della Terra.

ABSTRACT

The behaviour of the temperature in the Earth's interior is calculated in the case that the whole planet is in adiabatic equilibrium.

A reliable upper limit of the actual temperature in the Earth's interior is also calculated.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) VALLE, P. E., *Sul gradiente adiabatico di temperatura nell'interno della Terra*. « Annali di Geofisica », V, 41-53, (1952).
 - (²) VALLE, P. E., *Una stima del punto di fusione nel mantello della Terra*. « Annali di Geofisica », XIII, 79-84, (1960).
-