

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

František Link; Otakar Petráček
Constantes thermiques des météorites

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 72 (1947), No. 3, 147--154

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121550>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1947

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Constantes thermiques des météorites.

František Link et Otakar Petráček, Praha.

(Reçu le 25 août 1947).

Détermination des constantes thermiques des météorites en vue de classement des météores d'après leurs trajectoires géocentriques. On propose différents types de visibilité des météores que l'on compare avec les observations.

1. Courbe de vie d'un météore. — Dans la vie d'un météore on peut distinguer les phases suivantes représentées sur la fig. 1. Nous y avons représenté la température T du corps météorique en fonction du temps en supposant l'apport continu de la chaleur.

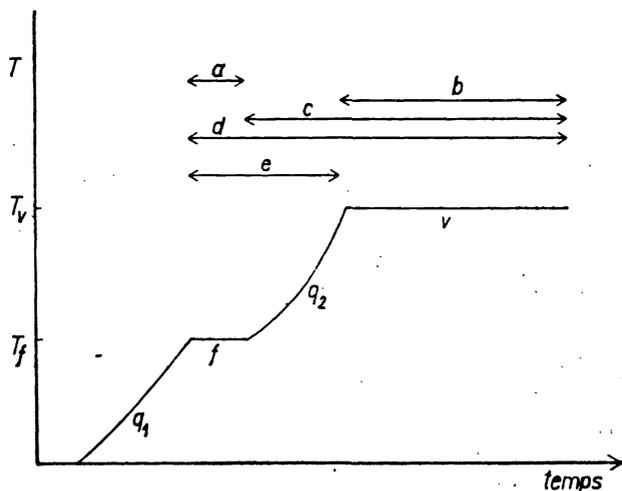


Fig. 1. Courbe de vie d'un météore isotherme. En haut différents types de visibilité.

Dans le cas du corps isotherme la température croît jusqu'à la température de fusion T_f avec l'apport de chaleur égal à q_1 . La fusion à température constante demandera la chaleur f et l'élé-

vation suivante de la température jusqu'à la température de vaporisation T_v , la chaleur q_2 . Finalement pour la vaporisation on aura la chaleur v . Ces quantités de chaleur sont rapportées à l'unité de poids (l'atome ou la molécule).

Dans le cas d'un corps non isotherme on doit considérer la température moyenne du corps météorique T_m . La fusion commencera à la surface quand la température moyenne sera inférieure à la température de fusion. La chaleur consommée sera par suite inférieure à q_1 . La fusion sera finie à la température moyenne supérieure à T_f avec l'apport de chaleur supérieur à f . Le début de vaporisation aura lieu à la température inférieure à T_v avec la chaleur q'_2 inférieure à q_2 et la vaporisation demandera plus de chaleur que v . D'ailleurs nous discuterons plus tard ces circonstances plus en détail.

2. Différents types de visibilité. — La fusion et la vaporisation représentent dans la vie météorique des discontinuités qui peuvent se refléter sur sa courbe de lumière. Celle-ci généralement mal connue possède toutefois deux points importants — l'apparition et la disparition. On peut se demander en quel rapport se trouvent ces points avec la courbe de vie météorique et avec les constantes thermiques qui la caractérisent.

Dans la discussion suivante nous admettrons que la visibilité du météore s'étend entre les différents points de la courbe de vie comme nous avons indiqué par les flèches a, b, c, d, e . Nous adopterons ici la première approximation d'Öpik [1] que nous généraliserons pour tous les cas discutés dans ce travail.¹⁾ Nous admettrons que la période de visibilité coïncide toujours avec la dispersion du corps météorique soit par dissipation dans l'état liquide soit par vaporisation et la fin de visibilité (le point de disparition) sera donnée par la dispersion complète du corps météorique.²⁾

a) Dissipation pendant la fusion.

Dans le cas isotherme la visibilité commencera au début de la fusion et finira quand celle-ci sera finie. Ce cas considéré par Öpik [1] donne pour le rapport des masses d'air traversées depuis l'entrée dans l'atmosphère jusqu'à la disparition et jusqu'à l'apparition la valeur

$$\frac{M_d}{M_a} = a = \frac{q_1 + f}{q_1}.$$

¹⁾ La notation d'Öpik n'a pas été conservée dans notre travail.

²⁾ Dans tout ce qui suit on admet le mode de dissipation caractéristique au cylindre droit qui se déplace suivant la direction de son axe. Un corps qui serait sphérique durant tout son trajet dans l'atmosphère terrestre donne les constantes trois fois plus grandes (3a, 3b, etc).

Dans le cas non-isotherme la somme $q_1 + f$ sera la même, mais la chaleur q'_1 sera inférieure à q_1 de façon que $a' > a$. La différence sera autant plus grande que le corps météorique diffère de l'état isotherme.

b) *Dissipation pendant la vaporisation.*

Dans le cas isotherme la visibilité commence quand le corps météorique atteint la température de vaporisation. Dans ce cas on d'après Öpik

$$\frac{M_a}{M_a} = b = \frac{q_1 + f + q_2 + v}{q_1 + f + q_2}.$$

Dans le cas non-isotherme le numérateur $q_1 + f + q_2 + v$ ne changera pas mais le dénominateur sera $q'_1 + f' + q'_2 < q_1 + f + q_2$ parceque la vaporisation commencera plutôt que dans le cas isotherme. Par suite on aura $b' > b$. Cette possibilité nous a conduit à considérer encore les cas suivants qui ne sont pas traités par Öpik.

c) *Dissipation commence à la fin de la fusion.*

Le rapport des masses sera

$$c = \frac{q_1 + f + q_2 + v}{q_1 + f}$$

d) *Dissipation commence au début de la fusion.*

Le rapport des masses sera

$$d = \frac{q_1 + f + q_2 + v}{q_1}$$

e) *Dissipation commence au début de la fusion et finit au début de la vaporisation.*

Le rapport des masses sera

$$e = \frac{q_1 + f + q_2}{q_1}.$$

Ces trois types de visibilité nouveaux, que nous avons ajoutés, pourraient paraître un peu artificiels à première vue, mais nous aurons l'occasion de vérifier leur existence d'après les observations. Les constantes thermiques a, b, c, d, e que nous venons de définir seront discutées dans la suite.

3. Première approximation des constantes thermiques peut être calculée à la base des règles suivantes:

Règle de Dulong et Petit: La chaleur atomique est sensiblement constante et voisine de 6 calories.

Règle de Richards: La chaleur atomique de fusion divisée par la température absolue de fusion donne le nombre voisin de 2.

Règle de Trouton: La chaleur atomique de vaporisation divisée par la température de vaporisation donne le nombre voisin de 21.

Finalement nous utiliserons ici une règle très grossière qui indique que la température absolue de fusion est environ moitié de la température absolue de vaporisation.

A l'aide de ces règles on trouve en partant de 0°K les valeurs suivantes des constantes thermiques des météores:

$$a = \frac{6T_f + 2T_f}{6T_f} = \frac{4}{3} = 1,33, \log a = 0,12,$$

$$b = \frac{27T_v + 2T_f}{6T_v + 2T_f} = 4, \log b = 0,60,$$

$$c = \frac{27T_v + 2T_f}{8T_f} = 7, \log c = 0,84,$$

$$d = \frac{27T_v + 2T_f}{6T_f} = \frac{23}{3} = 9,33, \log d = 0,97,$$

$$e = \frac{6T_v + 2T_f}{6T_f} = \frac{7}{3} = 2,33, \log e = 0,36.$$

On pourrait établir des relations analogues pour les composés chimiques mais leur validité serait très restreinte.

4. Constantes thermiques des métaux. — Pour obtenir des valeurs plus précises des constantes thermiques il faut recourir aux mesures de laboratoire. En ce qui concerne les sidérites nous disposons heureusement de nombreuses mesures puisqu'il s'agit de métaux dont la métallurgie est de première importance, comme c'est le cas de fer par exemple. D'un grand nombre de métaux nous avons choisi ceux dont on possède des dates les plus sûres et qui rentrent dans la composition des sidérites (*p*).

Tableau I. [2, 3].

	<i>p</i> %	<i>q</i> ₁ kcal	<i>T</i> _f °K	<i>f</i> kcal	<i>q</i> ₂ kcal	<i>T</i> _v °K	<i>v</i> kcal	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		
Fe	90,50	15,6	1800	3,6	11,6	3000	85,0	1,23	3,76	6,04	7,43	1,98		
Ni	8,50	10,6	1725	4,1	18,1	3450	87,0	1,39	3,65	8,15	11,3	3,10		
Co	0,60	14,4	1753	3,8	26,6	3458	87,0	1,26	2,94	7,25	8,11	3,10		
Cu	0,06	7,6	1357	3,1	11,5	2368	72,8	1,40	4,32	8,89	12,5	3,00		
Cr	0,06	13,4	1873	3,6	4,8	2600	69,3	1,37	4,55	5,84	7,40	1,63		
99,72 Moyenne pondérée ..								1,24	3,74	6,23	7,77	2,09		
								log		0,09	0,57	0,79	0,89	0,32
Fe	δ _{PIK} [1]	12,1	1800	3,6	10,0	2800	80,0	0,11	0,61	0,83	0,94	0,33		

5. Constantes thermiques des aérolithes. — Ici le problème est beaucoup plus difficile puisque les mesures manquent dans la plupart des cas. Toutefois nous sommes arrivés à calculer pour quelques minerais météoriques les constantes suivantes:

Tableau II. [2, 3, 4].

	q_1 kcal	T_f °K	f kcal	q_2 kcal	T_v °K	v kcal	a	b	c	d	e
MgSiO ₃ ..	42	1800	15	20	2500	158	1,36	3,05	4,13	5,60	1,83
CaSiO ₃	41	1570	13	23	2500	160	1,32	3,21	4,58	6,03	1,88
CaAl ₂ Si ₂ O ₈	90	1770	29	54	2500	388	1,32	3,24	4,70	6,23	1,92
NaAlSi ₃ O ₈	69	1380	13	81			1,19				2,36
Öpik/gr	0,59	1800	0,12	0,23	3000	1,98	1,20	3,11	4,11	4,95	1,60
					Moyenne		1,28	3,16	4,39	5,71	1,92
					log		0,11	0,50	0,64	0,76	0,28

Dans les calcul de ce tableau nous avons admis que les silicates se décomposent en oxydes à la température de 2 500°K qui est la température de vaporisation la plus basse de nos trois oxydes SiO₂, MgO et CaO. A partir de ce moment commence la vaporisation dont la chaleur v comprend les chaleurs q_2 des autres oxydes et l'énergie de dissociation du silicate en question.*)

Exemple:

		kcal	
MgSiO ₃	jusqu'à la fusion	42	... q_1
	la fusion	15	... f
	jusqu'à 2 500°K	20	... q_2
	la dissociation	21	
SiO ₂	la vaporisation	63	} ... v
MgO	jusqu'à 3 070°K	17	
MgO	la vaporisation	57	
		137	

6. Discussion des résultats. — Comparons d'abord les valeurs des constantes thermiques pour les sidérites (sid) et pour les aérolithes (lit).

*) Une partie des calculs et des recherches bibliographiques a été effectuée par M. J. Stary et nous voudrions bien de lui exprimer ici nos vifs remerciements.

log	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
sid	0,09	0,57	0,79	0,89	0,32
lit	0,11	0,50	0,64	0,76	0,28

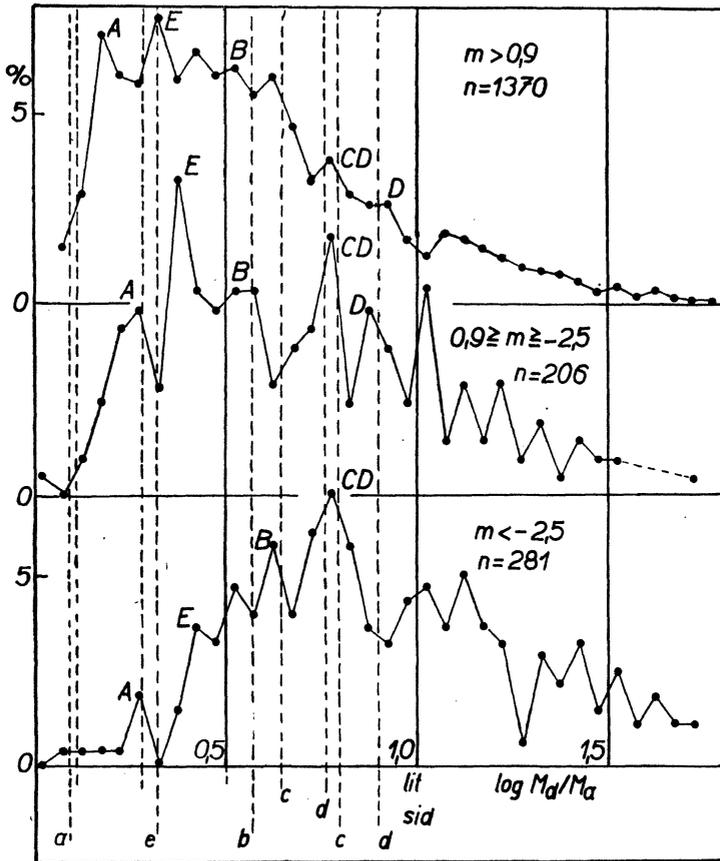


Fig. 2. Statistique des rapports $\log M_d/M_a$. En abscisses: $\log M_d/M_a$. En ordonnées: Le nombre de cas observés dans l'intervalle de 0,05, exprimé en % du nombre total n des météores.

On voit que les constantes *a* et *e* se confondent pratiquement dans les deux cas. D'autre part la constante *c* (sid) diffère peu de *d* (lit). Il en suit que ces types de visibilité doivent être assez fréquents puisque les sidérites et les aérolithes s'y accumulent.

Dans la suite nous nous adresserons aux observations des météores. Sur la fig. 2 sont représentées les statistiques relatives aux 1857 météores divisés en trois catégories suivant leurs magnitudes [5].

Le maximum designé par A doit être rattaché au type de visibilité a . Ce maximum se déplace avec la magnitude décroissante vers la droite comme l'on doit s'y attendre d'après la non-isothermie croissante des noyaux météoriques. Ce maximum est commun aux sidérites et aux aérolithes.

Le maximum E qui correspond au type de visibilité e . Commun aux sidérites et aux aérolithes, il se déplace également vers la droite à la suite de non-isothermie.

Les deux types de visibilité précédents (a, e) paraissent être très sensibles à la non-isothermie du noyau du fait que le début de visibilité est marqué par le début de fusion à la surface, qui peut commencer, suivant la masse du noyau, bien avant la fusion complète du noyau.

Les maxima B_{sid} et B_{lit} correspondent au type de visibilité b des sidérites et des aérolithes. Le maximum B_{sid} paraît manquer parmi les météores brillants. Ceci est en accord avec les déductions d'Öpik.

Le maximum $C_{\text{sid}}-D_{\text{lit}}$ et commun aux sidérites de visibilité c et aux aérolithes de visibilité d . L'importance de ce maximum croît avec la masse des météores, ce qui en est en accord avec la théorie. Provisoirement il n'est pas possible de séparer les sidérites des aérolithes comme c'est d'ailleurs le cas du maximum A et B .

Le maximum C_{lit} ne paraît pas être assez marqué sur nos courbes. En effet étant donnée la mauvaise conductibilité calorifique des aérolithes le type de visibilité c sera rare parmi les météorites de cette composition.

Le maximum D_{sid} est visible sur nos courbes sauf pour les météores très brillants ($< -2,5^m$). Sur nos courbes on voit encore d'autres maxima dont un au voisinage de 1,05 paraît être réel. Son existence reste provisoirement sans interprétation.

7. Conclusions. — La discussion des constantes thermiques des météores permet de tirer quelques conclusions dans ce domaine de recherches.

Les constantes thermiques des météores donnent, avec les statistiques météoriques la possibilité de contrôler les hypothèses relatives à la densité de la haute atmosphère [5].

Dorénavant il sera possible de classer chaque météore, dont la trajectoire géocentrique est connue, dans une de nos catégories et dans le cas favorable de déterminer en plus sa composition.

Ces classements auront une certaine importance dans toutes les recherches météoriques qui prendront un essor nouveau après l'introduction des nouvelles méthodes d'observation par le radar.

Note ajoutée à la correction des épreuves: La discussion détaillée du nouveau matériel d'observation rend probable l'existence du type de visibilité F qui remplace sur nos courbes le type A. La visibilité du type F commence à la fin de fusion et finit au début de vaporisation. On trouve pour lod $M_a: M_a = 0,23$ pour les sidérites et $= 0,20$ pour les aérolithes.

Bibliographie.

1. E. Öpik: Basis of the physical theory of meteor phenomena, Publ. Obs. Tartu, 29 (1937) No. 5.
2. R. Durrer: Metalurgie des Eisens, Berlin 1943.
3. J. D'Ans et E. Lax: Taschenbuch für Chemiker, Berlin 1943.
4. Landolt-Börnstein: Physikalisch-Chemische Tafeln.
5. F. Link et V. Bumba: En manuscript.

Observatoire National, Ondřejov près de Prague, Tchécoslovaquie.

*

Tepelné konstanty meteoritů.

(Obsah předešlého článku.)

V průběhu meteorického zjevu lze rozeznávat několik fází znázorněných schematicky na obr. 1 a souvisejících úzce s tepelnými konstantami meteorického materiálu. Tyto konstanty lze určit na základě laboratorních měření. Ze statistik výšek zážehů a zhasnutí téměř 2000 meteorů lze nalézt (obr. 2) typy viditelnosti z obr. 1 a kromě toho kontrolovat různé hypotézy týkající se hustoty vysoké atmosféry. Napříště bude možno z výšky zážehu a zhasnutí meteorů — hlavně slabších — určit jejich typ viditelnosti, po případě i jejich složení v alternativě kamené nebo železné. Tím je vlastně dána možnost jakési tepelné analýsy meteorů v případech, kdy pro nedostatek světla selhává spektrální analýsa.