

Vladimír Vanýsek

Velikost prachových částic v atmosféře komety Dimension of dust particles in a cometary atmosphere

Acta Universitatis Carolinae. Mathematica, Vol. 2 (1961), No. 1, 57--75

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/142132>

Terms of use:

© Univerzita Karlova v Praze, 1961

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>

VELIKOST PRACHOVÝCH ČÁSTIC V ATMOSFÉRE KOMETY

РАЗМЕРЫ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРЕ КОМЕТЫ

DIMENSION OF DUST PARTICLES IN A COMETARY ATMOSPHERE

VLADIMÍR VANÝSEK

Astronomický ústav matematicko-fyzikální fakulty university Karlovy Praha,
ředitel prof. dr. J. M. Mohr

1. ÚVOD

V následující práci shrnuje autor výsledky svého vyšetřování fyzikálních vlastností prachových částic v atmosférách komet. Používá zde kolorimetrických měření a hledá cestu jak určit velikost částic, za předpokladu kulového tvaru těchto objektů a předpokladu indexu lomu.

Tato práce ve výtahu byla nedávno publikována v BAC [1], kde bylo ukázáno na obdobný případ u reflexních mlhovin, kde z barevného excessu možno určit velikost částic.

Tato práce je určena především pro okruh praktiků, kteří mohou z kritického rozboru dosavadních fotoelektrických kolorimetrických měření komet získat podněty pro vlastní práci. Z toho důvodu je také volena nová verze této práce a připojen zejména rozbor polarisačních měření, které nesporně kolorimetrická měření v tomto směru značně doplňují.

Význam studia drobných částic v kosmickém prostoru má velký význam pro otázky kosmogonické. Lze na příkladu barevných excessů prachové složky komy u komet a barevného excessu u reflexních mlhovin [2] ukázat na rozdíly, které zde jsou a nutně vedou k závěru, že není genetická souvislost mezi prachovými částicemi na povrchu kometárních jader a v reflexních mlhovinách — a tím také v mezihvězdném prostředí — což by podle některých názorů na původ komet konec konců bylo možné.

V dalších pracech bude studován tento jev podrobně u reflexních mlhovin.

2. POUŽITÍ BAREVNÉHO SYSTÉMU UBV VE FOTOMETRII KOMET

Při řešení problémů, které přímo souvisí s otázkou velikostí a fyzikálního stavu prachových částic kometární atmosféry, je možno vycházet i z pozorovacích dat, která obsahují kolorimetrická měření. Předpokládáme-li, že částice jsou dostatečně malé a nemají znatelného zabarvení, takže lze předpokládat, že rozptýl na nich je selektivní jedině v důsledku prostého rozptýlu, pak kolorimetrická měření mohou dát jisté vodítko pro určení fyzikálních parametrů částic.

Obecně ovšem platí, že tato měření by měla být prováděna v ostře vyhraněných spektrálních oblastech, vymezených interferenčními filtry. Prakticky lze tento požadavek dnes již snadno splnit, neboť obory interferenčních filtrů průměrné kvality nejsou širší než 50 až 60 Å. Naproti tomu však tato měření jsou dnes ojedinělá, neboť je velice málo objektů dostatečně jasných a k dispozici není dostatek mohutných přístrojů. V tomto směru zaslouží jedině pozornost serie měření Woerdena a Schmidta [3] v Leidenu, kteří měřili řadu komet pomocí interferenčních filtrů 45cm reflektorem. V tom případě byly však voleny filtry pro obory emisních pásů Swanova spektra C_2 a jen jednoho oboru kontinua.

Ostatní měření, která jsou dnes k dispozici, jsou převážně v mezinárodním barevném systému UBV a to ještě U měření jsou skutečně ojedinělá. Tato okolnost je snadno pochopitelná, neboť většina fotoelektrických fotometrů má přímo vestavěn soubor filtrů pro UBV systém, nebo systém, který se od tohoto nepatrně liší. Plyne to z té prosté okolnosti, že fotoelektrické práce jsou určeny převážně na problémy stelární, kdežto fotoelektrická měření komet je možno provádět toliko příležitostně.

Na druhé straně však není nutno považovat systém UBV za zcela nevhodný pro fyzikální sledování komet. Předpokládá to ovšem zcela určitý charakter kometárního spektra, který nazveme spektrem čistým. V takovém případě se jedná o spektrum, které je buď výhradně složeno z emisních pásů, nebo spektrum spojitě bez překrytí molekulárními emisemi. První případ se skutečně často vyskytuje u komet periodických, avšak většinou tak slabých, že jejich fotoelektrické sledování a vůbec bližší zkoumání po fyzikální stránce je sotva možné. Naproti tomu čisté kontinuum bez stop emise je vzácností a jen zřídka jsou takové případy pozorovány.

Příčina omezenosti v použití normálních kombinací filtrů systému UBV tkví také v tom, že spektrální obory jsou poměrně velmi široké. V následující tabulce, která je přejata z práce Johnsona a Morgana [4] uvádíme relativní citlivosti „klasického“ fotometru UBV systému.

Tabulka 1
Relativní citlivosti klasického fotometru UBV systému

λ	U	B	λ	B	V
298	0.51	0.00	446	4.94	0.00
319	3.51		487		0.25
341	5.49		498	2.10	1.27
363	5.86	0.02	508		2.81
378	4.64	0.48	519		3.87
386	2.58	1.96	529		4.29
396	0.80	4.74	550	0.05	3.95
416	0.00		602		1.65
426		5.42	650		0.21

(H. L. Johnson a W. W. Morgan, Contr. McDonald Obs. No 205, 1951).

Podle těchto relativních citlivostí pro jednotlivé vlnové délky lze určit citlivosti „klasického“ fotoelektrického fotometru pro jednotlivé emisní pásy, především však pro pásy Swanova spektra C_2 a význačných pásů CN. Poněkud

složitější situace je v oborech ostatních, kde je větší množství výrazných molekulárních pásů Swanova spektra a současně se zde vyskytují i některé méně časté pásy a emise dubletu sodíku.

Obor B, který je realizován kombinací dvou skleněných filtrů, v Evropě většínou Schottových skel BG 12 (1 mm) a GG 13 (2 mm), obsahuje pásy tříatomového uhlíku 4050 (respektive 4073) a tři další pásy ze serie Swanova spektra (2—0) (1—0) (0—0), přičemž zejména pás (0—0) je společný s dalším barevným oborem, v tomto případě s V. Dlužno k tomu poznamenat, že z fyzikálního hlediska pás C_3 je většinou co do intenzity poměrně slabý a že nehraje valnou úlohu v celém tomto oboru, naproti tomu ostatní pásy mají sice značně proměnnou intenzitu, avšak jako celek znamenají značný přínos v intenzitě záření v oboru B. Jsou to zejména pásy C_2 (1—0) a (0—0), které rozhodují o zabarvení světla komety.

Obor V je do jisté míry jednodušší po této stránce. Ze Swanových pásů je zde dominantní toliko C_2 (0—1), pak ovšem jsou jisté možnosti výskytu relativně intenzivních pásů NH_2 , které však spadají do oblasti, kde obor V je již v minimu své citlivosti. Pokud se však v té oblasti vyskytne i intenzivní emise sodíkového dubletu, pak i tuto okolnost musíme vzít v potaz.

Z výše uvedeného výkladu je tedy zřejmé, že pro fotometrii v normálních oblastech systému UBV je skutečně rozhodující toliko Swanovo spektrum uhlíku. Prakticky to znamená, že barevný index komety je dán, pokud se jedná o objekt s převahou emisních pásů, poměrem intenzit pásů (1—0), (0—0) k pásu (0—1).

Pokud není přítomno kontinuum odraženého slunečního záření, pak, jak ostatně z tabulky 1 plyne, barevný index UB je dán náhodnou citlivostí a rozsahem barevného oboru daného fotometru, neboť význačná emise CN (0—0) je právě na hraně dvou barevných oborů a tudíž záleží velmi na tom, zda vlivem posunutí propustnosti jednotlivých filtrů, přesune se podstatná část CN pásu do oblasti U nebo B. Prozatím nejsou žádné experimentální podklady k tomu, abychom rozhodli do jaké míry se mohou jednotlivé fotometry po této stránce lišit. Je ovšem pochopitelné, že tato tabulka dává informace pouze přibližné a že každý fotometr má vlastní barevný systém, který se v jistých i když nevelkých mezích, liší od zde uvedeného systému klasického.

Tabulka 2

Relativní citlivosti fotometru pro význačné pásy uhlíku a CN v kometárním spektru

Pás	Nositel	Obor	Relativní citlivost		
			U	B	V
3883 A	CN	UB	2.54	2.02	
4075	C_3	UB	0.34	5.00	
4380	C_2	B		5.13	
4737	C_2	B		3.97	
5165	C_2	B V		1.37	4.13
5634	C_2	V			3.54

Z tabulky je patrné, že téměř čisté kontinuum by měl obsahovat především obor U, který toliko na hraně má pás CN. Avšak právě ta okolnost má za násle-

dek, že veškerá měření v tomto oboru nejsou pro kontinuum reprezentativní. Hlavní důvod je ten, že hrana oboru U není pevná, nýbrž se mění velice podstatně u skutečných barevných systémů a podíl intenzity CN pásu, který by měl být téměř rovnocenný mezi obory U a B může se značně lišit podle toho, jaká je skutečná mez oboru U v daném fotometru. Mimo to je známo, že právě tento pás je velmi intenzivní a jeho intenzita nadto silně kolísá. Proto jedině u komet s čistým spojitým spektrem můžeme počítat s čistým kontinuem i v oboru U.

3. MĚŘENÍ KOMET V SYSTÉMU UBV

Měření v systému UBV kometárních objektů je vesměs novějšího data a prvá taková nalzáme teprve v roce 1955. Jsou to měření komet 1955f (Bacharev, MacFarlane, Krienke) a 1954h (Baade), které provedl M. V. Walker [5] s 50cm reflektorem v případě první komety a s 150 cm reflektorem v případě druhé komety na Mt. Wilsonu. Používal kruhové clony o průměrech 27 až 204 obl. sekund v ohniskové rovině a systému UBV.

V případě komety Bacharev-MacFarlane-Krienke 1955f, šlo o objekt poměrně nedaleký s malou heliocentrickou vzdáleností. Během měření byla kometa ve vzdálenosti 1.45 až 1.46 A. J. Změny jasnosti v závislosti na heliocentrické vzdálenosti nemohly být vůbec pozorovány, jako ostatně dokazuje samotný seznam pozorovacích dat.

U komety Baade jde však o objekt poměrně velmi vzdálený, neboť heliocentrická vzdálenost tohoto objektu byla v době pozorování 4 astronomické jednotky.

Tato dvě pozorování jsou velmi významná zejména proto, že jde o dvě rozdílné komety po stránce spektroskopické. V prvním případě jde o kometu s molekulární emisí na podkladě slunečního kontinua, kdežto v případě komety Baade jde o těleso, kde na dvou spektrogramech které jsou k dispozici není naprosto žádná stopa po nějaké emisí. Tři emisní linie, které možno spatřit na reprodukováných spektrech jsou pozemského původu z výbojek umělého osvětlení nedalekého Los Angeles. Tyto linie nemají žádný vliv na naměřené hodnoty, neboť pozadí oblohy, ve kterém jsou rozptýlená světla obsažena, se při měření odečítá.

Spektrum bylo pořízeno světly spektrografem 250cm reflektoru a lze proto považovat zjištění naprostého nedostatku emisních pásů za správné a jde patrně o jedinečný případ toho druhu. Je nutno také poznamenat, že Walker uvádí zajímavou skutečnost o plynulém výronu hmoty směrem ke Slunci trvající téměř celou dobu po kterou mohla být kometa pozorována. Další velkou serií pozorování jsou fotoelektrická měření komety Burnham (1958a), které provedl Sinton v UBV systému. Měření byla vykonána 54cm reflektorem ve Flagstaffu [6].

Celkem bylo pozorováno 14 nocí větším dílem s filtry B a V a ojedinělá měření byla provedena též v oboru U. Vzhled této komety byl dle současných fotografií kruhový a největší clona obsáhla prakticky celou fotometricky významnou část komy. Maximální rozměr clony byl 249", nejmenší 24".

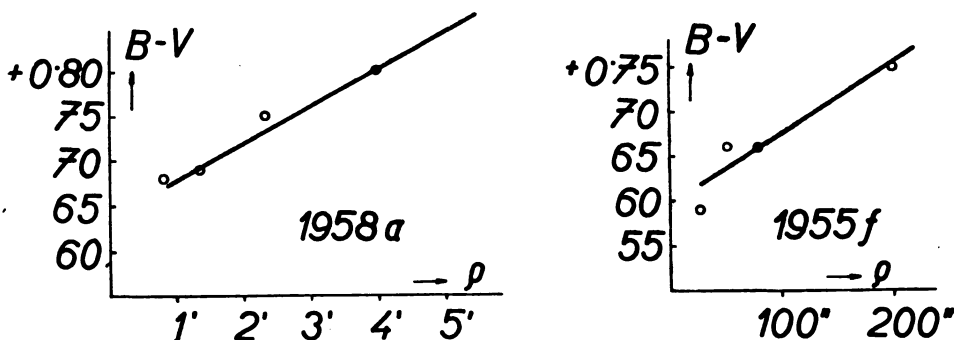
Sinton se pokouší svá měření interpretovat a určuje jednak exponenty n , pro závislost absolutní jasnosti komety na heliocentrické vzdálenosti, které jsou poměrně vysoké a jeví zřejmý rozdíl před perihelem a periheliu. Avšak další použití známého již vztahu pro jasnost komet aplikovaný na barevný

index komety nelze považovat za vhodnou metodu vyšetřování. O této věci se ostatně zmíníme ještě v diskusi pozorování fotoelektrickou metodou.

Z výsledků měření sice plyne jakási závislost změn barevného indexu, avšak „absolutní“ hodnoty barevného indexu jsou naprosto fiktivní. Nicméně měření Sintonova jsou velmi užitečná pro naše další vyšetřování. Vyloučíme-li z celé řady pozorování ta, která jsou zatížena zřejmě nějakým rušivým faktorem, pak obdržíme pro střední hodnotu barevného indexu

$$\begin{aligned} B-V & 0.75 \pm 0.10 \\ U-B & -0.22 \pm 0.11 \end{aligned}$$

Přitom hodnoty pro menší průměry clon jsou poněkud nižší.



1a, 1b - Závislost barevného indexu na poloměru užitě clony, který je vztažen na systém B—V. Vlevo u komety 1958 a vpravo u komety 1955f.

Posledním z řady fotoelektrických měření komet, která mají pro naše další úvahy mimořádný význam je Walkerovo měření komety Schwassmann-Wachmannovy během pozorovaného výbuchu [7]. Měření byla provedena opět 1,5m reflektorem. Jako v případě dřívějších již zde popsaných měření Walkerových. Výsledky barevného indexu jsou:

$$\begin{aligned} B-V & 0.74 \pm 0.02 \\ U-B & 0.26 \end{aligned}$$

Současně pořízený spektrogram prozrazuje jedině spojité spektrum, bez náznaku emise.

Průměrný barevný index komety 1955 f (Bacharev), pokud vyloučíme nepřesná měření, je

$$\begin{aligned} B-V & + 0.67 \\ U-B & - 0.52 \end{aligned}$$

Spektrální data, která jsou u této komety k dispozici, jsou pozorování Yosse [8] 24/36 palcovou Schmidtovou komorou, kterou získal objektivní spektra. Ten našel silné emisní poměrně úzké stopě spojitěho spektra. Z popisu tohoto spektra lze pro jednotlivé obory nalézt následující emise:

CN 3883 A	pro obor U
C ₃ 4050	U B
C ₂ 4737	B V
C ₂ 5165, 5635	V

Údaje se tedy shodují s tabulkou, kde byly ovlivňující pásy určeny dle spektrálních citlivostí „klasického“ fotometru.

Průměrný barevný index komety Baade, která pro problém nás zejména interesující má velký význam, je

$$\begin{aligned} B-V &+ 0.80 \\ U-B &+ 0.39 \end{aligned}$$

Tento barevný index odpovídá spektrální třídě hvězd G8 až K0.

K měřením je však nutno dodat, že velmi zajímavá věc, a jak bude ukázáno později jde o okolnost značné důležitosti, je změna barevného indexu se změnou průměru použité clony. Tato závislost je graficky vynesena v grafu 1 a z toho je jasně patrné zmenšování barevného indexu s klesajícím průměrem clony. Není to u obou pozorovaných objektů stejné a výrazné je to toliko u komety 1955f. Souvisí to především s životní dobou molekul, které se převážně podílejí na záření prvé komety. Podobný efekt avšak s opačnou tendencí byl pozorován u komety Arend-Roland (1956h). K podrobné diskusi těchto pozorování se vrátíme v další kapitole.

Z výsledků měření je patrná též jistá obtížnost metody, která tkví v tom, že při menších clonách zřejmě nelze plně respektovat požadavek, který je splněn u hvězd, totiž aby tok světla byl v oblasti clony, před filtry vždy stejný.

Tabulka 3

Závislost barevného indexu na průměru střední hodnoty

Průměr clony	B—V	me	N
23.8''	+0.63	±0.07	2
49	+0.68	±0.07	3
81.5	+0.69	±0.10	11
138	+0.75	±0.09	10
239	+0.80	±0.06	11
350	+0.80	(±0.1)	1

Pozn. Střední chyba u průměru clony 350 je stanovena předpokladem chyby fotoelektrických měření difusních objektů. Patrně bude menší.

4. FOTOELEKTRICKÁ MĚŘENÍ BAREVNÉHO INDEXU KOMETY ARENDR-ROLAND 1956h.

Jedním z nejvíce sledovaných kometárních objektů v posledních letech je nesporně jasná kometa z roku 1957, Arend-Rolandova 1956h. Vedle polarizačních měření, kterým ostatně je věnována samostatná stať, možno za nejlepší fotoelektrická měření této komety pokládat měření, která vykonal na Haute Provence 80cm reflektorem Bouigue [9]. Tento autor, jehož měření jsou shrnuta v tabulce, používal vedle uvedeného systému B—V, též dvou dalších párů filtrů, z toho jeden pár interferenčních, propouštějící serii spektrálních oblastí přes celé spektrum, jedna z těchto serií leží v oblasti Swanova spektra, kdežto druhé je položeno právě mezi C₂ pásy do oblasti kontinua. Dále použil dvou barevných filtrů s nedalekými efektivními vlnovými délkami (5380 a 5650 Å), které však pro naše účely nemají podstatného významu.

Tabulka 4

Střední hodnoty pro B—V
(1956 h)

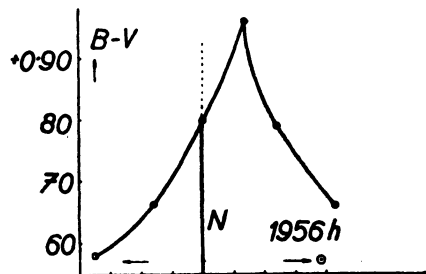
Datum	B—V m	m. e. m
Duben 27	0,76	±0,05
29	0,32	±0,07
Květen 02	0,12	±0,08
04	0,86	±0,00
18	1,05	
23	0,44	±0,05
25	0,65	
30	1,04	
	0,58	±0,25

Také volba rozsahu clon i metodiky měření byla velice dobrá a podává nám řadu velice cenných informací. Bouigue používá jednak velkých clon o rozměrech 120 a 80", jednak clon poměrně malých 45, 28 a 6", kterými provedl několik fotoelektrických řezů přímo v jádru a hlavě komety.

Z dalších, pro naše účely významných měření nutno uvést měření Thiessena [10], který je vykonal pomocí 60cm Hamburského reflektoru. Tato měření jsou však v poněkud jiném systému, který spíše vyhovuje původnímu mezinárodnímu barevnému systému fotografickému a vizuálnímu, efektivní maxima jsou posunuty ke kratším vlnovým délkám. Jistou předností Thiessenových měření je, že volí použitý rozměr fokální clony dle okamžité vzdálenosti jak heliocentrické tak geocentrické, se kterou se jak známo zdánlivý i skutečný rozměr komy mění. To dává i jistou naději, že jim odvozené fotometrické parametry jsou data, která skutečně reprezentují změnu jasu komety s heliocentrickou vzdáleností.

Konečně je nutno se zmínit i o vlastních měřeních pisatele, která vykonal společně s Tremkem na 60 cm reflektoru brněnské observatoře [11]. Tato měření provedena v systému BV, jsou časově nejrozsáhlejší. Většina ostatních fotoelektrických dostupných měření má toliko informativní ráz, nebo jsou provedena méně vhodným způsobem.

Přehled citovaných měření je v následujících tabulkách, kde jsou uvedena všechna potřebná hlavní data.



2. Chod barevného indexu, podle měření Bouigueho, u komety 1956h. N - jádro komety, vlevo směr od Slunce.

Tabulka 5

Srovnání středních hodnot (B—V)
(1956 h)

Autor	λ_{eff}	B—V
Tremko, Vanýsek	4420—5510	$0,58 \pm 0,25$
Thiesen	4100—5100	$0,73 \pm 0,05$
Munier-Legrand- Bonpas	-	$0,60 \pm 0,30$

Tabulka 6

Fotoelektrická pozorování komety Baade 1954 h
(M. F. Walker, PASP, 70, 194, 1958)

Datum 1956 (UT)	Clona	V	B—V	U—B
Pros. 5 ^h 55	59.9	12.50	+ 0.87	+ 0.43
6 02	34.0	13.08	76	41
10	19.0	13.58	83	25
17	10.9	14.40	88	28
16 12 38	34.0	13.14	69	47
43	19.0	13.75	81	51
52	10.9	14.56	+1.08	+0.70

Střední hodnoty barevného indexu

	B—V	U—V
34	+ 0.726	+ 0.44
19	82	/ 38 /
10.9	98	/ 49 /
všechny clony	84	/ 44 /

5. DISKUSE FOTOELEKTRICKÝCH BAREVNÝCH MĚŘENÍ KOMET

V diskusi barevných fotoelektrických měření komet zmíníme se především o těch měřeních, která byla provedena v systému UBV, neboť ta jsou nejpočetnější a je možno je nejpodrobněji prostudovat.

Především je nutno se zmínit o nejvýznačnějším efektu, který lze z materiálu zde shromážděného nalézt. Je to systematický vzrůst barevného indexu se vzrůstajícím průměrem clony. Tento efekt je možno pozorovat téměř u všech proměřených objektů s výjimkou komety Baade 1954h. Ačkoliv není možno provést kontrolní měření, které by ověřilo, že nejde o instrumentální efekt, můžeme tvrdit, že jde o jev související s kometou samotnou. Máme k tomu řadu důvodů, jednak tu okolnost, že to bylo pozorováno na různých přístrojích a u různých komet. Nejnápadnější je, že nezáleží celkem na charakteru objektu a celkem nepříliš na heliocentrické či geocentrické vzdálenosti. Z grafů, které jsou zde připojeny je zřejmé, že závislost barevného indexu na průměru

clony je téměř lineární v těch mezích, ve kterých bylo clony použito. Číselně možno pro tři nejpečlivěji měřené komety tuto závislost vyjádřit empirickým vztahem:

Kometa	B—V
1958a	+ 0.67 + 0.15 ($\varrho - \varrho_0$) $\varrho_0 = 1'$
1955f	+ 0.63 + 0.15 ($\varrho - \varrho_0$)
1956h	+ 0.74 + 0.13 ($\varrho - \varrho_0$)

kde ϱ je vyjádřeno v obloukových minutách.

Tento empirický vztah platí pochopitelně v nevelkých mezích, patrně ne větších než $\varrho = 2'$.

U komety Baade je tento vztah obrácený $B-V = + 0.60 - 0.10 (\varrho - \varrho_0)$. Avšak tento vztah je odvozen jen z jediné série měření z jedné noci. Okolnost, že efekt zvyšování barevného indexu s průměrem clony byl nalezen u několika komet a to v měřeních, která byla provedena různými přístroji, nasvědčuje tomu, že jde o efekt nikoli přístrojový, nýbrž pramenící z vlastnosti samotné komy.

Předpokládáme-li totiž, že částice bude vyvržena z jádra libovolným směrem, pak se bude pohybovat v odpudivém silovém poli Slunce, jehož působení je dáno jednoduchým známým vztahem:

$$F = \frac{1 - \mu}{r^2} \quad (1)$$

kde r je heliocentrická vzdálenost, μ vyjádření odpudivé síly v jednotkách ekvivalentní vyjádření gravitačního pole Slunce.

Geometrické místo molekul, které současně opustí jádro komety za dobu τ je možno odvodit opět z jednoduché úvahy: Poloha jedné částice je dána v souřadné soustavě pravoúhlé ξ, ζ, η , kde osa ζ je prodloužením radius vektoru Slunce—kometa

$$\left. \begin{aligned} \zeta &= v_0 \cos \alpha \cos \beta \cdot \tau + F \frac{1}{2} \tau \\ \eta &= v_0 \cos \alpha \sin \beta \cdot \tau \\ \xi &= v_0 \sin \beta \cdot \tau \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

kde v_0 je počáteční rychlost a úhly vyvržení jsou jasně definovány těmito vztahy. Snadno odvodíme, že geometrické místo molekul je koule o poloměru

$$\varrho = \left(\zeta - F \frac{1}{2} \tau \right)^2 + \eta^2 + \xi^2 \quad (3)$$

a střed této koule je posunut o

$$d = F \frac{1}{2} \tau^2 \quad (4)$$

Je nepochybné, že hodnota F pro molekuly bude větší než pro prachové částice a krátká životní doba některých molekul nutně vede k tomu, že poloměry koulí prachových v blízkosti jádra nutně budou větší, ale i rozsah plynové komy bude i směrem do chvostu komet kratší. To ostatně dokazují Lillerova spektrofotoelektrická měření u komety 1956 h, kde v poměrně nedaleké vzdálenosti od jádra bylo ve chvostu téměř čisté kontinuum. [12]

Důkaz pro toto tvrzení lze provést i jinak: Předpokládejme, že osa ξ našeho systému je totožná se zorným paprskem. Pak jednotlivé isochrony budou soustředné kružnice. Jestliže jas elementární části komy je b , pak plošný jas v daném poloměru ρ je

$$B_{(\rho)} = \frac{\int_0^{\rho} b(\rho) 2\pi\rho d\rho}{\int_0^{\rho} 2\pi\rho d\rho} \quad (5)$$

z čehož

$$B_{(\rho)} = \frac{2\pi}{\pi\rho^2} \int_0^{\rho} b_{(\rho)}\rho d\rho \quad (6)$$

Pro střední jas $B_{(\rho)}$ pak platí

$$\frac{1}{2} B_{(\rho)}\rho = \int_0^{\rho} b_{(\rho)}\rho d\rho \quad (7)$$

a

$$b_{(\rho)} = \frac{1}{2} B_{(\rho)}\rho^{-1} \quad (8)$$

za předpokladu, že částic během času neubývá. Jestliže z původního počtu vypařených molekul v okamžiku t_0 bude v okamžiku t

$$N = n_0 e^{-\gamma(t-t_0)} \quad (9)$$

kde n_0 je původní počet molekul, γ koeficient životní doby uvažovaných molekul. Podle [13] je hodnota γ asi $0.5 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$.

Jelikož intenzita molekulární části komy je v libovolném místě úměrna počtu molekul, které se tam nacházejí, pak pro barevný index nalezneme vztah

$$(B - V)_{\rho} = 2.5 \log \frac{(I_1 + I_2 e^{-\rho})_B}{(I_1 + I_2 e^{-\rho})_V} \quad (10)$$

kde I_1 a I_2 jsou intensity prachové a plynné komy v centru komy. Je zřejmé, že pro velká ρ dostáváme barevný index prachové části. Předpokládá se ovšem, že se z částic neuvolňují další molekuly. Z toho plyne, že vzrůst barevného indexu s rostoucím průměrem clony je zřejmě působen úbytkem molekul k okraji komy což je efekt, který se uplatňuje ve všech projekcích komy na oblohu kvalitativně stejně. Při projekci osy ξ kolmo na oblohu ovšem nebude průběh poklesu barevného indexu kruhově symetrický, nýbrž bude velmi prudce stoupat od místa největšího jasu ke Slunci a poněkud klesat směrem od Slunce až do jisté vzdálenosti ve chvostu. To ostatně potvrzují měření, která provedl Bouigue malými clonami. Graficky je průběh barevného indexu odvozeného z reprodukováných záznamů jeho měření naznačen v grafu 2. Nulový bod je v místě největšího jasu.

V těchto úvahách ovšem předpokládáme, že v systému B—V bude mít C_2 koma včetně význačného pásu CN (3880 Å) převahu v oblasti filtru B a tudíž barevný index plynné části komy by byl velmi nízký nebo spíše záporný. Pro-

zatím však nemáme k dispozici fotoelektrická měření komet v systému B—V, která by neměla ve spektru kontinuum. Nelze tudíž spolehlivě propočítat vhodný model komy dle výše uvedeného vztahu a tak jej ověřit.

6. VELIKOST PRACHOVÝCH ČÁSTIC V ATMOSFÉRÁCH KOMET

Je jisto, že barevný exces komet je působen selektivním rozptylem slunečního světla. Jestliže barevný index Slunce v systému $(B - V)_s = +0,64^m$, pak střední barevný exces komet, které zde byly vzaty v úvahu je

$$(B - V)_k - (B - V)_s = +0,20^m \pm 0,05$$

Toto zčervenání je zřejmě nezávislé na vlastnostech komety a jak se zdá, můžeme předpokládat u všech studovaných případů, že charakter rozptylu a tedy i částic je stejný.

Pro výpočet velikosti částic bylo užito metod odvozených z klasické teorie Mieho, kdy jsme aplikovali určité vztahy odvozené především Van de Hulstem v jeho nedávno vyšlé monografii [14]. Obecně je rozptyl světla na částicích závislý na indexu lomu a velikosti. Je sice pravda, že po teoretické stránce celá věc je mnohem složitější, pokud bychom měli uvažovat nekulové částice, avšak po statistické stránce kulový tvar nejlépe vyhovuje a podá alespoň přehled o kvalitativních vlastnostech částic.

Velmi podstatné je zde rozhodnutí do jaké míry možno považovat částice za elektricky nevodivé, respektive za částice kovové. Index lomu, který na této okolnosti závisí, velmi ovlivňuje naše výsledky a nutno proto volit vhodné hodnoty, které nejspíše se blíží hodnotám indexu lomu železa, niklu u částic kovových, respektive silikátů nebo vody u částic nekovových. Pro praktický výpočet bylo tedy zvoleno několik vhodných předpokladů a sice tři hodnoty indexu lomu pro částice dielektrické, 1.33, 1.50 a 2.00 a pro kovové 1.30 — 1.50.

Vzhledem k jistému zjednodušení byl počítán případ, kdy fázový úhel je velmi malý, tedy kdy těleso je v opozici se Sluncem, kdy tedy vyloučíme komplikovaný efekt polarizace. V takovém případě lze totiž počítat poměry intenzit rozptýleného světla v původním směru a zpět zejména u malých částic ze zjednodušených vztahů, u velkých částic pak z tabelovaných hodnot, např. dle Lowana [15] a podobně.

Pro barevný rozdíl dostáváme tedy poměrně jednoduchý vztah

$$-0.4 (B - V) = \log \frac{f_{\lambda_1}}{f_{\lambda_2}} + \log \frac{Q_{\lambda_1}}{Q_{\lambda_2}} \quad (11)$$

kde pro částice poměrně malé o poloměru a a pro vlnovou délku λ

$$x = \frac{2\pi a}{\lambda} \geq 0.5$$

a index lomu nepřilíží odlišný od 1 platí

$$f_{\lambda} = 1 + \frac{4x}{15} \lambda \frac{(m - 4)(m + 2)}{2m + 3} + \dots \quad (12)$$

pro Q (v případě dielektrických částic a malých hodnot x)

$$Q_{\lambda} = \frac{8}{3} x^2 \left(\frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right)^2 \left(1 + \frac{6}{5} \frac{m^2 - 2}{m^2 + 2} x^2 + \dots \right) \quad (13)$$

kde Q_λ je známý rozptylový koeficient. Pro kovové částice byly použity hodnoty dle Schalena [16] a to jak pro veličinu f a Q sice u Schalena vystupuje ve veličině

$$x_\lambda = \frac{1}{8} Q_\lambda (2\pi a)^{-4} \quad (14)$$

avšak vzhledem k tomu, že ve vztahu (11) jde o poměr Q , lze použít přímo hodnot Schalenových.

Výsledky jsou obsaženy v následující tabulce, ze které je patrné, že nevhodnější rozměry částic dielektrických jsou s indexem lomu 1.33, jestliže $x = 1.5$ až 2.00, s indexem 1.50 až 2.00 částice u kterých $x = 4$ až 5, jde tedy o částice, jestliže efektivní vlnová délka je $\lambda = 5500 \text{ \AA}$, u kterých minimální rozměr je větší než $4 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$.

U částic kovových je toto řešení jednoznačnější, totiž že nutně musí být alespoň $x = 2$.

Celý výpočet je ovšem proveden za předpokladu, že částice mají všechny stejný rozměr a kulový tvar. Tato podmínka není splněná. Nicméně nutno vzít v úvahu, že fotometricky efektivní jsou částice nejmenší, které jsou nejčetnější. Jestliže funkce rozdělení četnosti částic dle průměru je velice strmá, pak předpoklad o rovnosti průměru částic není sice splněn, ale větší částice nemají podstatný vliv na celkovou jasnost prachového mračka a tudíž prakticky není nutno na ně brát ohled.

Tabulka 7

Hodnoty barevného excesu pro prachový oblak

(pro případ zpětného odrazu)

Referenční $\lambda = 5500 \text{ \AA}$

Hodnoty přibližně pro B — V

Dielektrické částice				Metalické částice	
		m			m
10^{-5}	1.33	1.50	2.00	10^{-5}	1/38 —1.50i(Fe)
1.7	+0.40	—0.10	—0.80	0.5	—0.50
2.6	+1.4	—0.90	—0.80	1.0	—0.35
3.5	—0.40	—0.25	—1.10	2.0	+0.23
5.2	—0.30	—0.23	+1.50		
7.0	—0.08				

Poznámka. Hodnoty jsou vypočtené na základě hodnot z Lowanových tabulek, v případě částic dielektrických. Naproti tomu pro částice vodivé (železo) byly hodnoty vypočteny na základě údajů Schalena [16].

Z toho také plyne, že četné nemohou být částice, které jsou pod výše stanovenou mez, neboť pak bychom pozorovali naopak záporný barevný exces. Výše uvedené hodnoty možno tedy považovat za limitní rozměry nejmenších částic v atmosférách komet. Z těchto důvodů jsme také v této práci omezili vyšetřování barevného excesu pro zjednodušený případ, kdy fázový úhel je roven 0 respektive 180° . V takovém případě totiž lze propočítat poměr intenzit rozptýleného světla v původním směru a odraženého zpět. Tímto omezením celého problému jednak pro malé částice dosáhneme zjednodušení početních

úkonů, pro větší částice máme již přímo dostupné tabelované hodnoty. Mimo to zde není celý výpočet komplikován otázkou stupně polarizace, která celou věc, jak ostatně uvidíme dále, opět ještě více znesnadňuje. Je sice pravda, že v takovém případě můžeme svá měření přímo srovnat toliko s kometami Baade nebo Schwasmann-Wachmann, které tohoto fázového úhlu v době pozorování dosáhli, nicméně změny zabarvení s fázovým úhlem již nejsou tak velké, aby vylučovaly zcela srovnání i s jinými případy, kdy fázový úhel byl značně odlišný.

V tomto zjednodušení poměr intenzit rozptýleného světla v původním směru I_t a odraženého zpět I_b pro částice malé, kde x nepřesahuje 1, je dán vztahem:

$$\frac{I_t}{I_b} = \frac{1 + 4x^2(m^2 + 4)(m^2 + 2)}{15 \cdot 2m^2 + 3} + \dots \quad (15)$$

Pro větší částice pak nalezneme Lowanovy hodnoty přímo v monografii van de Hulstově.

Při dalším výpočtu vycházíme z nutného předpokladu platícího pro dielektrické částice bez rozdílu, že

$$Q_{sc} = Q_{ext}$$

kde Q_{sc} a Q_{ext} jsou rozptylové extinkční faktory.

7. POLARISACE SVĚTLA KOMET

Podstatným přínosem ke studiu drobných částic v atmosférách komet je nesporně měření polarizace světla těchto objektů. Obecně platí, že světlo je na drobných částicích polarisováno. Stupeň polarisace závisí především na velikosti částice a indexu lomu a pochopitelně na fázovém úhlu. U velice malých částic dochází v blízkosti fázového úhlu 90° k téměř totální polarisaci; u volných elektronů je skutečně při fázovém úhlu 90° polarisace úplná. Po fyzikální stránce tato věc není nikterak zajímavá a je poměrně dobře po theoretické stránce řešena. Naproti tomu však konkrétní výpočet pro různé velikosti částic a indexy lomu není jednoduchý a v našem případě bylo nutno použít graficky vynesných hodnot dle Lowana, jestliže mělo být dosaženo alespoň několika vhodných modelů pro porovnání s měřeními.

Vlastní měření polarisace světla komet pochází již z doby Arragovy, který se pokoušel určit polarisaci u jedné jasné komety na počátku minulého století. Žel literární prameny o tomto měření nejsou v originále pisateli přístupny. Jisto však je, že jako první dobrá měření polarisace světla komet můžeme považovat pozorování Wrighta [17], který visuální methodou našel u komety 1881 III hodnotu polarisace 23 %. Týž autor pak opakuje měření polarisace u komety 1881 IV, kde je maximální polarisace toliko 13 % a vykazovala velké časové fluktuace. Nutno poznamenat, že tato měření nikterak se neliší od hodnot naměřených přesnějšími methodami v nedávné době.

Další měření — rovněž visuální — vykonal Danjon v roce 1927, kdy u komety 1927 IV našel polarisaci 10 — 12 %. Ovšem nejvýznamnější jsou měření Ohmana [12], [19], [20], u komet 1939 III, 1941 I a 1941 IV. Měření byla provedena fotografickou methodou v oblasti 4300—4700 Å, a maximální polarisace byla nalezena u komety 1941 IV a to 23 %.

Po těchto měřeních nastává velmi dlouhá přestávka a teprve v nedávné době byla získána další měření, tentokrát již i velmi přesnými fotoelektrickými methodami u komet 1956h (Arend-Roland) a 1957h (Mrkos).

Přehled těchto měření nalézáme v tabulce, mimo to významnější měření jsou uvedena přímo v jednotlivých tabulkách dále v textu. Většinou jde o měření, která nám podávají obraz o polarisaci světla v okolí jádra, přesněji řečeno v oblasti největšího jasů komety. Vyjimku zde tvoří fotografická měření z Ondřejova u obou již zmíněných komet a měření v Bjurakanu u komety 1957n [21], [22]. Tato měření zasahují relativně velmi daleko do chvostu a zejména u komety 1956n ukazují zajímavý vzrůst směrem od jádra, který nesporně prozrazuje vzrůst podílu prachových částic na celkovém světle komety. U komety Mrkosovy — 1957d z bjurakanských měření opět plyne, že prachový chvost se jasně odlišuje stupněm polarisace od molekulárního — přímého. Většina těchto měření také jasně prozrazují závislost stupně polarisace na fázovém úhlu. Souhrně lze říci, že maximální polarisace v oblastech, kde pozorujeme spojitě spektrum a lze tedy očekávat, že na jasů komety se podílí převážně mračno částic, je kolem 25—30 %. Jasnost elektronového mračna pro pozemského pozorovatele plyne ze vztahu

$$I = \frac{1}{4\pi} B_o N_e \sigma_e r^{-2} \varrho^{-2} \quad (16)$$

kde σ_e je Thompsonův rozptylový koeficient, B_o jas Slunce pro jednotkový prostorový úhel, r a ϱ heliocentrická a geocentrická vzdálenost. Poměr pozorovaného jasů Slunce I_o a komety I_c je pak dán vztahem

$$\frac{I_c}{I_o} = \frac{1}{4\pi} B_o \varrho^{-1} N_e \sigma_e; \quad (r \doteq \varrho \doteq 1) \quad (17)$$

Dosadíme-li výše uvedenou hustotu elektronů pak nalezneme, že

$$\frac{I_c}{I_o} \sim 10^{-16} \quad (18)$$

Tedy elektronové mračno by bylo přibližně 12 mg, což je minimálně o dva řádky menší jas než jaký pozorujeme u těch komet, které přichází v úvahu. Tedy příspěvek k celkovému jasů komety, který by bylo možno připisat na vrub velmi hustého oblaku volných elektronů by nepřesahoval 1 % a tím také polarisace, která je na elektronech při fázovém úhlu $\pi/2$ 100 % by byla efektivně asi 1 %, pokud by nenastávala polarisace na fluoreskujících molekulách. Vidíme tedy, že poměrně vysokou polarisaci nelze přičíst na vrub volným elektronům vznikajícím při ionisaci kometární atmosféry. Tento důkaz podporuje i výše uvedené tvrzení, že zbarvení rozptýleného světla indikuje spíše drobné částice prachového charakteru než volné elektrony.

Konečně i tato okolnost, že ani v jednom případě nebyla pozorována polarisace větší než 30—40 % vylučuje možnost polarisace světla komet na volných elektronech. Tento fakt také však vylučuje již předem přítomnost částic podstatně menších než vlnová délka. Je tedy nesporné, že polarisace světla komet je poměrně vysoká. Zejména to platí v případech, kdy vykazuje kometa poměrně silně spojitě spektrum.

Jde však o to, z jakých příčin polarisace nastává. Již Ohman upozornil, že molekulární emise v tomto případě může vykazovat asi 8 až 13 % polarisaci. I když tato hodnota je poměrně vysoká, pochopitelně nestačí vysvětlit pozorované hodnoty, které byly v řadě případů vyšší. Je tedy daleko přijatelnější, že polarisace, která nastává u komet, je působena částicemi. Je ovšem jisté, že

Tabulka 8

Srovnání střední hodnoty polarisace komety 1956 h a polarisace
na částici $m = 1.33 \times \underline{2}$
(tj. $a = 1600 \text{ \AA}$, je-li $\lambda_{\text{eff}} = 5000 \text{ \AA}$)

Fázový úhel	P_{comp}	P_{obs}	$O-C$
[°]			
50	0.11	0.12	+0.01
60	0.16	0.15	-0.01
70	0.21	0.18	-0.04
80	0.21	0.20	-0.01
90	0.25	0.25	+0.02
100	0.25	0.27	+0.02
110	0.25	0.28	+0.03

Poznámka. Střední hodnota pozorované polarisace byla stanovena z pozorování:
Blackwella a Willstrupa (fotogr. centrální část),
Bojka a Charitonová (fotoel. střední část),
Güttlera (fotograficky střední část),
Richtera (fotograficky 5 až 8 min kolem jádra),
Widorna (fotoelektricky střední část),
Bláha, Švestka, Hruška, Vanýsek (blízko jádra)

$$p = \frac{i_1 - i_2}{i_1 + i_2} \quad \text{nebo} \quad p = -0,46 (m_1 - m_2),$$

kde i_1, i_2 jsou intensity (nebo magnitudy) dvou na sebe kolmých složek polarisovaného světla.

tento efekt by mohly vyvolat i volné elektrony vznikající ionisací molekul, případně i vodíkových atomů uvolněných z jádra komety. Dostatečná koncentrace volných elektronů by ovšem mohla také vyvolat spojitý podklad kometárního spektra, takže z tohoto hlediska je možný dvojitý výklad o původu jak polarisace tak i spojitého spektra. V předchozích kapitolách však bylo dokázáno, že rozptyl na částicích, jak jej pozorujeme u komet, je zřejmě selektivní, což by nebylo v případě, že částice by byly volné elektrony, na kterých je rozptyl neselektivní. Lze také snadno ukázat, že i hustota volných elektronů velmi pravděpodobně by nebyla nikdy dostatečná, aby podíl jasů komety ve spojitém rozptýleném slunečním záření byl takový, jaký pozorujeme.

Předpokládejme, že počet ionisovaných molekul je asi 10^6 cm^{-3} což je hodnota značně vysoká. Počet volných elektronů zdaleka nebude toto číslo překračovat, tedy

$$N_e \sim 10^7$$

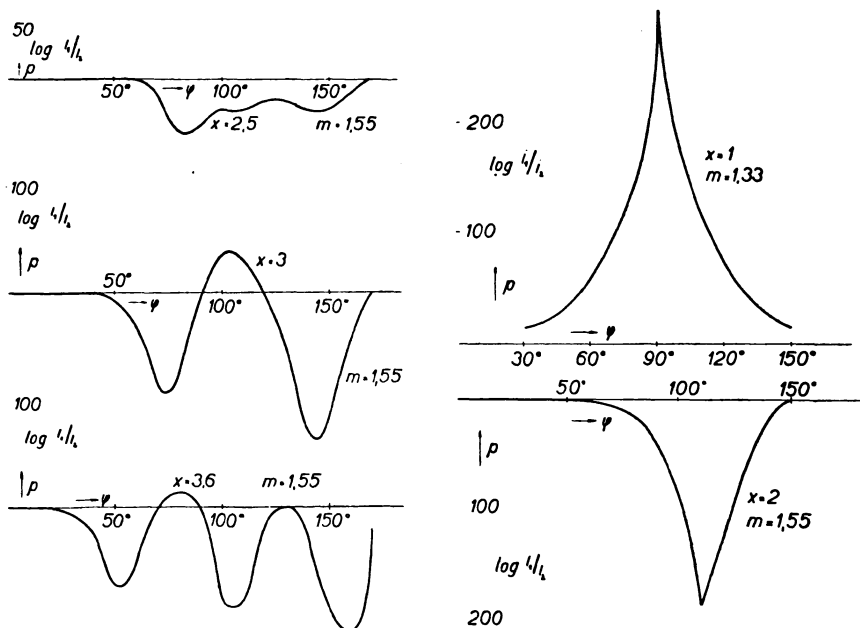
Jestliže normální objem komy je asi 10^{29} cm^3 , pak celkový počet elektronů je toliko

$$N_e \sim 10^{36}$$

Jak o tom byla již zmínka dříve, pro tuto práci bylo použito graficky vynesených hodnot z Lowanových tabulek, abychom si mohli znázornit průběh polarisace s fázovým úhlem pro několik možných případů velikosti částic a indexu lomu 1.33 a 1.50.

Z grafů, které znázorňují poměr $\frac{i_1}{i_2}$ kde i_2 a i_1 jsou intensity dvou vzájemně

kolmo stojících polarisovaných složek světla komety. Je naprosto zřejmé, že u drobných částic, kde $X \sim 1$ je polarisace kolem 90 %, a též ve fázových úhlech, které pro naše případy přichází v úvahu je velmi vysoká přesahující 90 %. Přijatelné hodnoty opět dostáváme kolem $x \doteq 2$.



Obr. 3.

Okolnost, že zatím není možno použít elektronických počítačích strojů, které by nám umožnily integraci hodnot polarisace pro větší rozsah poloměrů částic, nedovoluje přesnější stanovení a tím i srovnání průběhu polarisace s fázovým úhlem mezi zvoleným modelem a konkrétním případem.

Nicméně grafické srovnání průběhu polarisace světla komety 1956h (tato data jsou vlastně jediná o která se můžeme bezpečně opírat) nám dávají oprávnění k tvrzení, že částice, které jsou pro jas komety — přesněji řečeno její prachové části — rozhodující, jsou řádu

$$a \doteq 1600 \text{ \AA},$$

tedy o průměru

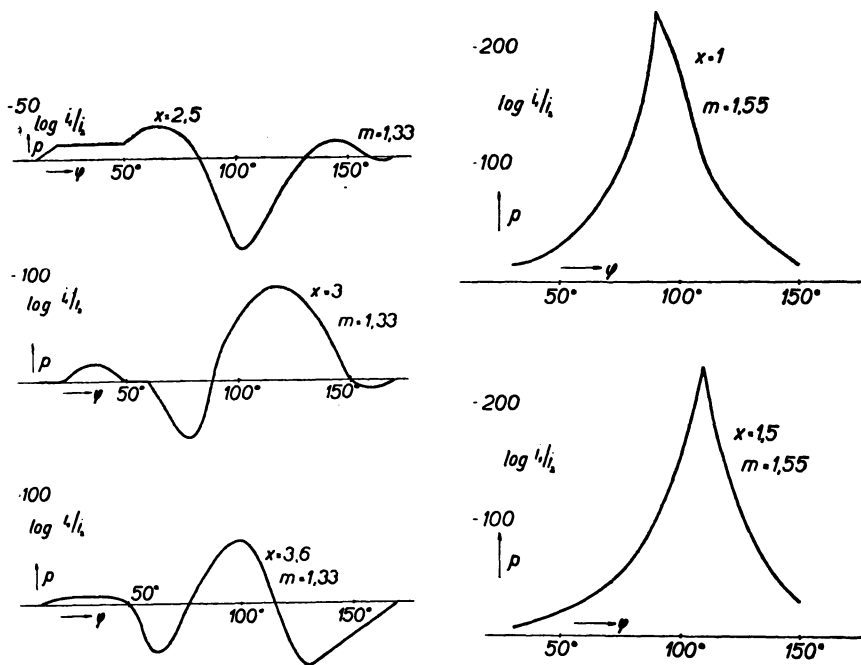
$$s \doteq 3.2 \times 10^{-5} \text{ cm}.$$

Tento výsledek dobře souhlasí z odvození poloměru částic z barevného excessu komet. V obou případech jsme ovšem předpokládali, že jde o částice dielektrické. V případě elektricky vodivých částic bychom obdrželi sice jiné číselné hodnoty, avšak řadově ne příliš odlišné.

Jednou z nejvýznačnějších prací, která nám umožňuje alespoň přibližně určit velikost částic z polarisace světla komet je velmi podrobné měření provedené Martelovou. Jedná se o měření komety 1957d provedené fotografickou cestou na celkem 112 fotografií. Martelová podobně jako angličtí pozorovatelé si vymezila spektrální obory v oblasti kolem 4500 a 5200 až 6600 Å. Důležité

je, že pro každé měření studuje do jaké míry působilo spojité spektrum v této oblasti. Pro porovnání byl pak proveden výpočet průběhu polarisace na fázovém úhlu pro kulové částice s indexem lomu a pro

$$x = \frac{2\pi a}{\lambda} = 2,0; 2,2; 2,4$$



Obr. 4.

Jak je patrné z grafu i připojené tabulky nejlépe vyhovuje hodnota

$$x = 2,2$$

která je patrně určitou mezní hodnotou pro velikost částic.

Nevýhodou těchto výpočtů je, že neberou v úvahu funkci rozdělení částic a v důsledku toho nemáme zatím jasnou představu, zda by eventuální rozdílná funkce četnosti částic mohla pozměnit naše výsledky. Podrobné výpočty tohoto druhu budou provedeny v další části práce, která bude publikována později.

Jak je tedy patrné z dosavadních úvah, nemohou být částice v kometách podstatně menší než

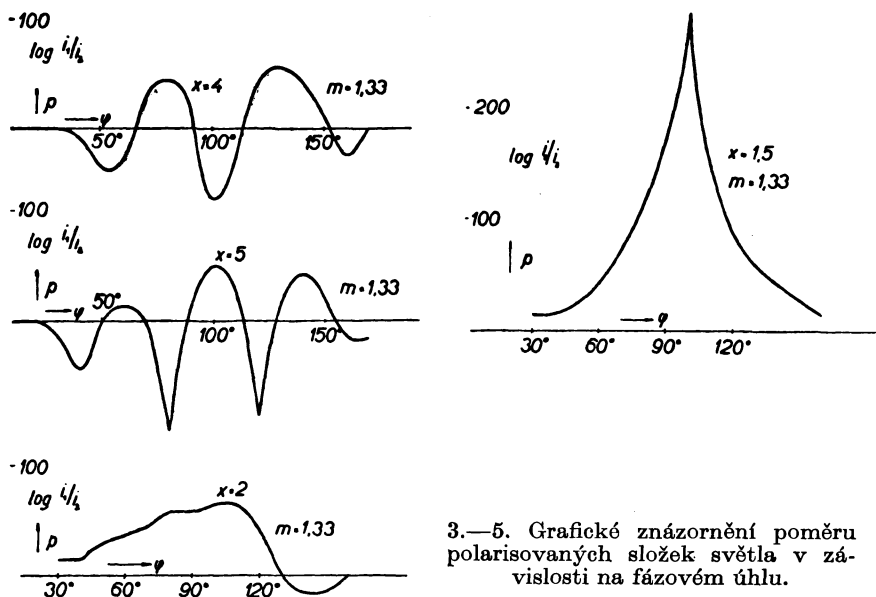
$$a \sim 5 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

O podobné řešení problému se pokusila Martelová, která dochází k shodným výsledkům pokud se týče rozměrů částic. Dále na základě blíže nepodloženého předpokladu dochází Liller k závěru, že částice, které by byly kovové, by měly rozměr

$$a \sim 6 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

8. ZÁVĚR

V této naší studii je tedy dokázáno, že komety jeví kladný barevný excés, který dosahuje přibližně 0,2 magnitudy. Jestliže tento barevný excés je vyvolán selektivním rozptylem na prachových částicích, pak tyto částice nemohou být menší než 5×10^{-6} cm. Není bez zajímavosti, že řešíme-li podobný pro-



3.—5. Grafické znázornění poměru polarisovaných složek světla v závislosti na fázovém úhlu.

blém u prachových mlhovin, dostáváme z dostupných měření záporný index hodnoty přibližně též 0,2 magnitudy. Tato okolnost byla již diskutována v nedávné autorově práci [1] a bude předmětem podrobného vyšetřování v práci další.

Je nutno však definitivně odmítnout jakoukoliv fyzikální podobnost mezi částicemi, které nalzáme v kometách a částicemi, které jsou v prachových mlhovinách. Neexistuje tedy genetická souvislost mezi kometami a mezihvězdnou hmotou, kterou pozorujeme ve formě mlhovin. Na tuto otázku nutno se dívat tak, že pochod vytváření prachových částic v obou případech byl odlišný a naskýtá se zde též otázka, zda bychom nemohli v tom spatřovat i rozdílné chemické složení mezihvězdné hmoty v minulosti a dnes.

Téměř v současné době kdy vyšla autorova práce v BAC [1] publikoval W. Liller obdobnou studii v *Astrophys. Journal* Vol. 132, str. 867, kde odvozuje velikost částic ve chvostu komety 1959 h na základě spektrofotoelektrických měření. Výsledky plně potvrzují, že selektivní rozptyl na prachových částicích v kometách působí zčervenání komety. Velikost částic jím odvozená je však patrně chybná, neboť zanedbává komplikovaný průběh funkce rozptylu kolem hodnot $x = 2$ u dielektrických částic.

Zcela nová měření komory 1959 k provedená Sintonem (*Bull. Lowell Obs.* Vol. 5, str. 54) naprosto přesvědčivě dokazují kladný barevný excés u komet. Je tedy dlužno v tomto směru prohloubit vyšetřování celého problému pře-

devším podrobným prvpočtem rozptylové funkce pro různé modely atmosféry komet.

V té souvislosti je nutno též připomenout právě publikované výsledky Blackwellova měření zvlětňíkového světla (Monthly Notices Vol. 122, No. 2), ze kterých vychází též výrazný kladný barevný exces tohoto úkazu, který je nesporně projevem rozptylu světla na prachových částicích a nikoli volných elektronech.

LITERATURA

- [1] V. VANÝSEK; BAC 11, 215 (1960).
- [2] J. H. JOHNSON: PASP 72, 114 (1960).
- [3] H. VAN WOERDEN, M. SCHMIDT: Liège Symposium 1956.
- [4] H. L. JOHNSON, W. W. MORGAN: McDonald Contr. No 205 (1951).
- [5] M. F. WALKER: PASP 70, 277, (1958).
- [6] N. SINTON: PASP 71, 12, (1959).
- [7] M. F. WALKER: PASP 70, 191, (1958).
- [8] J. YOSS: PASP 67, 409, (1955).
- [9] P. BOUIGUE: Annales Obs. Toulouse, Tom XXVI. (1959).
- [10] G. THIESEN: ZfA, Bd 43, 323, (1958).
- [11] V. VANÝSEK a J. TREMKO: Publ. Astr. Ist. Czechosl. Acad. 34, (1959).
- [12] W. LILLER: AJ. 62, 245 (1957).
- [13] V. VANÝSEK, J. GRYGAR a Z. SEKANINA: BAC 10, 116, (1959).
- [14] H. C. VAN DE HULST: Light scattering by small particles (1957).
- [15] M. LOWAN: Tables to scattering. US Bureau of Stand, (1948).
- [16] C. SCHÁLÉN: Lund Medd. 22, No 2, (1945).
- [17] H. WRIGHT: Proc Roy-Soc 1888
- [18] I. OHMANN: MN 99, 624 (1939).
- [19] I. OHMANN: Stockholm Ann. (1941).
- [20] I. OHMANN: Stockholm Ann. (1941).
- [21] Soobšeniija Bjurakan 1959, vyp. 26
- [22] Soobšeniija Bjurakan 1959, vyp. 27
- [23] M. T. MARTEL: Supp. Ann d'Ap. Vol 8 (1960).

Резюме

Эта работа является новой версией опубликованной работы (BAC том 11, стр. 215), посвященной проблеме пылевых частиц в кометных атмосферах. Из фотоэлектрических наблюдений вытекает, что пылевой компонент комы обладает значительным положительным избытком цвета и что этой эффект вызван рассеянием на пылевых частицах размерами 5×10^{-5} см.

Аналогичные выводы вытекают также из опубликованной недавно работы В. Лиллера (Ap. J. 132, 867).

Summary

This paper is an other version of the paper: *Dust particles in comets and in reflexion nebulae* (Bull. Astr. Instr. of Czechoslovakia Vol 11, p. 215). From the photoelectrical measurements of several comets is derived, that head of dust part of a comet shows distinct positive colour excess. This phenomenon can be explained as the selective scattering of light on the small grains, most probably 5×10^{-5} cm in diameter.

Similar conclusion followed from the recently results published by W. Liller (Ap. J. 132, 867).