

АСТРОФИЗИКА

Л. В. Мирзоян

О космическом поглощении света\*

Несмотря на большое разнообразие размеров, оптических свойств и формы частиц, составляющих межзвездное поглощающее вещество, закон космического поглощения (закон изменения коэффициента ослабления света с длиной волны), представляющий общую картину поглощения, одинаков [1, 2] для всех направлений в Галактике в достаточно большом диапазоне длин волн. Это, повидимому, результат того, что средние размеры частиц, ответственных за избирательное поглощение в межзвездном пространстве, в среднем одинаковы для всех направлений.

С другой стороны, теоретические расчеты распределения космической пыли в Галактике указывают [3] на то, что мелкие частицы должны быть больше сконцентрированы в галактической плоскости, чем крупные. Согласно работе Е. К. Харадзе [4], наоборот, средний диаметр частиц в высоких галактических широтах на 10—15% меньше их среднего диаметра около галактической плоскости.

Настоящая работа посвящена рассмотрению вопроса о пространственном распределении частиц поглощающей материи в связи с законом космического поглощения.

1. Вид закона поглощения обусловлен средними размерами частиц, ответственных за поглощение. Поэтому, если средние размеры частиц существенно изменяются с галактической широтой (точнее, с удалением от галактической плоскости), то при этом следует ожидать также изменение закона космического поглощения.

Разность видимых величин двух звезд одинаковой температуры (одинакового спектрального класса) для данной длины волны равна:

$$\Delta m_{\lambda} = C f(\lambda) + R, \quad (1.1)$$

где  $C$  с точностью до постоянного множителя совпадает с разностью однородных толщин избирательно-поглощающих слоев в направлениях этих звезд ( $C \approx 1,09 \Delta N$ ),  $f(\lambda)$  — избирательная часть закона поглощения, а постоянная  $R$  зависит от светимостей и фотометрических расстояний указанных звезд:

\* Результаты работы доложены на заседании Отделения физико-математических наук Академии наук Армянской ССР 23 ноября 1953 года.

$$R = 5 \Delta \lg r + \Delta M. \quad (1.2)$$

Здесь  $\Delta \lg r$  и  $\Delta M$  — разности в  $\lg r$  и  $M$  рассматриваемых звезд, причем  $r$  — фотометрическое расстояние, которое включает в себя не подающееся определению нейтральное поглощение, а  $M$  — абсолютная звездная величина.

Условимся считать, что для данной области длин волны нейтральное поглощение — эта та часть общего поглощения, которая не изменяется с длиной волны. На вопросе о существовании нейтрального поглощения мы подробно остановимся ниже.

Пусть для двух каких-либо направлений в Галактике закон межзвездного поглощения один и тот же в его избирательной части. Тогда, написав для них выражение (1.1) и исключая  $f(\lambda)$ , получим:

$$\Delta m_{\lambda 1} = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} \Delta m_{\lambda 2} + \left( R_1 - \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} R_2 \right). \quad (1.3)$$

Индексы 1 и 2 относятся соответственно указанным направлениям. Согласно соотношению (1.3) зависимость между  $\Delta m_{\lambda 1}$  и  $\Delta m_{\lambda 2}$  в рассматриваемом случае прямолнейная. Очевидна справедливость обратного утверждения: прямолнейность зависимости между  $\Delta m_{\lambda 1}$  и  $\Delta m_{\lambda 2}$  для двух направлений указывает на идентичность закона поглощения  $f(\lambda)$  для них.

Этот критерий использован ниже для изучения характера изменения  $f(\lambda)$  с удалением от галактической плоскости. Аналогичное сравнение закона поглощения для трех направлений в созвездиях Лебедя, Персея и Стрельца, выполненное Л. Диван [5], показало идентичность закона поглощения для них в области  $\lambda = 3300 - 6300 \text{ \AA}$ .

Указания на изменение  $f(\lambda)$  с галактической широтой имеются в работах О. А. Мельникова [3] и Вилькенса [6], основанных на исследовании планетарных туманностей и шаровых звездных скоплений.

Для проверки этого результата нами использованы данные Дж. Стеббинса и А. Уитфорда [7] по шестичетной фотометрии O и B звезд. Выбрана 51 звезда с заметным покраснением межзвездного происхождения, входящие в список Д. Дюка [8]. Такой выбор вызван стремлением иметь дело с однородным материалом относительно спектральной классификации, светимостей и фотометрических расстояний звезд.

Материал этот был разбит на четыре группы по  $z$ -координате:  $z = r \sin b + z_{\odot}$ , где  $r$  — попрежнему фотометрическое расстояние звезды,  $b$  — ее галактическая широта, а  $z_{\odot}$  — соответствующая координата Солнца\*.

Данные об этих группах представлены в таблице 1:  $|z|$  — расстояние от галактической плоскости,  $n$  — число звезд в группе,  $\bar{|z|}$  — сред-

\* Принято  $z_{\odot} = 20 \text{ п.рсек}$  [3, 9].



нее значение  $[z]$  для группы,  $\bar{E}$ —средний электрофотометрический избыток цвета,  $\bar{r}$ —среднее фотометрическое расстояние группы по [8]\*. Все расстояния выражены в парсеках.

Таблица 1

Группа	$z$		$\bar{z}$	$\bar{E}$	$\bar{r}$
I	0—50	22	30	0,30	897
II	50—100	18	70	0,25	714
III	100—150	5	120	0,16	982
IV	>150	6	272	0,08	1308

Разности  $\Delta m$  для всех звезд вычислены по отношению к звездам соответствующих спектральных классов с минимальным избытком цвета. Данные о звездах сравнения табулированы ниже (табл. 2). Исполь-

Таблица 2

ИД	Звезда	Спектр	M	r	E	$[z]$
14633	—	O9	-4,5 <sup>m</sup>	2300	-0,03	670
36186	$\beta$ Ori	O9,5 III	-5,2	320	0,04	70
705021	$\beta$ Cep	B1 IV	-3,8	230	0,00	82
214933	12 Lac	B2 III	-4,0	600	0,04	148
120315	$\gamma$ UMa	B3 V	-2,0	60	-0,02	75
247394	$\epsilon$ Her	B5 IV	-2,2	165	-0,03	135

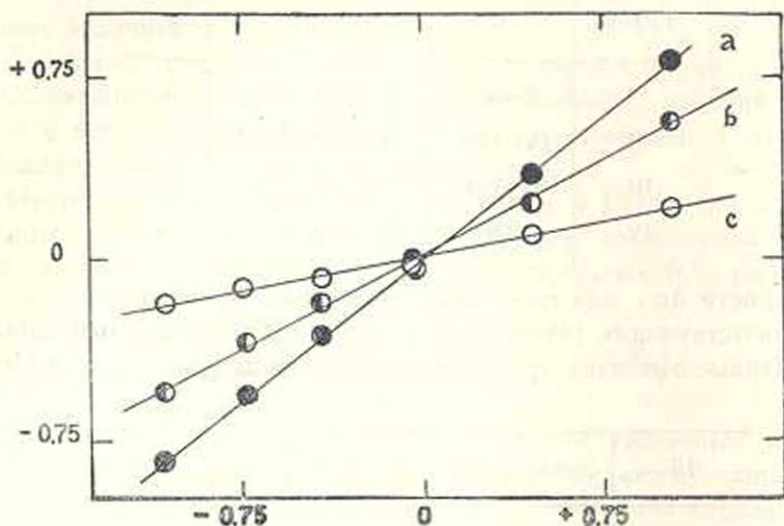
зована спектральная классификация В. Моргана и др. по [8]. Полученные указанным путем разности  $\Delta m$  затем усреднены для каждой группы. Результаты усреднения представлены в таблице 3, где заглавными буквами латинского алфавита обозначены цвета, а цифры под этими буквами указывают эффективные длины волн соответствующих цветов в А [7].

Таблица 3

Группа	U 3530	V 4220	B 4880	G 5700	R 7190	I 10 00
I	1,07	0,73	0,42	0,03	-0,46	-1,08
II	0,84	0,56	0,32	0,03	-0,35	-0,83
III	0,55	0,35	0,19	0,00	-0,22	-0,57
IV	0,19	0,11	0,08	0,00	-0,08	-0,21

\* В работе [8] даны избытки цвета по Стеббинсу и др. с соответствующими поправками за нормальные показатели цвета

Зависимость между  $\Delta m_{\lambda_1}$  и  $\Delta m_{\lambda_2}$  на основе данных таблицы 3 для трех пар групп—I—II, I—III и I—IV—графически представлена на фигуре 1. Прямые проведены в результате решения по способу наименьших квадратов.



Фиг. 1. Зависимость (1,3) по наблюдениям (табл. 3) для групп: I—II (a), I—III (b) и I—IV (c).

График этой зависимости наглядно иллюстрирует ее прямолинейный характер для всех пар групп. Следовательно, согласно статистике использованных данных, закон межзвездного поглощения в среднем одинаков для разных расстояний от галактической плоскости. Этот вывод справедлив для расстояний, по крайней мере, до 250 парсеков. Но в слое толщиной 500 парсеков около галактической плоскости сосредоточена основная масса поглощающей материи. Поэтому следует считать, что полученный вывод справедлив вообще для всех расстояний от плоскости Галактики.

Указанный результат не исключает возможность отклонения от среднего закона для отдельных направлений [7, 10]. Между прочим, работа Л. Диван [11] ставит под сомнение реальность отклонения, обнаруженного в работах [7, 10].

Вывод об идентичности закона поглощения для разных расстояний от галактической плоскости трудно согласовать с упомянутым выводом О. А. Мельникова [3] и Вилькенса [5] о существенном изменении этого закона с удалением от плоскости Галактики. Фигура 1 указывает на отсутствие каких-либо систематических отклонений от прямой в рассматриваемой зависимости для исследуемых пар групп, т. е. на отсутствие намеков об изменении закона поглощения с z-координатой. Этот результат, повидимому, обусловлен тем, что различие в средних размерах избирательно-поглощающих частиц в разных плоско-параллельных слоях Галактики так незначительно, что



оно не сказывается на характере избирательности поглощения света со стороны совокупности этих частиц.

Вместе с этим полученный результат показывает, что различия в средних размерах всех частиц для разных расстояний от галактической плоскости, если таковые действительно существуют, должны быть обусловлены различиями в отношении чисел частиц избирательно и нейтрально-поглощающих свет для указанных расстояний.

2. Угловой коэффициент  $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$  и свободный член  $R_1 - \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} R_2$  в зависимости (1.3) можно легко вычислить: отношение  $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$  фактически есть отношение средних избытков цвета двух групп\*, к которым относятся индексы 1 и 2, а свободный член  $R_1 - \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} R_2$  является известной функцией (1.2) средних фотометрических расстояний и светимостей указанных групп.

С другой стороны, как угловой коэффициент, так и свободный член легко определить из зависимости (1.3) на основе данных таблицы 3. Сопоставление полученных двумя упомянутыми способами значений может дать возможность судить относительно законности нашего вывода о прямолинейности зависимости между  $\Delta m_{\lambda 1}$  и  $\Delta m_{\lambda 2}$  для рассматриваемых пар групп.

Для определения  $R_1 - \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} R_2$  из зависимости (1.3) данные таблицы 3, основанные на определениях Стеббинса и Уитфорда, несколько видоизменены. В работе этих авторов измерения всех звезд приведены к одинаковому нуль-пункту приравниванием результатов измерений при желтом цвете:  $\lambda = 5700 \text{ \AA}$ . Тем самым из результатов измерений исключена слагающая, обусловленная различием в фотометрических расстояниях и светимостях звезд. Введение этой слагающей, необходимой для определения свободного члена в зависимости (1.3), выполнено нами на основе известных визуальных величин использованных звезд по Гарвардской фотометрии\*\*. Для них  $\lambda = 5290 \text{ \AA}$  [12] и в первом приближении было принято:  $m_v = 0,5 (B+G)$  (см. табл. 3). С помощью последнего равенства фактически снова было восстановлено видимое абсолютное распределение энергии в непрерывном спектре использованных звезд. На основе восстановленных таким путем звездных величин были составлены системы шести уравнений (по одному для каждого цвета) вида (1.3) для следующих пар групп: I—II, I—III и I—IV. Решением этих систем способом наименьших квадратов определены величины  $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$  и  $R_1 - \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} R_2$  для указанных пар

\* Это справедливо в случае, когда звезды сравнения не подвержены покраснению. В противном случае следует учитывать это покраснение.

\*\* Очевидно, что это не изменит наклон прямых на фигуре 1, т. е.  $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$ .

групп. Результаты решений приведены во втором и четвертом столбцах таблицы 4. В третьем и пятом столбцах даны те же величины, вычисленные по известным избыткам цвета  $\bar{E}$  (с поправкой за E звезд сравнения), фотометрическим расстояниям и светимостям с помощью соотношения (1.2).

Таблица 4

Пара групп	$\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$		$2_n R_1 - \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} R_2$	
	из (1.3)		из (1.3)	
I—II	1,30	1,26	0,35	0,25
I—III	1,96	1,94	-0,09	-0,15
I—IV	5,53	5,07	7,02	6,87

Согласие между определениями двумя различными способами величин  $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$  и  $R_1 - \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} R_2$  следует считать удовлетворительным, чем и подтверждается законность полученного выше вывода об идентичности закона поглощения для разных расстояний от галактической плоскости.

3. Рассмотрим вопрос о существовании нейтрального поглощения света в связи с полученным выводом о неизменности закона поглощения.

Известно, что величина ослабления света в межзвездном пространстве убывает с возрастанием длины волны. Как долго продолжается это убывание — мы пока не знаем. Допустим, что с некоторого значения длины волны величина ослабления становится постоянной или почти постоянной. Условимся называть эту величину нейтральной составляющей общего поглощения или нейтральным поглощением.

Существует ли нейтральное поглощение в этом смысле в межзвездном пространстве? В то время, как многими авторами безоговорочно принимается [3, 4, 13 и т. д.] существование заметного нейтрального поглощения, существуют работы, указывающие на столь незначительное его влияние, что им можно свободно пренебречь [14, 15].

Совокупность частиц в данном направлении в Галактике при наличии нейтрального поглощения будет поглощать по определенному интегральному закону:

$$A(\lambda) = f(\lambda) + A_0 \quad (3.1)$$

В этом законе  $f(\lambda)$  — его избирательная часть, а  $A_0$  — нейтральная.

Общее поглощение  $A$ , как известно, определяется посредством избытка цвета ИЦ с помощью переходного множителя  $\gamma$ :

$$A = \gamma \text{ ИЦ} \quad (3.2)$$



Из (3.1) и (3.2) имеем:

$$\gamma = \frac{A}{ИЦ} = \frac{f(\lambda_1) + \kappa A_0}{f(\lambda_1) - f(\lambda_2)}, \quad (3.3)$$

где  $\kappa$  — постоянный коэффициент ( $\kappa = 1$  при пропорциональности нейтрального поглощения избирательному), а  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  — эффективные длины волн системы показателей цвета.

При отсутствии нейтрального поглощения вместо (3.3) имеем:

$$\gamma = \frac{f(\lambda_1)}{f(\lambda_1) - f(\lambda_2)}. \quad (3.4)$$

Таким образом, для переходного множителя  $\gamma$  имеем выражение (3.3) при существовании нейтрального поглощения и выражение (3.4) при его отсутствии.

Стеббинсом и Уитфордом [16] было обнаружено изменение (возрастание)  $\gamma$  с галактической широтой на основе изучения избытков цвета внегалактических туманностей и шаровых звездных скоплений. При отсутствии нейтрального поглощения, согласно (3.4), изменение  $\gamma$  должно указывать на изменение закона поглощения  $f(\lambda)$  с галактической широтой. Однако, как показано выше, закон поглощения одинаков в плоско-параллельных слоях Галактики, расположенных, до расстояний, по крайней мере, 250 парсеков от галактической плоскости. Следовательно,  $A_0 \neq 0$ , т. е. изменение  $\gamma$  с галактической широтой, указывает на существование нейтрального поглощения в межзвездном пространстве, при этом для него следует отказаться от представления о плоско-параллельных слоях\*.

В заключение следует указать, что в связи с затронутыми в настоящей работе вопросами значительный интерес представляет определение величины нейтрального поглощения на разных расстояниях от плоскости Галактики.

К сожалению, метод, предложенный недавно М. А. Вашакидзе [13], здесь неприменим. Это обусловлено тем, что его можно применить лишь к высоким галактическим широтам, при этом применение связано с трудностью учета реальных флюктуаций в числах внегалактических туманностей, которые в данном случае трудно отделить от флюктуаций в величине поглощения.

Бюраканская астрофизическая обсерватория  
АН Армянской ССР

Поступило 21 IV 1954

\* *Примечание:* О результате работы Дюфея [15] нам было известно из обстоятельного обзора Е. К. Харалде [4]. Внезапно вышедшей книге Дюфея [17] приведены подробности этой работы. Вывод об отсутствии нейтрального поглощения получен на основе анализа формулы, аналогичной формуле (3.3) нашей работы в предположении неизменности  $f(\lambda)$  и постоянства отношения  $\frac{A}{ИЦ} = \gamma$ . Между тем как работа Стеббинса и Уитфорда [16], так и работа Альтера [18], из которую имеется ссылка в книге Дюфея [17], указывают на изменение  $\gamma$ .

## Л И Т Е Р А Т У Ր Ա

1. Stebbins J., Whitford A. Ap. J. 98, 20, 1943.
2. Divan L. Ann d. Ap. 15, 237, 1952.
3. Мельников О. А. Труды ГАО, 64, 98, 104, 118, 1950.
4. Харадзе Е. К. Бюлл. Абаст. обс. 12, 366, 1952.
5. Divan L. CR, 235, 410, 1952.
6. Wilkens H. Mitteil. Sternw. Breslau, 4, 1, 1937.
7. Stebbins J., Whitford A. Ap. J. 102, 318, 1945.
8. Duke D. Ap. J. 113, 100, 1951.
9. Паренаго П. П. Курс звездной астрономии, 272, 1946.
10. Baade W., Minkowski R. Ap. J. 86, 119, 123, 1937.
11. Divan L., CR, 236, 2301, 1953.
12. Шаронов В. В. Курс астрофизики и звездной астрономии, 457, 1951.
13. Вашакидзе М. А. Астр. журн., 30, 143, 1953.
14. Greenstein J., Heyney L. Ap. J. 93, 327, 1941.
15. Dufay J. CR, 228, 1277, 1949.
16. Stebbins J., Whitford A. Ap. J. 86, 247, 1937.
17. Dufay J. Nebuleuses galactiques et matiere interstellaire. 242, Paris, 1954.
18. Alter G. Memoirs and observ. Czechoslovak astr. Soc., Prague, № 10, 1949.

## Լ. Վ. Միրզոյան

## ԼՈՒՅՍԻ ԿՈՍՄՒԿԱԿԱՆ ԿԼԱՆՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

## Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոգիածուժ քննարկված է միջաստղային կլանող նյութը կազմող մասնիկների տարածական բաշխման հարցը՝ կլանման օրենքի հնարավոր փոփոխությունների տեսակետից:

Ձերմ աստղերի ճառագայթման էլեկտրամագնիսային ճափումների արդյունքների հիման վրա ցույց է տրված, որ կոսմիկական կլանման օրենքը, միջին իմաստով, նույնն է Գալակտիկայի նարքոսյանը զուգանևև կերանից տարբեր հեռավորությունների վրա գտնվող շերտերում: Այս եզրակացությունն ստացված է տանվազն մինչև 250 պարսեկ հեռավորություն ունեցող շերտերի համար: Քանի որ այդ շերտերում է կուտակված միջաստղային կլանող նյութի հիմնական զանգվածը, ապա եզրակացությունը ճիշտ է քնդհանրապես բոլոր շերտերի համար:

Կլանման օրենքի նույնությունից բխում է, որ քնտրական կլանումը պայմանավորող մասնիկների միջին չափերը Գալակտիկայի տարբեր մասերում նույնն են:

Ստացված արդյունքը թույլ է տալիս բացատրել քնդհանուր կլանման և գոյնի ավելցուկի հարաբերությունը գիտվող փոփոխությունը՝ Գալակտիկայի հարթությունից հեռանալիս, որպես հետևանք լույսը չեղոք կլանող մասնիկների գոյությունը—միջաստղային տարածություն մեջ: