

THE SUN  
AND INTERSTELLAR  
MEDIUM

V. G. KURT

*The movement of the Sun relative to the Interstellar Medium gives us an opportunity to investigate neutral atoms (hydrogen and helium) in the vicinity of the Sun. The flux of these atoms is called Interstellar Wind. Some new special space experiments are devoted to investigate this effect. A theoretical explanation of this new effect is being developed.*

**Движение Солнца относительно межзвездной среды позволяет исследовать атомы межзвездной среды (водород и гелий) в ближайших окрестностях Солнца. Поток этих атомов получил название межзвездного ветра, и его исследованию посвящено несколько специально поставленных космических экспериментов. Разработана и теория этого нового эффекта.**

**СОЛНЦЕ И МЕЖЗВЕЗДНАЯ СРЕДА**

В. Г. КУРТ

Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова

Солнце, как и все звезды в нашей Галактике, погружено в межзвездную среду. Межзвездная среда состоит из газа, пыли, магнитных полей, космических лучей (частиц высоких энергий). Газ и пыль поглощают излучение звезд. Именно по этому поглощению межзвездный газ и был открыт в начале XX века. В зависимости от температуры и плотности межзвездный газ сам излучает и в линиях тех элементов, из которых он состоит, и в непрерывном спектре (континууме). Пыль межзвездной среды является, как правило, холодной, и ее температура находится в пределах 100–10 К. Естественно, излучение пыли находится в далекой инфракрасной области. Температура же газа межзвездной среды может находиться в широких пределах от 10 и до  $10^7$  К, она зависит от плотности и источников нагрева — близко расположенных горячих звезд-гигантов спектрального класса O, B и A. Температура поверхности таких звезд достигает 40 000 К, а светимость может достигать  $10^5$  светимостей Солнца. Межзвездный газ может находиться в двух устойчивых фазах: в виде нейтрального газа и в ионизованном состоянии. Конечно, это относится к его основной компоненте — водороду. Могут существовать и облака, в которых, например, водород целиком ионизован, а гелий находится в нейтральном состоянии. Очень плотные маленькие облака чаще состоят из нейтрального газа, а иногда и из молекул, главным образом из молекулярного водорода  $H_2$ , разреженная среда находится в более высокой стадии диссоциации и ионизации. Вся наша Галактика окружена очень разреженной высокоионизованной средой — короной с плотностью в сотые или тысячные доли атома на  $1\text{ см}^3$  и с температурой свыше миллиона градусов. Но даже очень плотные облака с концентрацией свыше 100 атомов/ $\text{см}^3$  всегда слабо ионизованы ( $n_e/n_H \sim 10^{-5}$ ). Источник этой ионизации — космические лучи (точнее, их низкоэнергичная компонента), пронизывающие всю Галактику.

Принято делить межзвездную среду на зоны HI — нейтральный газ и зоны HII — ионизованный газ. Повторим, что это относится к основной компоненте газа — атомарному водороду. В 1939 году выдающийся американский астрофизик Бент Стремгрен создал теорию зон HII, окружающих горячие гигантские звезды. Суть его теории состоит в приравнивании числа ионизирующих фотонов с энергией больше 13,56 эВ ( $L_C$ -квантов)<sup>1</sup>, испущенных звездой

<sup>1</sup> Их длина волны короче 912 Å.

за одну секунду и поглощенных в сфере объемом  $\frac{4}{3}\pi r_s^3$ , числу рекомбинаций атомов водорода на все уровни, кроме первого. Рекомбинация же на первый уровень сопровождается рождением нового жесткого  $L_C$ -кванта, способного вновь ионизовать нейтральные атомы:

$$4\pi F(L_C) = \frac{4}{3}\pi r_s^3 n_i n_e \sum_{i=2}^{\infty} \alpha_i(T) = \frac{4}{3}\pi r_s^3 n_e^2 (\alpha_{\Sigma} - \alpha_1), \quad (1)$$

где  $4\pi F(L_C)$  – полный поток  $L_C$ -квантов, излучаемых звездой за 1 с;  $r_s$  – радиус зоны полной ионизации (зоны Стремгрена);  $n_e, n_i$  – концентрация электронов и ионов;  $\alpha_{\Sigma}$  – вероятность рекомбинации на все уровни;  $\alpha_1$  – вероятность рекомбинации на первый, самый нижний уровень атома водорода.

Из выражения (1) найдем радиус зоны Стремгрена

$$r_s = n_e^{-2/3} \left[ 4\pi F(L_C) \frac{3}{4\pi(\alpha_{\Sigma} - \alpha_1)} \right]^{1/3}. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что радиус зоны ионизованного водорода пропорционален электронной плотности в степени  $-2/3$ , потоку ионизирующих квантов, излучаемых звездой, в степени  $1/3$  и вероятности рекомбинации на все уровни, кроме первого, в степени  $-1/3$ . Для горячих гигантов радиусы зон Стремгрена достигают 10 или даже 100 парсек<sup>1</sup>, а масса ионизованного водорода внутри этих зон в десятки и сотни тысяч раз превышает массу самой звезды. Переходная область между зоной HI и HII узкая, порядка сотых долей парсека, то есть  $\Delta r_s / r_s \sim \sim 10^{-3}$ . Зоны Стремгрена хорошо различаются вблизи горячих звезд по их свечению в рекомбинационной линии водорода  $H_{\alpha}$ , длина волны которой равна 6563 Å и лежит в красной области спектра. Эти зоны вполне стационарны, и движение звезды относительно межзвездной среды практически несущественно.

Совершенно иначе дело обстоит со звездами типа нашего Солнца, холодными карликами, излучающими очень мало квантов в области энергий свыше 13,56 эВ, способных ионизовать окружающий звезду межзвездный газ. Для нашего Солнца энергия в этом диапазоне составляет всего одну миллионную долю полного потока излучения. Для таких звезд время ионизации во много раз меньше времени рекомбинации атомарного водорода. Естественно, что при движении звезды в межзвездной среде за ней тянется хвост ионизованного газа, который, конечно, затем рекомбинирует и вновь превращается в нейтральную компоненту межзвездной среды. Вблизи от такой звезды находится своя маленькая зона Стремгрена, зона HII в тысячи раз меньшая, чем зона HII у горячих гигантов.

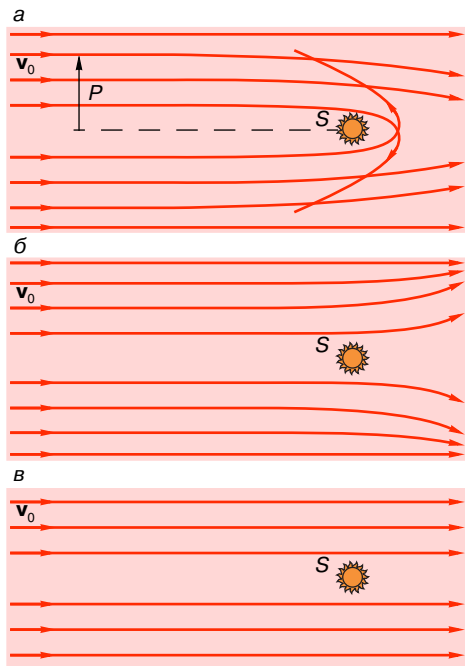
<sup>1</sup> 1 парсек (пк) =  $3,1 \cdot 10^{18}$  см = 3,26 светового года.

Изучение зоны HII у нашего Солнца стало возможным лишь после начала запусков межпланетных автоматических станций к Марсу и Венере. В середине 60-х годов наша группа из Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга при МГУ установила на станциях “Марс” и “Венера” детекторы для обнаружения протяженных водородных оболочек около этих планет. К тому времени водородная корона Земли была уже довольно детально изучена. Как известно, на первых этапах освоения межпланетных трасс некоторые наши станции не долетали до этих планет, однако неплохо работали в течение первых нескольких месяцев полета. Впервые мы обнаружили свечение межпланетной среды в линии атомарного водорода  $L_{\alpha}$  с длиной волны 1215,7 Å со станции “Зонд-1” в 1967 году. Была правильно определена плотность водорода в межпланетной среде (несколько сот атомов в 1 см<sup>3</sup>), однако мы не смогли объяснить, каким образом нейтральные атомы водорода попадают в окрестности Земли и вообще в пределы Солнечной системы. Это сделали два немецких астрофизика (П.В. Блум и Х. Дж. Фар), которые впервые обратили внимание на важную роль движения Солнца относительно межзвездной среды. Вскоре после этого наблюдения французской группы исследователей во главе с проф. Ж.-Э. Бламоном и Ж.-Л. Берто со спутникаOGO-5 позволили получить полную карту неба в линии  $L_{\alpha}$ . Дальнейшие наблюдения, выполненные нами с аппаратов, запускаемых к Венере, позволили полностью прояснить эту проблему.

Совместными усилиями советских, французских и немецких астрофизиков была разработана изящная теория взаимодействия Солнца с окружающей его межпланетной средой. Наиболее полные наблюдения были выполнены нашей группой совместно с астрономами из Службы аэронавтики Франции (Ж.-Э. Бламоном и Ж.-Л. Берто) на ИСЗ “Прогноз-5” и “Прогноз-6”. На этих двух высокоапогейных спутниках были установлены ультрафиолетовые фотометры, выделявшие из всего ультрафиолетового спектра два диапазона: линию атомарного водорода  $L_{\alpha} \lambda = 1215,7 \text{ \AA}$  и линию атомарного гелия с длиной волны  $\lambda = 584 \text{ \AA}$ . Важность наблюдений в линии гелия будет объяснена ниже. Спутники “Прогноз” запускались на четырехсуточную орбиту с перигеем 200 000 км и были постоянно ориентированы одной осью на Солнце. Они вращались с постоянной угловой скоростью 3° в секунду, делая один оборот вокруг этой оси за 2 мин. Все сканы, очевидно, проходили через оба полюса эклиптики N и S. Так как Солнце перемещается относительно звезд на 1° в сутки, то за полгода фотометр осматривал все небо. Полученные нами в линиях водорода и гелия карты сравнились с разработанной теорией, что позволило определить и уточнить все параметры модели взаимодействия Солнца с межзвездной средой.

В чем же суть этой, на мой взгляд, очень изящной теории и в чем ее отличие от модели Стремгрена?

Рассмотрим эту задачу, полагая, что Солнце покоится, а атомы межзвездной среды набегают на Солнце со скоростью  $\mathbf{v}(\nu, \alpha_0, \delta_0)$ , где  $\nu$  – модуль скорости движения Солнца относительно межзвездной среды,  $\alpha_0, \delta_0$  – прямое восхождение и склонение точки, в направлении которой движется Солнце. В поле тяготения Солнца атомы отклоняются от своего прямолинейного движения, пролетая мимо Солнца по гиперболическим траекториям. Чем ближе к Солнцу  $S$  пролетают атомы, тем сильнее они отклоняются. Чем меньше параметр  $P$ , тем сильнее отклоняются атомы от первоначальной прямолинейной траектории (рис. 1). Однако на атомы водорода действует не только сила притяжения Солнца, но и давление света в резонансной линии водорода  $L_\alpha$ . Давление света как бы уменьшает массу Солнца и тем самым уменьшает кривизну траекторий атомов водорода. Отношение силы давления света к гравитационному притяжению Солнца (обозначим эту величину буквой  $\mu$ ) – подлежащая определению величина. Она зависит от интенсивности в центре солнечной линии  $L_\alpha$ . При значении этой величины



**Рис. 1.** Траектории движения атомов нейтрального водорода относительно Солнца для различных значений  $\mu$ .  $\mu$  – отношения светового давления в линии  $L_\alpha$  (длина волны  $\lambda = 1215,7 \text{ \AA}$ ) к силе притяжения Солнца: а – случай  $\mu < 1$ ; б –  $\mu > 1$ ; в –  $\mu = 1$ , модель “прямолинейного движения”.  $F = Gm_\mu M_\odot / r^2$ ;  $m_\mu = 1,673 \cdot 10^{-24} \text{ г}$  – масса атома водорода,  $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{33} \text{ г}$  – масса Солнца,  $G = 6,672 \times 10^{-8} \text{ дин}/(\text{см}^2 \cdot \text{г})$  – постоянная тяготения,  $r$  – расстояние атома от Солнца в сантиметрах. Световое давление и сила притяжения Солнца пропорциональны  $r^{-2}$ , так что величина  $\mu$  не зависит от расстояния до Солнца. Ионизация не учитывалась

$F(\lambda_0) = 3,33 \cdot 10^{11} \text{ фотонов}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{А}) \mu = 1$ , сила светового давления сравнивается с притяжением Солнца и атомы движутся прямолинейно. Если же интенсивность будет еще выше, то атомы водорода будут отклоняться в другую сторону, как будто бы на них действует сила отталкивания. Впрочем, это вряд ли реализуется даже во время максимума солнечной активности, когда интенсивность линии  $L_\alpha$  максимальна. Наконец, в модель входит еще один важный параметр – плотность атомов водорода на бесконечности  $n_0$ . При этом мы полагали, что все атомы водорода имеют одну и ту же скорость движения относительно Солнца (и по величине, и по направлению). Такая упрощенная модель получила наименование холодной модели. В нее не входит пока температура атомов водорода на бесконечности. Пролетая мимо Солнца, атомы водорода могут ионизоваться и тем самым перестать рассеивать солнечное излучение в линии  $L_\alpha$ . Ионизация атомов водорода осуществляется двумя процессами: 1) фотоионизацией жестким ультрафиолетовым и рентгеновским излучением с длиной волны короче  $912 \text{ \AA}$  (энергия фотонов должна превышать  $13,56 \text{ эВ}$ ) и 2) соударением с протонами солнечного ветра (перезарядка):  $\text{H} + \text{p}^+ \rightarrow \text{p}^+ + \text{H}$ . Второй процесс примерно в 2–3 раза более эффективен. Ионизованные атомы водорода – протоны подхватываются потоком солнечного ветра (его магнитным полем) и выносятся из пределов Солнечной системы. Чем меньше параметр  $P$ , то есть чем ближе пролетают атомы около Солнца и чем больше времени они находятся близко от Солнца, тем больше вероятность их ионизации. Вот и еще один параметр нашей задачи – время жизни  $\tau_i$  атома водорода на расстоянии 1 а.е.

Итого в холодной модели для атомарного водорода шесть неизвестных:  $\nu, \alpha_0, \delta_0, n_0, \mu, \tau_i$ . Заметим, что два последних параметра зависят от солнечной активности и, прямо скажем, являются объектами исследования физики Солнца. Их в принципе можно брать из “солнечной” литературы и не определять из наших “несолнечных” наблюдений. При интерпретации наблюдений надо учесть еще один фактор – доплеровский сдвиг, возникающий из-за радиальной компоненты скорости движения атома водорода относительно Солнца, что приводит к смещению рассеянного кванта относительно центра солнечной эмиссионной линии  $L_\alpha$ . При всей изящности этой модели в ней не учтен еще один существенный фактор – температура  $T$  атомов водорода на бесконечности. Его учет приводит к разбросу скорости атомов  $\nu$  как по величине, так и по направлению. Для атомарного водорода переносная скорость  $\sim 25 \text{ км/с}$  всего в два раза больше тепловой скорости. Только последовательный учет всех этих факторов может дать хорошее согласие наблюдений с теорией.

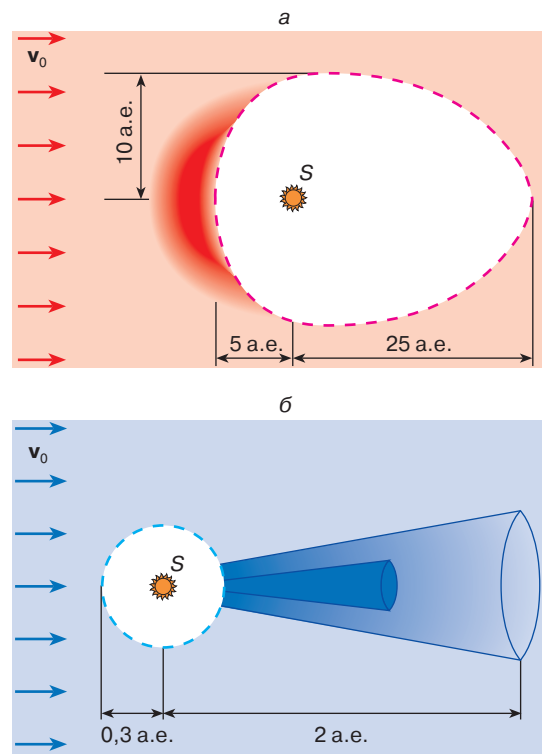
Учет же температуры – самая трудная часть задачи. Получить аналитические формулы для наблюдаемой интенсивности, к сожалению, не удастся. Приходится численно интегрировать длинный

ряд сомножителей, беря в конечном счете численно четырехкратный интеграл со сложной подынтегральной функцией. Три интеграла берутся по координатам  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  и один — по лучу зрения от точки наблюдений и до бесконечности. После этого приходится еще учитывать интегрированием разброс начальных скоростей атомов по направлению и максвелловскому распределению скоростей. Современные математические методы позволяют, к счастью, находить много параметров при достаточном числе наблюдений и их достаточно высокой точности. Можно и разбить задачу на два этапа: вначале найти две геометрические неизвестные  $\alpha_0$  и  $\delta_0$ , а потом модуль вектора  $v$  и температуру  $T$ . Плотность атомов водорода на бесконечности находится отдельно из абсолютных измерений поверхностной яркости неба в единицах эрг/(см<sup>2</sup> · с · стер) и требует абсолютной лабораторной калибровки прибора. Параметры солнечной эмиссионной линии  $L_\alpha$  (интенсивность в ее центре  $F(\lambda_0)$  и ширина  $\Delta\lambda_s$ ) могут определяться или из наших же наблюдений, или из независимых солнечных измерений, выполненных желательнее в то же время. Все это и было нами проделано.

Для улучшения согласия теории с наблюдениями мы учли еще один фактор — асимметрию потока протонов солнечного ветра в зависимости от гелиографической широты. Полагая, что поток протонов в солнечном ветре зависит от широты над солнечным экватором,  $F = F_0(1 - A \cos \varphi)$ , где  $\varphi$  — гелиографическая широта, отсчитываемая от солнечного экватора, мы определили и этот весьма важный для солнечной физики параметр  $A = 0,4$ . Величина  $F_0$  на расстоянии 1 а.е. составляет для средней солнечной активности  $\sim 10^8$  протонов/(см<sup>2</sup> · с).

Для чего же были нужны параллельные измерения в линии атомарного, нейтрального гелия с длиной волны  $\lambda = 584 \text{ \AA}$ , неизмеримо более трудные, чем измерения в линии  $L_\alpha$ ? Дело в том, что атомы межзвездной среды на расстоянии около 100–200 а.е. проникают внутрь Солнечной системы, проходя малоизученную область остановки солнечного ветра. На этом расстоянии, как полагают теоретики, расположены две ударные волны, между которыми направленная скорость солнечного ветра (400 км/с вблизи земной орбиты) трансформируется в хаотическую, тепловую скорость протонов солнечного ветра ( $T \sim 10^7 \text{ K}$ ). Взаимодействуя с этой горячей полностью ионизованной плазмой, нейтральные атомы водорода могут нагреваться из-за неупругого взаимодействия, так что измеренная нами температура может быть выше температуры невозмущенной межзвездной среды. Атомы же гелия слабо взаимодействуют с протонами солнечного ветра. Кроме того, гелий вообще почти не ионизируется солнечным ультрафиолетовым излучением и не участвует в процессе перезарядки (его первый потенциал ионизации достигает 24,48 эВ).

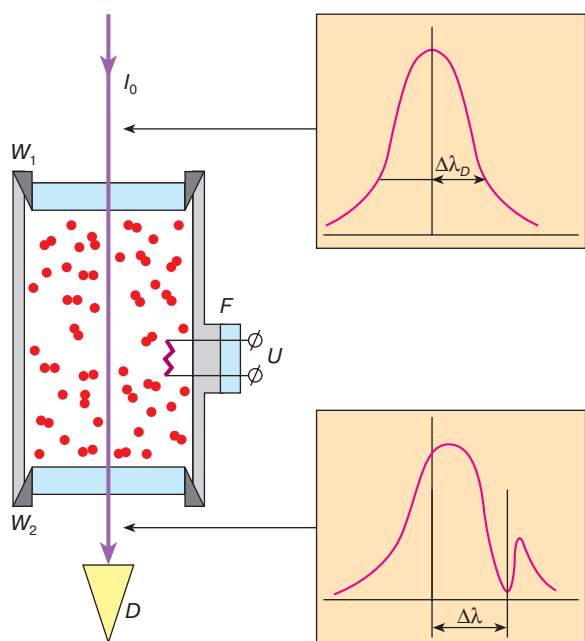
Поэтому если в Солнечной системе водородная “каверна” очень велика 5–10–25 а.е., то гелиевая почти сферическая полость достигает всего 0,3 а.е. (рис. 2). Кроме того, максимум свечения в линии водорода  $L_\alpha$  находится спереди по движению Солнца, тогда как максимум свечения в линии гелия  $584 \text{ \AA}$  находится сзади, в хвосте за Солнцем (гелиевый конус). Для плотности гелия за Солнцем на оси (угол отсчитывается от направления движения Солнца) удалось получить даже аналитическое выражение  $n_{\text{He}}(r, \pi)$  как функцию температуры, скорости движения Солнца и плотности атомов гелия на бесконечности. Выражение для плотности имеет, правда, вид двукратного интеграла со сложной подынтегральной функцией. Очевидно также, что в рамках холодной модели для атомов гелия их плотность из-за гравитационной фокусировки на прямой сзади по движению  $n_{\text{He}}(r, \pi)$  будет равна бесконечности, так как в каждую точку на этой линии фокусируются атомы с окружности, радиус которой равен параметру  $P$ .



**Рис. 2.** Каверна вблизи от Солнца, где плотность нейтральных атомов из-за ионизации мала: а — для нейтрального атомарного водорода; б — для атомарного нейтрального гелия. Выделена область наибольшей светимости: для водорода в линии  $L_\alpha$   $\lambda = 1215,7 \text{ \AA}$  — спереди по движению (красный цвет) и для гелия в линии  $\lambda = 584 \text{ \AA}$  сзади (конус максимального свечения — голубой цвет). Для водорода пустая область имеет форму капли, для гелия область сферическая, ее радиус всего 0,3 а.е.



Помимо интенсивности в двух линиях H и He мы проводили измерение и ширины линии рассеянного  $L_{\alpha}$ -излучения. Для этого использовалась кювета, наполненная молекулярным водородом. С помощью вольфрамовой нити накаливания молекулярный водород диссоциировался, превращаясь в атомарный ( $H_2 \rightarrow H+H$ ), который, в свою очередь, поглощал излучение в центре линии  $L_{\alpha}$ . Величина поглощения – отличный индикатор ширины эмиссионной линии, то есть температуры атомов водорода, проникающих в Солнечную систему. Это



**Рис. 3.** Схема прибора для измерения температуры (межзвездного) межпланетного атомарного водорода.  $W_1$  и  $W_2$  – окна из фтористого магния ( $MgF_2$ ), кристаллического материала, прозрачного в УФ-области спектра вплоть до  $\lambda = 1100 \text{ \AA}$ ;  $F$  – вольфрамовая нить накаливания для диссоциации молекулярного водорода ( $H_2 \leftrightarrow H + H$ );  $D$  – детектор УФ-излучения. Входящее излучение имеет доплеровский профиль, ширина линии которого пропорциональна  $\sqrt{T_E}$ . Излучение на выходе из кюветы при включенной нити накаливания имеет узкий провал из-за поглощения атомами нейтрального водорода внутри кюветы. Ширина этого провала соответствует температуре газа в кювете ( $T_A = 300 \text{ K}$ ). FR-отношение сигналов при включенной и выключенной кювете зависит от температуры излучающего межпланетного-межзвездного газа  $T_E$  и от радиальной компоненты скорости аппарата относительно исследуемой среды  $v_r$  (эффект Доплера):  $\Delta\lambda = v_r \lambda_0 / c$  ( $c$  – скорость света). Величина  $v_r$  (проекция относительной скорости аппарата на луч зрения) вычисляется по траекторным данным космического аппарата, на котором установлен прибор

дало нам независимый способ определения температуры атомарного водорода (рис. 3).

Самое замечательное то, что наше Солнце вместе с планетами движется относительно межзвездного газа совсем не так, как оно движется относительно сотни ближайших звезд. Разница в направлении движения около  $45^\circ$ . Можно сказать и по-другому: межзвездный газ в ближайших окрестностях Солнца имеет значительную собственную скорость (20–25 км/с) относительно ближайших звезд. Раньше это было неизвестно. Конечно, и все эти звезды, и межзвездный газ участвуют во вращении вокруг центра Галактики со скоростью около 200 км/с. Речь идет о пекулярной, относительной скорости, которая раз в десять меньше скорости вращения вокруг центра Галактики.

Каковы же параметры движения Солнечной системы относительно межзвездной среды? Величина скорости равна 20–25 км/с, точка, куда летит наше Солнце имеет экваториальные координаты  $\alpha_0 = 255^\circ$ ,  $\delta_0 = -15^\circ$ . Плотность атомарного водорода вдали от Солнца равна  $0,06$  атомов/см<sup>3</sup>, плотность атомов гелия –  $0,018$  атомов/см<sup>3</sup>, величина  $\mu = 0,3$ , температура, определенная по линии  $L_{\alpha}$ ,  $12\,000 \text{ K}$ . Среднее время жизни атома водорода на расстоянии 1 а.е.  $\tau_i = 2 \cdot 10^6 \text{ с}$ . Заметим, что относительное обилие гелия по нашим измерениям несколько больше, чем для стандартного обилия гелия в межзвездной среде, определенное другими (спектральными) методами. Впрочем, это можно объяснить некоторой степенью ионизации атомарного водорода в окрестностях Солнца:  $n_i / (n_i + n_0) = 0,15$ . Отсюда следует, что наше Солнце находится в горячей зоне нейтрального водорода H I. Средняя температура зон H I примерно такая же, однако степень ионизации там практически равна единице.

В заключение следует рассказать о современном состоянии исследований этой проблемы.

Прекрасный эксперимент был осуществлен в 1997 году объединенной группой исследователей Франции и Финляндии во главе с д-ром Ж.-Л. Берто и д-ром Ж. Лалльман на спутнике “СОХО” (“SOHO”), предназначенном в основном для исследования Солнца. Установленный на нем фотометр на линию  $L_{\alpha}$  с поглощающей кюветой, наполненной водородом, позволяет за четыре часа получать полную карту неба. Фотометрическая точность этого эксперимента также очень высокая. Уже первые результаты этого эксперимента показывают, что все ранее найденные нами параметры движения Солнца в межзвездной среде, а также анизотропия потока протонов солнечного ветра могут быть заново переопределены.

Второй эксперимент, о котором следует обязательно рассказать, был выполнен группой физиков из Института аэронауки Института Макса Планка (Катленбург-Линдау, Германия) во главе с д-ром Хельмутом Розенбауером. В этом неоптическом

эксперименте впервые была осуществлена непосредственная физическая регистрация атомов гелия, влетающих в Солнечную систему. Атомы гелия падают на тонкую золотую мишень и выбивают из нее пучок ионов и электронов, регистрируемых канальным фотоумножителем. Атомы водорода при этом из-за разности масс (4 раза) не регистрируются. В этом эксперименте определены следующие параметры межзвездных атомов гелия: их концентрация на бесконечности, температура, скорость и направление движения Солнца относительно межзвездной среды. Особое значение этот эксперимент имеет по двум причинам. Во-первых, это прямой, не интегральный способ определения плотности (точнее, потока атомов гелия). Ведь оптические методы дают интеграл по лучу зрения от точки измерения и до бесконечности. Для вычисления локальной плотности  $n(r, \theta)$  требуется решать обратную задачу, то есть решать интегральное уравнение с плотностью, входящей под интегралом вдоль луча зрения. Во-вторых, этот эксперимент проводится на аппарате “Уллис”, который должен достигнуть Юпитера, а затем после гравитационного маневра в его сильном гравитационном поле подняться над плоскостью эклиптики и посмотреть на Солнце сверху, с его полюсов. Это позволяет совсем по-другому исследовать межзвездный газ в Солнечной системе (его гелиевую компоненту).

Таким образом, новое направление – изучение межзвездной среды в ближайших окрестностях Солнца, интенсивно развивается, неплохо конку-

рируя и дополняя классические оптические и радиоастрономические методы.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Курт В.Г. Движение Солнца в межзвездной среде // *Астрофизика и космическая физика* / Под ред. Р.А. Сюняева. М.: Наука, 1982. С. 268–292.
2. Курт В.Г. Межзвездная среда и ее взаимодействие со звездами // *Земля и Вселенная*. 1994. № 5. С. 3–10.
3. Бургин М.С. Межзвездный ветер // *Маленькая энциклопедия “Физика космоса”* / Под ред. Р.А. Сюняева. М.: Сов. энциклопедия, 1966. С. 389.
4. Курт В.Г. Атомы межзвездной среды в Солнечной системе // *Природа*. 1994. № 10. С. 50–57.
5. Баранов В.Б. Влияние межзвездной среды на строение гелиосферы // *Соросовский Образовательный Журнал*. 1996. № 11. С. 73–79.

\* \* \*

Владимир Гдалевич Курт, доктор физико-математических наук, профессор кафедры астрофизики и звездной астрономии астрономического отделения физического факультета МГУ, зам. директора Астрокосмического центра Физического института им. П.Н. Лебедева РАН. Лауреат Государственной премии СССР, лауреат Ломоносовской премии МГУ, действительный член Международной академии астронавтики. Область научных интересов – ультрафиолетовая и рентгеновская астрономия, космические исследования. Автор свыше 180 статей и двух открытий.