

12-Астрофизика, физика космоса, методы дистанционного зондирования

Васюнин Антон Иванович, 6 курс
Уральский Государственный Университет, физический
Управляющее уравнение и химия на поверхности межзвездной пыли
E-mail: vasyunin@mail.ru стр. 381

Духвалов Антон Геннадиевич, инженер
Московский Инженерно-Физический Институт (МИФИ), экспериментальной и теоретической физики
Гамма-нейтронный детектор для эксперимента `Сигнал` на космическом аппарате `Интергелиозонд`
Научный руководитель: Дмитренко Валерий Васильевич, д.ф.-м.н.
E-mail: spirit1977@mail.ru стр. 382

Емельянов Эдуард Владимирович, аспирант
Ставропольский Государственный Университет, физико-математический
Определение квантовой эффективности и шума считывания ПЗС матрицы
E-mail: eddyem@yandex.ru стр. 383

Жулина Елена Геннадьевна, аспирант
Нижегородский Государственный Педагогический Университет, физический
Анализ геоэффективных проявлений корональных выбросов масс.
Научный руководитель: Бархатов Николай Александрович, д.ф.-м.н.
E-mail: zhulina-l@yandex.ru стр. 385

Ивченко Олеся Анатольевна, аспирант 3 года
Омский Педагогический Университет, физический
Диэлектрическая проницаемость и сорбционный потенциал связанной почвенной влаги.
Научный руководитель: Бобров Павел Петрович, д.ф.-м.н.
E-mail: ivchenko-05@mail.ru стр. 386

Касьянова Марина Владимировна, магистрант 2 года
Ростовский Государственный Университет, физический
Бимодальность звездообразования в шаровых скоплениях
Научный руководитель: Щекинов Юрий Андреевич, д.ф.-м.н.
E-mail: rgyaf@yandex.ru стр. 387

Коптелова Екатерина Александровна, ведущий программист
Государственный Астрономический Институт им. П.К. Штернберга, физический
Наблюдаемые вариации блеска и цвета компонентов квазара QSO2237+0305
Научный руководитель: Артамонов Борис Павлович, к.ф.-м.н.
E-mail: koptelova@xray.sai.msu.ru стр. 387

Коркин Сергей Владимирович, 5 курс
Московский Энергетический Институт (МЭИ), электронной техники
Моделирование процесса переноса излучения в атмосфере при дистанционном зондировании подстилающей поверхности
Научный руководитель: Будаков В.П., д.т.н
E-mail: sergei_korkin@mail.ru стр. 388

Кривальцевич Сергей Викторович, инженер-электроник
Омский Государственный Университет, информационно-вычислительный центр
Экологический мониторинг окрестностей промышленного города при помощи космических снимков
Научный руководитель: Дмитриев Владимир Викторович, к.ф.-м.н.
E-mail: kriser2002@mail.ru стр. 389

Курохтина Наталья Николаевна, магистрант 1 года
Ростовский Государственный Университет, физический
Численные исследования траектории движения звезд в Галактике
Научный руководитель: Мишуков Юрий Николаевич, д.ф.-м.н.
E-mail: kfk@phys.rsu.ru стр. 390

Магомедов Багир Игоревич, 5 курс
Дагестанский Государственный Университет, физический
Использование данных дистанционного зондирования для сопряженного мониторинга территории республики Дагестан
Научный руководитель: Булаева Нуржаган Маисовна, д.т.н.
E-mail: bulaeva@iwt.ru стр. 390

Несбытнова Анна Евгеньевна, магистрант 1 года
Волгоградский Государственный Педагогический Университет, физический
Поправки к показателям цвета фотометрических систем UBVR и WBVR
Научный руководитель: Ходыкин Сергей Александрович, к.ф.-м.н.
E-mail: An2003@pisem.net стр. 391

Чачина Татьяна Сергеевна, 6 курс
Уральский Государственный Университет, физический
Динамическая эволюция слабовозмущенной двухпланетной системы
Научный руководитель: Кузнецов Эдуард Дмитриевич, к.ф.-м.н.
E-mail: cassiopeia_tanya@mail.ru стр. 393

Управляющее уравнение и химия на поверхности межзвездной пыли

Васюнин Антон Иванович

Уральский Государственный Университет

Vasyunin@mail.ru

Проведено изучение образования молекулярного водорода на поверхности межзвездных пылевых частиц в приближении химического управляющего уравнения (УУ). В рассматриваемой модели предполагается, что атомарный водород аккрецирует на поверхность пылевой частицы из газа, окружающего ее, с постоянной скоростью f_H . При этом характерное время десорбции атомарного водорода с поверхности равно w_H . Реакция образования молекулярного водорода на поверхности протекает со скоростью A_{HH} . Управляющее уравнение для такой системы будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \frac{dP(N)}{dt} = & f_H (P(N-1) - P(N)) - \\ & w_H (NP(N) - (N+1)P(N+1)) - \\ & A_{HH} (N(N-1)P(N) - (N+2)(N+1)P(N+2)) \end{aligned} \quad (1)$$

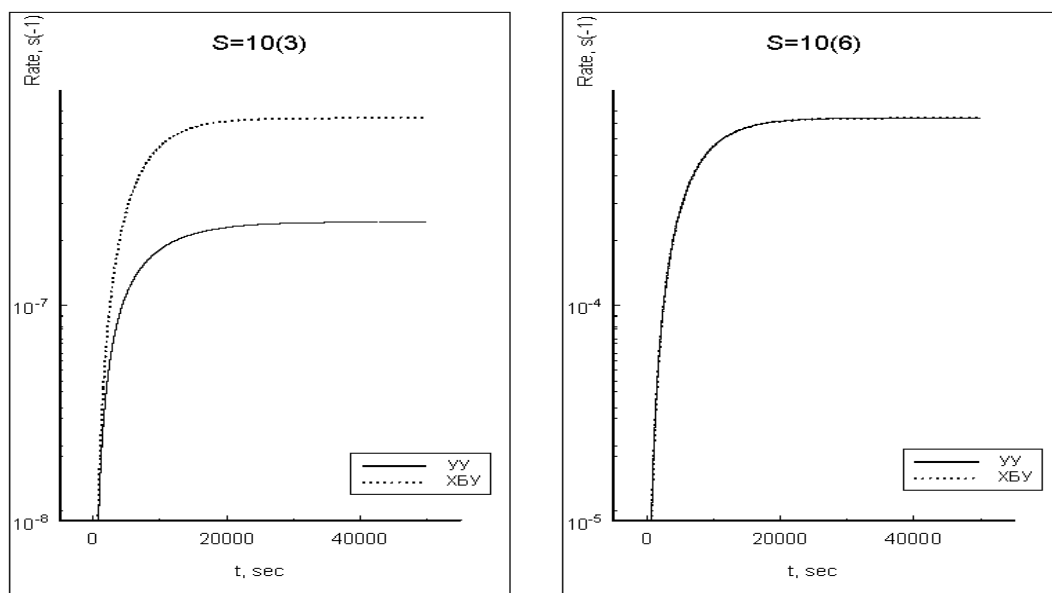


рис.1 Скорость образования H_2 на пылевых частицах разного размера

На рис.1 приведены кривые скорости образования молекулярного водорода, полученные в приближении УУ и химических балансных уравнений (ХБУ), наиболее широко применяемого в настоящее время метода, для пылевых частиц разного размера (S – максимально возможное число молекул на поверхности пылевой частицы, эквивалент размера). Температура пыли принималась равной 18К, плотность газа – 10 см^{-3} . Видно, что в термодинамическом пределе ($S=10(6)$) точный стохастический метод УУ дает результаты, эквивалентные приближенному методу ХБУ. Однако в случае т.н. аккреционного предела, когда из-за малого размера пылевой частицы и низкой плотности газа среднее число одновременно находящихся на поверхности атомов водорода близко к 1, методы дают существенно разные результаты.

Таким образом, нами показано, что метод ХБУ неприменим для моделирования химии на поверхности пылевых частиц в режиме аккреционного предела. В данном случае необходим учет стохастической природы химического процесса, что возможно в рамках подхода УУ.

Гамма – нейтронный детектор для эксперимента «Сигнал» на космическом аппарате «Интергелиозонд»

Духвалов Антон Геннадиевич

Власик Константин Федорович, Грачев Виктор Михайлович, Дмитренко Валерий Васильевич, Улин Сергей Евгеньевич, Утешев Зияэтдин Мухамедович, Чернышева Ирина Вячеславовна

Московский Инженерно – Физический Институт (государственный университет)

Дмитренко Валерий Васильевич, д.ф.-м.н.

spirit1977@mail.ru

В последнее время уделяется большое внимание исследованию Солнца с помощью межпланетных станций и искусственных спутников Земли (ИСЗ). Уже сегодня на различных орбитах работают несколько таких космических аппаратов, оснащенных приборами для исследования процессов, происходящих на Солнце. Согласно Российской программе космических исследований, в ближайшие несколько лет планируется запуск еще нескольких подобных аппаратов, в том числе и космического аппарата «Интергелиозонд».

В ходе своей работы, космический аппарат будет проходить вблизи Солнца по спиральной траектории, постепенно приближаясь к нему за счет изменения орбиты при каждом прохождении вблизи Венеры. Орбита космического аппарата «Интергелиозонд» вначале будет лежать в плоскости эклиптики, а затем будет отклонена от нее до 38 градусов. Выход из плоскости эклиптики позволит впервые заглянуть в полярные области Солнца и измерить потоки различных частиц, исходящих из них.

Основными целями эксперимента «Сигнал», который будет проходить на межпланетной станции «Интергелиозонд», будут являться регистрация, определение форм и интенсивностей гамма – линий, регистрация гамма – вспышек и потоков тепловых нейтронов, исследования гамма – излучения в космическом пространстве. Это необходимо для изучения различных процессов, происходящих на Солнце и в его окрестностях. Для решения этих задач необходим прибор, который был бы способен регистрировать нейтроны.

В Радиационной лаборатории МИФИ создан гамма – спектрометр на основе цилиндрической ионизационной камеры с экранирующей сеткой, наполненной сжатым ксеноном, который может регистрировать гамма – кванты с хорошим энергетическим разрешением (порядка 1,5% для энергии гамма – квантов 1332 кэВ). По сравнению с сцинтилляционным и полупроводниковым детекторами он обладает такими достоинствами, как температурная, акустическая и радиационная стойкость и способность в течение длительного времени сохранять свои спектрометрические характеристики.

Особенностью данного эксперимента является то, что детектор будет работать в условиях высоких температурных и радиационных нагрузок. Таким образом, гамма – спектрометр, наполненный сжатым ксеноном, по своим характеристикам подходит для выполнения задач в рамках эксперимента «Сигнал».

Для установки на борту космического аппарата «Интергелиозонд» планируется гамма – спектрометр, наполненный сжатым ксеноном, с чувствительным объемом 2 литра. Он состоит из следующих основных частей: корпус, он же катод, экранирующая сетка, анод, керамический гермоввод, зарядочувствительный усилитель, источник высоковольтного питания. Для защиты детектора от перегрева при пролете на близких расстояниях от Солнца на «Интергелиозонде» будут установлены два тонкостенных экрана, нагреваемых под действием солнечной радиации от 100° до 700° С.

Для проверки возможности регистрации ксеноновым детектором как гамма – квантов, так и нейтронов был использован гамма – спектрометр похожей конфигурации с чувствительным объемом 200 см³. Детектор был наполнен ксеноном до плотности 0,4 г/см³, что соответствует давлению газа в 50 атм. при нормальной температуре.

Проводились измерения зависимостей некоторых спектрометрических характеристик от энергии гамма – квантов. Энергетическое разрешение при энергии гамма – квантов 662 кэВ составило 2,2%, а при энергии 1332 кэВ – 1,5 %. Эффективность регистрации гамма – квантов составляет при этих значениях энергии 1% и 0,1%, соответственно.

При исследовании возможности регистрации гамма – спектрометром нейтронов рассматривались две возможности:

1. Проведение эксперимента по оценке способности гамма – спектрометра регистрировать нейтроны без каких – либо существенных доработок;
2. Подбор добавки в рабочее вещество гамма – спектрометра, которая позволит увеличить его чувствительность к нейтронам, а также оценка его спектрометрических параметров.

Для выполнения первого пункта проводились измерения путем облучения гамма – спектрометра Pu – Be источником нейтронов. На полученном в результате облучения спектре видна гамма - линия с энергией 668 кэВ. Данная линия представляет наибольший интерес, так как является результатом взаимодействия нейтронов с рабочим веществом детектора, происходящим в результате реакции (1):



Таким образом, гамма – спектрометр, наполненный сжатым ксеноном, способен регистрировать кроме гамма – квантов и нейтроны. Но данный метод регистрации нейтронов не лишен ряда недостатков, главным из которых является близость гамма – линии с энергией 668 кэВ к гамма – линии с энергией гамма – квантов 662 кэВ от весьма широко распространенного радиоактивного изотопа ^{137}Cs .

Как уже было сказано, существенно увеличить чувствительность к нейтронам гамма – спектрометра, наполненного сжатым ксеноном, можно с помощью добавки в рабочее вещество детектора. В результате анализа возможных реакций предпочтение было отдано реакции взаимодействия нейтронов с ^3He , которая проходит по схеме (2):



О наличие нейтронов в регистрируемом излучении будет сигнализировать гамма – линия с энергией 765 кэВ, которой в сумме обладают родившиеся в результате захвата тепловых нейтронов реакции (2) тритий и протон в измеренном гамма-спектре. По ее интенсивности может быть определена и абсолютная величина потока регистрируемых тепловых нейтронов. Сечение захвата тепловых нейтронов данной реакцией составляет 5327 барн.

Проводились оценки следующих зависимостей:

1. Эффективности регистрации тепловых нейтронов от концентрации гелия;
2. Эффективности регистрации нейтронов от их энергии при отдельных значениях концентраций гелия.

При оценке зависимости эффективности регистрации тепловых нейтронов от концентрации гелия принималось во внимание то, что нейтроны могут захватываться не только гелием, но и рабочим веществом детектора (ксеноном) и стальными стенками детектора. Был сделан вывод, что при добавке в рабочее вещество детектора от 10 до 15% ^3He , эффективность регистрации тепловых нейтронов составит величину порядка 60%.

Затем оценивалась зависимость эффективности регистрации нейтронов от их энергии в диапазоне энергий от 10 до 763 кэВ. Эффективность регистрации нейтронов с энергией 10 кэВ составит порядка 0,2%.

На основе сказанного выше, можно сделать следующие выводы:

1. Гамма – спектрометр, наполненный сжатым ксеноном, подходит по своим эксплуатационным качествам к использованию в эксперименте «Сигнал»;
2. Данный прибор способен регистрировать гамма – кванты с хорошим энергетическим разрешением;
3. Гамма – спектрометр способен регистрировать кроме гамма – квантов также и нейтроны;
4. Эффективность регистрации нейтронов резко возрастает при добавке в рабочее вещество детектора ^3He .

Определение шума считывания и квантовой эффективности ПЗС матрицы

Емельянов Эдуард Владимирович

Ставропольский Государственный Университет

Панчук Владимир Евгеньевич

eddyem@yandex.ru

Число фотоэлектронов, считанных с ячейки ПЗС матрицы, равно $N_e = qN_{\text{Ц}} + \textcircled{C}_e + q\textcircled{C}_{\text{Ц}}$, где $N_{\text{Ц}}$ -- количество фотонов, попавших на ячейку матрицы за один цикл накопления; q -- квантовая эффективность матрицы (будем считать ее одинаковой для всех ячеек); \textcircled{C}_e -- шум считывания ячейки; $\textcircled{C}_{\text{Ц}}$ -- флуктуация потока фотонов (особо проявляется при слабых потоках излучения).

Неоднородность шума считывания матрицы устраняется при делении полученного изображения на т.н. „плоское поле“, а темновой ток -- при вычитании BIAS'a. Таким образом, основным фактором, определяющим точность полученных при редукции результатов, является шум считывания.

Число фотоэлектронов N_e можно оценить по уровню фототока ($I_{\text{Ц}} = \frac{N_e \cdot e}{T}$, где e -- заряд электрона, T

-- время наблюдения), либо заменить его в вычислениях количеством отсчетов АЦП N_{ADT} (в случае постоянного коэффициента усиления сигнала с матрицы).

Количество фотонов $N_{\text{ц}} = N_{\text{ц}} + \textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}}$, попавших за время наблюдения на элемент матрицы, можно определить, найдя при помощи люксметра освещенность матрицы E. Тогда поток излучения, падающего на элемент, равен $\textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}} = E \cdot S$, где S -- площадь элемента матрицы. Так как $\textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}} = dE/dt$, получим, что за время экспозиции T на элемент матрицы попадет энергия $E = \textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}} \cdot T = E S T$. Следовательно, для монохромного излучения $N_{\text{ц}} = \frac{E S T}{h \nu}$.

В качестве монохроматического источника излучения можно использовать полупроводниковый лазер, монохроматор, либо узкополосный светофильтр. Однородной засветки ПЗС и люксметра можно добиться, поместив в параллельный монохроматический пучок излучения рассеивающий элемент.

Тогда при усреднении по кадру получим $N_e = q N_{\text{ц}} + \textcircled{\text{ц}}_e + q \textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}}$. Обозначим $n_e = \textcircled{\text{ц}}_e$ -- шум считывания матрицы. При малых потоках света $\textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}}$ может отличаться от нуля. При довольно больших потоках можно с уверенностью положить $\textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}} = 0$, но в этом случае матрица будет находиться в состоянии насыщения, или близком к нему, что сильно скажется на погрешности результатов.

Для получения достоверных результатов следует сделать по несколько десятков снимков при различных интенсивностях падающего на матрицу излучения. Затем для каждой группы следует найти групповое среднее $\langle N_e \rangle$ и его дисперсию $D_{\langle N_e \rangle}$. Воспользовавшись тем или иным критерием надежности, отбросим ненадежные результаты. Тогда по измерениям, удовлетворяющим критерию надежности, можно будет найти q и n_e .

Для данной длины волны λ поток излучения, падающий на элемент матрицы площадью S, равен $\textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}} = \frac{N_{\text{ц}}}{t} h \nu S = \frac{h c N_{\text{ц}} S}{\lambda t}$. Таким образом, $N_{\text{ц}} = \frac{\textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}} \lambda t}{h c S}$.

Усредняя для каждой группы наблюдений с одинаковыми $N_{\text{ц}} = N_{\text{ц}}^i$, получим: $N_e = q N_{\text{ц}}^i + n_e^i$. Здесь отсутствует $\textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}}$, так как результаты измерения, не удовлетворяющие критерию доверия Стьюдента (а в них, помимо измерений с $\textcircled{\text{ц}}_{\text{ц}} \neq 0$ входят и результаты, полученные при состоянии ПЗС, близком к насыщению) не участвуют в дальнейших расчетах.

По полученным парам N_e^i и $N_{\text{ц}}^i$ можно найти шум считывания и квантовую эффективность методом наименьших квадратов. Для этого запишем зависимость $N_e(N_{\text{ц}})$ в виде $N_e = q \langle N_{\text{ц}} \rangle + n_e$. Составим

сумму квадратов разности $S = \sum (\langle N_e \rangle - N_e^i)^2$, усредним ее и приравняем к нулю производные $\frac{\partial S}{\partial q}$ и $\frac{\partial S}{\partial n_e}$. Тогда получим: $q = \frac{\langle N_{\text{ц}} \rangle \langle N_e \rangle - \langle N_{\text{ц}} N_e \rangle}{\langle N_{\text{ц}} \rangle^2 - \langle N_{\text{ц}}^2 \rangle}$, $n_e = \frac{\langle N_{\text{ц}} N_e \rangle \langle N_{\text{ц}} \rangle - \langle N_{\text{ц}}^2 \rangle \langle N_e \rangle}{\langle N_{\text{ц}} \rangle^2 - \langle N_{\text{ц}}^2 \rangle}$.

Более строго, $q = q(\lambda)$, поэтому для нахождения зависимости квантовой эффективности матрицы от длины волны необходимо повторить эксперимент для разных длин волн. Грубо оценить эту зависимость в некотором диапазоне длин волн можно, засняв плоский в этом диапазоне спектр, нормировав его на 1 для длины волны, на которой проводилось измерение квантовой эффективности, и умножив на значение q для данной длины волны.

Анализ геоэффективных проявлений CMEs

Жулина Елена Геннадьевна

Нижегородский Государственный Педагогический Университет

Бархатов Николай Александрович, д.ф.-м.н.

Zhulina-l@yandex.ru

Современные исследования показали, что корональные выбросы массы (CMEs) – одно из фундаментальных явлений крупномасштабной солнечной активности. Важность изучения эволюции их последствий, т.н. межпланетных CMEs (ICMEs), объясняется постоянным интересом к физическим процессам на трассе Солнце-Земля и необходимостью прогнозирования явлений космической погоды. Проведение таких исследований стало возможным благодаря наличию банка непрерывных данных параметров околоземного пространства, полученных на патрульных КА Wind и SOHO.

Геоэффективные проявления CMEs достаточно разнообразны и наблюдаются в изменениях как параметров внутримангнитосферной среды, так и в ее электромагнитном состоянии. Значительными событиями являются глобальные магнитосферные магнитные возмущения обусловленные крупномасштабными изменениями ПСВ и ММП связанными с ICMEs [1].

Непосредственное воздействие рентгеновского излучения генерируемого в области образования CMEs или обусловленного сопутствующими явлениями солнечной активности ведет к изменению основных характеристик ионосферных слоев, модернизирует магнитосферные токовые системы и влияет на величину индекса глобальной геомагнитной возмущенности Dst [2,3]. Особый интерес вызывает в связи с этим изучение генерации возмущений DI регулярных ионосферных параметров [4]. Анализ корреляции визуально наблюдаемых параметров CMEs с параметрами таких возмущений позволяет прогнозировать изменения в коротковолновом радиоканале.

В данной работе изучаются корреляционные связи визуально наблюдаемых параметров CMEs с геоэффективными характеристиками крупномасштабных возмущений концентрации и скорости солнечного ветра и вертикальной составляющей ММП вблизи Земли. Поиск корреляционных связей начальных характеристик CMEs с возмущениями параметров солнечного ветра вблизи Земли ICMEs, т.е. исследование потенциальной геоэффективности CMEs, продемонстрировал различные зависимости для ускоряющихся и замедляющихся CMEs. Он свидетельствует о разных физических процессах происходящих во время эволюции ICMEs. Вместе с тем о предполагаемой, запаздывающей на время переноса к Земле, геоэффективности CMEs можно реально судить по углу раскрыва и начальной скорости выброса.

Более полное представление об эволюционных процессах вызываемых в солнечном ветре CMEs удалось получить при изучении конфигурации конкретных ICMEs, которые были последствиями уединенных CMEs, произошедших в 1996 и 1999 годах. При этом особое внимание уделялось поведению концентрации и скорости солнечного ветра и Vz компоненты ММП. На этой основе ICMEs, являющиеся результатом всех рассматриваемых CME, были разделены на 5 групп. Удалось выделить ICMEs групп «ударная волна», «слабая ударная волна», «магнитное облако», «уединенный медленный поток» и «высокоскоростной поток» и сопоставить им сопутствующие начальные солнечные потоки. Проведенный анализ конфигураций рассматриваемых возмущений показал, что CMEs типа «гало» вызывают возмущения вида «ударная волна» и «слабая ударная волна». При этом в пределах группы возмущений последствия «гало» не отличаются от последствий других CMEs. Рассмотрение конфигураций свидетельствует о значительной эволюции параметров ICMEs во время их переноса к Земле, что обусловлено взаимодействием начального выброса с медленным солнечным ветром. Вместе с тем сохраняется информация о сопутствующем солнечном источнике. За динамику и продолжительность возмущений ICMEs ответственен тип сопутствующего первоначального солнечного источника. Амплитуды возмущений ICMEs в ПСВ и ММП говорят о связи с конкретными выбросами CME.

В работе также анализируется ионосферная эффективность CMEs. Здесь, в основу физической модели положено предположение о непосредственном «мгновенном» воздействии на ионосферную плазму рентгеновского излучения вызывающего отклонения (DI) критической частоты ионосферного слоя F2. В основу физической модели ионосферной эффективности CMEs в работе положено предположение о непосредственном воздействии на ионосферную плазму рентгеновского излучения, сопутствующего или связанного с CMEs. Для проведения исследования использовались среднечасовые отклонения (DI) критической частоты ионосферного слоя F2, взятой из данных станции "Москва" и глобального магнитосферного индекса Dst. В результате исследования установлена корреляция модуля DI с углом раскрыва CMEs по всем изучаемым годам, которая увеличивается в местное дневное время. Проведенный анализ связи появлений уединенных CMEs с уровнем рентгеновского излучения, возмущенностью регулярных ионосферных параметров и величиной индекса Dst показал, что ионосферная эффективность CMEs может проявляться в течение всего времени переноса ICMEs к Земле.

Таким образом, корональные выбросы массы, являясь одними из фундаментальных явлений крупномасштабной солнечной активности, могут обладать разнообразной магнитосферной эффективностью. Представляет интерес сопоставление параметров конкретных ICMEs с вызываемыми ими глобальными магнитными возмущениями.

Список публикаций:

- [1] Watari S., Vandas M., Watanabe T. Formation of a strong southward IMF near the solar maximum of cycle 23. // *Ann. Geoph.* 2004. V.22. P.673.
 [2] Акасофу С.И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. Ч.1,2., М.: "Мир", 1974, 444 с.
 [3] Sheiner O.A., Fridman V.F., Krupenya N.D., Mityakova E.E., Rakhlin A.V., Effect of solar activity on the Earth's environment. Proc. "SOLSPA: The Second Solar Cycle and Space Weather Euroconference". Vico Equense. Italy. September. 2001, P. 479.
 [4] Дурасова М.С., Фридман В.М., Шейнер О.А. К вопросу об оценке возможной геоэффективности корональных выбросов массы по их проявлениям в радиодиапазоне на стадии формирования. "Активные процессы на Солнце и звездах". Труды научной конференции стран СНГ и Прибалтики. Санкт-Петербург. 2002. С.199.

Диэлектрическая проницаемость и сорбционный потенциал связанной влаги.

Ивченко Олеся Анатольевна

Омский Государственный Педагогический Университет

Бобров Павел Петрович, к.ф.-м.н.

Ivchenko-05@mail.ru

Диэлектрическая проницаемость (ДП) почв – важнейшая характеристика, знание которой необходимо в задачах дистанционного исследования свойств почв. Значительная часть почвенной влаги, определяющая ДП, находится в связанном состоянии (в тяжелых черноземных почвах до 50%).

Диэлектрические свойства связанной (адсорбированной почвенными частицами) воды исследованы недостаточно хорошо в первую очередь по причине невысокой точности измерений ДП почвы, состоящей из твердой фазы, воздуха и воды в связанном и свободном состоянии. Кроме того отсутствуют диэлектрические модели смесей, хорошо описывающие ДП почвы через ДП компонент.

В тоже время в гидрофизике почв существуют методы измерения сорбционного потенциала – энергетической характеристики связи молекул воды с ионами почвенных минералов. Наиболее высокое значение (по модулю) сорбционного потенциала соответствует первому мономолекулярному слою воды на поверхности почвенной частицы. С увеличением влажности почвы растет количество мономолекулярных слоев, при этом сорбционный потенциал убывает. Известно, что энергия связи зависит от времени релаксации молекул воды:

$$\tau(W) = \tau_0 \exp\left[\frac{k\Psi(W)}{T-150}\right],$$

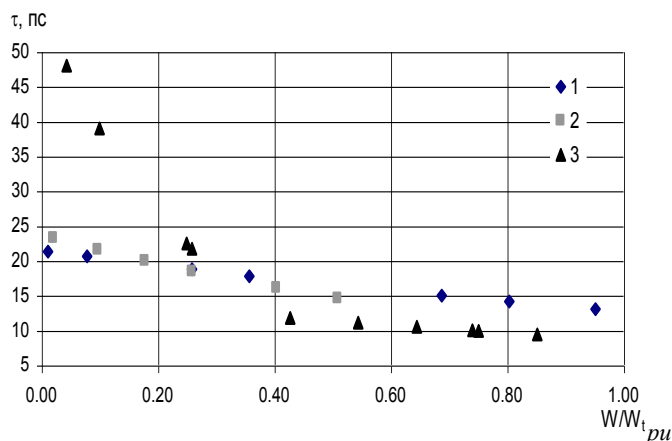
где k – эмпирическая постоянная,

T – температура, К,

Ψ – сорбционный потенциал, Дж/кг,

τ_0 – время релаксации свободной воды.

Нами были проведены экспериментальные измерения сорбционного потенциала для нескольких типов почв и путем сравнения с диэлектрическими характеристиками определена зависимость времени релаксации от доли связанной воды. ДП связанной воды находилась из ДП почвы с помощью рефракционной модели.



с.1 Зависимость времени релаксации от доли связанной воды.

1,2 – лугово-черноземные почвы Омской области

Установлено, что для почв близкого минералогического состава, но с различным содержанием гумуса, зависимость времени релаксации от доли связанной воды (отношения влажности образца к влажности, соответствующей максимальному количеству связанной влаги) одинакова. На (рис.1) приведены соответствующие зависимости для двух типов почв с различным содержанием гумуса. Видно, что на зависимость $\tau(W)$ влияет в первую очередь минералогический состав, а содержание гумуса практически не влияет, хотя от последнего сильно зависит максимальное количество связанной воды W_1 в почве.

Используя найденные значения $\tau(W)$ и $\Psi(W)$ определены значения k . По нашим данным k убывает с увеличением содержания гумуса и изменяется в пределах от 0,05 до 0,001.

Бимодальность звездообразования в шаровых скоплениях.

Касьянова Марина Владимировна

Ростовский Государственный Университет

Щекинов Ю.А., д.ф-м.н.

rgyaf@yandex.ru

Шаровые скопления представляют собой уединенные системы, отражающие определенный период эволюции Галактики. Выяснение условий их рождения, а также всех стадий их эволюции является важным для понимания всех процессов, имеющих место в Галактике на ранних стадиях ее эволюции. Химический состав шаровых скоплений коррелирует со многими их характеристиками. Анализ этих связей позволяет сделать важные выводы о характере динамической эволюции Галактики, о природе происхождения самих шаровых скоплений. Поэтому исследование химического состава этих звездных систем в последние годы оказывается в центре внимания. Однако, вопрос о химической эволюции шаровых скоплений далеко не тривиален. Существуют указания на наличие корреляции масса-металличность для старого поколения шаровых скоплений [1], что явно свидетельствует об их обогащении металлами процессом нуклеосинтеза в самих скоплениях – так называемая гипотеза о самообогащении.

В настоящей работе используется однозонная хемодинамическая модель для качественного понимания последовательности событий, определяющих химическую эволюцию шаровых скоплений. В основу описания положена схема, предложенная в работах [2,3] для моделирования эволюции дисковых галактик. В данной работе моделируется эволюция содержания следующих элементов: H, He, C, N, O, Fe, Mg, S, Si, Ca. Основным источником тяжелых элементов считаются сверхновые. Для вычисления выходов элементов сверхновых II типа и Ia типа использовались результаты Woosley и Weaver'a [4] и Nomoto et al. [5] соответственно.

В рамках гипотезы о самообогащении показано, что звездообразование в этом случае должно включать два основных эпизода. На первом этапе рождаются звезды с массами больше $8 M_{\odot}$, что согласуется с представлениями о том, что первые рождающиеся звезды были более массивны, чем современные. На следующем этапе начальная функция масс трансформируется к нормальному виду с $M_{\min}=0.1 M_{\odot}$. Приведены аргументы в пользу того, что переход звездообразования к режиму с нормальной начальной функцией масс связан с тем моментом, когда нагретый ударными волнами газ будет способен охлаждаться до низких температур. Предполагается, что нижний предел масс рождающихся звезд оказывается равным $0.1 M_{\odot}$ после момента времени $t \sim t_{sn} + t_c$, где t_{sn} – момент, когда начинают взрываться первые сверхновые (II типа), t_c – время охлаждения газа за фронтом ударной волны.

Были построены распределения числа звезд по металличности. При этом большая часть звезд скопления имеет металличность, произведенную первым поколением массивных звезд в момент перехода к нормальной начальной функции масс. Кроме того, наблюдается второй пик в распределении. Ему соответствуют звезды с солнечной металличностью и превышающей ее. Однако этот пик исчезает, если включить в модель «выброс» при вспышках сверхновых за пределы шарового скопления части как массы газа, так и вещества оболочек сверхновых.

Таким образом, распределения звезд по металличности согласуются с гипотезой о самообогащении, если предположить, что первый этап звездообразования в шаровом скоплении характеризуется рождением массивных звезд.

Список публикаций:

[1] *Parmentier G., Gilmore G., Astron. and Astrophys. 387, 97, 2001.*

[2] *Firmani C., Tutukov A.V., Astron. and Astrophys. 264, 37, 1992.*

[3] *Вибе Д.З., Тутуков А.В., Шустов Б.М., Астрон. ж. 75, 3, 1998.*

[4] *Woosley S., Weaver T., ApJ Suppl. 101, 108, 1995.*

[5] *Nomoto K., Thielemann F., Yokoi K., ApJ 286, 644, 1984.*

Наблюдаемые вариации блеска и цвета компонентов квазара QSO2237+0305

Коптелова Екатерина Александровна

Шимановская Елена Владимировна

Государственный Астрономический Институт им. П.К. Штернберга

Артамонов Борис Павлович к.ф-м.н.

koptelova@xray.sai.msu.ru

Уже первые многоцветные наблюдения квадрупольной гравитационной линзы QSO2237+0305 показали, что компоненты квазара имеют различные цвета, которые были объяснены селективным поглощением пылью линзирующей галактики. Такое объяснение, сделанное на основе данных одной эпохи наблюдений, позволило оценить закон поглощения в галактике 2237+0305, который оказался подобен закону поглощения в Галактике.

Однако дальнейший анализ поведения цветов выявил изменение цветов компонентов системы со временем, что соответствует предположению о дифференциальной природе усиления различных областей

квазара при микролинзировании на звездной составляющей линзирующей галактики. В частности, более голубые области источника усиливаются при микролинзировании сильнее, чем внешние более холодные области. Наземные наблюдения подтвердили дифференциальную природу усиления различных областей излучения квазара. Определение отношения эквивалентных ширин линий излучения для каждого компонента системы привело к следующим выводам: 1) отношения эквивалентных ширин линий излучения остаются постоянными от линии к линии для каждого отдельно взятого изображения, в предположении, что размеры областей излучения в рассматриваемых диапазонах длин волн не сильно отличаются друг от друга; 2) отношения меняются от компонента к компоненту для фиксированной эпохи приблизительно в 2.5 раза; 3) в результате событий микролинзирования отношения эквивалентных ширин линий каждого отдельно взятого изображения изменяются во времени. Анализ наблюдений, полученных на HST в фильтрах U и R, позволил сделать вывод о том, что закон поглощения в галактике 2237+0305 не соответствует закону поглощения в Галактике. Возможные причины этого: несоответствие вызвано различной степенью покраснения в линзирующей галактике; к изменению цветов приводят эффекты микролинзирования на звездах линзирующей галактики. При количественном анализе поведения цветов компонентов системы на основе многоцветных наблюдений, полученных на 1.5-м телескопе Майданакской обсерватории в 1995 году [1] и в период 1997–1998гг., а также всех доступных данных наблюдений, опубликованных на сегодняшний день, отмечена тенденция всех компонентов быть голубее с увеличением их яркости. В работе [1] проведен анализ относительных величин (относительных цветов и относительных звездных величин), менее чувствительных к условиям наблюдений объекта и способам обработки данных, и приведены зависимости цветов (V-R) от (V-I) компонентов на основе данных, полученных на АЗТ-22 Майданакской обсерватории в 1995–2000гг. На такой диаграмме показатели цвета должны быть пропорциональны друг другу с наклоном, пропорциональным закону поглощения в галактике. Результаты многоцветной фотометрии, полученные в 1998–2000гг., показали отличие закона поглощения в галактике 2237+0305 от закона поглощения в Галактике, для которой величина наклона составляет 2.15.

В данной работе представлены результаты многоцветной фотометрии трехлетних наблюдений объекта на 1.5-м телескопе Майданакской обсерватории. Обработка результатов наблюдений выполнена с помощью метода, описанного в работе [2]. Точки на трехцветной диаграмме, построенной по результатам, полученным нами на основе данных наблюдения объекта в 2001–2003гг. и опубликованным в работе [3], лежат на прямой с наклоном 1.01 ± 0.31 , который значительно меньше наклона для закона поглощения в Галактике.

Следовательно, если предположить, что закон поглощения в линзирующей галактике такой же, как в Галактике, то наблюдаемые цветовые изменения не могут быть объяснены только поглощением.

Список публикаций:

- [1]. *Vakulic V.G., Schild R.E., Dudinov V.N., Minakov A.A. et al. Color effects associated with the 1999 microlensing brightness peaks in gravitationally lensed quasar QSO2237+0305. Astron. Astrophys. 2004, V.420, 447p.*
 [2]. *Коптелова Е.А., Шимановская Е.В., Артамонов Б.П., Ягола А.Г. Двухступенчатый алгоритм восстановления изображений гравитационной линзы QSO2237+0305. Астрон. журн. 2004, Т.81, №10, 909с.*
 [3]. *Koptelova E., Shimanovskaya E., Artamonov B., Sazhin M., Yagola A., Bruevich V., Burkhonov O. Image reconstruction technique and optical monitoring of the QSO2237+0305 from Maidanak Observatory in 2002–2003. MNRAS 2004, 356, 323p.*

Моделирование процесса переноса излучения в атмосфере при дистанционном зондировании подстилающей поверхности

Коркин Сергей Владимирович

Московский Энергетический Институт

Будак Владимир Павлович, д.т.н.

sergei.korkin@mail.ru

В работе рассматривается проблема переноса излучения в плоскопараллельной мутной (поглощающей и рассеивающей) среде при облучении плоским мононаправленным источником излучения. Такая задача возникает при дистанционном зондировании подстилающей поверхности (почвенный покров, облака, атмосферный газовый столб) с искусственных спутников Земли [1]. В пределах поля зрения оптикоэлектронной зондирующей аппаратуры спутника атмосфера представляется плоскопараллельным слоем, а Солнце является мононаправленным источником излучения. Анализ полученных при рассмотрении процесса переноса излучения в среде данных, позволяет судить, например, о наличии тех или иных газовых компонент в атмосфере (отслеживая тем самым экологию Земли) или о состоянии почвенного покрова [2].

В основе математической модели процесса взаимодействия излучения с планетарной атмосферой и поверхностным слоем планеты лежит краевая задача для уравнения переноса излучения (УПИ) [3]. Решение УПИ связано с рядом трудностей, одной из которых является остронаправленная индикатриса рассеяния, требующая для своего представления большого количества членов разложения по сферическим гармоникам. Кроме того, особенность мононаправленного излучения требует принятия специальных мер по устранению осцилляций решения [3,4].

Наиболее оптимальным с точки зрения компьютерного моделирования является рассмотрение УПИ и граничных условий в матричной форме. Используя матричный подход для метода сферических гармоник [3,4], в работе рассчитывается распределение излучения по азимутальным углам и произвольным оптическим толщам для четырёхслойной атмосферы, рассеивающие и поглощающие параметры которой меняются от слоя к слою. Высотная стратификация свойственна реальным атмосферам планет и, в частности, атмосфере Земли [5]. Ограничение количества слоёв связано с объёмом необходимых численных расчётов. Земная поверхность представляется диффузным отражателем. Так же приводится расчёт распределения излучения в консервативном случае [3] – практически полном отсутствии поглощения в среде некоторых линий спектра излучения Солнца.

Применение развитых в [3,4] численных методов и программных математических пакетов позволяет на сегодняшний день учесть большое число членов разложения реальных атмосферных индикатрис (300 и более), что повышает точность приближения рассматриваемой математической модели к реальной Земной атмосфере.

Список публикаций:

- [1] Richards J.A. «Remote Sensing Digital Image Analysis», Springer-Verlag, 1995.
- [2] Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды. Под ред. Рождественца В.Н. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
- [3] Карп А.Н. Radiative transfer through an arbitrarily thick, scattering atmosphere //JQSRT, 1980. V.24, pp.391-406.
- [4] Мулдашев Т.З., Султангазин У.М. Метод сферических гармоник для решения задач переноса излучения в плоскопараллельной атмосфере //ЖВМиМФ, 1986. Т.26, №6. С.882-893.
- [5] Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Теоретические основы атмосферной оптики. – СПб.: Наука, 2003.

Экологический мониторинг окрестностей промышленного города при помощи космических снимков

Кривальцевич Сергей Викторович

Омский Государственный Университет

Дмитриев Владимир Викторович к.ф.-м.н.

Kriser2002@mail.ru

Проблема мониторинга и учета экологической обстановки в промышленных городах и прилегающих территориях, а также её решение, представляет собой одну из важнейших задач современной цивилизации. Экологический мониторинг больших территорий с помощью космических снимков представляет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами.

Предметом нашего исследования была выбрана возможность выявления загрязнения в окрестностях города Омска с помощью космических снимков низкого разрешения. Из литературы известно, что высокая концентрация вредных веществ в воздухе приводит к различным повреждениям и гибели растений и деревьев [1]. Основными источниками загрязнения воздуха и почвы г. Омска и его окрестностях являются ТЭЦ и крупные промышленные предприятия нефтяной и химической промышленности, расположенные на территории города. Город Омск и Омская область расположены на обширной низменной равнине в центре Азиатского материка, перепад высот незначительный. Это позволяет предполагать что основное влияние на интенсивность загрязнения будет оказывать расстояние. Справедливо предположить что центр загрязнения совпадает с территорией города. В Омске большую часть года, с сентября по апрель, преобладает ветер юго-западного направления, а в летние месяцы преобладает ветер северо-западного направления [2]. Из этих данных следует, что основными ореолами загрязнения, на большем удалении от центра, являются территории расположенные на северо-востоке и юго-востоке от Омска.

В работе [3] с помощью обработки снимков за зимне-весенний период выявлен участок зольного загрязнения вокруг города Омска. Результаты этой работы позволяют сделать вывод о распространении загрязнения на территориях расположенных на значительном удалении от города Омска. На основании результатов этого исследования нами предпринята попытка оценить влияние данного типа загрязнения на растительность.

Для этого были выбраны участки близкие по типу растительности (лес, поле, смешанные). В выбранные участки находятся в лесостепной зоне, и отличаются удалённостью и направлением от центра источника загрязнения. Координаты и размеры исследуемых участков был определены с помощью обзорных снимков со спутника IKONOS. В процессе работы осуществлено создание базы данных этих снимков по Омской области и их координатная привязка. Определение степени деградации растительности на данных участках определялась с помощью индекса NDVI. Расчет NDVI производился по космическим снимкам, полученным со спутников серии NOAA, разрешение которых составляет порядка 1 км.

В результате проведенной работы получены зависимости индекса NDVI от удаления и направления от центра загрязнения, создана база данных для обзорных снимков спутника IKONOS и осуществлена их координатная привязка.

Список публикаций:

[1]. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ / Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг, О.В. Глебова и др. – М.: «Наука/Интерпериодика», 2000. – 286 с.

[2]. Климат Омска. Под ред. Ц.Ф. Швер. – Ленинград.: Гидрометеиздат, 1980. – 248 с.

[3]. Дмитриев В.В. Определение зоны ветрового выноса загрязнений в окрестностях Омска по снимкам со спутников серии NOAA // Омский научный вестник. – 2003, №4 С.87-90.

Численные исследования траектории движения звезд в Галактике

Курохтина Наталья Николаевна

Ростовский Государственный Университет

Мишуров Юрий Николаевич

Kfk@phys.rsu.ru

Работа посвящена численным исследованиям траекторий движения звезд в Галактике, возмущенных гравитационным полем галактической волны плотности, ответственной за спиральные рукава, с учетом эффектов коротационного резонанса. Показано, что из-за резонансного взаимодействия со спиральными галактическими волнами в коротации звезды могут испытывать значительные радиальные смещения за достаточно короткое время. Тем самым демонстрируется, что траектория Солнечной системы в галактике далека от круговой.

Использование данных дистанционного зондирования для сопряженного мониторинга территорий Республики Дагестан

Магомедов Багир Игоревич

Дагестанский Государственный Университет

Булаева Нуржсаган Маисовна, д.т.н.

Bulaeva@iwt.ru

Одной из задач, выполняемых в рамках комплексного мониторинга Республики Дагестан, является сбор, обработка и использование данных дистанционного зондирования. Решение данной задачи осуществлялось в рамках разработанной в лаборатории региональной геотермии Института проблем геотермии ДНЦ РАН технологии получения и визуализации цифровых картографических 3D-моделей. Построенные на основе данной технологии 3D-модели (модель Дагестана (1:500000), модель центральной части Дагестанского клина (1:200000), модель города Махачкалы (1:25000) и модель Димитровской площади и прилегающих территорий (1:200000)) могут отображать комплекс различных данных, позволяя тем самым одновременно проводить анализ дистанционных данных и данных по геологии, сейсмике, приповерхностной термосъемке и т.д.

В качестве дистанционных данных были использованы космические изображения с ИСЗ NOAA за период 1996-2003гг. Однако разработанная технология позволит интегрировать в 3D-модель космические снимки и более высокого разрешения (ASTER, MODIS и др.). На основе полученных от Института космических исследований РАН космических снимков был создан динамичный банк дистанционных данных NOAA.

Чтобы визуализировать данные дистанционного зондирования с помощью цифровой 3D-модели, необходимо интегрировать их в модель. Для этого данные надо преобразовать в специальный формат тематической окраски поверхности рельефа 3D-модели – PNT-формат. Данное преобразование осуществляется по следующему алгоритму:

1. Выборка космического изображения из базы данных.
2. Восстановление поверхностной температуры (программа AVHRR). Трансформация в заданную географическую проекцию (программа GREFF).
4. Преобразование в формат PNT. Коррекция PNT-формата.

При первичной обработке дистанционных данных был использован программный пакет лаборатории поддержки космического мониторинга ИКИ РАН (программы AVHRR, GREF и т.д.). Дальнейшая обработка космических снимков производилась с помощью специально разработанных в лаборатории средств интеграции: программного обеспечения, форматов файлов загрузки данных в модель, алгоритма коррекции космических изображений. Для интеграции полученного PNT-файла в 3D-модель и его визуализации используется стандартная библиотека функций OpenGL (рис. 1).

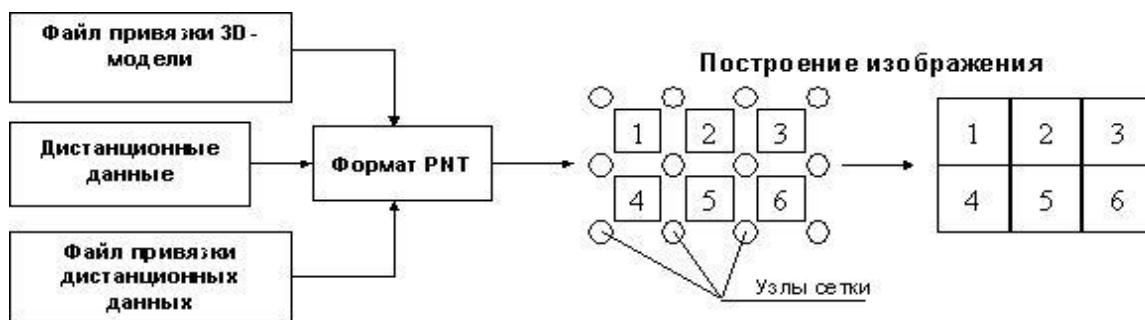


рис. 1. Схема интеграции дистанционных данных в цифровую картографическую 3D-модель.

В результате интеграции и визуализации полученных PNT-файлов в различные 3D-модели была получена серия картин распределения температуры по поверхности, которую планируется объединить вместе с картинками распределения температуры по различным глубинам в единый банк температурных данных по Дагестану. Полученные тепловые картины в совокупности с имеющимися в лаборатории данными по геологии, приповерхностной термосъемке и сейсмике, позволят выявлять различные тепловые аномалии и определять их координаты что поможет проводить более подробные наземные исследования по оценке природных ресурсов и экологического состояния региона.

Поправки к показателям цвета фотометрических систем UBVR и WBVR

Несбытнова Анна Евгеньевна

Волгоградский Государственный Педагогический Университет

Ходыкин Сергей Александрович, к.ф.-м.н.

An2003@pisem.net

Распределение энергии в спектрах звезд, т. е. монохроматическая освещенность, создаваемая звездой на внешней границе земной атмосферы, является одной из важнейших характеристик звездного излучения. Многоцветная фотоэлектрическая фотометрия отличается простотой реализации, высокой точностью и большой проникающей способностью. Активно используемая в практике астрономических наблюдений широкополосная система UBVR, разработанная Джонсоном в 40-50 гг., имеет существенные недостатки, связанные с неопределенностью кривых реакций полос и ошибками методики учета атмосферной экстинкции. Бесселем [1] предложил зафиксировать полосы пропускания с помощью так называемых “бесселевских фильтров” (U, B_x, V_x, R_x) а все выполненные измерения редуцировать на стандартную систему. Данная модифицированная система UBVR получила широкое распространение, особенно в США.

Задолго до предложенной Бесселем модификации, отечественными астрофотометристами была разработана новая фотометрическая система WBVR (фильтры W, B, V, R), лишенная недостатков джонсоновской системы. В Тянь – Шаньской высокогорной экспедиции ГАИШ МГУ были проведены уникальные по своей полноте и точности каталожные WBVR - наблюдения около 15 тысяч звезд (преимущественно, северного полушария) [2].

Широкому распространению системы WBVR препятствует недостаточная информированность астрофотометристов о ее преимуществах и особенностях, в частности, существенное отличие нормированных кривых реакции в полосах W и U.

Целью данного исследования явилось определение поправок (разностей) $\Delta C^{(j)}$ для показателей цвета W-B, B-V, V-R относительно соответствующих показателей U-B_x, B_x-V_x, V_x-R_x для осуществления перехода из одной фотометрической системы в другую. Мы использовали метод синтетических звездных величин.

Согласно принципам гетерохромной фотометрии отклик прибора в *i*-той полосе пропускания шириной $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ за границей атмосферы равен

$$I_i = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) T_i(\lambda) d\lambda \approx \sum E(\lambda_m) T_i(\lambda_m) \Delta\lambda_m,$$

где $E(\lambda_m)$ - значение спектральной плотности энергии, $T_i(\lambda_m)$ - нормированное пропускание в *m* – том диапазоне. Применение процедуры суммирования вместо интегрирования допустимо, поскольку $E(\lambda_m)$ - сглаженное значение спектральной плотности энергии в диапазоне $\Delta\lambda_m$ ($\Delta\lambda_m = 50$ ангстрем). Данные о распределении энергии в спектрах звезд разных спектральных классов для длин волн 3200 – 7600 ангстрем были взяты из [3], а нормированные кривые пропускания $T_i(\lambda)$ - из [1,2].

Поправки к показателям цвета вычислялись по следующим формулам:

$$\Delta C^{(1)} = (W - B) - (U - B_x) = 2.5 \lg \frac{I_B I_U}{I_W I_{Bx}} - \Delta C_0^{(1)}$$

$$\Delta C^{(2)} = (B - V) - (B_x - V_x) = 2.5 \lg \frac{I_V I_{Bx}}{I_B I_{Vx}} - \Delta C_0^{(2)}$$

$$\Delta C^{(3)} = (V - R) - (V_x - R_x) = 2.5 \lg \frac{I_R I_{Vx}}{I_V I_{Rx}},$$

где $\Delta C^{(1,2,3)}$ - постоянные, найденные для непокрашенных звезд - стандартов спектрального класса A0, определяющие нуль - пункт фотометрических систем.

Вычисления были проведены для 140 звезд спектральных классов O – M (по 20 в каждом спектральном классе). Зависимость $\Delta C^{(2)}$ и $\Delta C^{(3)}$ от величины $B - V = x$ хорошо аппроксимируется полиномами четвертого порядка:

$$\Delta C^{(2)} = -0.0081x^4 + 0.0168x^3 + 0.0161x^2 + 0.0368x - 0.0002$$

$$\Delta C^{(3)} = 0.0332x^4 - 0.0442x^3 - 0.0321x^2 + 0.2356x - 0.0001$$

Зависимость $\Delta C^{(1)}$ от $B - V$ имеет гораздо более сложный вид (рис.1). Наши результаты находятся в хорошем согласии с данными из [2], полученными при статистическом сравнении каталогов WBVR и UBVR.

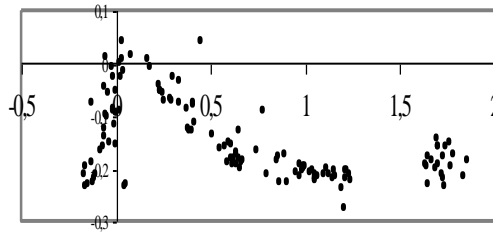


рис.1

Список публикаций:

- [1] Bessell M.S. The UBVR passbands. *The Astrophysical Journal*, **425**, 1185-1205 (1990).
- [2] Труды государственного астрономического института им. П.К.Штернберга. Т.63.:Каталог WBVR-величин ярких звезд северного неба / Под ред. В.Г.Корнилова. -М.: Изд-во Моск. ун-та (1991) – 400 с.
- [3] Спектрофотометрия ярких звезд: Справочник / Под. ред. И.Н.Глушиной. -М.:Наука (1982) – 256 с.

Динамическая эволюция слабовозмущенной двухпланетной системы на космогонических интервалах времени

Чачина Татьяна Сергеевна

Уральский Государственный Университет

Кузнецов Эдуард Дмитриевич, к.ф.-м.н.

Cassiopeia_tanya@mail.ru

Работа посвящена решению одной из основных задач небесной механики - исследованию динамической эволюции планетных систем типа Солнечной. На данном этапе для упрощения математических выкладок и отладки численных методов рассматривается двухпланетная задача. Кроме того, решение именно двухпланетной задачи имеет смысл при рассмотрении динамики внесолнечных планетных систем.

Гамильтониан в общем виде может быть представлен суммой невозмущенной и возмущающей части

$$h = h_0 + \mu h_1,$$

разложение возмущающей функции производится по позиционным и угловым элементам

$$x = \{x_1, \dots, x_6\} = \{\tilde{a}_1, e_1, \tilde{I}_1, \tilde{a}_2, e_2, \tilde{I}_2\}$$

$$y = \{y_1, \dots, y_6\} = \{\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2\}$$

в ряд Пуассона:

$$h_1 = \sum A_{kn} x^k \cos ny.$$

Уравнения движения в средних элементах имеют вид:

$$\frac{dX}{dt} = \{H, X\},$$

$$\frac{dY}{dt} = \{H, Y\}.$$

Ранее при использовании разложений правых частей и функций замены переменных с точностью до второй степени малого параметра для двухпланетной задачи Солнце-Юпитер-Сатурн были получены значения элементов орбит обеих планет на интервале 1 млрд. лет [1]. При этом массы и средние значения больших полуосей были включены в разложения как численные параметры. В данной же работе используются правые части и функции замены переменных с точностью до первой степени малого параметра с символьными значениями масс и средних значений больших полуосей, что дает возможность варьировать массы и большие полуоси обеих планет.

В качестве тестовой используется система Солнце-Юпитер-Сатурн. В ходе интегрирования получены значения элементов орбит для данной системы на интервале 1 млрд. лет, точность вычислений проверялась с помощью интегралов энергии и площадей. Результаты хорошо согласовываются с ранее полученными значениями элементов орбит планет.

Также проведено исследование системы Солнце-Земля-Венера, при отсутствии всех остальных планет, и нескольких произвольных систем. Результаты исследований показали, что произвольная система остается устойчивой при варьировании масс планет в широких пределах.

Список публикаций:

[1]. Т.С. Чачина, Э.Д. Кузнецов. *Эволюция элементов орбит Юпитера и Сатурна на космогонических интервалах времени. Физика космоса. Изд-во Урал. ун-та, 2004. 334 с.*