

Розрахунок фотоіонізаційних моделей світіння небулярного газу від ОС LINUX UBUNTU 10.10 та WINDOWS 7

Мелех Б.Я., Тишко Н.Л., Коритко Р.І.

Кафедра астрофізики Львівського національного університету імені Івана Франка

Наведено результати тестування на швидкість розрахунку типових фотоіонізаційних моделей світіння (ФМС) небулярних об'єктів з різною складністю структури та вмісту елементів під 64-бітними версіями ОС Ubuntu 10.10 (Linux) та Microsoft Windows 7 Ultimate. ФМС розраховувалися за допомогою відкритої програми Cloudy, яка була попередньо відкомпільована під обома вище згаданими ОС за допомогою компілятора GNU C++ 4.5.1. Усі моделі швидше розраховуються під ОС Ubuntu 10.10.

Під час дослідження газопилових комплексів виникає потреба детального розрахунку переносу випромінювання у небулярному середовищі. Найчастіше в астрофізичних задачах необхідно розрахувати методом ФМС небулярного газу [1,2] іонізаційні структури зон НІ (іонізований водень), оболонок планетарних туманностей навколо поодиноких центральних зір, чи гігантських зон НІ навколо компактних областей зореутворення. Цей метод описує випромінювання небулярного газу під дією жорстких ультра-фіолетових квантів з ядра (зорі, чи скупчення зір). На сьогоднішній день актуальною є задача пошуку оптимальної ФМС окремих ділянок протяжного небулярного об'єкту, шляхом відтворення відповідних спостережуваних спектрів. У таких випадках працюють в рамках звичайних геометрій — сферично-симетричної, плоскопаралельної, циліндричної. Тут ми будемо використовувати плоскопаралельну геометрію. Для розрахунку ФМС більшість астрофізиків використовує відкриту програму Г. Ферланда Cloudy (<http://www.nublado.org>) [2]. Тому наші тести ми будемо здійснювати саме на цій програмі.

У даній праці ми поставили собі за мету порівняти швидкість розрахунку ФМС типових небулярних середовищ під x64 ОС Ubuntu 10.10 та Windows 7 Ultimate на одному і тому ж комп'ютері. Тестовий ПК має наступну конфігурацію: CPU: Intel Core i3 550, 3200 MHz; Chipset: Intel Ixeh Peak H55, Intel Ironlake; RAM: Patriot Memory 2 Гб DDR3-1333; HDD: 500.1GB, SATA300, 7200rpm, 16MB Cache. Для компіляції програми Cloudy~08.00 під обома ОС нами був використаний компілятор GNU C++ версії 4.5.1. Для визначення реальних часів розрахунку тестових ФМС під ОС Ubuntu 10.10 використовувалася системна програма time, а під ОС Windows 7— функція gettime.

У Таблиці 1 подана структура рівнів збіжності програми Cloudy [2]. Тут наведено перелік функцій - солверів кожного рівня збіжності разом із статусами відповідних фізичних величин, значення яких визначаються в ітеративний спосіб. В останньому стовпчику подано для кожного рівня збіжності назви тих фізичних величин, які на ньому визначаються.

Таблиця 1. Структура рівнів збіжності програми Cloudy.

Routine	Ionization OTS	Electron density	T_{kin}	Pressure	Trace keyword
ConvPresTempEdenIoniz	Stable	Stable	Stable	Solve	pressure
ConvTempEdenIoniz	Stable	Stable	Solve		temperature
ConvEdenIoniz	Stable	Solve			eden
ConvIoniz	Solve				ioniz
ConvBase	Drive				

У випадку плоско-паралельної геометрії небулярне середовище розбивається на тонкі шари. Зовнішньою межею моделі при цьому може бути іонізаційний фронт (так звані іонізаційно-обмежені моделі), або ж фізична межа туманності (так звані густинно-обмежені моделі). Кожна з тестових ФМС запускалася п'ять разів. У Таблиці 2 наведено усереднені часи розрахунку тестових ФМС під обома вище згаданими ОС.

Таблиця 2. Часи розрахунку ФМС різного рівня складності під ОС Ubuntu 10.10 та Windows 7.

№	Опис тесту	Усереднений час виконання (мс, якщо не вказано)			
		Ubuntu 10.10	Win- dows 7	Δ	δ , %
1	Однозонна модель, стала електронна температура; H, He, O.	773	1366	593	77
2	Іонізаційно-обмежена модель; H, He, O.	8779	9784	1005	11
3	Іонізаційно-обмежена модель; H, He, C, N, O, Ne, Si, Ar, Fe.	6165	7082	917	15
4	Іонізаційно-обмежена модель; 30 хімічних елементів	9264	9955	691	8
5	Густинно-обмежена модель; H, He, O.	1894	2521	627	33
6	Густинно-обмежена модель; H, He, C, N, O, Ne, Si, Ar, Fe.	2299	2942	643	28
7	Густинно-обмежена модель; 30 хімічних елементів	3839	4514	675	18
8	Пошук однозонної ОФМС, стала електронна температура; H, He, O; оптимізатор: Subplex.	7224	7718	494	7
9	Як 8, однак оптимізатор: Phymir.	5900	6448	548	9
10	Пошук іонізаційно-обмеженої ОФМС; H, He, O; о-р: Phymir.	8хв	8хв29с	29с	6
11	Пошук густинно-обмеженої ОФМС; H, He, O; о-р: Phymir.	2хв41с	2хв48с	7.2с.	5

Тести на швидкість розроблені нами в порядку зростання складності моделі. У тесті №1 розраховувалася найпростіша однозонна модель з заданою електронною температурою. При заданій концентрації газу тиск у такому випадку відомий. Отже, тут відсутня робота двох зовнішніх солверів, а однозонність виключає повторення запусків відповідних солверів для наступних шарів. У тестах №2—4 розраховуються іонізаційно-обмежені моделі з різною кількістю хімічних елементів. Збільшення кількості хімічних елементів має два наслідки: 1) збільшується кількість рівнянь (час розрахунку зростає); 2) зростає оптична товщина туманності, що

приводить до зменшення іонізованої області (час розрахунку зменшується). Як видно з Табл. 2, збільшення кількості хімічних елементів від 3-ох до 9-ти під обома ОС дало домінацію другого наслідку, а від 9-ти до 30-ти — першого. У тестах №5—7 розраховуються густинно-обмежені моделі. Ці моделі мають однакову товщину оболонки. Це приводить до монотонного зростання часу розрахунку. У тестах №1—7 спектр іонізуючого випромінювання задавався чорнотільним з ефективною температурою $T_{\text{eff}}=40000\text{K}$. Концентрація водню приймалася сталою і рівною $n(\text{H})=95826\text{ см}^{-3}$. Іонізаційний параметр, який тут визначає кількість іонізуючих квантів, що входять в туманність, приймалася рівним $\log\Phi = -3$. Хімічний склад задавався рівним Сонячному. У тестах №8—11 ми підключаємо алгоритм пошуку оптимальної ФМС (ОФМС). Параметрами підгонки є інтенсивності випромінювання в діагностичних емісійних лініях, а вільними параметрами — T_{eff} та $n(\text{H})$. У тестах №8—9 на прикладі пошуку ОФМС з найпростіших ФМС ми порівнюємо різні алгоритми оптимізації. Бачимо, що під обома ОС швидше працює алгоритм `Phymir[3]`. У тестах №10—11 порівнюються також часи пошуку ОФМС з густинно-іонізаційно-обмежених ФМС відповідно. Густинно-обмежені ФМС мають менші розміри (кількість шарів), а отже розраховуються швидше.

З Табл. 2 видно, що ОС Ubuntu у всіх тестах випереджує ОС Windows. Виграш 77% у першому тесті можна пояснити кращою продуктивністю файлової системи EXT4 у порівнянні з NTFS, оскільки тут час розрахунку (ЧР) є співмірним з часом завантаження тесту в пам'ять. Зі збільшенням ЧР “відставання” Windows від Ubuntu зменшується. Якщо пересортувати тести в порядку зростання ЧР, то буде видно, що зменшення δ із збільшенням ЧР носить монотонний характер у випадку нехтування даними тестів з пошуком ОФМС (№8—11). Однак, різниця часів виконання тестів №10 та №11 у випадку обох ОС – значна, що збільшує достовірність зміни характеру поведінки δ із збільшенням ЧР. З іншого боку, для остаточної впевненості необхідно розрахувати більш довготривалі тестові задачі з пошуку ОФМС, що ми й плануємо зробити найближчим часом разом з розширенням парку ОС, апаратної архітектури ПК та компіляторів.

Програма Cloudy широко використовується як базова під час наукових досліджень та при підготовці студентів-астрофізиків у різних вищих навчальних закладах світу. Тому отримані нами результати тестування можна розцінювати як рекомендаційні щодо вибору оптимальної ОС для інтенсивних та довготривалих розрахунків ФМС небулярних середовищ.

Література

1. Головатый В. В. Современная фотоионизационная модель свечения планетарной туманности. Краткое описание / Головатый В. В., Мальков Ю. Ф. — К., 1991. — 41с. (Препр./ АН УРСР Ін-т теор. фізики; 91-66Р).
2. Ferland G. J. Hazy, a Brief Introduction to Cloudy.—2008—450P.(
3. P.A.M. van Hoof Photo-Ionization Studies of Nebulae. Ph.D. thesis (Rijksuniversiteit Groningen. — 1997).