

**VII Российская олимпиада школьников  
по астрономии и физике космоса**

г. Белгород,  
7-13 апреля 2000 г.

URL: <http://www.issp.ac.ru/iao/russia/2000/>, e-mail: [univer@issp.ac.ru](mailto:univer@issp.ac.ru)

**Условия задач для 10-11 класса. Второй тур.**

7. «Старение фотонов» (творческая задача).

Вам, должно быть, известно, что в спектрах далёких галактик наблюдается красное смещение, причём оно тем больше, чем дальше от нас расположена галактика. В настоящее время это объясняется в рамках модели расширяющейся Вселенной, согласно которой галактики удаляются от нас с относительной скоростью  $V = HR$  (где  $H = 75$  км/с / МПк - постоянная Хаббла,  $R$  – расстояние до галактики), а красное смещение - результат связанного с этой скоростью эффекта Доплера.

Однако, некоторое время назад была распространена гипотеза, что красное смещение в спектрах далёких галактик связано не с эффектом Доплера, а со «старением фотонов». Идея этой гипотезы такова, что с течением времени фотоны теряют свою энергию (то есть их энергия уменьшается по закону  $E = E_0 \cdot e^{-t/T}$ , где  $t$  - время существования фотона, а  $T$  - некоторая константа). Таким образом просто получается, что свет от далёких галактик идёт очень долго, за это время фотоны теряют часть своей энергии, т.е. «краснеют».

Рассмотрите гипотетическую ситуацию: пусть фотоны действительно стареют, причём стареют в 1000 раз быстрее, чем это следует из наших наблюдений (то есть,  $\Delta E/\Delta t$  в 1000 раз больше, чем у нас). В частности, рассмотрите такие вопросы:

Какие теории эволюции Вселенной могли бы существовать в этом случае. Что бы изменилось в теории расширяющейся Вселенной? Догадались ли бы учёные, что существует именно старение фотонов? И т.д.

Учтите, что современные приборы, измеряющие лучевые скорости по эффекту Доплера, фиксируют эти скорости с точностью вплоть до нескольких метров в секунду (скажем, 3 м/с).

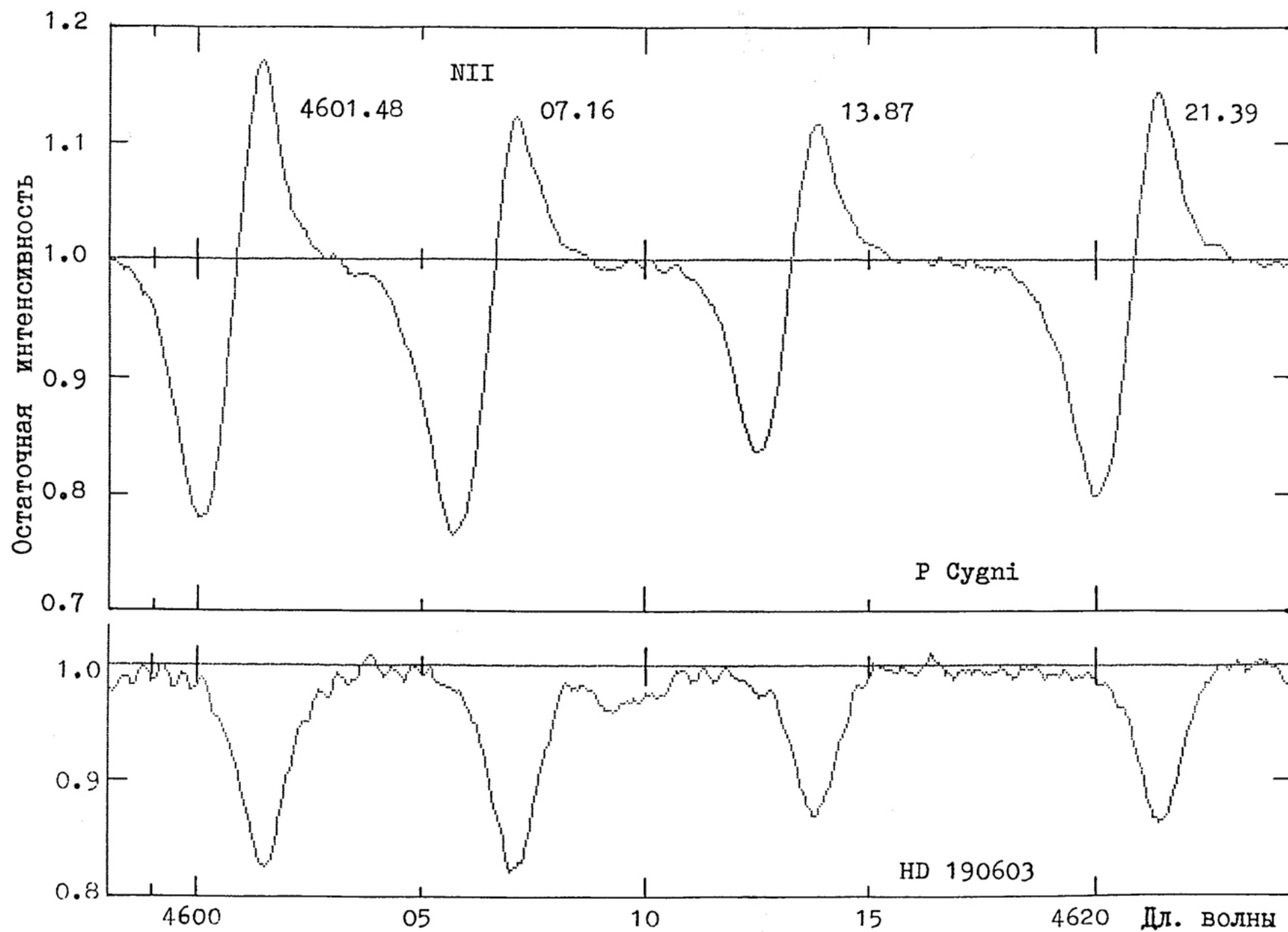
8. «Звёздный ветер **Р** Лебеда» (практическая задача). Это задание посвящается 400-летию открытия самой знаменитой из звёзд, активно теряющих вещество.

18 августа 1600 г. голландский картограф и математик Виллем Блау (тот самый, что написал «Космографию», по которой учился Пётр I) обнаружил в Лебеде новую звезду. В XVII веке её блеск дважды возрастал до 3-й и падал до 6-7-й величины, но с начала XVIII века менялся мало и до сих пор остаётся близким к 5-й величине. В 1886 г. Пикеринг привлек внимание к необычному спектру **Р** Лебеда.

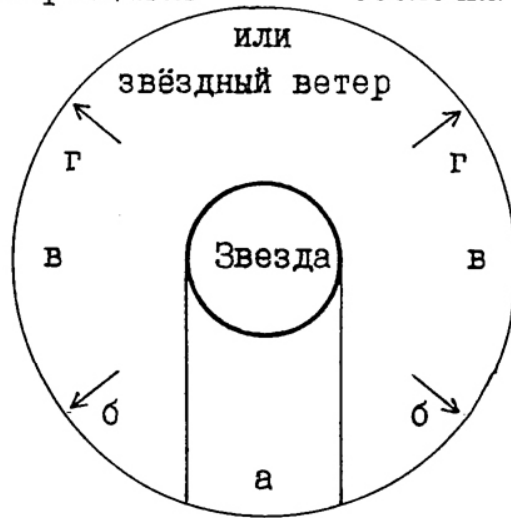
Перед Вами небольшой его участок с четырьмя линиями ионизованного азота и тот же участок, взятый из спектра HD 190603, – звезды, близкой к **Р** Лебеда по температуре и светимости. Оба спектра получены с помощью спектрографа в фокусе кудэ 1-м телескопа САО РАН. В спектрах большинства звёзд (в том числе и HD 190603) наблюдаются линии поглощения, абсорбции (в них интенсивность излучения ниже уровня излучения в непрерывном спектре), а в спектрах туманностей и некоторых звёзд с протяжёнными оболочками – линии излучения, эмиссии. В спектре **Р** Лебеда почти все линии абсорбционно-эмиссионные. Их профили так и называют: "профили типа **Р** Лебеда".

а) Пользуясь прилагаемой простейшей схемой расширяющейся оболочки (звёздного ветра) объясните специфическую форму "профилей типа **Р** Лебеда". Поставьте нужными буквами части профиля, формирующиеся в соответствующих частях оболочки.

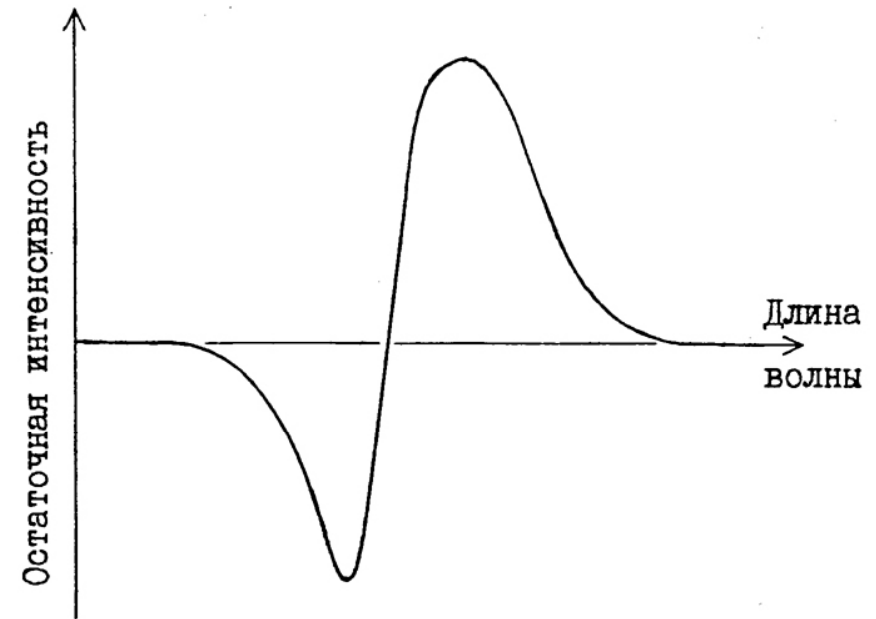
б) По прилагаемому фрагменту спектра оцените скорость звёздного ветра **Р** Лебеда. Шкала длин волн (в ангстремах) дана для неподвижного источника. Каждое из делений слева соответствует 1Å.



Расширяющаяся оболочка



▽  
Наблюдатель



Простейшая модель звёздного ветра,  
объясняющая профили "типа Р Лебедя"