

**Формирование естественнонаучной грамотности
при изучении курса астрономии**

<p>А. Ю. Пентин, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий центром естественнонаучного образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», pentin@mail.ru</p>	<p>A. Yu. Pentin, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Head of the Centre for Science Education, Federal State Budget Scientific Institution "Institute for Strategy of Education Development of the Russian Academy of Education", pentin@mail.ru</p>
<p>Ключевые слова: астрономия, естественнонаучное образование, естественнонаучная грамотность, учебные задания.</p>	<p>Key words: astronomy, science education, scientific literacy, educational tasks.</p>
<p>Вновь введенный на ступени среднего общего образования предмет «астрономия» должен обладать всеми признаками полноценной естественнонаучной дисциплины, то есть предусматривать организацию тех видов учебной деятельности, которые присущи естественным наукам. Это объяснение явлений, работа с наблюдательными данными, построение научных доказательств и др. В данной статье в качестве средств формирования естественнонаучной грамотности при изучении астрономии рассматриваются некоторые типы учебных заданий. Даются методические комментарии к этим заданиям и обсуждаются форматы их использования в учебном процессе.</p>	<p>Re-introduced in secondary General education subject "astronomy" must have all the attributes of a proper science subject, that is, to provide for the organization of the learning activities that are inherent to the natural Sciences. These are explanation of the phenomena, working with observational data, the construction of scientific evidence, etc. In this article as a means of formation of scientific literacy in the study of astronomy deals with some types of learning tasks. Given the methodological comments to these tasks and discuss the formats and their use in the educational process.</p>

Возвращение астрономии в число учебных предметов, изучаемых в качестве обязательных в 10-11 классах, ставит непростые задачи определения современного содержания этого предмета и построения методики его преподавания, обеспечивающей организацию активной познавательной деятельности школьников. Задачу определения современного содержания можно считать отчасти решенной после разработки обязательного минимума содержания образовательных программ по астрономии для базового уровня в рамках Федерального компонента (ФК) государственного образовательного стандарта [1]. Требования к уровню подготовки выпускников по астрономии, также подготовленные в рамках ФК, в общих чертах задают и направления деятельности учащихся, поскольку в требованиях определены умения, формируемые в ходе деятельности [1]. Однако остается вопрос о способах организации необходимых видов деятельности и формирования соответствующих умений. В данной статье будет рассмотрен один из таких подходов, а именно, работа учащихся с учебными заданиями астрономического содержания, направленными не просто на освоение учебного материала, но и на формирование общей естественнонаучной грамотности.

Учебные задания и дискуссии как средства формирования естественнонаучной грамотности

Проблемы естественнонаучной грамотности (далее ЕНГ) и методах ее формирования рассматривались в большом количестве работ, (см., например, обзор [2]), включая публикации с участием автора данной статьи [3, 4]. В настоящее время ЕНГ – понятие, которое используется всем мировым образовательным сообществом. Это понятие является ключевым и в новой российской Концепции содержания и методов преподавания предметной области «естественнонаучные предметы». Каков смысл ЕНГ? В большинстве стран мира, включая Россию, используется следующее определение:

«Естественнонаучная грамотность – это способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с развитием естественных наук и применением их достижений, а также его готовность интересоваться естественнонаучными идеями. Естественнонаучно грамотный человек стремится участвовать в аргументированном обсуждении проблем, относящихся к естественным наукам и технологиям, что требует от него следующих компетентностей:

- научно объяснять явления;
- понимать основные особенности естественнонаучного исследования;
- научно интерпретировать данные и использовать научные доказательства для получения выводов».

На этом понимании ЕНГ, в частности, строится международное сравнительное исследование PISA [5], в котором оценивается ЕНГ 15-летних учащихся разных стран. Однако задача формирования ЕНГ не теряет своей актуальности и в старших классах, особенно если речь идет об изучении того или иного естественнонаучного предмета на базовом уровне. Что касается изучения предмета на углубленном уровне, то оно в большей степени ориентировано на серьезное освоение соответствующей научной дисциплины и продолжение образования в данной области.

Участие астрономии в формировании ЕНГ должно также лишний раз подчеркнуть, что это именно *естественнонаучный* предмет, тесно связанный прежде всего с другим естественнонаучным предметом – физикой. Это значит, что астрономии должен быть присущ исследовательский дух науки, попытка понять и объяснить сущность рассматриваемых явлений, критическое отношение к получаемой информации. Поэтому все те компетентности, которые характеризуют ЕНГ, в полной мере должны относиться и к астрономии.

Рассмотрим, как каждая из компетентностей ЕНГ может формироваться на материале учебных заданий с астрономическим содержанием.

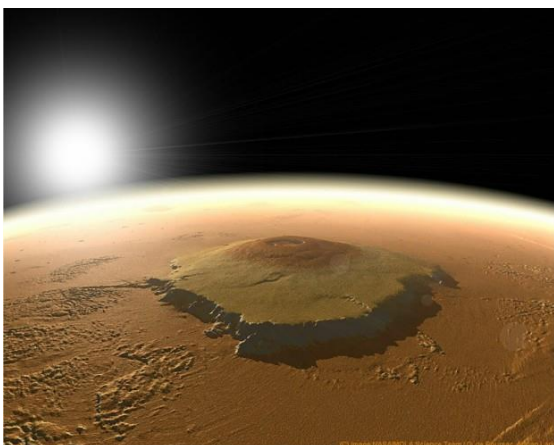
1. Научное объяснение явлений.

При изучении раздела «Солнечная система» учащимся могут быть предложены следующие задания (взяты из [6]).

Пример 1

«Самая высокая гора в Солнечной системе – потухший вулкан Олимп на Марсе, высота которого 27 км. Попробуйте предположить, почему именно на планете Марс находится самая высокая гора Солнечной системы».

(Фотография с сайта: <http://mirfactov.com/olimp-samaya-vyisokaya-gora-v-solnechnoy-sisteme/>)



Пример 2

«Советская межпланетная автоматическая станция Венера-13, спустившаяся на Венеру в 1982 г., зафиксировала звук грома. Почему ни на Луне, ни на Марсе, куда также спускались космические аппараты, звуки грома регистрироваться не могли?»

Оба задания имеют непосредственную связь с физикой и вместе с тем подразумевают анализ данных о планетах Солнечной системы. Задание из примера 1 предполагает поиск возможного объяснения в гравитационных силах, которые стремятся «сгладить неровности» на поверхности планет. Чем больше масса планеты, тем сильнее гравитация и тем меньше должны быть отклонения в виде гор от гладкой сферической поверхности. Речь, впрочем, идет об относительных отклонениях, так как если планета очень мала, как например Луна или Меркурий, то при больших относительных отклонениях абсолютное значение высоты горы может быть меньше, чем у более массивной планеты. Таким образом, планета с самой высокой горой в сравнении с другими планетами, имеющими горы, должна быть не самой большой и не самой маленькой, чему примерно соответствует Марс. Планеты-гиганты Солнечной системы вообще не могут иметь гор, так как это газовые планеты, которые не имеют твердой поверхности. Хотя задание из примера 1 и не имеет однозначного ответа оно, во-первых, заставляет рассуждать о физических факторах геолого-астрономических явлений (горообразование на планетах), а во-вторых, создает стимул для целенаправленного сравнительного анализа характеристик планет.

Похожий смысл имеет и пример 2. Его физическая часть – необходимость среды для распространения звука. И вновь это исходное понимание физической стороны дела заставляет обратиться к сравнению некоторых характеристик упомянутых небесных тел: Венеры, Марса, Луны. А именно, к вопросу о наличии или отсутствии у них атмосферы. Убедившись (или вспомнив), что на Луне атмосферы вообще нет, а на Марсе она имеет

очень низкую плотность, в то время как на Венере ее плотность, наоборот, очень высока (почти в 100 раз больше, чем у поверхности Земли), можно ответить на вопрос задания.

Вообще говоря, подобные задания могут использоваться как по ходу (а также по итогам) изучения планет Солнечной системы, так и на начальном этапе изучения этого раздела. В первом случае они могут использоваться как на уроке, так и в качестве домашнего задания, а также включаться в какую-то проверочную работу; при этом учащиеся должны иметь свободный доступ к информации о планетах. Во втором случае задания играют роль исходной мотивирующей проблемы для последующего прицельного поиска данных о планетах. Эти задания могут обсуждаться в формате всего класса и/или по группам с выдвижением объясняющих гипотез и фиксацией того, какие характеристики планет нужны для решения проблемы. Тогда дальнейшее изучение планет Солнечной системы как бы становится осуществлением плана по получению недостающих данных.

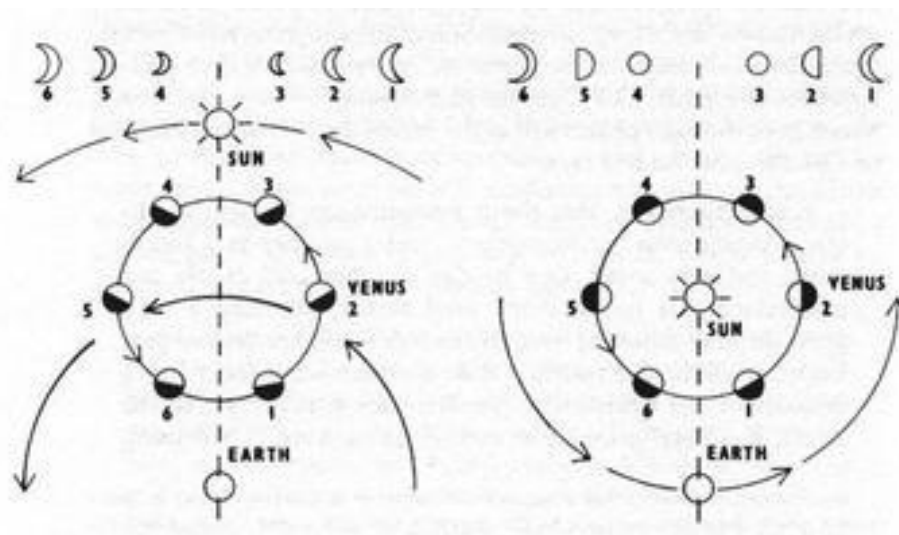
2. Понимание особенностей естественнонаучного исследования.

Применение научных методов исследования в астрономии имеет ту особенность, что астрономические объекты нельзя изучать непосредственно в условиях лабораторного эксперимента. В остальном все элементы естественнонаучного метода познания присущи и астрономии. В ней также исходят из первичных наблюдательных данных, предлагаются гипотезы, модели и теории для их интерпретации, которые, в свою очередь, должны быть подтверждены новыми наблюдениями. При этом современные астрономические наблюдения требуют самой изощренной экспериментальной техники, а обработка их результатов – самых мощных компьютеров.

Что касается школьных заданий по астрономии, то в них важно акцентировать внимание именно на общей методологии научного исследования, которая «работает» в астрономии так же, как и в других естественных науках.

Пример 3 [6]

«В 1610 году Галилей впервые наблюдал в телескоп фазы Венеры, т.е. периодически меняющееся освещение планеты Солнцем. На схематическом рисунке (взято из [7]) показано, как объясняются фазы Венеры в гелиоцентрической и геоцентрической системах.



Вопрос 1

Опишите, в чем состоят главные различия предсказаний гелиоцентрической и геоцентрической моделей для наблюдаемых фаз Венеры?

Вопрос 2

Объясните, почему наблюдение Галилеем фаз Венеры стало одним из решающих аргументов в пользу гелиоцентрической модели?»

Это задание основано на классическом эпизоде из истории науки, когда данные астрономических наблюдений стали весомым аргументом в пользу одной из двух конкурирующих моделей строения Вселенной. И не случайно главную роль в этом эпизоде сыграл Галилео Галилей, который считается одним из основоположников научного метода познания. В эпоху Галилея изготовленный им телескоп также можно было считать наиболее совершенным наблюдательным прибором, что только и позволило обнаружить факты, подтверждающие одну модель и опровергающие другую. Учащимся по рисункам предлагается сформулировать, чем принципиально отличаются предсказания, или следствия, двух моделей (вопрос 1), и домыслить, что Галилей наблюдал именно вторую картину, которая «работала» в пользу гелиоцентрической модели. Подобные задания демонстрируют учащимся важную идею: любая гипотеза имеет право на существование до тех пор, пока она не опровергнута наблюдениями или фактами. Это касается и такой, кажущейся сегодня мифом идеи, как геоцентрическая система мира.

Пример 4

В статье, опубликованной в научно-популярном журнале «В мире науки», есть следующий фрагмент:

«Массивные звезды излучают ультрафиолетовый и голубой свет, тогда как звезды малой массы – желтый и красный. Если красное смещение далекой галактики известно, астрономы могут определить ее истинный спектр. Тогда, измерив полное ультрафиолетовое излучение галактики, исследователи могут оценить количество массивных звезд, которые живут всего лишь несколько десятков миллионов лет – краткий миг по галактическим стандартам. Если темп звездообразования замедляется, количество массивных звезд быстро снижается, поскольку они умирают вскоре после своего рождения. В нашей Галактике, вполне рядовой современной спиральной системе, количество наблюдаемых массивных светил указывает на то, что звезды формируются со скоростью несколько солнечных масс в год. Однако в галактиках с большим красным смещением темп рождения звезд в 10 раз выше».

Вопрос 1

Каким образом исследователи могут оценить относительное количество массивных звезд в галактике? *(По интенсивности ультрафиолетового излучения галактики.)*

Вопрос 2

Почему они могут при этом судить и о темпе звездообразования? *(Если в галактике меньше доля массивных звезд, значит, они реже образуются, а значит, реже образуются звезды любой массы.)*

Вопрос 3

На основании чего можно утверждать, что в современной Вселенной темп звездообразования ниже, чем был на более ранних стадиях ее эволюции? *(Большее красное смещение соответствует более ранним стадиям эволюции Вселенной.)*

Это задание демонстрирует, как тесно взаимосвязаны в процессе получения новых астрономических знаний собственно сами наблюдательные методы и способы интерпретации результатов наблюдений. Учащимся предлагается, основываясь на тексте, воспроизвести логику исследования, которая приводит к выводу о разнице в скорости звездообразования в современной и более «молодой» Вселенной. Однако для этого им надо не только внимательно прочитать текст, но и привлечь дополнительные знания и соображения. В скобках в конце каждого вопроса приведены ключевые аргументы, которые должны содержаться в ответе. И если ответ на первый вопрос попросту можно найти в тексте, то для ответа на второй вопрос надо допустить, что скорость образования массивных звезд в галактике пропорциональна скорости образования звезд любой массы,

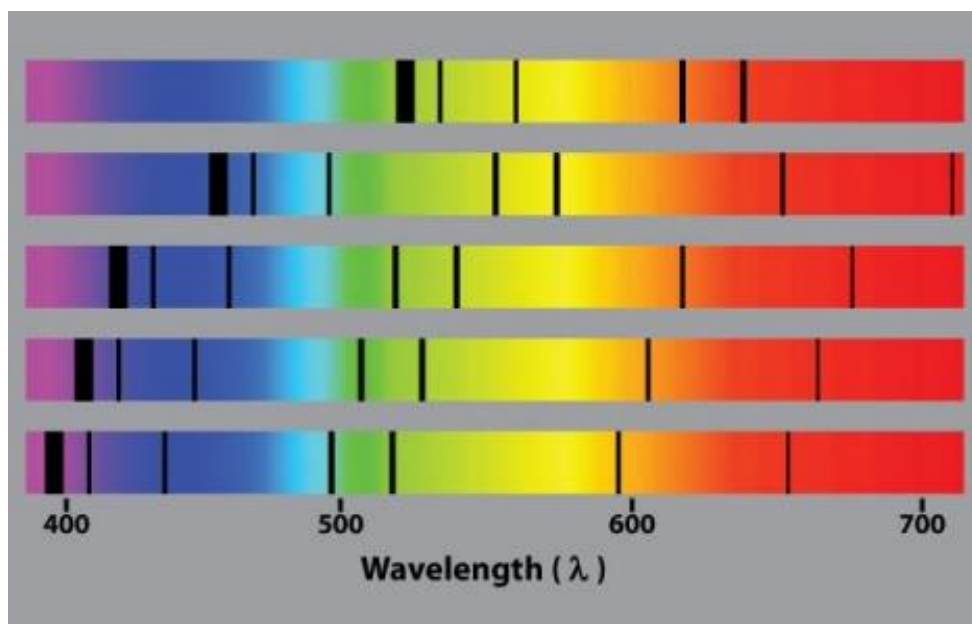
а для ответа на второй вопрос надо знать, что большее красное смещение соответствует более удаленным галактикам, а следовательно, и более ранним стадиям эволюции Вселенной.

3. Интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов.

Эта компетентность ЕНГ включает такие умения, как интерпретация данных в виде графиков, таблиц, диаграмм, фотографий, включая взаимные преобразования различных форм представления информации. Результатом такой интерпретации становится некий вывод, которому предшествует более или менее длинная цепочка доводов, опирающихся на научные знания и понятия. Безусловно, все это в полной мере касается и астрономии, оперирующей огромными массивами данных, которые требуют своей интерпретации. Ниже приведены два примера заданий, относящихся к этой компетентности.

Пример 5

На фотографии показаны спектры поглощения четырех галактик, находящихся на разных расстояниях от Земли. Самый нижний спектр для газа с тем же составом получен в лабораторных условиях.



Вопрос 1

Приближаются или удаляются от Земли галактики, спектры которых приведены на фотографии? Объясните свой ответ.

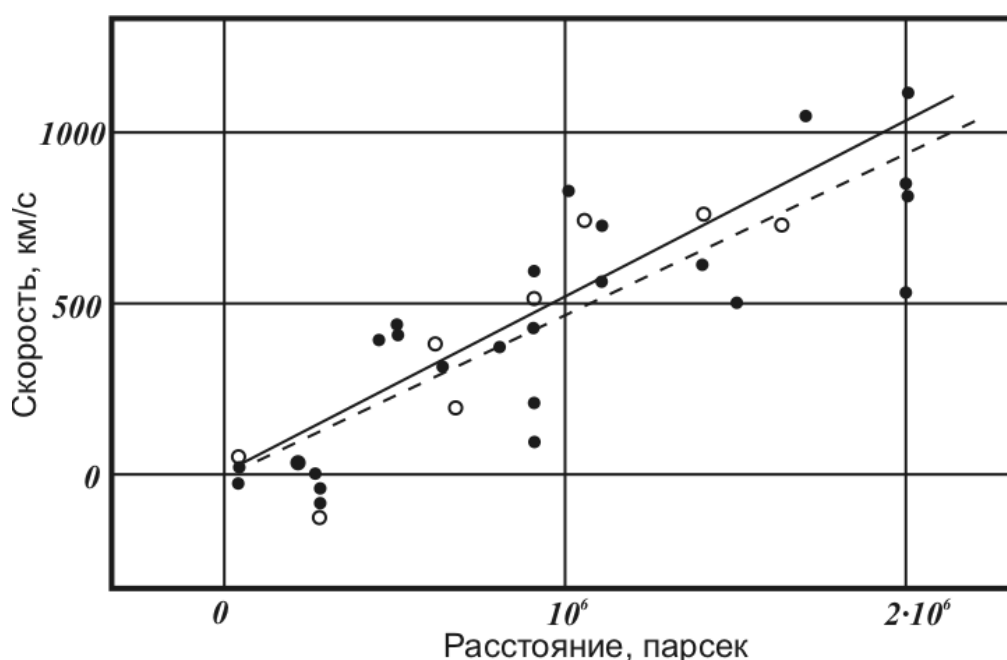
Вопрос 2

Пронумеруйте четыре спектра (кроме нижнего) от 1 до 4 в порядке увеличения расстояния от Земли до галактики (1 – самая близкая и т.д.). Обоснуйте свое решение.

Это задание достаточно простое, если учащиеся уже имеют представление о том, что такое красное смещение и какова взаимосвязь между величиной красного смещения, скоростью «убегания» галактики и расстоянием, на котором она находится (закон Хаббла). Однако особенность задания в том, что учащимся предлагается работать с первичными данными (спектрами), из которых надо извлечь необходимую информацию, сформулировать ее вербально (*красное смещение увеличивается при переходе от нижних спектров к верхним*), а уже затем дать ответы на вопросы задания, опираясь на знания.

Пример 6

Ниже приведен график из оригинальной работы Эдвина Хаббла (1929 г.), на котором представлены скорости далеких источников звездного света в зависимости от их расстояния до нас. Сплошная линия и черные кружки соответствуют отдельным звездам. Штриховая линия и белые кружки относятся к звездным скоплениям.



В британском учебнике [7] к этому графику отнесены следующие вопросы:

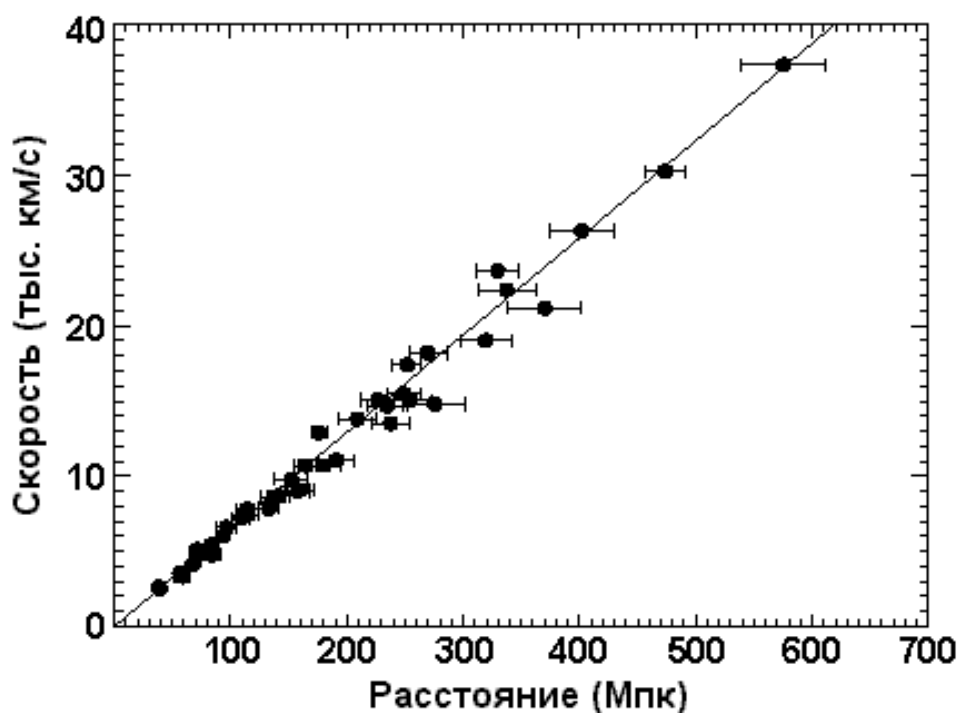
Вопрос 1

«Как вы думаете, почему не все точки на графике Хаббла хорошо ложатся на проведенную прямую? (Подсказка: Рассмотрите допущения, которые сделал Хаббл при оценке расстояний и скоростей.)»

Вопрос 2

«Был ли Хаббл «хорошим ученым», когда утверждал, что существует взаимосвязь между расстоянием и скоростью?»

Оба вопроса выглядят довольно необычно для школьных учебных заданий, поскольку можно подумать, что учащимся предлагается критически посмотреть на результаты Хаббла. Действительно, дидактический смысл этих заданий отчасти и состоит в формировании критического мышления. Но не в меньшей степени он состоит в том, чтобы показать, насколько непростой иногда бывает интерпретация наблюдательных или экспериментальных данных, как зависит она иногда от точности измерений и интуиции ученого. Действительно, Хаббл надо было проявить большую смелость, чтобы увидеть линейную зависимость в этих разбросанных точках и тем самым «угадать» один из фундаментальных законов космологии. Это тем более удивительно, что, как впоследствии оказалось, первоначальные данные Хаббла для расстояний до большинства галактик были ошибочными. Вообще говоря, эта дополнительная информация также может быть включена в задание, как и график с современными данными (например, из [8]).



На сравнении двух графиков может строиться и самостоятельное задание, в котором учащимся предлагается оценить возраст Вселенной (время до Большого взрыва) по обоим

графикам и подумать о причинах расхождений. Объяснение причины расхождений может быть и предметом информационного поиска в интернете.

Таким образом, вопрос в британском учебнике не имеет однозначного ответа. С одной стороны, у Эдвина Хаббла, возможно, не было достаточных оснований для такой интерпретации своих довольно противоречивых данных. С другой, он оказался не просто «хорошим», а гениальным ученым, когда увидел в этих данных закономерность, позже подтвержденную гораздо более точными измерениями, в том числе и его собственными. Подобное обсуждение в классе также может быть формой работы с заданиями по графику Хаббла.

4. Формирование отношения к науке.

Важнейшим результатом современного школьного естественнонаучного образования, наряду со знаниями и умениями, должно быть заинтересованное отношение учащихся к науке [9, 10]. Именно отношение оказывается необходимым «ингредиентом», который превращает знания и умения в компетентность, то есть не только в способность, но и готовность к осмысленному действию в определенной сфере. Это отражено в первой части определения ЕНГ, приведенного в начале статьи:

«Естественнонаучная грамотность – это способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с развитием естественных наук и применением их достижений, а также его готовность интересоваться естественнонаучными идеями. Естественнонаучно грамотный человек стремится участвовать в аргументированном обсуждении проблем, относящихся к естественным наукам и технологиям...».

Таким образом, формирование отношения является одной из главных целей любой программы естественнонаучного предмета, включая, разумеется, и астрономию. Средством формирования отношения может быть погружение учащихся в современную научную проблематику, знакомство с последними открытиями в астрономии, обсуждение научных вопросов, имеющих общественное значение. Ниже приводится еще один пример из британского учебника [7], в котором при изучении астрономического материала предлагается следующая тема для дискуссии.

Пример 7.

«Строительство огромных телескопов на Земле и размещение космических телескопов, таких как телескоп «Хаббл», на околоземной орбите стоит сотен миллионов

долларов. Приведите аргументы за и против огромных финансовых затрат на астрономические исследования. Считаете ли вы, что это направление научных исследований должно поддерживаться правительством?»

Эта тема дискуссии характерна для того подхода к естественнонаучному образованию, когда, помимо достижения собственно предметных результатов, ставятся задачи развития критического мышления, формирования ответственной гражданской позиции и таких качеств, как умение обосновывать свою точку зрения и вместе с тем способность выслушивать и учитывать другое мнение. При этом важно, что сама возможность дискутировать на подобные темы основывается на знаниях. Например, о том, какой выигрыш для получения новых данных дает увеличение размеров телескопа или размещение телескопа на околоземной орбите. Или: какие открытия в астрономии были сделаны с помощью телескопа «Хаббл» и как они изменили картину Вселенной. Такие знания могут быть получены не только и не столько из учебника или рассказа учителя, сколько из информационных источников в интернете самими учащимися.

Разумеется, могут быть предложены и другие темы. Например: «Есть ли смысл вести поиски внеземного интеллекта? И что произойдет, если он вдруг будет обнаружен?» Или: «Стали бы вы на месте депутата голосовать за финансирование дорогостоящей экспедиции на Марс? Приведите аргументы за и против». И здесь снова необходимо повторить, что любая из таких дискуссий должна основываться на осведомленности, на знаниях, а следовательно, депутат вы или обычный гражданин, необходимо обладать каким-то уровнем естественнонаучной грамотности, чтобы компетентно участвовать в обсуждении таких вопросов.

Заключение

В данной статье сделана попытка показать, какие задания современного типа могут быть предложены при изучении нового-старого предмета «астрономия» в старшей школе. По мнению автора подобные задания, как оригинальные, так и взятые из других источников, могут быть полезны не только сами по себе (например, для оценивания или диагностики знаний и умений), но и как «поводы» для организации различных видов учебной деятельности. Почти каждое из них годится для коллективной формы решения проблем, включая обмен идеями, критический анализ, обоснование собственной позиции, быстрый поиск нужной информации (в случае необходимости). В этом случае подобные задания способствуют не только формированию ЕНГ школьников, но и реализации требований ФГОС в части метапредметных и личностных образовательных результатов. Однако, как уже указывалось во введении, главная цель изучения того или иного

естественнонаучного предмета в школе, состоит не в выполнении некоторых нормативных или дидактических требований, а в поддержании или пробуждении интереса молодых людей к науке, приобщении к духу научного исследования, результатом которого становятся наши знания о мире и о самих себе.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 июня 2017 г. № 506 «О внесении изменений в федеральный компонент государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования, утвержденный приказом Министерства образования Российской Федерации от 5 марта 2004 г. № 1089.
2. Science Literacy: Concepts, Contexts, and Consequences. Washington, DC: The National Academies Press. 2016.
3. Пентин А.Ю. Некоторые направления модернизации содержания естественнонаучных предметов основной школы: формирование естественнонаучной грамотности // В сб. «Опыт преподавания естествознания в России и за рубежом». – М.: ИНФРА-М. 2015. С. 78-105.
4. Пентин А.Ю., Заграничная Н.А., Паршутина Л.А. Формирование и диагностика естественнонаучной грамотности: комплексные межпредметные задания с химической составляющей // Народное образование. 2017. №1-2 (1460). С. 136-143.
5. Основные результаты международного исследования PISA-2015 (краткий отчет на русском языке). / На сайте Центра оценки качества образования Института стратегии развития образования РАО: <http://centeroko.ru>.
6. Кривченко И.В., Пентин А.Ю. Физика: учебник для 9 класса. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2014.
7. AS Science for Public Understanding. Heinemann Educational Publishers. Nuffield Foundation. 2000.
8. Tuner M.S., Tyson A. Cosmology at the Millennium // Rev.Mod.Phys.71:S145-S164, 1999.
9. Schleicher A., Ramos G. Global competency for an inclusive world // OECD, 2016. URL: <https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/Global-competency-for-an-inclusive-world.pdf>
10. Science syllabus. Lower secondary. Express/Normal (Academic) 2013. Ministry of Education, Singapore.