

Работа с
**БОЛЬШИМИ
ИДЕЯМИ**
научного образования

Под редакцией Wynne Harlen

и при сотрудничестве: Derek Bell, Rosa Devés,
Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna,
Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell и Wei Yu

Working with Big Ideas of Science Education

Edited by Wynne Harlen

with Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi,
Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna,
Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell and Wei Yu

© Wynne Harlen, 2015

Translated by Nadezda Polianovica, 2019

We thank Nadezda Polianovica, Rigas Klasiska gimnazija, for the Russian translation of this text.

Translation reviewed by:

Nurzhan Zhagypar, student, Faculty of Nanomaterials and Nanotechnology, Faculty of Physics and Technology, Lev Gumilyov National State University 2, Kazakhstan.



**Опубликовано InterAcademy Partnership (IAP) в рамках
Программы научного образования (SEP)**

<http://www.interacademies.org/26703/Working-with-Big-Ideas-of-Science-Education>

IAP - c/o ICTP campus - Strada Costiera, 11 - 34151 - Trieste - Italy

www.interacademies.net

iap@twas.org

ISBN 9788894078480

© Wynne Harlen 2015

Копирование и перевод данной публикации могут быть выполнены без определенной платы или разрешения, но с надлежащим указанием ссылок и авторских прав.

Работа с БОЛЬШИМИ ИДЕЯМИ научного образования

Предисловие

Резюме	1
1 Введение и обоснование	3
Введение	
Обоснование	
Сложности	
Преимущества для общества и индивидов	
2 Принципы	7
3 Возврат к большим идеям: диапазон, объем и определение	11
Диапазон	
Объем	
Определение больших идей	
4 Прогресс в развитии больших идей	18
Концепции развития	
Описание прогресса в понимании больших идей	
5 Работа с большими идеями	34
Возможности для всех учащихся	
Содержание программы	
Педагогика	
Оценивание	
Выводы	
6 Применение больших идей	45
Большие идеи в национальных образовательных программах	
Понимание больших идей учителями	
Формативная оценка процесса обучения большим идеям	
Заключительные комментарии	
Участники семинара	53
Список литературы	57

Предисловие

В 2009 году состоялся международный семинар при участии группы экспертов научного образования с целью определения ключевых идей науки, освоение которых позволит учащимся более глубоко понимать и ценить окружающий мир.

Перенасыщенность и раздробленность программ научного образования считаются одними из основных факторов, делающих науку серией разрозненных и бессмысленных фактов в глазах учащихся. Частичным решением данной проблемы является постановка целей научного образования с ориентацией не на массу фактов и теорий, а на освоение ключевых, или так называемых, *больших идей*, имеющих значение как в школьной, так и повседневной жизни учащихся. Результатом сотрудничества группы ученых во время и после данного семинара стала публикация книги *Принципы и большие идеи научного образования (Principles and Big ideas of Science Education)*, которая была безвозмездно распространена, переведена на несколько языков и обрела популярность по всему миру.

Спустя пять лет интерес к большим идеям научного образования был столь же высок, более того, появились дополнительные предпосылки, повышающие актуальность нашего проекта. Целью второго международного семинара, в котором принимала участие та же группа ученых, а также эксперт по модернизации учебных программ, был анализ и доработка предыдущих исследований. Семинар, состоявшийся в сентябре 2014 года, был щедро спонсирован Министерством образования Мексики в рамках международного сотрудничества INNOVEC, институциями некоторых участников семинара, и индивидуальными спонсорами. Все участники принимали активное участие в 2,5 дневном семинаре и последующем анализе, и усовершенствовании данной публикации. В ходе семинара велась детальная запись всех презентаций и дискуссий, и мы надеемся, что разнообразие практического опыта и культурных традиций членов исследовательской группы поможет распространить актуальность данной работы о научном образовании по всему миру.

Благодарим за совместный вклад экспертную группу ученых: Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Louise Hayward, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell, Wei Yu; и Juliet Miller (докладчик).

Резюме

Целью данной публикации является возобновление дискуссии на тему основ понимания науки, и того, что именно должны освоить все учащиеся в ходе обязательной программы обучения в школе. Данная работа была написана через пять лет после публикации книги *Принципы и большие идеи научного образования (Principles and Big Ideas of Science Education)*¹ в качестве ответа на повсеместную озабоченность тем, что учащиеся не находят научное образование интересным или имеющим отношение к реальной жизни. Частью данной проблемы является перенасыщенность программы, которая выглядит как сборник разрозненных фактов; таким образом, частичным решением проблемы можно считать постановку целей научного образования, не в рамках знания набора фактов и теорий, а в виде освоения ключевых идей, имеющих смысл в жизни учащихся как во время обучения, так и после окончания школы. Эти идеи были обозначены как *большие идеи*, которые должны быть освоены не только теми, кто планирует изучать или связать свою жизнь с наукой после школы, а абсолютно всеми учащимися, не зависимо от их пола, среды происхождения или возможных проблем со здоровьем.

Книга *Principles and Big Ideas of Science Education*, является результатом работы экспертной группы на международном семинаре ученых и преподавателей в области науки в 2009 году. В данной публикации были определены десять больших научных идей и четыре идеи о науке и ее практическом применении. Данная публикация – *Working with Big Ideas of Science Education*, – это результат следующего семинара, который стал продолжением первого, так как была задействована та же группа ученых-экспертов и изначально полученные материалы были проработаны более детально, принимая во внимание то какую роль содержание программы, педагогика, оценивание учащихся и подготовка учителей играют в освоении больших идей.

На ряду с возрастающей важностью факторов, мотивировавших эту работу и влияющих на восприятие науки учащимися и учителями, можно заметить и другие факторы, которые в век инноваций дают преимущества как конкретному индивиду, так и всему обществу. Для отдельных учащихся преимущества заключаются в возможности осознать сущность событий или явлений окружающего мира, что позволяет им принимать осознанные решения, влияющие на их собственное и общественное здоровье и благосостояние. В свою очередь, общество выигрывает благодаря тому, что граждане принимают информированные решения в отношении использования энергии и заботе об окружающей среде.

Научное образование также должно принимать во внимание изменения в сфере занятости, которые требуют: умения объединять науку и инженерию, технологии и математику (STEM); безотлагательного внимания к глобальным вопросам, таким как пагубные последствия изменений климата; понимания позитивных и негативных влияний оценивания учащихся; а также, растущей роли нейронауки в понимании процессов обучения. Все вышеупомянутые факторы подчеркивают необходимость развития больших идей для обеспечения системы принятия решений в отношении научного образования.

Несмотря на то, что в основе принципов научного образования лежит множество целей, в фокусе нашего внимания находятся не списки отдельных целей, а концептуальное понимание, развитие научного потенциала и отношений, закрепленные соответствующей педагогикой.

¹ *Principles and Big Ideas of Science Education* под редакцией Wynne Harlen при содействии Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell и Wei Yu. Опубликовано Ассоциацией научного образования (Association for Science Education) в 2010 году. ISBN 978 0 86357 4 313.

Большие *научные идеи* и *идеи о науке* выражены в форме описаний прогресса – т. е. наращивания понимания ключевых идей на протяжении всех лет учебы от начальной до средней школы.

Результаты применения принципов и больших идей на практике рассматриваются в отношении содержания учебной программы, педагогики, оценивания учащихся и образования учителей. В отношении педагогики, считается, что исследование не только играет главную роль в развитии понимания, но и то, что определение больших идей в науке служит необходимым дополнением для продвижения образования, основанного на исследованиях. Заключительная глава книги о внедрении больших идей в систему образования рассматривает, что именно необходимо для осуществления перемен на практике, включая то каким образом идеи могут внедряться в содержание программы, понимание больших идей начинающими учителями и оценку процесса обучения большим идеям.

1 Введение и обоснование

Введение

После публикации книги *Принципы и большие идеи научного образования (Principles and Big ideas of Science Education)* прошло пять лет, и стремительные перемены в образовании, в целом и в научных дисциплинах, в частности, стали очевидны. Учащиеся используют цифровые технологии как в классе, так и вне школы; в образовании внедряются новые виды учебных программ; для расширения возможностей оценивания знаний используются компьютеры; и мы видим дальнейший прогресс в понимании процесса обучения и осознаем, как его достичь.

Еще бóльшие изменения, оказывающие огромное влияние на образование, происходят в области занятости, благодаря технологиям заменяющим некоторые виды работ. Возможности для работников среднего звена уменьшаются, оставляя лишь те области труда, которые трудно автоматизировать – в основном, это низкопрофильные работы, а также работы высокой сложности, где важен именно человеческий фактор. Для многих способность создавать новые продукты, решать проблемы и справляться со сложными задачами – по крайней мере, на данный момент, станет возможностью избежать безработицы со всеми ее социальными последствиями. Глобализация несет в себе возможности и одновременно вызовы, особенно для стран не способных меняться так быстро, как это происходит в высоко развитых государствах.

Чтобы процветать в этом мире инноваций, необходимо уметь ухватить сущность различных проблем, разглядеть закономерности, чтобы найти и применить необходимые знания. Научное образование может способствовать развитию необходимых навыков и понимания, благодаря концентрации на развитии основных идей науки и самих идеях о природе научной деятельности и ее применении. Осознание этого заставляет нас вернуться к большим идеям 2009 года и особенно к предпосылкам перемен в практике научного образования для воплощения этих идей.

В целом такие глобальные вопросы человечества как: изменение климата, здравоохранение, и рост населения создают острую необходимость в том, чтобы молодые люди были готовы к этим проблемам и имели основы понимания научных идей, технологических и этических вопросов, а также навыки критического мышления.

Далее в книге будет обоснована важность определения больших идей, а также связанные с этим проблемы и возможности.

Обоснование

Пять лет назад мы определили ряд причин для разъяснения основных научных идей, которые должны стать задачами научного образования:

- изменить восприятие науки как коллекции разорванных фактов и теорий и практически не имеющей отношения к учащимся, выстраивая идеи в целостную картину мира;

- создать основу для заданий в классе, которые помогут ученикам говорить о вещах, которые они считают важными;
- создать основу для выбора из огромного количества возможных вариаций содержания учебных программ;
- предоставить информацию для разработки учебных программ, основанных на больших идеях.

Все эти причины актуальны и сейчас, и к ним можно добавить и другие, кратко описанные и рассмотренные более подробно далее. Они подразделяются на три основных направления:

- широкое распространение основанной на исследованиях педагогики в научном образовании;
- осознание связи между наукой и другими предметами STEM² группы: наука, технология, инженерия и математика;
- более глубокое основанное на знаниях неврологии понимание условий, влияющих на обучение.

Научное образование основанное на исследованиях

В целом, основанная на исследованиях педагогика стремительно распространяется по всему миру, благодаря многочисленным исследованиям, подтверждающим ее эффективность. Исследовательское изучение науки – это развитие понимания, основанное на самостоятельной умственной и физической деятельности учащихся, начиная от существующих идей к выдвиганию более сложных научных гипотез для объяснения событий или явлений путем сбора, анализа и интерпретации доказательств. Это включает в себя социально-конструктивистское отношение к обучению, когда учащиеся работают подобно ученым, таким образом развивая вкус к научной деятельности. Несмотря на то, что обучение науке не всегда должно быть основано на исследованиях, именно исследования играют главную роль в развитии понимания науки. Эффективное применение исследовательского обучения требует времени, поэтому необходим выбор тем и видов деятельности, позволяющих максимально использовать ограниченное и драгоценное время обучения.

Таким образом, выбор больших идей, которые будут наиболее полезными для понимания окружающего мира, непосредственно связан с применением исследовательского подхода к обучению в основной школе.

Связь с реальной жизнью

В ситуациях, когда наука применяется в реальной жизни, и которые привлекают интерес большинства учащихся, наука часто взаимодействует с другими предметами, а именно с инженерией, технологиями и математикой. В связи с изменениями, связанными с трудовой занятостью и исследовательской деятельностью, требуется все больше межпредметных и

² STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). STEM рассматривается как:

Наука: это идеи о природе, подкрепленные фактическими доказательствами, накопленными с течением времени и процессы, благодаря которым эти идеи сформировались.

Технология: это системы, процессы и артефакты, созданные людьми для своих нужд.

Инженерия: это систематический и последовательный процесс, основанный на научных знаниях о создании объектов для решения проблем человечества.

Математика: это систематическое изучение моделей и отношений, связывающих количества, числа и пространство, выраженное символически в форме чисел и форм и подкрепленное логической аргументацией.

мульти-предметных команд для решения широкого спектра научных и социальных проблем. Проблемы и ситуации реального мира – такие как разработка экологических систем энергетики, биомедицинская инженерия, сохранение биологического разнообразия в зонах конфликта местных и глобальных интересов – требуют знаний, навыков и понимания концептов сразу нескольких дисциплин. В связи с этими соображениями возникают вопросы обеспечения необходимого обучения для всех учащихся, независимо от того будут ли они работать в таких учреждениях в будущем.

Способность увидеть взаимосвязь между различными научными идеями, также как и понимание больших идей и их развитие, является важной частью подготовки к будущей работе и жизни. Образование, помогающее учащимся соединять идеи как в рамках предмета, так и за его пределами, стимулирует творчество и инновации. Такое образование готовит учащихся не плыть по течению, а активно участвовать в стремительных переменах, происходящих в плане трудовой занятости и коммуникации, используя науку и инженерные технологии.

Неврология и исследования в области познания

Прогресс в исследованиях мозговой активности позволяет определять факторы, влияющие на эффективное обучение. Так некоторые открытия говорят о том, что связанные между собой идеи используются в новых ситуациях гораздо чаще, чем несвязанные идеи. Это подтверждает необходимость исследований в отношении определенного числа больших идей, позволяющих понимать окружающий мир и наш жизненный опыт в нем, в противовес набору разрозненных обрывков знаний. Построение связей и узнавание существующих моделей дает учащимся возможность определить важные аспекты при исследовании новых ситуаций. Отображение работы мозга показывает, что возникновение новых идей сопровождается эмоциональной реакцией, доказывающей, что развитие понимания сопровождается удовольствием. Поэтому поощряется педагогика работы в группах и наблюдения за экспертами, которые также сопровождаются активностью зеркальных нейронов. Несмотря на экстравагантность и недостоверность некоторых заявлений неврологии в области образования, ожидается рост научно-обоснованных исследований применимых в школьной практике не только в научном образовании, но и других предметах.

Сложности

Одновременно с признанием необходимости концентрации на больших идеях, важно осознавать, что некоторые события последних лет препятствуют необходимым изменениям в образовании. Два основных препятствия связаны с оцениванием учащихся и образованием учителей.

Оценивание учащихся

Во многих странах наблюдается постоянный рост тестирования и использования результатов тестов для постановки учебных целей на уровне классного и общешкольного планирования, ложно надеясь, что это улучшит результаты обучения. Противоречивые тесты и экзамены представляют собой серию не связанных между собой вопросов или проблем, которые слишком часто провоцируют изучение никак не связанных между собой отрывочных знаний. Для эффективной стимуляции и оценивания прогресса, связанного с введением больших идей необходимы кардинальные изменения в подходе к генерированию, сбору и использованию данных о том, что умеют делать учащиеся.

Без этого эффект влияния оценивания на то, чему и как учащиеся обучаются будет нивелирован, а любые попытки помочь учащимся в развитии основных навыков и понимания задушены на корню.

Образование учителей

При планировании уроков, важно чтобы учителя имели представление каким образом цели отдельных уроков вписываются в целостную картину более глобальных идей, которые могут помочь учащимся осознать широкий спектр, связанных между собой событий и явлений. Представление учителя об основном направлении в обучении, формирует понимание того, что именно отслеживать и замечать в работе учеников, в их вопросах и дискуссиях, и будет способствовать поддержке учащихся благодаря обратной связи и адаптации методики в соответствии с промежуточным оцениванием. Это может оказаться особенно проблематично для учителей начальной школы, которые преподают все предметы, а также и для учителей старшей школы, которые преподают все естественные науки, но основательно изучали только одну. Образование многих школьных учителей было лишено исследовательской деятельности и возможности развивать большие идеи. Поэтому, образование учителей должно возместить этот опыт, чтобы учителя были достаточно подкованы и могли помочь ученикам в понимании больших идей науки.

Преимущества для общества и индивидов

Если мы сможем преодолеть эти сложности, мы получим очень важные преимущества как для учащихся, так и для всего общества. Преимущества для учащихся состоят в прекрасно разработанных программах обучения. В области науки это означает удовлетворение от возможности понимать мир и осознания важности и влияния научной деятельности на нашу жизнь. Дополнительное преимущество от развития больших идей, имеющих широкое применение в различных ситуациях, вытекает из возможности осознать основные черты события или явления, даже при отсутствии знаний о его деталях. Понимание аспектов окружающего мира помогает учащимся в принятии решений, касающихся их здоровья, окружающей среды и выбора карьеры. Практика постановки вопросов, поиска ответов и доказательств, а также обсуждения своих идей с другими, способствует укреплению уверенности и уважения к себе и другим. Более того, удовлетворение от способности узнавать знакомые модели и связи между ними в различных ситуациях способствует учебной мотивации как в рамках школьного обучения, так и в более широком контексте.

Общество выигрывает благодаря тому, что молодые люди развивают понимание основных идей, дающих им возможность делать осознанный выбор в отношении, например диеты, физической активности, использования энергии и заботы об окружающей среде. Эти изменения затрагивают нашу повседневную жизнь, и будут связаны с долгосрочным влиянием человеческой деятельности на окружающую среду. Понимание того каким образом наука используется в разных областях жизни необходимо для осознания важности науки и того внимания, которое необходимо уделить для того, чтобы научные знания использовались должным образом. Учащиеся должны понимать почему использование научных знаний в инженерии и технологиях может оказывать как позитивное, так и негативное влияние на общество сегодня и в исторической перспективе. Обучение наукам играет уникальную роль в создании понимания и желания решать проблемы связанные с неравенством в области благосостояния, занятости, здоровья и образования во всем мире.

2 Принципы

Принципы научного обучения основываются на необходимости концентрироваться на основных научных идеях. Четкая формулировка принципов позволяет ясно осознать ценности и стандарты, которые легли в основу больших идей и дает понимание как их применять на практике. Еще раз детально проработав принципы, описанные в книге *Principles and Big Ideas of Science Education*, мы не посчитали нужным вносить какие-либо изменения. Однако, было-бы полезно напомнить эти принципы более кратко, адаптируя их к конкретным аспектам научного обучения.

Принципы применимые к целям научного обучения

В течение всех лет обязательного обучения, в своих образовательных программах научного обучения школы должны систематически развивать и поддерживать в учащихся: любознательность в отношении окружающего мира, радость научной деятельности и понимание того, как можно объяснить различные природные явления.

Обучение наукам должно предоставлять одинаковые возможности для всех учащихся, позволяющие им принимать осознанное участие в принятии решений и деятельности, оказывающих непосредственное влияние на их собственное и общественное благосостояние, а также на окружающую среду.

Научное образование должно развивать:

- понимание ряда больших идей науки, включающих сами идеи и понимание о науке и ее применении;
- научные навыки, связанные со сбором и использованием доказательств;
- правильное отношение к науке.

Обучение наукам должно стимулировать любознательность учащихся, способность удивляться и задавать вопросы, основанные на естественном желании найти истину и понять окружающий мир. Научное исследование должно инициироваться самими учащимися как задание, которое может организовать любой включая их самих. У учащихся должен быть опыт сопоставления и нахождения связи с предыдущим опытом, приносящий не только радость и удовлетворение, но и осознание того, что они могут пополнять свой опыт в процессе активной исследовательской деятельности. Как процесс, так и продукт исследовательской деятельности могут вызывать позитивный эмоциональный отклик, стимулируя учебную мотивацию.

Обучение наукам должно помочь учащимся развиваться как личностям, совершенствуя понимание, критическое мышление и отношение, которые дадут возможность вести физически и эмоционально здоровую и плодотворную жизнь. Такое обучение должно обеспечить индивидам и группам людей возможности более осознанного выбора в отношении, например, расхода энергии и других ресурсов, загрязнения среды, а также последствий плохой диеты, недостаточной физической нагрузки и неправильного употребления медикаментов.

Через обучение наукам учащиеся должны развивать понимание больших идей, касающихся природных феноменов, материалов и отношений в мире природы. Обучение наукам должно также развивать большие идеи о научных исследованиях, культуре мышления и методах работы, а также идеи о взаимоотношениях между наукой, технологиями, обществом и окружающей средой. Несмотря на то, что большие научные идеи (являющиеся результатом научной деятельности) и идеи о науке (то есть о том, как мы воспринимаем и применяем науку) формируют основу данной книги, цели обучения наукам должны также включать развитие научных способностей и отношений.

Принципы применимые к выбору учебных заданий

Программы обучения должны четко определять направление к целям научного обучения, основанного на последних исследованиях и понимании сути обучения. Переход к большим идеям должен проистекать из изучения вопросов, которые интересны и жизненно важны для всех учащихся независимо от их предыдущего опыта. Культурные, национальные и другие различия между учащимися должны быть использованы для улучшения качества обучения для всех.

Учебные задания должны давать учащимся возможность заниматься наукой и научными исследованиями базируясь на современном научном мышлении и образовании. Задания должны углублять понимание научных идей, а также преследовать другие цели, например такие как, улучшение отношений и способностей.

Учащиеся приходят в школу с идеями о мире, сформировавшимися в ходе ежедневной деятельности, наблюдений и мыслей. Эти идеи должны стать отправным пунктом для развития понимания, способностей и отношений, которые являются целями научного обучения. Учащиеся, имеющие различный жизненный опыт, должны иметь возможность учиться соответственно своему предыдущему опыту и своим интересам.

Продвижение к целям должно основываться на том, что известно о направлении и природе этого движения и о том, что конкретно учащиеся должны знать, понимать, делать и о чем размышлять на различных этапах конкретного курса обучения в школе.

Учащимся очень сложно учиться осознанно на основании заданий, не имеющих для них никакого смысла. Они учатся более эффективно, когда могут связать новый опыт с тем, что они уже знают и движимы любознательностью и желанием отвечать на вопросы. Таким образом, задания дают возможность учащимся работать с реальными предметами и настоящими жизненными проблемами. Программы образования и обучения должны быть достаточно гибкими, для дифференциации опыта обучения и возможных местных вариаций в программах таким образом, чтобы интересы и вопросы учащихся были использованы как отправные пункты в работе для общих целей.

Наука должна стать для учащихся источником поиска и понимания, а не коллекцией фактов и теорий, которые уже доказаны и верны. Научное знание должно преподаваться как ряд объяснений природных явлений, которые, по общему мнению, являются лучшими примерами существующих доказательств. Научное знание должно быть признано результатом человеческих усилий, включающих творчество и воображение, а также тщательный сбор и интерпретацию данных.

Принципы оценивания учащихся

Оценивание играет важнейшую роль в научном обучении и во всех отношениях должно его улучшать.

Промежуточное или формативное оценивание так же, как и итоговое или суммативное оценивание прогресса учащихся должно соответствовать всем целям обучения.

Формативное оценивание является постоянной составляющей обучения и учебы, помогая учащимся осознавать цели заданий, судить о степени достижения целей и эффективно направлять свои усилия. Суммативное оценивание, хотя и нацеленное на определение того, что было освоено, должно проводиться таким образом, чтобы стимулировать дальнейшие достижения и избегать негативного влияния, ассоциируемого с итоговыми экзаменами.

То, что было оценено и выявлено, как правило, отражает самые важные аспекты того, что нужно выучить, поэтому при оценивании важно не ограничиваться тем, что можно оценить сразу. Необходимо использовать ряд методов для сбора и интерпретации образцов обучения, чтобы учащиеся могли продемонстрировать то, что они умеют делать в соответствии со всеми видами целей. Важно осознавать, что по различным неизбежным причинам (таким как неполное оценивание и другие трудности, связанные с инструментами оценивания), оценивание результатов обучения всегда приблизительно.

Принципы применимые в отношении учителей и школ

Программы обучения для студентов, а также обучение и профессиональная подготовка учителей должны соответствовать методам обучения, обеспечивающим достижение многочисленных целей научного образования.

Школьные научные программы должны способствовать сотрудничеству учителей и их взаимодействию с обществом и учеными, при работе над этими целями.

Как основное, так и повышающее квалификацию образование учителей должно обеспечивать учителям также, как и ученикам опыт научной деятельности и дискуссий соответственно их уровню. Курсы должны давать возможность учителям участвовать в различных видах научных исследований с последующим обсуждением обстоятельств и роли учителя, что способствует пониманию вопросов как самой науки, так и о науке.

Необходимо создать возможности для сотрудничества учителей между собой, с местной общественностью и сообществом ученых. Обучение наукам требует сотрудничества между сотрудниками образования и учеными. Учителя должны иметь возможность совершенствовать свое собственное понимание науки, например участвуя в курсах профессионального роста вместе с учеными и делаясь полученными знаниями на конференциях и курсах. Информация о возможном применении науки может быть предоставлена представителями местной индустрии или представителями общества, вовлеченными в научную деятельность.

Студенты изучающие науки или профессиональные ученые могли бы предоставлять помощь дистанционно (онлайн) или посещать школы, чтобы работать напрямую со школьниками и помогать учителям в углублении знаний предмета, таким образом помогая обществу совершенствовать обучение наукам и в тоже время знакомиться с основами педагогики эффективной для изучения наук на всех уровнях.

3 Возврат к большим идеям: диапазон, объем и определение

Наука – это сложная вещь. Каким образом по нашим представлениям, ученики должны хотя бы начать понимать и преодолевать все трудности освоения, кажущегося необходимым огромного пласта идей, теорий и принципов? Возможно, подсказкой будет то, как ученые-эксперты рассказывают человеку непосвященному о том, как устроен наш мир. Они определяют несколько больших идей, объясняющих какое-то явление, опуская ненужные детали. Например, физик может показать две большие идеи (второй закон Ньютона и универсальный закон гравитации) и объяснить, как спутники и космический корабль движутся вокруг Земли и научить нас рассчитывать скорости, необходимые чтобы эти объекты оставались на орбите или спустились на Землю. Мы не предлагаем напрямую обучать большим идеям, и не отрицаем, что построение соответствующих идей включает в себя множество малых идей в зависимости от учебного опыта. Однако, мы убеждены, что связь учебного опыта с большими идеями дает понимание того, что все учащиеся должны осознавать, что именно они наблюдают в окружающем мире. Более того, как это было упомянуто ранее, это понимание дает им возможность уловить значения научно-обоснованных решений, влияющих на их собственное и общественное благосостояние.

Будут ли эти преимущества реализованы или нет, будет зависеть от того какие идеи будут отобраны. Два ключевых решения включают в себя:

Диапазон – стоит ли в дополнение к научным идеям включать в рассмотрение отношение к науке, определенные установки, научные идеи, а также различные навыки, практики, и компетенции.

Объем – насколько широко идеи должны объяснять природу явлений, принимая во внимание, что чем глобальнее идея, тем дальше она отстоит от конкретных явлений и тем она более абстрактная.

Диапазон

Обучение наукам включает в себя не только концептуальное понимание, как это описано в принципах по отношению к целям (стр. 7). В дополнение к идеям, объясняющим что происходит в мире, научное образование имеет и другие цели, в том числе, такие как развитие:

- понимания характера и природы науки;
- навыков необходимых для того, чтобы участвовать в научной деятельности;
- научного и осознанного отношения к науке;
- осознания связи науки с другими предметами, а именно с технологиями, инженерией и математикой.

Признавая то, что научное образование должно вести к многогранным результатам, наше решение сконцентрироваться на *больших научных идеях* и *идеях о науке* проистекает из нашего убеждения в том, что идеи играют ведущую роль во всех аспектах научного образования. Развитие понимания идей является общим элементом во всех видах деятельности научного образования. Исследовательские способности и научное отношение развиваются при участии учащихся в выполнении заданий, включающих в себя понимание науки; иначе такие задания невозможно назвать научными. Мы приветствуем и акцентируем внимание на осторожном отношении к интерпретации данных, или того, что необходимо для планирования научного исследования, в то же время, научная деятельность всегда будет связана с одной или несколькими большими идеями, так как конкретные признаки или характеристики не исследуются в отрыве от научного контекста. Это утверждение не только не опровергает важности осознания ряда конкретных научных навыков и отношений к науке, и необходимости работы над их усовершенствованием развивая концептуальное понимание, но и отражает принцип того, что вся исследовательская деятельность должна углублять понимание научных идей, а также преследовать другие возможные цели.

Понимание сущности науки

Мы также хотим, чтобы учащиеся понимали как процессы научной деятельности, так и идеи, к которым она ведет, то есть, чтобы они знали, как появились идеи, объясняющие окружающий мир, а не только что это за идеи. Действительно, трудно представить знание о научной деятельности отдельно от научных идей. Без знания о том, как развивались идеи, изучение науки потребовало бы слепого следования за многочисленными идеями о мире природы, что противоречит здравому смыслу.

В мире, все больше зависимом от прикладного применения науки, люди могут чувствовать себя беспомощными не понимая, как оценить качество информации, служащей базисом для доказательств и объяснений. В науке эта оценка касается методов, использованных для сбора, анализа и интерпретации данных при проверке различных теорий. Сомнения в научном обосновании некоторых идей позволяет нам всем отвергать суждения, основанные на ложных доказательствах и замечать случаи, когда доказательства используются выборочно и исключительно для того, чтобы обосновать конкретные действия. Это основной принцип использования научных знаний для оценки доказательств при принятии решений, например таких как решение об использовании природных ресурсов.

Навыки участия в научных исследованиях

Участие в научных исследованиях позволяет учащимся развивать идеи о науке и понимание того, как можно усовершенствовать идеи в ходе научной деятельности. Основными характеристиками такой деятельности будет попытка учащихся самостоятельно ответить на вопрос или объяснить что-либо, чего они не понимают. Это могут быть вопросы, выдвинутые учащимися, однако ситуация, когда все ученики всегда работают над своими собственными вопросами, для науки просто невыполнима. Поэтому, задача учителя подвести учеников к нужным вопросам так, чтобы они воспринимали их как свои собственные. Ответы на определенные вопросы могут быть найдены при самостоятельном исследовании, для других вопросов будет необходима информация из вторичных источников. В любом случае, важной чертой является то, что доказательство используется для проверки идей, таким образом способствуя пониманию того, что результаты будут зависеть от того какие доказательства были получены и каким образом они были интерпретированы. Таким образом, навыки необходимые для осуществления научного исследования играют ведущую роль в развитии идей, а педагогика, поддерживающая изучение больших идей, также должна способствовать развитию компетентности и уверенности в процессе исследований. Мы еще вернемся к этому вопросу в 5-м разделе.

Контекст предметов STEM – науки, технологии, инженерии и математики

В связи с тем, что решение ежедневных жизненных проблем часто связано с пониманием комбинации ряда предметов, возникает вопрос о взаимосвязи между предметами STEM – наукой, технологией, инженерией и математикой; действительно многое из того, что называется *наукой* в реальной жизни описывается как технология или инженерия. Более широкая интеграция STEM предметов в образовательных программах могла бы создать возможности для большего соответствия между обучением и практикой на рабочем месте, а также исследованиями, более того, это могло бы повысить интерес и вовлеченность учащихся. Еще одно свидетельство в пользу интеграции вытекает из когнитивных исследований, доказывающих, что связанные между собой знания применяются на практике более часто, чем знание разорванных фактов. Независимо от того, какие результаты обещают нам эти скромные исследования в области интеграции предметов на школьном уровне, попытки установить межпредметные связи на фоне недостаточного освоения идей конкретной области науки, могут оказаться контрпродуктивными. Вместо попыток интегрированного обучения STEM предметам, гораздо более эффективную интеграцию предметов может обеспечить планирование учебной программы, в которой хорошо скоординированы изучаемые темы различных предметов.

Объем

Тема связи между различными областями науки возникает также в контексте вопроса: насколько большими должны быть эти большие идеи? В нашем понимании большие идеи науки – это идеи, которые могут быть использованы для объяснения и составления прогнозов относительно ряда явлений в мире природы. Идеи объясняющие явления природы могут иметь различную величину, так как для каждой идеи, объясняющей какое-либо явление, всегда есть еще бóльшая идея, которая, в свою очередь, может быть приведена к еще более глобальной общей идее. Например, явление одного вещества растворяющегося в другом, так же как сахар растворяется в воде, маленькими детьми «объясняется» как исчезновение сахара. Это наивное представление вскоре должно быть дополнено доказательствами того, что сахар все еще в воде, а затем расширено, объясняя почему некоторые субстанции не растворяются в воде, а некоторые окрашивают воду, хотя и являются невидимыми вне воды. Затем, идея о растворении должна расширяться до применения к другим жидкостям и твердым веществам. Далее, это объяснение может быть связано с объяснениями других явлений на уровне молекулярных взаимодействий.

Теоретически, процесс объединения идей для формирования более объемных, может продолжаться до тех пор, пока не останется очень маленькое число больших понятий или даже одно всеобъемлющее понятие. Такие идеи обязательно абстрактны, далеки от практического опыта и менее полезны для объяснения реального опыта, чем идеи, связанные с конкретными событиями и явлениями. Такие прикладные идеи не только затрагивают вопросы за пределами границ конкретного предмета, как это делают межпредметные идеи, но и полностью устраняют эти границы и могут называться транс-дисциплинарными. Они включают в себя такие идеи как: система, симметрия, причинность, форма и функция, а также схема.

Принимая во внимание нужды учащихся и их учителей, мы решили разместить большие идеи уровнем ниже, т. е. под транс-дисциплинарными идеями. Обсуждение транс-дисциплинарных идей может подойти для большинства 18-летних школьников, но в целом, больше относится к учащимся вузов. Для школьника, который может выбрать или не выбрать научную карьеру, полезнее будут гораздо менее абстрактные идеи, связанные с их жизненным опытом

Научное образование должно помогать учащимся осваивать большие идеи именно на прикладном уровне, принимая во внимание поставленные цели и то, как достичь эти цели наилучшим образом. Дальнейшая разбивка на более маленькие идеи, конечно, тоже возможна, но существует риск потери связи между маленькими идеями, которые позволяют объединять идеи в одну целостную ключевую идею.

Определение больших идей

В принципе, подход к научному обучению, основанный на развитии больших идей, нашел широкую поддержку. Для того чтобы решить какие изменения необходимы в идеях, опубликованных в книге *Principles and Big Ideas of Science Education*, мы в начале пересмотрели использованные критерии отбора, и пришли к выводу, что они вполне могут остаться без изменений, то есть – большие идеи должны:

- иметь потенциал для объяснения большого ряда вещей, событий и явлений, с которыми учащиеся встречаются в своей жизни в течение и после учебы в школе;
- давать основу для понимания таких вопросов как использование энергии, принятие решений, о которых оказывает влияние на здоровье и благосостояние учащихся, а также окружающую среду;
- вести к радости и удовлетворению от возможности найти ответы на вопросы человека о самом себе и об окружающем его мире;
- иметь культурную ценность – например, оказывать влияние на взгляды о человеческих условиях жизни – отражающие достижения в истории науки, вдохновленные изучением природы, и влиянием человеческой деятельности на окружающую среду.

Отзывы и комментарии по поводу заключительной части больших идей свидетельствуют о том, что необходимости в серьезных изменениях нет, и книга прошла неформальную экспертную проверку. В тоже время, стало ясно, что необходимы некоторые доработки, прежде чем этот подход может быть применен в школе и в образовании учителей. Необходимо уделить больше внимания тому, как работать с большими идеями на практике и какие выводы можно сделать в отношении учебных программ, педагогики и оценивания учащихся.

Соответственно, хотя мы и признаем, что можно предложить различный набор идей, очевидно, что вносить изменения в идеи на начальной стадии их применения было бы непродуктивно. Более того, несмотря на то, что идеи по-разному описаны в недавно опубликованных планах учебных программ, они очень схожи в области целей образования, широко представленных в программах многих стран. Поэтому, пересмотрев критерии, использованные для отбора идей и оценив альтернативы, мы приняли решение не вносить никаких изменений, за исключением минимального редактирования в формулировках уже сложившихся идей и утвердить принятые ранее десять научных идей и четыре идеи о науке.

Список приведенный далее дает краткое описание идей, которые учащиеся должны иметь возможность изучить по завершении обязательного образования. В 4-ом разделе идеи выражены более подробно, в повествовательной форме описывая прогресс в рамках понимания идей в течение школьного обучения.

Научные идеи

1. Вся материя во вселенной состоит из мельчайших частиц

Атомы являются кирпичиками всей живой и неживой материи. Поведение и распределение атомов объясняет свойства различных материалов. В химических реакциях атомы перегруппируются, формируя новые вещества. Каждый атом имеет ядро, содержащее нейтроны и протоны, окруженные электронами. Противоположные электрические заряды протонов и электронов притягиваются, сохраняя структуру атомов и образуя молекулы.

2. Одни объекты могут влиять на другие на расстоянии

Все объекты оказывают влияние на другие объекты, не контактируя с ними. В некоторых случаях влияние от источника к получателю осуществляется посредством излучения (например, видимого света). В других случаях воздействие на расстоянии объясняется существованием поля между объектами, например, магнитного, электрического или гравитационного поля. Гравитация – это универсальная сила тяготения между всеми объектами большими и маленькими, удерживающая вращение планет по орбитам вокруг Солнца и заставляющая космические объекты падать по направлению к центру Земли.

3. Для изменения движения объекта необходимо приложение равнодействующей силы

Сила, действующая на объект невидима, но может быть определена благодаря ее воздействию на движение или форму объекта. Если объект не движется, то силы, действующие на объект равновесны по силе и противоположны по направлению, балансируя друг друга. Так как гравитация влияет на все объекты на Земле, всегда существует сила противоположная гравитации, когда объект находится в покое. Несбалансированные силы вызывают изменения в движении по направлению равнодействующей силы. Когда противоположные силы, действующие на объект, находятся в разных плоскостях они заставляют объект поворачиваться или вращаться. Этот эффект используется в некоторых простых механизмах.

4. Общее количество энергии во вселенной неизменно, но энергия может переходить из одной формы в другую

Многие процессы или события связаны с изменениями, для которых им необходим источник энергии. Энергия может передаваться от одного тела или группы тел к другим различными способами. В ходе этих процессов некоторое количество энергии становится менее доступным для использования. Энергия не может быть создана или разрушена. Если энергия рассеялась при горении органического топлива в кислороде, то часть этой энергии становится недоступной для использования удобной форме.

5. Состав Земли и ее атмосферы, а также процессы, происходящие внутри них, формируют поверхность Земли и ее климат

Излучение солнечной энергии нагревает поверхность Земли и вызывает конвекционные потоки в воздухе и океанах, создающие климат. Жар от центра Земли вызывает движение магмы под поверхностью Земли. Это, в свою очередь, ведет к движению плит, формирующих Земную кору, вызывая извержение вулканов и землетрясения. Твердая поверхность Земли постоянно меняется благодаря формированию и разрушению камней.

6. Наша Солнечная система является маленькой частицей в одной из миллиардов галактик во вселенной

Наше Солнце и восемь планет, а также вращающиеся спутники и более мелкие объекты формируют Солнечную систему. День и ночь, и времена года объясняются ориентацией и вращением Земли вокруг Солнца. Солнечная система является частью галактики, состоящей из звезд, газа и пыли, – одной из многих миллиардов галактик во вселенной, разделенных огромными расстояниями. Многие звезды имеют планеты.

7. Организмы состоят из клеток и имеют ограниченное время жизни

Все организмы могут состоять из одной или множества клеток. Многоклеточные организмы имеют клетки, которые различаются в зависимости от их функций. Все основные жизненные функции являются результатом того, что происходит внутри клеток, составляющих организм. Рост является результатом многократного деления клеток.

8. Организмам необходимо пополнение энергии и веществ, от которых они зависят или за которые они конкурируют с другими организмами

Еда является источником полезных веществ и энергии для поддержания основных функций для жизни и роста организмов. Зеленые растения и некоторые бактерии способны использовать энергию Солнца для генерации сложных молекул. Животные получают энергию расщепляя сложные молекулы и полностью зависят от зеленых растений как источника энергии. В любой экосистеме существует межвидовая борьба за ресурсы энергии и полезные вещества, необходимые для жизни и репродукции.

9. Генетическая информация передается от одного поколения организмов к другому

Генетическая информация содержится в химической структуре ДНК клетки. Гены определяют развитие и структуру организмов. При вегетативном размножении все гены потомству передаются от одного родителя. При половом размножении половина генов передается от каждого родителя.

10. Разнообразие организмов, живущих и исчезнувших, является результатом эволюции

Все формы жизни происходят от одного общего универсального предка – одноклеточного организма. Многочисленные изменения, в результате естественного отбора в рамках видов, привели к отбору наиболее приспособленных к жизни в определенных условиях организмов. Виды не способные приспособиваться к изменениям окружающей среды вымирают.

Идеи о науке

11. Сущность науки заключается в нахождении причины или причин явлений в мире природы

Наука – это поиск, цель которого понять и объяснить явления мира природы. Однако, не существует единственно верного научного метода для осуществления этой цели. **Разнообразие** природных явлений требует разнообразия методов и инструментов для генерации и проверки научных объяснений. Объяснение, основанное на свидетельствах наблюдений и экспериментов, часто представлено в виде факторов, необходимых для существования конкретного события. В других случаях доказательство основывается на совпадениях в закономерностях, открывшихся при систематическом наблюдении.

12. Научные объяснения, теории и модели – это то, что наилучшим образом соответствует доказательствам доступным в конкретный момент времени

Научная теория или модель, представляющая собой отношения между переменными конкретного природного явления, должна соответствовать актуальным в это время наблюдениям и вести к гипотезам, которые могут быть проверены. Любая теория или модель является условной, и должна быть пересмотрена в соответствии с новыми данными, даже если это могло бы привести к старым гипотезам.

13. Знания, основанные на науке, применяются в инженерии и технологиях для обеспечения нужд человечества

Применение научных идей в инженерии и технологиях произвело значительные изменения во многих аспектах человеческой деятельности. Прогресс в технологиях способствует дальнейшей научной деятельности; что в свою очередь увеличивает понимание мира природы. В некоторых видах человеческой деятельности технология опережает научные идеи, а в других наоборот – наука опережает технологии.

14. Применение науки обычно имеет этические, социальные, экономические и политические последствия

Применение научных знаний в технологиях способствует инновациям. Необходимость конкретных применений науки не может быть вопросом исключительно научного знания. Необходимы этические и моральные суждения, основанные на таких соображениях как справедливость и беспристрастность, безопасность и влияние на людей и окружающую среду.

4 Прогресс в развитии больших идей

Развитие понимания больших идей науки – это последовательный и поступательный процесс, продолжающийся в течение всего формального обучения и за его пределами. Он начинается с маленьких, и конкретных идей местного значения, формируемых во время исследования какого-либо явления, и включает в себя как индуктивное, так и дедуктивное мышление. Фиксирование закономерностей при наблюдениях может привести к вопросам о том, что происходит, но возможные ответы придут от гипотез, основанных на предыдущем опыте, часто включая творческий прорыв, соединяющий предыдущие и текущие наблюдения. Когда учащиеся используют идеи одного события для объяснения подобного или связанного с ним другого события, их идеи становятся более полезными для применения в различных контекстах. Когда идеи меньше зависят от контекста, они становятся более абстрактными.

Каждый учащийся проходит путь от первоначальных идей, привязанных к его конкретному опыту к более значительным идеям, объясняющим более широкий спектр явлений. Существует огромное количество исследований в отношении идей учащихся, свидетельствующее о том, что к тому времени, когда они приходят в школу, у них уже сформировались идеи и мировоззрение, очень часто не совпадающее с научным взглядом на мир. Путь к более научному мировоззрению не может быть одинаков для всех, и зависит от индивидуального опыта учащегося и от того какую помощь он получает на своем пути. Описание продвижения на пути понимания идей – того, как идеи изменяются со временем – необходимо для формирования учебной программы и использования оценивания для поддержки и документации обучения. Самое важное, однако, заключается в том, чтобы учителя видели связь между учебным опытом учащихся в различные периоды обучения и общей целью понимания больших идей.

Концепции развития

Как лучше всего описать развитие идей начиная от тех которые учащиеся формируют в начале своего пути, к тем большим идеям, которые мы хотим видеть по окончании школы? Мы нашли три основных модели развития идей в зависимости от различных способов формирования учебных целей в рамках учебной программы.

Первая, широко применяемая модель, ассоциирует развитие с продвижением по лестнице, когда, прежде чем сделать следующий шаг необходимо завершить предыдущий. То, что должно быть завершено на каждом этапе формулируется как учебные цели. Размер шага может различаться в зависимости от модели; это может быть год или несколько лет, или несколько ступеней. Такой подход производит впечатление фиксированного линейного движения с прогрессом в виде серии отдельных этапов и конечным пунктом назначения, который не обязательно связан с пониманием больших идей. Если такое непонимание имеет место, тогда цели и значимость научного опыта могут оказаться непонятными для учащихся.

Вторая модель описывает только конечную цель, которая может быть достигнута различными способами, также как кусочки мозаики, которые могут быть сложены в любом порядке. Эта модель имеет свои недостатки, так как учителя и составители программ получают слишком мало руководства для определения того каким должен быть оптимальный учебный опыт.

Третья модель разбивает общие цели на несколько направлений. Идеи внутри каждого направления развиваются постепенно со временем, часто по спиралевидной учебной программе. Однако, в этом случае существует риск потерять видение связей между идеями, которые развиваются в различных направлениях.

Каждая модель имеет свои преимущества и недостатки, и в каждой модели есть что-то полезное, так как природа и разнообразие опыта, необходимого для развития идеи варьируется в зависимости от самих идей. Например, в некоторых случаях идеи самих учащихся приводят их к различным идеям при объяснении одного и того же явления, наблюдаемого в разных контекстах. Например, объясняя высыхание мокрой одежды на солнце, солнечным светом и высокой температурой, они в то же время могут объяснить исчезновение луж на дороге тем, что вода просачивается сквозь землю. Учащиеся нуждаются в помощи для создания связей, помогающих увидеть, что научная идея может быть применена в каждом из этих случаев (пример мозаики). В некоторых случаях идеи учащихся основаны на ограниченном опыте (*дерево всегда плавает*) и он должен быть расширен, чтобы привести к более прикладной идее (модель спирали). Мышление учащихся также может быть ограничено, поэтому они будут замечать только те доказательства, которые подтверждают их идею, или они будут придерживаться идеи, несмотря на противоположность доказательств, из-за отсутствия логичной альтернативы, которая должна быть предоставлена (модель лестницы).

Описание прогресса в понимании больших идей

Наш подход в том, чтобы описать наше видение того, как идеи изменяются от малых к большим идеям, описанным в 3-ем разделе книги. Там предлагается описание идей, которые формируются в процессе от первоначальных к более широким и абстрактным идеям, позволяющим объяснять объекты, явления и отношения в мире природы (идеи 1-10). Мы также предлагаем описание того, как это понимание может быть достигнуто, то есть – идеи о природе и сущности науке (идеи 11-14).

Под каждым заголовком мы начинаем по возможности от маленьких и привязанных к контексту идей, которые при поддержке учителя и в ходе соответствующих занятий могут быть освоены детьми начальной школы. За ними следуют идеи, которые могут осваивать учащиеся основной школы, так как развивающаяся способность к абстрактному мышлению позволяет им увидеть связи между событиями или явлениями. С расширением исследования мира природы в средней школе, продолжение осознания закономерностей и связей позволяет учащимся понять отношения и модели, которые могут быть использованы в осознании целого ряда новых и ранее осуществленных экспериментов.

Мы использовали боковую панель чтобы обозначить каким образом ряд идей, соответствует различным этапам школьного обучения. Принимая во внимание то, что существует очень много различий в том, как описываются этапы обучения в разных странах, мы обозначили эти этапы посредством возрастных групп, при этом специально используя перекрывающиеся друг друга описания, так как мы не хотим устанавливать очень четкие границы между тем, что подходит для каждого конкретного возраста. Возможность для разнообразия в обучении очень важна на пути когнитивного развития каждого отдельного ученика. Важно сохранять основное направление развития в отношении логических структур, основанных на понимании в соответствии с уровнем конкретного этапа обучения. Идеи, развивающиеся на каждом этапе, должны помогать этому непрекращающемуся развитию. Цель каждого этапа в том, чтобы приблизится еще немного к ключевой идее, не пытаясь фальсифицировать связь между заданиями и самыми сложными идеями. То, как далеко учащиеся смогут продвинуться в этом направлении, зависит от количества конкретных переменных, и не в последнюю очередь, от педагогики, оказывающей на них влияние, как это было отмечено в 5-ом разделе.

1

Вся материя во вселенной состоит из мельчайших частиц

Атомы являются строительными кирпичиками живой и неживой материи. Поведение и расположение атомов определяет свойства различных материалов. При химических реакциях атомы перегруппируются, формируя новые вещества. Каждый атом имеет ядро, состоящее из нейтронов и протонов, окруженных электронами. Противоположные электрические заряды протонов и электронов притягиваются, сохраняя структуру атомов и образуя молекулы.

5-7

Всё что мы встречаем в жизни, включая воздух, воду и различные виды твердых веществ, называется материей, потому что все предметы и вещества имеют массу, оказывают давление на поверхность Земли и занимают место в пространстве. Различные материалы можно узнать по их качествам, которые используются для классификации веществ, пребывающих в твердом, жидком и газообразном состоянии.

7-11

При взаимодействии некоторые вещества могут создавать новое вещество или вещества со свойствами, отличающимися от изначальных веществ. Другие вещества просто смешиваются, не претерпевая изменений и могут быть снова разделены. При комнатной температуре некоторые вещества пребывают в твердом, а некоторые в газообразном состоянии. Состояние многих веществ может изменяться в зависимости от нагревания или охлаждения. Количество вещества не меняется при таянии твердого вещества или испарении жидкости.

11-14

Если бы вещество могло быть разделено на все более и более мелкие частицы, мы смогли бы убедиться в том, что оно состоит из мельчайших частиц, которые значительно меньше тех, что можно увидеть в микроскоп. Эти частицы не находятся в веществе – они сами и есть вещество. Все частицы конкретного вещества одинаковы и отличаются от частиц в других веществах. Эти частицы не статичны, а хаотично движутся в разных направлениях. Скорость движения этих частиц воспринимается нами как температура материала. Различия между веществами в твердом, жидком и газообразном состоянии объясняются различными скоростями и характером движения частиц, а также расстоянием и силой тяготения между ближайшими частицами. Чем сильнее сила притяжения между частицами, тем больше энергии должно быть передано веществу для разделения частиц, например, при переходе из твердого в жидкое состояние или из жидкого в газообразное состояние. Поэтому, вещества имеют различные точки плавления и кипения. Вся материя во вселенной как живая, так и неживая состоит из большого количества основных «строительных кирпичиков» – атомов, которые насчитывают около 100 видов. Вещества, состоящие только из одного вида атомов, называются элементами. Атомы различных элементов могут связываться вместе, формируя большое количество веществ. Химическая реакция включает в себя перегруппировку атомов в реагирующих веществах с образованием новых веществ, в то время как общее количество вещества остается без изменений. Характеристики различных материалов могут быть объяснены поведением атомов и групп атомов, из которых эти вещества состоят.

14-17

Атомы имеют внутреннюю структуру, состоящую из окруженного электронами тяжелого ядра, которое содержит протоны и нейтроны. Электроны и протоны имеют определенный электрический заряд – негативный у электрона, и позитивный у протона. Благодаря уравниванию зарядов, атомы являются нейтральными. Электроны движутся с огромной скоростью в материи, формируя электрические токи и создавая магнитные силы. Их равнодействующий эффект представляет собой силу тяготения, связывающую атомы и молекулы в веществах. Если добавить или удалить некоторые электроны, атом остается позитивно или негативно заряженным и называется ионом. В некоторых атомах ядро нестабильно и может выделять частицы, этот процесс называется радиоактивностью и представляет собой радиоактивное излучение, при котором объем энергии значительно превышает объем энергии любого взаимодействия между атомами. Такое поведение материи на уровне ядра, атомов и молекул отличается от того, что можно наблюдать при обычных опытах.

2 Одни объекты могут оказывать влияние на другие на расстоянии

Все объекты оказывают влияние на другие объекты, не контактируя с ними. В некоторых случаях воздействие от источника к получателю энергии передается в форме излучения (например, видимого света). В других случаях действие на расстоянии объясняется существованием поля, например, магнитного, электрического или гравитационного. Гравитация – это универсальное притяжение между всеми большими и малыми объектами, вызывающее вращение планет вокруг Солнца и заставляющее космические объекты падать по направлению к центру Земли.

7-11

Объекты могут оказывать влияние на другие объекты, даже если они не находятся с ними в контакте. Например, мы видим свет как от близких источников, таких как электрические лампочки или огонь, так и от Солнца и других звезд, находящихся на очень большом расстоянии, потому что он оказывает влияние на объекты, которые он достигает, включая наши глаза. Такие источники излучают свет, который распространяется во всех направлениях и достигая наших глаз воспринимается нашим зрением. Видимые объекты либо испускают, либо отражают свет, видимый человеческим глазом. Звук исходит от вибрирующих объектов, которые могут быть определены на расстоянии от источника, потому что воздух или другое вещество вокруг них тоже вибрирует. Звуки слышны, тогда, когда вибрации в воздухе достигают наших ушей. Примеры объектов, оказывающих бесконтактное воздействие на другие объекты – это взаимодействия между магнитами или электрическими цепями, а также эффект гравитации заставляющий объекты падать на Землю.

11-14

Гравитация – это универсальное притяжение между всеми объектами, независимо от их величины, однако оно становится очевидным только когда один из объектов очень велик. Это гравитационное притяжение удерживает вращение планет по орбите вокруг Солнца, Луны вокруг Земли, а также вращение спутников вокруг других планет. На Земле гравитация приводит к тому, что все объекты притягиваются вниз по направлению к центру земли. Мы называем это силой тяжести. Объект притягивает землю в такой же степени, как и Земля притягивает объект, но так как масса тела Земли больше, мы наблюдаем движение объекта, а не Земли. Воздействие гравитации на объект на Луне будет меньшим, чем на Земле, так как масса Луны меньше массы Земли. Поэтому, один и тот же человек на Луне весит меньше, чем на Земле, хотя масса его тела одна и та же. Земное притяжение заставляет Луну вращаться по орбите вокруг Земли, а Лунное притяжение вызывает на Земле приливы.

14-17

Видимый свет является одним из примеров излучения, которое распространяется подобно распространению волн на воде. Другие виды излучения, отличающиеся друг от друга длиной волны и не заметные для человеческого глаза, включают в себя радиоволны, микроволны инфракрасные волны, ультрафиолетовые волны, рентгеновское и Гамма-излучение. Все эти виды излучения могут проходить через вакуум. Представление излучения в виде волн может помочь объяснить его природу. Несмотря на то, что звук распространяется как волны, он не может проходить через вакуум; для передачи вибраций от источника к получателю, необходимо чтобы была неразрывная материя, в твердом, жидком или газообразном состоянии.

Когда излучение достигает другого объекта, оно может быть отражено, поглощено или рассеяно объектом, а также может пройти сквозь объект или же образовать комбинацию из всех вышеупомянутых действий. При отражении от зеркала или прохождении через прозрачный материал излучение остается без изменений, но, когда излучение поглощается объектом, оно меняется и вызывает повышение температуры объекта. Некоторые примеры дальнего действия нельзя объяснить излучением от источника к получателю. Например, магнит может притягивать или отталкивать другой магнит, и они оба играют одинаковую роль. Таким же образом, притяжение и отталкивание между электрическими цепями является двусторонним. В данном случае, лучшему пониманию будет способствовать понятие поля. Поле представляет собой участок воздействия вокруг объекта, сила поля уменьшается по ходу удаления от объекта. Другой объект, входящий в такое поле, испытывает воздействие – притяжение или отталкивание. Гравитация, электрические и магнитные взаимодействия могут быть объяснены на основании полей.

3

Для изменения движения объекта необходимо действие равнодействующей силы

Сила, действующая на объект, определяется по ее воздействию на движение или форму объекта. Если объект не двигается, то на него действуют равнодействующие и противоположные по направлению силы, балансирующие действие друг друга. Так как гравитация влияет на все объекты на Земле, то при нахождении объекта в покое, всегда существуют силы противодействующие гравитации. Несбалансированные силы вызывают движение по направлению равнодействующей силы. Если противоположные силы, действующие на объект, не находятся на одной прямой, они заставляют объект поворачиваться или вращаться. Этот эффект используется в некоторых простых механизмах.

5-7

Силы могут толкать, тянуть или вращать объекты, заставляя их менять свое движение или форму. Силы действуют в определенных направлениях. Равные силы, действующие в противоположных направлениях на одной прямой, гасят друг друга и описываются как сбалансированные. Движение объектов меняется, если на них действуют несбалансированные силы.

7-11

Скорость движущегося объекта показывает какое расстояние он сможет пройти за определенное время. Насколько быстро меняется движение объекта зависит от действующей силы и массы объекта. Чем больше масса объекта, тем больше времени нужно чтобы его разогнать или остановить, – это свойство массы называется инерцией.

11-14

Все объекты на Земле подвержены силам гравитации. На объект, находящийся в покое на поверхности Земли, оказывают воздействие одна или несколько сил, уравнивающих силу притяжения. Книга, лежащая на столе, не падает, потому что атомы стола отталкивают книгу с силой равной силе гравитации. Объект, плавающий в жидкости или в воздухе, остается там, потому что действующие на объект силы, направленные вверх, уравниваются силой гравитации. Сила направленная вверх равняется весу вытесненной объектом жидкости, поэтому тяжелые объекты могут оставаться на плаву если они имеют углубление, позволяющее им вытеснить большой объем жидкости.

14-17

Когда силы действующие на объект не равны и противоположны по направлению, их суммарный эффект либо меняет направление движения объекта, либо ускоряет его (акселерация), либо замедляет его (децелерация). Очень часто, действующая сила не воспринимается как сила и считается, что движущийся объект, такой как катящийся мяч, останавливается автоматически. На самом деле, его движение постепенно замедляется силой трения с окружающей средой. Во всех случаях изменение движения вызвано несбалансированными силами. Если нет равнодействующей силы, то любое движение объекта не изменится; он останется статичным, или если объект находится в движении, то он будет двигаться вечно по прямой. Движение объекта изменяется по направлению равнодействующей силы. Спутники остаются на орбите вокруг Земли, потому что они были посланы с достаточной силой для того, чтобы достичь высоты, на которой их движение по орбите вокруг Земли постоянно меняется под воздействием сил гравитации и при отсутствии сопротивления воздуха.

Когда противоположные силы, действующие на твердый объект, не находятся на одной прямой, они заставляют объект поворачиваться или вращаться. Вращательный эффект силы зависит от ее расстояния от оси вокруг которой она вращается. Чем дальше расстояние от точки вращения, тем меньшая сила требуется, и тем большее перемещение. Этот эффект широко применяется в инструментах и механизмах, где небольшая сила, действующая на большом расстоянии, создает большую силу, действующую на малом расстоянии.

Давление – это величина равная силе, действующей на определенную площадь поверхности. Давление, распространяющееся на большую площадь, производит меньшее давление, чем при распространении на малую площадь, что нашло свое применение во многих областях начиная от обуви для хождения по снегу и до канцелярских кнопок. Давление в жидкой среде (жидкости или газе) в определенной точке зависит от веса жидкости в этой точке, при чем давление воздуха на Землю уменьшается с увеличением высоты над Землей, а давление в жидкости увеличивается с погружением на глубину.

4

Количество энергии во вселенной неизменно, но энергия может переходить из одного вида энергии в другой

Для многих процессов или явлений необходим источник энергии. Энергия может передаваться от одного тела или группы тел к другим различными способами. В ходе этих процессов некоторые виды энергии становятся менее доступными. Энергия не создается и не уничтожается. Если энергия выделилась при горении ископаемого топлива с присутствием кислорода, некоторая часть энергии переходит в форму, когда ее становится трудно использовать.

5-7

Существуют различные способы вызвать изменения в объектах или материалах. Можно заставить объект изменить его движение толкнув или потянув его. Можно вызвать изменение нагреванием, например при готовке, при таянии твердых материалов или превращении воды в пар. Электричество может заставить электрические лампочки светиться. Ветер может вращать лопасти ветряных турбин.

7-11

При всех этих изменениях энергия передается от одного объекта – источника энергии к другому, принимающему энергию. Топливо, такое как нефть, газ, уголь и древесина, является источником энергии. Некоторые источники энергии возобновляемые, они производятся ветром, волнами, солнечным светом и морскими приливами, а некоторые не возобновляемые – это ископаемое топливо, горящее в присутствии кислорода.

11-14

Объекты могут иметь кинетическую энергию (то есть способность влиять на вещи) благодаря их химическому составу (например, как в топливе и батарейках), движению, температуре, положению в гравитационном или другом поле, или благодаря сжатию или растяжению эластичного материала. Потенциальная энергия может накапливаться при поднятии предмета над землей. Когда его отпускают и он падает, при его движении увеличивается кинетическая энергия. При нагревании объект обладает большей энергией, чем когда он холоден. Предмет, температура которого повышена, нагревает окружающую среду или более холодные объекты, находящиеся в контакте с ним до тех пор, пока температура всех находящихся рядом объектов не станет одинаковой. Насколько быстро это произойдет зависит от того из какого материала сделаны предметы и какого качества материалы между ними (т. е. это поглотители или проводники). Химические элементы в батареях сохраняют энергию, которая расходуется при подсоединении батареи к электрической цепи, по которой энергия передается к другим элементам цепи и окружающей среде. Энергия может передаваться при помощи излучения звука в воздухе, и света в воздухе или в вакууме.

14-17

Многие процессы и феномены можно описать как процессы обмена энергии, начиная от роста растений и заканчивая погодой. При передаче энергии для достижения конкретных изменений, некоторая часть энергии практически всегда распространяется на больший радиус действия, с нагреванием атомов и молекул и распространяясь при помощи проводимости и излучения. Этот процесс необратим, и энергия хаотичного движения частиц не может быть с легкостью использована. Таким образом, часть энергии рассеивается.

Энергия не создается и не уничтожается. При передаче энергии от одного объекта к другим общая сумма энергии во вселенной остается неизменной; ту сумму энергии, которую теряет один объект, получает другой. Когда Солнце нагревает Землю и другие планеты, оно при излучении постепенно теряет энергию. Масса атомов – это форма потенциальной энергии, называемая атомной. Радиоактивные атомы испускают эту энергию, которая может быть получена в виде тепла.

С ростом численности населения спрос на энергию по всему миру растет, а современный образ жизни требует все большего количества энергии в удобной для потребления форме – т. е. электрической энергии. Полезные ископаемые, часто используемые на электростанциях и генераторах энергии, очень ограничены и их сгорание вызывает вредоносный парниковый эффект и изменение климата. Таким образом, необходим поиск новых возможностей для производства электричества, а также уменьшения потребления и улучшения эффективности использования энергии.

5

Состав Земли и ее атмосферы, а также происходящие между ними процессы влияют на поверхность земли и ее климат

Излучение солнечной энергии нагревает Землю и вызывает конвекционные потоки в атмосфере и океанах, создавая климатические условия. Тепло исходящее из центра Земли вызывает движение лавы. Это в свою очередь, приводит к движению плит, формирующих Земную кору, и возникновению вулканов и землетрясений. Твердая поверхность Земли постоянно изменяется благодаря формированию и разрушению горных массивов.

5-7

7-11

11-14

14-17

Земная поверхность окружена воздухом, но по мере удаления (очень высоко в небе) воздуха становится все меньше. Погода определяется состоянием и движением воздушных масс. Температура, давление, направление и скорость движения, а также количество водяного пара в воздухе создают погоду. При постоянном измерении этих показателей возможно выявить определенную картину, позволяющую давать краткосрочный прогноз погоды. Долгосрочные характеристики погоды считаются климатическими особенностями в разных частях света. Основная часть твердой поверхности Земли покрыта почвой, представляющей собой смесь камней различного размера и останков организмов. В состав плодородной почвы также входят воздух, вода и некоторые химические вещества, образовавшиеся в результате разложения живых организмов, растений, насекомых, червей и бактерий. Твердое вещество, которое находится под почвой это камни. Существует много видов камней с различными свойствами и качествами. Действие ветра и воды постепенно разбивает камни на маленькие частицы, – песок состоит из мельчайших частиц камней, а грунт из еще более мелких частиц. Около 2/3 поверхности Земли покрыто водой, благодаря которой существует жизнь. В природе происходит постоянный круговорот воды, участвующей в процессах испарения воды из океанов и других поверхностей, таких как почва и растения, конденсации воды в облаках и выпадения воды в виде осадков, таких как дождь, снег или град.

Слой воздуха близ поверхности Земли пропускает большую часть солнечного излучения. Излучение, поглощаемое поверхностью, является внешним источником энергии для Земли. Радиоактивный распад материи внутри Земли является внутренним источником энергии. Солнечное излучение дает энергию растениям, содержащим хлорофилл для производства глюкозы в процессе фотосинтеза. Излучение солнечной энергии, поглощаемое Землей, согревает поверхность Земли, которая в свою очередь выделяет инфракрасное излучение (с большей длиной волны) которое не проходит сквозь слои атмосферы, а поглощается ею, сохраняя тепло на Земле. Этот эффект называется парниковым, потому что он подобен тому, как парник нагревается от Солнца.

Кислород, производимый растениями во время фотосинтеза, косвенно защищает Землю от коротких волн (ультрафиолетовой) части солнечной радиации, которая вредна для большинства организмов. Действие ультрафиолетового излучения на кислород в верхних слоях атмосферы производит озон, который поглощает эту вредоносную радиацию. Температура на поверхности Земли является результатом очень хрупкого баланса, который может быть нарушен газами, поступающими в атмосферу. В результате человеческой жизнедеятельности производится много диоксида углекислого газа и метана, которые увеличивают парниковый эффект и ведут к глобальному потеплению и изменению климата.

Под твердым слоем земной коры находится горячий слой мантии. Под давлением земная мантия твердая, но при уменьшении давления мантия плавится и называется магмой. В некоторых местах земной коры, например, в тонких областях коры возникают трещины, что позволяет магме выйти на поверхность в виде вулканических извержений. Земная кора состоит из твердых плит, которые перемещаются относительно друг друга при движениях мантии. Там, где происходит столкновение плит, возникают горные цепи и вдоль границ плит проходит линия тектонического разлома, по которой могут происходить извержения вулканов и наблюдается повышенная вулканическая активность. Со временем Земная поверхность медленно меняется, горы разрушаются из-за погодных явлений, а когда Земная кора поднимается, появляются новые возвышенности.

6

Наша солнечная система является одной из мельчайших частиц в одной из миллиардов галактик во вселенной

Наше Солнце, восемь планет и другие объекты, вращающиеся вокруг него, составляют Солнечную систему. Существование дня и ночи, и времен года можно объяснить направлением и вращением Земли вокруг Солнца. Солнечная система представляет собой часть галактики, состоящей из звезд, газа и пыли – одной из многих миллиардов галактик во вселенной, разделенных огромными расстояниями. Многие звезды, так же, как и Солнце окружены планетами.

5-7

Существуют определенные закономерности в положении Солнца в течение дня и в изменениях формы луны день ото дня.

7-11

Земля совершает оборот вокруг Солнца примерно за один год. Луна совершает полный оборот вокруг Земли примерно за четыре недели. Солнце, находящееся в центре Солнечной системы, является единственным источником видимого света в Солнечной системе. Луна отражает солнечный свет и при ее вращении вокруг Земли можно видеть только освещенные Солнцем части. Земля вращается по оси, лежащей по направлению с севера на юг, и это движение создает впечатление, что Солнце, Луна и звезды вращаются вокруг Земли.

11-14

Это вращение Земли, когда та или иная часть Земли, оказывается повернутой к Солнцу создает день и ночь. Земля совершает полный оборот вокруг Солнца за один год. Земная ось наклонена по отношению к плоскости ее орбиты при вращении вокруг Солнца таким образом, что продолжительность дня меняется, в зависимости от положения земной поверхности и времени года, создавая времена года. Земля является одной из восьми (пока что известных) планет в солнечной системе, и вращается вокруг Солнца по круговой траектории наряду с другими меньшими небесными телами, более или менее удаленными от Солнца и вращающимися с разной скоростью. Расстояния между этими телами огромны, например, Нептун находится в 4,5 млрд км, т. е. в 30 раз дальше от Солнца, чем Земля. С Земли можно наблюдать, что планеты движутся по отношению к звездам, которые остаются статичными. Исследование Солнечной системы возможно благодаря использованию роботов, или человеческих ресурсов на сравнительно небольших расстояниях от Земли.

14-17

Время от времени, большие каменные глыбы, вращающиеся вокруг Солнца, приближаются на довольно близкое расстояние к Земле. Они притягиваются полем земной гравитации и ускоряются в атмосфере, а трение о воздух заставляет их нагреваться и светиться, и мы видим их как «падающие звезды». Метеор – это камень, который полностью сгорает в атмосфере, а если какая-то его часть достигает земной поверхности, то он считается метеоритом. В остальном, движение объектов внутри Солнечной системы довольно регулярные и предсказуемые. Основные законы науки, применимые на Земле, применимы также и в отношении объектов во вселенной. Благодаря исследованиям космоса, существуют доказательства, что с момента формирования планет на их поверхности происходили изменения. На данный момент признаки внеземной жизни во вселенной пока что не обнаружены. Солнце – это одна из звезд во вселенной. Как правило звезды состоят из водорода. Источником энергии, излучаемой Солнцем и другими звездами, являются ядерные реакции во внутреннем ядре. Солнце – это одна из миллионов звезд, являющихся частью галактики называемой – Млечный Путь. Другая ближайшая к нам звезда находится на гораздо большем расстоянии от нас, чем самая дальняя планета Нептун. Расстояния между и внутри галактик настолько огромны, что они исчисляются «световыми годами» – это расстояние, которое свет может пройти за один год. Во вселенной существуют миллиарды галактик на практически немыслимом расстоянии друг от друга. Различное движение галактик свидетельствует о том, что вселенная расширяется от начала события, которое называют «большим взрывом» произошедшим около 13,7 млрд лет тому назад.

7

Все живые организмы построены на клеточной основе и имеют ограниченный период жизни

Все организмы состоят из одной и более клеток. Клетки многоклеточных организмов различаются в зависимости от их функций. Все основные жизненные функции являются результатом того, что происходит внутри клеток, из которых состоит организм. Рост является результатом многократного деления клеток.

5-7

Существует огромное разнообразие живых существ (организмов), включая растения и животных. Они отличаются от неживой природы своей способностью передвигаться, размножаться и реагировать на определенные стимулы.

7-11

Чтобы выжить организмам нужны вода, воздух, питание, возможность избавляться от отходов жизнедеятельности и среда обитания с определенной постоянной амплитудой температур. Несмотря на то, что некоторые организмы практически не проявляют активность, для всех организмов характерны процессы дыхания, воспроизводства, питания, выделения, роста, развития и в конце концов умирания.

11-14

Все живые организмы состоят из одной и более клеток, которые можно увидеть в микроскоп. Все основные процессы жизнедеятельности являются результатом того, что происходит внутри клеток. Клетки делятся, заменяя отжившие клетки и создают новые клетки при росте и репродукции. Питание является источником энергии, который нужен клеткам для того, чтобы осуществлять все эти и другие функции. Некоторые клетки многоклеточных организмов, в дополнение ко всем обычным клеточным функциям выполняют особые функции в организме, например, это мышечные и нервные клетки, а также клетки крови. Из множества клеток складываются ткани, которые образуют органы, а органы в свою очередь, образуют системы органов. Системы органов в человеческом организме выполняют такие основные функции как: дыхание, пищеварение, выделение и контроль температуры тела. Система кровообращения доставляет вещества необходимые для всего организма и уносит растворимые отходы жизнедеятельности при помощи мочевыводящей системы. Стволовые клетки, не имеют конкретной специализации и способны восстанавливать ткани, будучи запрограммированы для выполнения различных функций. Клетки функционируют наилучшим образом в определенных условиях. Как отдельные клетки, так и многоклеточные организмы должны поддерживать определенную температуру и уровень кислотности (РН) необходимые для поддержания жизнедеятельности организма.

14-17

Внутри клетки существует множество различного вида молекул, которые взаимодействуют между собой, осуществляя функции клетки. В многоклеточных организмах клетки общаются между собой передавая вещества в близлежащие клетки для координации своих действий. Мембрана, окружающая каждую клетку, играет важную роль пропускного механизма и регулирует то, какие вещества могут поступать в клетку, а какие выделяться. Активность различного вида клеток регулируется ферментами. Гормоны, выделяемые особыми тканями и органами, регулируют активность других органов и оказывают влияние на организм в целом. В человеческом организме гормоны переносятся с кровотоком. Многие медикаменты действуют, ускоряя или замедляя регуляторные механизмы ферментов или гормонов. Головной и спинной мозг также оказывают влияние на регуляцию клеточной активности, посылая электрические сигналы по нервным клеткам, которые быстро передаются другим клеткам.

При создании необходимых условий клетки некоторых организмов можно выращивать *in situ*, то есть вне организма. Такие культуры клеток используются учеными для исследования функций клеток, и имеют медицинское применение при производстве вакцин, скрининге лекарственных препаратов и экстракорпоральном оплодотворении. Культуры клеточных тканей растений широко используются в науках о растениях, лесничестве и садоводстве. Основная часть клеток запрограммирована на ограниченное количество делений. Болезни, вызываемые инвазивными микроорганизмами, природными условиями или дефективным программированием клеток, обычно разрушают функции клеток. Организмы погибают, когда их клетки утрачивают способность продолжать деление.

8

Организмам необходимо постоянное поступление энергии и веществ, от которых зависят их жизнь, и за которые они часто борются с другими организмами

Питание дает организмам энергию для роста и осуществления основных жизненных функций. Зеленые растения и некоторые бактерии могут использовать солнечную энергию для производства сложных молекул глюкозы. Животные получают энергию расщепляя молекулы глюкозы и полностью зависят от зеленых растений как основного источника энергии. В любой экосистеме между видами существует борьба за энергетические ресурсы и вещества необходимые для жизни и размножения.

5-7

Все живые организмы нуждаются в пище как основном источнике энергии, а также в воздухе, воде и определенных температурных условиях. Растения, содержащие хлорофилл, могут использовать солнечный свет для производства необходимых питательных веществ и накапливать питательные вещества, которые они не используют в данный момент.

7-11

Животные нуждаются в питательных веществах, которые травоядные животные могут получить, поедая растения, а плотоядные – поедая животных, которые в свою очередь питались животными или растениями. Растения жизненно важны для выживания животных. Отношения между организмами могут быть представлены в виде пищевых цепей и пищевых сетей. Некоторые животные зависят от растений не только в плане пропитания; например, растения служат для них средой обитания. А люди в свою очередь, используют растения для производства одежды и топлива. Растения также очень часто зависят от животных. Например, многие цветущие растения нуждаются в насекомых, которые опыляют их и в животных, которые разносят их семена.

11-14

Взаимозависимые организмы, живущие вместе в определенных природных условиях, образуют экосистему. Устойчивая экосистема состоит из производителей питательных веществ (растений), потребителей (животных) и разлагающих организмов – сапрофитов (бактерий и грибов, питающихся продуктами распада и мертвыми организмами). Разлагающие организмы производят вещества, стимулирующие рост растений, таким образом, происходит постоянный круговорот веществ. В то же самое время происходит круговорот энергетических ресурсов в экосистеме. Когда питательные вещества используются организмами для процесса жизнедеятельности, некоторая часть энергии рассеивается в виде тепла, но тут же возмещается излучением солнечной энергии, которую растения используют для производства питательных веществ.

14-17

В любой экосистеме между видами существует борьба за источники энергии и необходимые для жизни ресурсы. Стойкость экосистем зависит от постоянной доступности этих источников энергии и необходимых ресурсов в среде обитания. Растения адаптируются к доступности воды, света, минералов и пространства, которые необходимы для роста и размножения в определенных условиях, характеризующихся климатическими, геологическими и гидрологическими условиями. При изменении условий популяция растений может меняться, в результате оказывая влияние на популяцию животных.

Люди контролируют рост определенных растений и изменения численности животных в экосистеме. Лесничество, целью которого является выращивание определенного вида деревьев, лишает определенные виды животных необходимой для их выживания растительной пищи, таким образом уменьшая разнообразие видов животных и других организмов в пищевой цепи. Современное животноводство уменьшает биологическое разнообразие, создавая благоприятные условия для определенных видов животных и растений, которые идут в пищу растущему человеческому населению. Широкое использование пестицидов для защиты определенного типа растений негативно влияет на опыляющих растения насекомых, а ведь от них зависит опыление и множества других растений. Человеческая активность такого рода создает примитивную и неестественную экосистему, ограничивающую биологическое разнообразие и в результате вызывающую потерю ценного культурного ландшафта и дикой природы.

9

Генетическая информация передается от одного поколения организмов к другому

Генетическая информация находится в химической структуре ДНК каждой клетки. Гены определяют развитие и структуру организмов. При бесполом размножении все гены потомства передаются одним родителем. При половом размножении каждый родитель передает потомству половину генов.

5-7

7-11

Живые организмы производят подобное себе потомство, но молодые особи не являются абсолютной копией друг друга и своих родителей. Так как генетическая информация передается от поколения к поколению, растения и животные, включая людей, во многом похожи на своих родителей. Однако, другие признаки, такие как навыки и особенности поведения не передаются генетически и должны быть освоены потомством.

В ядрах клеток, из которых состоят растения и животные, находятся особые структуры – хромосомы, содержащие сложные молекулы ДНК. При делении клеток информация, необходимая для создания новых клеток, служит кодом, определяющим каким образом будет сложена молекула ДНК. Длина гена равняется длине ДНК; при этом, одна хромосома содержит сотни и даже тысячи генов.

В человеческом организме большая часть клеток содержит 23 пары хромосом и около 20 000 генов.

11-14

При делении клетки, также, как и при росте или замещении мертвых клеток, генетическая информация копируется таким образом, что каждая новая клетка содержит копию (реплику) самой себя. Иногда в процессе репликации случается сбой, вызывающий мутации, которые могут быть незначительными или разрушительными для организма. Изменения в генах могут быть вызваны условиями окружающей среды, такими как радиация и химические вещества. Эти изменения могут повлиять как на индивидуума, так и на его потомство, особенно на клеточном уровне – в форме сперматозоидов и яйцеклеток.

При половом размножении клетка сперматозоида от мужской особи соединяется с яйцеклеткой женской особи. Сперматозоиды и яйцеклетки – это особые клетки, каждая из которых содержит одну из двух версий каждого гена родителей, выбранную случайным образом. При слиянии сперматозоида и яйцеклетки, половина генетического материала в оплодотворенной яйцеклетке дается сперматозоидом и половина яйцеклеткой. При многократном делении оплодотворенной яйцеклетки этот генетический материал дублируется в каждой новой клетке. Сортировка и воссоединение генетического материала при формировании и слиянии сперматозоидов и яйцеклеток приводит к огромной вариации возможных комбинаций генов, и различным особенностям, которые могут передаваться по наследству от поколения к поколению. Это создает возможность для естественного отбора в результате некоторых вариаций, делающих организмы более адаптированными к определенным условиям окружающей среды.

14-17

Бесполое размножение, характерное для широкого спектра организмов, включая бактерии, насекомых и растения, ведет к популяциям с идентичным генетическим материалом. Благодаря биотехнологиям стало возможным создание генетически идентичных организмов, то есть клонирование ряда видов включая млекопитающих.

Последовательность генов в организме называется геномом. Генетическая информация различных организмов постоянно изучается при помощи картирования генов. Если последовательность генов известна, это дает возможность искусственно изменять генетический материал для придания организмам тех или иных качеств. При генной терапии используются определенные техники, позволяющие поставлять в клетки человеческого организма гены, помогающие исцелять определенные болезни.

10

Разнообразие организмов, живущих и исчезнувших, является результатом эволюции

Все живое произошло от универсального общего предка – одноклеточного организма. Бесчисленные поколения прошли через изменения, в результате которых, природное разнообразие внутри видов привело к отбору наиболее приспособленных к выживанию в определенных условиях организмов. Виды не способные эффективно приспосабливаться к изменениям в их среде обитания вымирают.

5-7

Существует множество растений и животных, живущих на нашей планете сегодня, в тоже время многие виды уже исчезли с лица Земли. Об их существовании свидетельствуют ископаемые. Животных и растения можно классифицировать по видам и подвидам в соответствии с их сходством. Например, в классе птиц есть отряд воробьиных, который подразделяется на различные подвиды, такие как домовый воробей, воробьиная овсянка и большой воробей. Организмы одного вида размножаются одинаково. Различные виды не могут скрещиваться для производства потомства, способного к размножению. Несмотря на то, что организмы одного вида очень похожи, они несколько отличаются друг от друга. Одним из результатов полового размножения является то, что потомки всегда несколько отличаются от своих родителей.

7-11

11-14

Живые организмы находятся в определенных природных условиях, потому что имеют особые свойства организма, позволяющие им выживать в этих условиях. Эта способность адаптироваться к окружающей среде возникла благодаря небольшим различиям, возникающим при размножении, в результате которых некоторые организмы становятся более приспособленными к окружающей среде чем другие. В борьбе за энергетические ресурсы и средства к существованию, организмы способные приспособиться имеют больше шансов на выживание и могут передать свою способность к адаптации своему потомству. Менее приспособленные к определенной среде, обречены на вымирание еще до размножения, поэтому будущие поколения будут состоять из организмов способных к адаптации. Однако, все это относится только к изменениям (мутациям) в репродуктивных клетках; мутации в других клетках не передаются по наследству. Со временем эти изменения аккумулируются до такой степени, что выжившие организмы становятся новым видом.

Естественный отбор организмов с определенными качествами, позволяющими им выживать в определенных условиях окружающей среды, продолжается от первой формы жизни, появившейся на Земле около 3,5 млрд лет назад. Простые одноклеточные организмы возникли в самом начале истории жизни на Земле. Около 2 млрд лет назад, некоторые из этих видов развились в многоклеточные организмы, давшие начало крупным животным, растениям и грибам, которые населяют нашу планету сегодня. Другие формы жизни остались одноклеточными.

При климатических, геологических или связанных с численностью популяции изменениях, преимущества от унаследованных качеств могут быть усилены или нивелированы. Процесс адаптации происходит естественно и очень медленно, но может быть ускорен человеческим вмешательством в виде селекции для размножения определенных животных или растений, обладающих полезными качествами, подходящими для определенных функций или условий среды.

14-17

Человеческая деятельность может изменить среду обитания гораздо быстрее, чем организмы могут приспособиться к этим изменениям. Загрязнение воды, воздуха и почвы, а также интенсивное сельское хозяйство могут иметь далеко идущие последствия для окружающей среды, и уже оказывают разрушительное действие на многие организмы. Уровень вымирания организмов в результате человеческой жизнедеятельности в сотни раз превышает показатель, который был бы возможен при отсутствии человеческой расы. Уменьшение разнообразия жизни может привести к значительной деградации экосистемы и потери способности реагировать на изменения среды.

Эволюция жизни на Земле является всего лишь ограниченным отрезком того, что называется *космической эволюцией* – что означает постепенные изменения в физических и химических условиях галактик, такие как появление атома углерода, которое создало благоприятные условия для существования жизни, по крайней мере на Земле.

11

Сущность науки состоит в нахождении причины или причин различных явлений мира природы

Наука – это поиск целью которого является объяснить и понять явления мира природы. Для этой задачи не существует одного конкретного научного метода; разнообразие природных явлений требует разнообразных методов и инструментов для выдвижения и тестирования научных гипотез. Нередко, исходя из наблюдений и результатов экспериментов, объяснение предстает в виде факторов, которые должны иметь место, чтобы осуществилось какое-либо событие. В других случаях доказательство основывается на корреляциях, обнаруженных при систематическом наблюдении.

7-11

Сущность науки состоит в нахождении объяснений почему определенные события происходят, или почему они принимают определенную форму, принимая во внимание, что любое событие или явление имеет свое основание или основания и существует причина, по которой вещи или события принимают определенную форму. Объяснение не является догадкой; для объяснения необходимо конкретное обоснование. Существует множество способов для определения причин, по которым что-то происходит. Внимательное наблюдение, включая при возможности измерение, может помочь разобраться что именно происходит. При наблюдении важно проследить чтобы другие вещи оставались неизменными, то есть чтобы конечный эффект был результатом изменения только одного фактора.

11-14

Внимательные и систематические наблюдения, а также точные описания того, что наблюдалось имеют фундаментальное значение для научных исследований. То, что люди ожидают увидеть, может повлиять на то, что они будут наблюдать, поэтому для достижения лучшего качества исследований, наблюдения должны проводиться несколькими независимыми экспертами и результаты должны быть представлены достаточно четко, чтобы их могли проверить другие.

Различные природные явления могут быть объяснены разными способами. В некоторых случаях, возможное объяснение (гипотеза) означает изменение переменного фактора, который может быть причиной определенного явления. Чтобы проверить гипотезу, обычно предполагают, что может случиться если данный фактор изменится и затем наблюдают насколько то, что произойдет соответствует гипотезе. Если результат соответствует предположению, и другие изменения не производят такого же результата, то данный фактор считается причиной, объясняющей наблюдения.

14-17

Если экспериментальная манипуляция факторами невозможна, как, например при движении планет в Солнечной системе, явление может быть исследовано при систематическом наблюдении нескольких событий на протяжении определенного периода времени. Поиск закономерностей в данных может показать, что существует корреляция между факторами – при изменении одного фактора, обычно меняется и другой. Корреляция может быть использована для гипотезы, которая в свою очередь служит выдвижению предположений, даже если это включает в себя аспекты, которые невозможно наблюдать или изменить напрямую. Однако, корреляция не может служить убедительным доказательством тому, что изменения одного фактора привели к изменениям в другом, так как может существовать еще какой-либо фактор (пока что не идентифицированный) являющийся причиной для первых двух факторов. Обнаружить то, что какой-то элемент вызывает конкретный эффект, не означает объяснить механизм действия данного эффекта. Для объяснения механизма нужна модель взаимоотношений, основанная на научных принципах.

Явления прошлого, такие как изменения в горных породах или эволюция видов, также могут быть подвергнуты процессу проверки гипотезы. В таких случаях, наилучшим объяснением будет то, которое принимает во внимание последовательность всех гипотез и их соответствие всем известным фактам и научным принципам.

12

Научные объяснения, теории и модели – это то, что соответствует доказательствам, доступным в данный момент времени

Научная теория или модель, описывающая взаимоотношения между переменными природного явления, должна соответствовать наблюдениям, доступным в настоящее время и вести к предположениям, которые могут быть проверены. Любая теория или модель является предварительной и может быть пересмотрена в свете новых данных несмотря на то, что ранее выдвинутые предположения соответствовали имеющимся в прошлом данным.

5-7

Каждый может ставить под вопрос явления, происходящие в мире природы и пытаться найти ответы, которые помогут объяснить, происходящее.

7-11

В науке объяснения находят в результате систематического поиска, включающего в себя сбор данных через наблюдение, измерение качеств изучаемых объектов, или использование данных из других источников. Будет ли найдено убедительное объяснение, зависит от того какие данные будут собраны; при этом, обычно процесс поиска основан на теории или гипотезе о том, что могло бы произойти.

11-14

Чтобы способствовать процессу интерпретации наблюдений, ученые создают модели для представления того, что как они предполагают, может случиться. Иногда это физические модели, такие как планетарий – модель Солнечной системы, в которой используются различные объекты, представляющие Солнце, Луну, Землю и другие планеты; или модель магнитных шариков и палочек, показывающая каким образом атомы, образуют молекулы в веществе. Другие модели являются теоретическими и абстрактными, – такие как представление о свете как движении волны, или представление отношений между объектами в виде математической формулы. Компьютерные модели дают возможность создавать симуляции различных феноменов и легко изменять переменные для исследования их эффекта. Некоторые модели ясно представлены в различных теориях и работают без противоречий во всех до сих пор известных ситуациях. Другие модели, – более гипотетические и скорее всего будут изменены в будущем. В некоторых ситуациях, возможно существование нескольких моделей, при чем вопрос о том какая из моделей наиболее эффективна остается открытым; в других ситуациях, подходящая модель, объясняющая конкретное явление, может быть еще не найдена.

14-17

Модели дают возможность объяснить конкретное явление в плане отношений между частями системы. Модели создаются в процессе многократного сравнения того, что предполагалось с тем, что было найдено в реальном мире. Мышление, основанное на исследовании моделей, выходит за рамки того, что может наблюдаться на прямую, при этом оно основывается на доказательствах и сравнении предполагаемой ситуации с тем, что наблюдается.

Научные объяснения событий или явлений находят свое отражение в теориях или моделях. Объяснения не возникают на основе данных, а создаются в процессе, который часто включает интуицию, воображение и осознанное выдвижение гипотезы. Научная теория – это хорошо обоснованное объяснение некоторых аспектов мира природы, основанное на совокупности фактов, которое было повторно подтверждено в наблюдениях и экспериментах, таким образом став точно установленным.

Если новые данные не соответствуют настоящим идеям, то эти идеи должны быть изменены или заменены альтернативными. Однако, существует большая уверенность в повторно и надежно подтвержденных идеях или моделях, таким образом ставших фактами. Объяснение или теория никогда не могут быть утверждены как «верно на 100%», потому что всегда существует возможность нестыковки данных, поскольку появляются новые теории, предлагающие еще лучшее объяснение. Таким образом, некоторые научные идеи, используемые сегодня, и объясняющие природу вещей отличаются от идей прошлого и возможно будут заменены на другие идеи в будущем.

13

Знания, основанные на науке, применяются в инженерии и технологиях для обеспечения нужд человечества

Применение научных идей в инженерных технологиях произвело значительные изменения во многих аспектах человеческой деятельности. Прогресс в технологиях способствует дальнейшей научной деятельности; что в свою очередь, увеличивает понимание мира природы. В некоторых видах человеческой деятельности технологии опережают научные идеи, а в других наоборот – наука опережает технологии.

5-7

Технологии были созданы людьми для обеспечения основных нужд таких как: питание, производство инструментов и одежды, жилье и коммуникация. Все вокруг нас напоминает нам о том, как можно изменять материалы, чтобы они служили для определенных целей.

7-11

Технологии развиваются при помощи инженерии, включающей в себя определение проблем и использование научных идей для дизайна и развития наилучших решений. Существует много различных способов решения проблем, поэтому необходимо испробовать разные возможности. Для принятия решения, необходимо понимать какой результат необходим и каким образом будет оцениваться успешность решения. Например, решение проблемы о необходимости видеть свой затылок будет другим, если критерием успеха будет оставить при этом руки свободными.

11-14

Разработка решения проблемы обычно включает создание чертежа или модели. Физические, математические или компьютерные модели позволяют протестировать изменения материалов или дизайна и улучшить решение. Обычно существует много ограничивающих выбор факторов, таких как стоимость, доступность материалов и влияние на потребителей и на окружающую среду.

14-17

Наука, инженерия и технологии тесно связаны между собой. Применение достижений науки в создании новых материалов – это пример того, как научные знания привели к прорыву в технологиях и дали инженерам возможность широкого выбора при разработке различных конструкций. В тоже время, технологический прогресс помог развитию науки, благодаря улучшению качества инструментов для наблюдений и измерений; автоматизации процессов, которые в противном случае, были бы слишком опасными или трудоемкими; а также использованию компьютеров. Таким образом, технологии помогают научному прогрессу, который в свою очередь, может быть использован для производства необходимых нам всем вещей и улучшения жизни.

В прошлом технологии разрабатывались эмпирическим путем, опережая научные идеи, в то время как сегодня научное понимание идет в ногу с технологиями или даже опережает их. Благодаря применению науки в разработке и создании новых инструментов и машин, стало возможным массовое производство, таким образом многие товары стали доступны большему числу людей.

Некоторые технологии имеют как преимущества, так и недостатки. Несмотря на то, что использование искусственных материалов позволяет нам экономить ограниченные природные ресурсы, многие современные материалы не разлагаются так же, как натуральные, и отработав свой срок создают проблему утилизации отходов. В некоторых технологиях, таких как мобильные телефоны и компьютеры, используются металлы, которые можно найти в природе в очень ограниченных количествах и скоро их запасы будут истощены. Такие примеры отражают более глобальную проблему, а именно – необходимость перерабатывать материалы для сохранения природных ресурсов и уменьшения загрязнения среды. Сейчас, когда окружающая среда подвергается множеству неблагоприятных воздействий, которые влияют и на нашу жизнь, ученые и инженеры должны сотрудничать для понимания и устранения этих проблем.

14

Применение достижений науки как правило имеет этические, социальные, экономические и политические последствия

Воплощение научных знаний в технологиях открывает дорогу для инноваций. Однако, вопрос о том, насколько желательна конкретное использование научных знаний, не может быть решен исключительно в рамках науки. Необходимо применение этических и моральных суждений, основанных на понятиях справедливости и равенства, человеческой безопасности и влияния людей на окружающую среду.

7-11

Развитие понимания мира природы через науку позволяет нам объяснить как устроены различные вещи или почему существуют некоторые явления. Это понимание часто может быть применено чтобы модернизировать или создать новые вещи, для решения различных проблем человечества. Такие технологические решения позволяют улучшать жизнь и здоровье людей по всему миру, однако, нужно признать, что это может нанести урон окружающей среде или вызвать перерасход ограниченных природных ресурсов.

11-14

Применение научных знаний обычно имеет как положительные, так и отрицательные последствия. Некоторые негативные последствия могут быть предусмотрены заранее, а осознание других приходит благодаря опыту. Чистая вода, полноценная еда и улучшенное медицинское обслуживание увеличили продолжительность человеческой жизни, в результате, рост численности населения увеличил спрос на ресурсы и новые территории для жилья, производства пищи, утилизации отходов. Данная ситуация как правило пагубно отражается на развивающихся странах и несет за собой уничтожение среды обитания других живых существ, вызывая их вымирание.

Существует много примеров нежелательных последствий технологических и инженерных инноваций. Улучшенный комфорт и скорость передвижения, например по воздуху, означает сжигание топлива и производство углекислого газа, – одного из газов, способствующих парниковому эффекту. Увеличение объема таких газов в атмосфере способствует повышению температуры на Земле. Даже небольшое повышение температуры на нашей планете может иметь огромные последствия в связи с изменениями полярных льдов, уровня моря и погодных условий. Когда известны все возможные пагубные последствия применения научных разработок, необходимо внимательно взвесить все за и против.

14-17

Все инновации требуют каких-либо ресурсов включая финансовые, поэтому решения должны приниматься, соблюдая определенные требования. Такие решения, принимаемые на государственном, местном или индивидуальном уровне, должны основываться на четком понимании научных концепций и технологических принципов, в свою очередь решения в отношении дальнейших действий должны быть основаны на ценностях и определенных требованиях, а не только лишь на научных доказательствах. Таким образом при создании нового продукта или системы, инженеры должны принимать во внимание этические ценности, политические и экономические реалии, а уровень науки и технологии.

Научное понимание может помочь найти применение различных разработок, но решение о том стоит ли предпринимать конкретные действия, должно быть принято основываясь на этических и моральных принципах, которые не являются частью научных знаний. Существует существенное различие между научным пониманием, например, о необходимости беречь биологическое разнообразие, факторах ведущих к изменениям климата, и негативных последствиях определенного стиля жизни с одной стороны, и действиями, которые могут быть или не быть предприняты в отношении всех этих факторов с другой.

5 Работа с большими идеями

Повсеместные и многократные призывы к более глубокому и более координированному подходу к целям научного образования звучат уже много лет. Публикация книги *Принципы и большие идеи научного образования (Principles and Big ideas of Science Education)* является ответом на этот запрос общества, акцентируя относительно небольшое число идей научного образования, которые необходимо стремиться развить у всех учащихся. В отзывах, полученных нами от стран, в которых данная публикация была переведена и использована, рекомендации включали исключительно минимальную коррекцию и уточнения описания больших идей.

Однако, необходим более широкий опыт и дискуссия в отношении результатов работы с большими идеями на практике. А именно, каким образом это влияет на принятие решений в отношении основного учебного опыта учащихся: выбор содержания программы, педагогику и оценивание учащихся? В данном разделе мы попытаемся ответить на эти вопросы.



Рис. 1. Взаимодействие между аспектами учебного опыта учащихся

Три вышеупомянутых аспекта учебного опыта учащихся представленные на Рис.1. не являются независимыми друг от друга. Как показано стрелками, изменения в одном аспекте влекут за собой изменения в других. Эти взаимодействия очень важны, так как не имеет смысла рекомендовать нацеливать программу на большие идеи если оценивание будет основано на запоминании многочисленных фактов или если педагогика не выстраивает связи необходимые для формирования этих больших идей.

Не имеет смысла ратовать за обучение, основанное на исследованиях, если учебная программа перенасыщена или превалирующая система оценивания это суммативное оценивание (внешнее независимое оценивание или оценивание учителем). Мы так же не можем ожидать что учащиеся разовьют навыки ответственности за свое обучение если обучение не предусматривает времени на рефлексию и не оставляет места для творчества, и мы не можем надеяться на позитивное отношение к науке если содержание программы представляется учащимся весьма далеким от их интересов и опыта.

Возможности для всех учащихся

Рассматривая возможности обучения через призму содержания программы, педагогики и оценивания, важно помнить о принципе равных возможностей (стр. 7), так как все учащиеся одинаково нуждаются в этих возможностях для подготовки к жизни в сложном современном мире. Убежденность в том, что все учащиеся могут успешно учиться, базируется на практических исследованиях, тем не менее, до сих пор во многих странах существуют существенные и устойчивые различия в достижениях, связанные с различием полов, культурной принадлежностью и социально-экономическим статусом учащихся.

Многочисленные факторы, обуславливающие различия в отношении достижений в науке, возможностей учиться, как в школе, так и вне школы имеют первостепенное значение. Несмотря на то, что учащиеся все больше обучаются вне школы, больше не являющейся основным источником знаний, школа все еще остается основным официальным источником возможности получения образования. При этом, дети из более обеспеченных семей и районов имеют гораздо больше шансов, чем их сверстники из бедных районов, поступить и получить среднее образование в школе превосходно оснащенной для изучения науки.

В школах, имеющих большое число учащихся из неблагополучных семей, основным приоритетом, как правило, становится борьба с трудностями учащихся в изучении языка и математики, и это происходит в ущерб всем остальным предметам, включая науку. Более того, такие школы часто не имеют ни профессиональных учителей, ни ресурсов для обучения точным наукам. Таким образом, учащиеся этих школ с самого начала своей учёбы оказываются обделены ценным опытом, являющегося базисом для развития понимания научных идей и практик и всех связанных с этим преимуществ в дальнейшем.

Осознание всех этих проблем высвечивает их решение. Школам нужны учителя, поддержка, оборудование и руководство, необходимые для обеспечения равных возможностей учиться для учащихся всех слоев общества. Это может потребовать перераспределения человеческих и материальных ресурсов. Это также может означать необходимость руководства по обеспечению того, чтобы оценивание использовалось для помощи в учебе, и чтобы методы оценивания не ущемляли учащихся со слабыми языковыми навыками или в ситуациях, когда язык, на котором говорят дома отличается от языка обучения в школе. Не менее важно руководство по эффективному использованию различий среди учащихся, в соответствии с принципами выбора учебных заданий (стр. 8), таким образом чтобы ежедневный опыт и идеи, которые учащиеся привносят с собой в школу стали основой для развития их научных идей.

Содержание программы

Под содержанием программы мы понимаем конкретную тему или изучаемую тематику, которая служит для учащихся средством для освоения идей, навыков и отношений, заложенных в официальной учебной программе. Поскольку для развития идей существует множество аспектов, например, сила и движение, пищевые цепочки, или изоляционная способность различных материалов, необходимо понимать, как сделать правильный выбор из всех возможных тем и заданий. В принципах, описанных во 2-ом разделе, предлагаются некоторые критерии выбора: задания должны поощрять занятия наукой; поддерживать в учениках любознательность; быть интересными и актуальными для жизни учащихся; и конечно, развивать научное понимание, личные качества и научное отношение. Главной задачей осознания больших идей является понимание учащимися каким образом наука позволяет нам лучше понять устройство нашего мира.

Использование реалий окружающего мира

Учителя, как правило, инстинктивно признают необходимость заинтересовать своих учеников, что успешнее всего можно сделать, выбирая содержание, имеющее отношение к реальному или гипотетическому опыту учащихся. Учителя начальных классов прекрасно могут использовать рассказ или вымышленную ситуацию как средство для развития дальнейших исследований – построение дома из обувных коробок может служить контекстом для исследования различных материалов, используемых в реальном строительстве, а вопрос о том как не замерзнуть на горе в холодный и ветряный день может послужить предпосылкой для

тестирования изолирующих

свойств различных тканей. Для учеников старших классов использование вымышленной ситуации может быть дополнено практическим опытом поездки на электростанцию, водоочистные сооружения, в центр по переработке материалов, и т. д. Такие визиты позволяют не только повысить мотивацию учащихся, но и дают им возможность увидеть применение достижений науки на практике.

Темы реальной жизни мотивируют и вызывают интерес. Мотивация особенно важна именно в наше время, когда дети имеют постоянный доступ к развлечениям не только благодаря телевидению, но и в любое время используя свои мобильные телефоны. События и явления мира вокруг нас, как правило, слишком сложны для того, чтобы учащиеся могли понять, как это работает, непосредственно работая с конкретными событиями и явлениями. Несмотря на то, что использование контекста из реальной жизни имеет много преимуществ, и существуют некоторые особо сложные явления, которые необходимо подробно изучать *in situ*, т. е. на месте, эта задача может оказаться слишком запутанной. Большой объем деталей конкретного явления может затруднить выявление характеристик необходимых для разработки прикладных идей, применимых и в других условиях.

Необходимо помочь учащимся направить свое внимание именно на важные, а не второстепенные элементы сложной проблемы; при этом не следует полагать, что они могут разобраться с основными взаимосвязями самостоятельно. Поэтому, чтобы избежать замешательства при работе на месте в реальной ситуации, мы начинаем с изучения сущности проблемы в классе или лаборатории, где идеи могут быть непосредственно проверены и усовершенствованы. Является ли мотивирующим контекстом история или учебный визит, изучение науки должно начинаться в упрощенной форме реальности в классе или лаборатории, где условия контролируются, а переменные могут быть измерены.

В этом процессе работы важно не потерять связь с реальным миром. Сохраняя связь с реальной ситуацией, мы избегаем риск утраты целесообразности выполняемых в классе заданий. Таким образом, необходимо соблюдать баланс между когнитивной нагрузкой, связанной с огромным объемом разнообразной информации об окружающем мире, и изучением конкретных отобранных аспектов, которые помогают связывать между собой различные события и явления. Не менее важны регулярные дискуссии о том, как результаты исследований, проведенных в классе связаны с изначальным контекстом мотивации для изучения чего-либо. Для развития больших идей, жизненно необходимы задачи по воплощению новых идей в новых ситуациях и их сравнение с основополагающими идеями, изначально использованными для их объяснения.

Способы использования содержания программы

Существуют темы, которые лучше всего изучать посредством исследования, в то время как для других больше подходит презентация научного открытия или обсуждение экспериментов или открытий, имеющих отношение к актуальной теме. Все эти возможности должны быть включены в подборку содержания для изучения больших идей. Необходимо, чтобы учащиеся имели возможности для обсуждения как некоторые идеи изменились в ходе истории науки и что послужило причиной для этих изменений. Продолжение этих дискуссий в исследованиях помогает учащимся осознать роль доказательств в развитии понимания, наращивая их успехи в области знания и приложения больших идей науки. Далее, уместной могла бы быть дискуссия о том, как применение достижений науки привело к совершенствованию, например медицины, коммуникаций и путешествий. Такие темы как правило вызывают интерес у учащихся и являются основными источниками мотивации для развития их собственных идей о событиях и явлениях окружающего мира.

Прогресс учащихся в освоении содержания программы

Одни и те же события, места обитания и явления могут быть изучаемы на различных этапах всего школьного образования, если изучение содержания выстроено, принимая во внимание развитие соответствующих идей учащимися. Как отмечено в 4-ом разделе, темп прогресса учащихся может меняться в соответствии с тем какие возможности у них были ранее как в школе, так и за пределами школы. Поэтому, точное описание прогресса, применимое ко всем учащимся, невозможно; однако существуют общие направления позволяющие дать общую картину того, что можно ожидать на разных этапах продвижения учащихся от дошкольного к начальному и среднему образованию. Данные направления включают:

- большее понимание того, что для объяснения какого-либо явления необходимо несколько факторов;
- лучшая количественная оценка наблюдений с использованием математики для определения взаимосвязей и более глубокого понимания;
- возрастающая способность осознавать, что определенные качества могут быть объяснены элементами, которые не поддаются прямому наблюдению;
- более эффективное использование физических, ментальных и математических моделей.

Вышеупомянутые ссылки на возрастающее использование количественной оценки наблюдений и модели взаимоотношений подчеркивают важность математики в развитии научных идей посредством исследовательской деятельности. Математика помогает учащимся выйти за рамки теоретических описаний. Организация данных в графиках, схемах и таблицах помогает учащимся замечать модели и проводить логические параллели, развивающие их мышление в отношении ассоциаций между переменными, а также формулировать гипотезы, которые могут быть проверены. Статистический анализ данных дает возможность учащимся делать выводы о возможности конкретных взаимоотношений и предположений. Координация научного и математического образования взаимовыгодна; математические средства помогают в понимании науки, в свою очередь, использование данных научных исследований помогает осознать диапазон и применение этих средств.

Педагогика

Пытаясь осознать новый опыт, полученный в классе или вне школы, учащиеся начинают с идей, которые они уже знают, также как это делают ученые при попытке объяснить новое явление и понять как устроены окружающие нас вещи. В науке, понимание естественного и созданного человеком мира развивается через поиск ответов на вопросы собирая данные, размышляя и пересматривая доказательства в свете того, что было открыто и что уже известно, делая выводы и распространяя результаты. Источником данных может служить непосредственная обработка материалов, наблюдение за конкретным явлением или использование вторичных источников включая книги, интернет, средства массовой информации и людей. Интерпретация данных для доказательства и проверки идей может включать дебаты с другими учащимися и учителем и ознакомление с мнением экспертов. При этом подразумевается, что во время всего этого процесса учащиеся принимают участие в заданиях, сходных с теми действиями, которые предпринимают ученые. Осознанно выполняя эти задания, учащиеся развивают своё понимание и идеи о науке.

Развитие идей в процессе исследовательской деятельности

Развитие идей в процессе исследовательской деятельности – это применение научного исследования и возможностей, используемых учеными для понимания окружающего мира. Практическое описание этого процесса представлено в упрощенной схематической модели на Рис. 2:

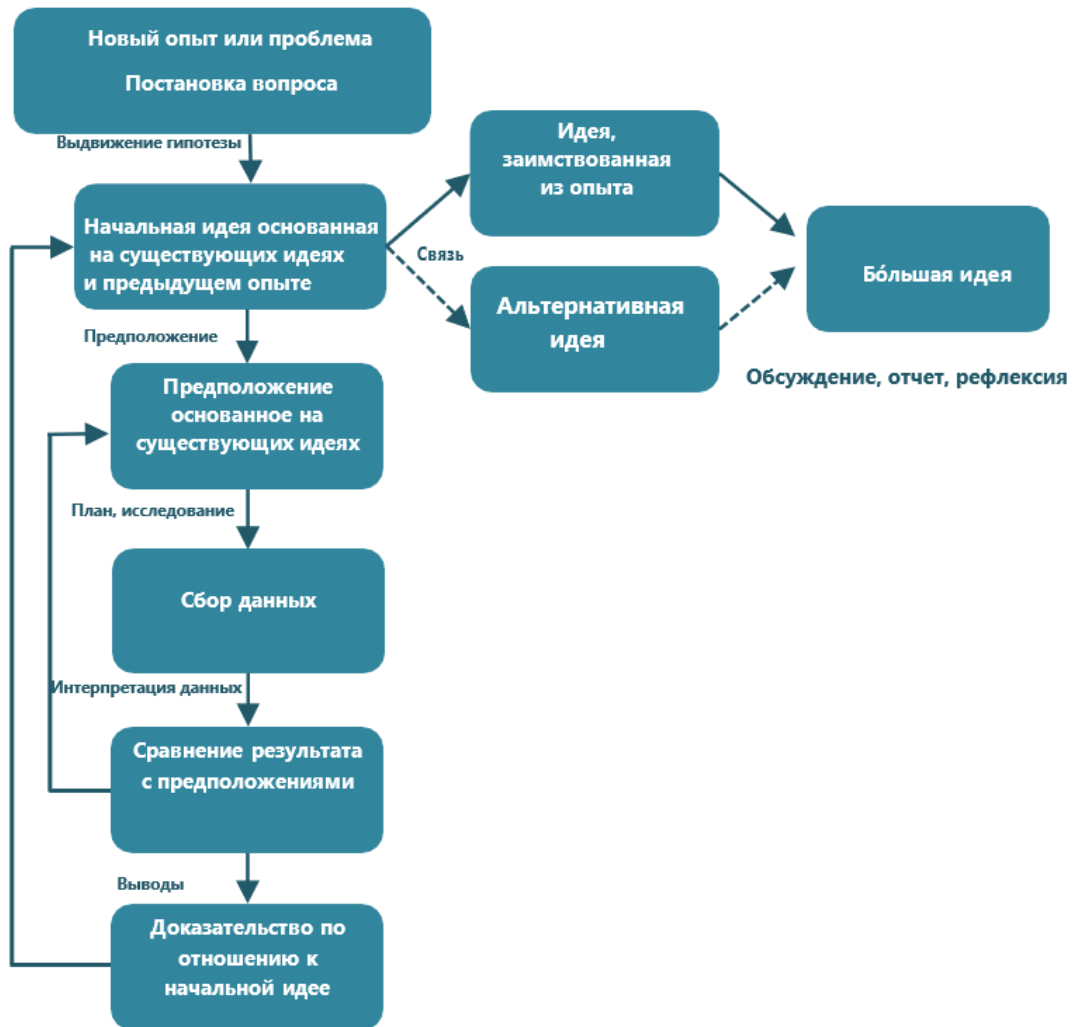


Рис. 2: Модель обучения посредством исследовательской деятельности

Исследование начинается с нового опыта и постановки вопроса о том, как объяснить этот опыт. Изначальное исследование нового опыта открывает аспекты, имеющие отношение к существующим идеям и способные привести к возможному объяснению. Возможно существование нескольких подходящих идей, объясняющих этот опыт или помогающих выдвигать гипотезы, которые должны быть проверены чтобы убедиться дает ли какая-то из этих идей приемлемый ответ.

Необходимо проверить каждый случай, чтобы убедиться в том, что доказательства поддерживают выдвинутые предположения. Сбор доказательств производится в ходе планирования и проведения исследования, которое может включать сбор и интерпретацию новых данных, систематическое наблюдение или обращение к вторичным источникам. Возможна проверка нескольких предположений, поэтому может потребоваться повторить процесс планирования и интерпретации. Выводы, сделанные на основании новых данных, показывают есть ли доказательства, оправдывающие возможное объяснение и идею на котором оно базируется. Если да, то идея становится «больше», так как теперь она служит объяснением для большего числа явлений. Даже если идея «не работает» и необходимо проверить альтернативную идею, конкретный опыт помогает отшлифовать эту идею. Необходимо чтобы учащиеся обсуждали весь процесс выполнения заданий и свои размышления и учились на основе того какие идеи работают, а какие нет.

Развитие исследовательских способностей

Стрелки на Рис. 2 указывают действия необходимые для продвижения от одной ступени исследования к другой. Результаты исследования будут зависеть от того, каким образом были выполнены эти действия, то есть, каким образом учащиеся делают предположение и планируют исследование чтобы проверить это предположение, как они интерпретируют данные и делают выводы. Развитие научных идей зависит от сбора и интерпретации данных, которые должны быть произведены с научной точностью. В противном случае могут быть приняты идеи, которые нужно было отклонить, а учащиеся утвердятся в неправильных идеях. Таким образом, главная задача педагогики, развивающей понимание идей в том, чтобы помочь учащимся развить способности необходимые для научного исследования в соответствии с принципами упомянутыми на стр. 7. Наилучшим образом, это может быть достигнуто в контексте исследования, ведущего к пониманию окружающего мира, когда мы можем видеть почему необходимо предпринять определенные действия. Ценность исследования выходит за рамки ответа на конкретный вопрос; исследование не только помогает осознать большие идеи, применимые к конкретному изучаемому событию или явлению, но и развить способности и установки способствующие дальнейшей учебе, такие как уверенность в постановке вопросов и поиске ответов, а также обучение в сотрудничестве с другими и открытость новым идеям.

Предложение альтернативных идей

Далеко не всегда, или скорее даже редко, идеи, предложенные учащимися для объяснения событий или явлений, могут пережить проверку временем и вырасти во что-то большее, например более научную идею. Часто необходимо предложить альтернативную – более научную идею. Например, учащиеся могут объяснить, что они видят объект, не являющийся источником света, потому что глаз направляет луч на объект. Проверка этой идеи (т. е. попытка увидеть объект в темноте) показывает, что такая идея не является адекватным объяснением. И важная роль учителя состоит в том, чтобы обеспечить доступ к альтернативным идеям и поддержать учеников при проверке этих идей.

Альтернативные идеи могут исходить от других учеников, от источников информации или от учителя, предлагающего аналогии или связи с другим опытом, о котором ученики возможно не подумали. Проверка идей, не являющихся собственными идеями учащихся, требует дополнительной поддержки – помощи в тестировании идеи, не навязывая при этом правильный ответ, а предлагая варианты мышления, например: «Что, если...?», «Представьте, что...» или «Можем ли мы считать, что...?». При такой поддержке ученики накапливают опыт, который дает им возможность решить можно ли считать новую идею удовлетворительным объяснением. Если да, то предложенная идея становится «больше», потому что она объясняет больше, чем ранее и становится частью развивающегося понимания учащихся.

Исследование и практическая работа

Иногда основанная на исследованиях научная деятельность приравнивается к «лабораторной работе» или «практическим заданиям». Это слишком ограниченный взгляд на исследование в науке. Несомненно, значительная часть исследований *действительно* включает в себя работу с материалами и оборудованием, для нахождения подтверждений того, что происходит при изменении конкретных элементов и проверки гипотезы о том почему это происходит. Непосредственный опыт позволяет учащимся самим видеть работают ли их идеи и объяснения. Однако, учителя должны избегать так называемых псевдо-исследований, когда производится значительная часть практических занятий – наблюдение, измерение и запись, но практически отсутствует вовлеченность учащихся в осмысление явлений или событий мира природы. Причиной этому может служить желание учителя интерпретировать результаты для учащихся, или то, что учащиеся четко следуют детальным инструкциям, мало задумываясь о целях того, что они делают. Оценивание учебного процесса, описанного в 6-ом разделе, может помочь в определении таких причин в каждом конкретном случае.

Контекст исследования

Как было отмечено в 3-ем разделе, исследование означает, что учащиеся развивают свое понимание исследуя вопросы, на которые они хотят найти ответы. Это могут быть вопросы, сформулированные самими учащимися или предложенные учителем, таким образом, чтобы учащиеся могли идентифицировать эти вопросы как свои собственные. Несколько исследований, при которых учащиеся самостоятельно размышляют начиная с вопроса, который кажется им важным, будут гораздо более полезными для развития больших идей чем большое количество рутинных упражнений.

Исследование не является единственной формой обучения, с которой учащиеся сталкиваются в научном образовании, они должны будут освоить навыки использования оборудования, терминологию, условные обозначения и символы, которые изучаются непосредственно. Кроме того, в средней школе учащиеся должны ознакомиться со сложными и абстрактными идеями, которые не могут быть освоены исключительно в ходе исследований. Действительно, исследование помогает в осознании опыта на всех этапах обучения, но не является единственным подходом, который должен быть использован. Исследование дает учащимся возможность понять каким образом определенные идеи объясняют конкретные явления, однако исследование не может быть источником этих идей, так как идеи, как правило, не возникают в процессе простой индукции только лишь на основании наблюдений. Поэтому, способность учителя представить научные идеи на подходящем для учащихся уровне, и способствовать их применению, является основой образования, основанного на исследованиях. Это означает, что учителя должны очень хорошо понимать большие идеи и пути к их пониманию.

Оценивание

В контексте развития больших идей оценивание учебного процесса выполняет две задачи:

- дает обратную связь, помогающую учителям корректировать процесс обучения, а ученикам направлять свои усилия более эффективно (формативное т. е. промежуточное оценивание)
- помогает отслеживать прогресс учащихся в отношении различных целей научного образования (суммативное т. е. итоговое оценивание).

Важно воспринимать это не как два различных вида оценивания, а скорее, как две различных и одинаково важных цели, для которых используется оценивание.

Именно то каким образом используются свидетельства учебы, а не вид свидетельств или то, где и как они были получены, делает оценивание формативным или суммативным.

Формативное оценивание

Формативное использование оценивания – это непрерывный циклический процесс, при котором информация об идеях и возможностях учащихся способствует продолжающемуся процессу обучения и активному вовлечению в него учащихся. Оно является неотъемлемой частью обучения и характеризует эффективность процесса обучения во всех предметных областях. При формативном оценивании, учитель и учащиеся вовлечены в сбор и использование оснований для принятия решений относительно последующих шагов в учебе и того каким образом они будут предприняты. Следующие шаги – это те действия, которые учащиеся предпринимают для достижения конкретных целей урока. Важной частью формативного оценивания является то, что учитель делится целями урока с учащимися, чтобы они осознавали цель своей работы и то, чему они могут благодаря этому научиться. Прозрачные требования качества, используемые при оценке их работы, помогают учащимся более эффективно направлять свои усилия. В то же время учитель должен понимать каким образом краткосрочные цели урока приведут учащихся к долгосрочным целям, включающим в себя большие идеи.

Обратная связь, играет ключевую роль в формативном оценивании как для учащихся, так и для учителей, так как она является средством использования свидетельств текущего процесса обучения для его улучшения в дальнейшем. Обратная связь от учителя к ученикам должна давать учащимся информацию, которую они могут использовать для усовершенствования своей учебы. Исследование содержания и формы обратной связи подтверждают, что она наиболее эффективна если учащиеся получают конкретные рекомендации о том, как действовать дальше, а не просто критические комментарии, оценки или рейтинги, которые показывают только то насколько хороша или плоха их работа. Обратная связь – это механизм, при помощи которого учителя могут использовать наблюдения за учениками, а также их работы, корректируя уровни сложности заданий для учащихся. Определение готовности учащихся предпринимать определенные шаги способствует корректировке учебного процесса, делая задания не настолько сложными чтобы успех стал недостижимым и не настолько простыми чтобы ученики утратили интерес к учебе.

Так что же требуется от учителей при использовании формативного оценивания для развития больших идей? Информация об уровне знаний учащихся может быть собрана, задавая вопросы, скорее требующие от них объяснить свои мысли, чем предлагая вопросы с готовыми вариантами ответов, где они должны дать «правильный ответ» (т. е. вопросы типа «Как Вы думаете, что...?», а не «Что есть...?»). Ответы на такие вопросы, заданные во время занятий, могут быть устными, письменными, в форме рисунков, в графической форме или форме ассоциативных диаграмм, и т. д. Интерпретация прогресса учащихся в отношении учебных целей позволяет учителю принять решение о дальнейших шагах и дать учащимся обратную связь о том, над чем работать дальше. Вовлечение учащихся в этот процесс, помогает им осознать цели своей работы и стандарты, к которым надо стремиться, а также взять на себя ответственность и рефлексировать о процессе обучения.

Суммативное оценивание

Вторая цель оценивания, которую необходимо принимать во внимание, – это документация и отчет о результатах обучения в определенные периоды времени. Это относится к достижениям за определенный период времени, а не к детальным целям урока, которые оцениваются формативно. Суммативное оценивание используется для того, чтобы ознакомить других учителей, учащихся и их родителей, с достижениями учащихся в учебе по сравнению с изначальными целями и стандартами. Такое оценивание используется школами для составления отчетов и контроля за прогрессом отдельных учеников и групп учащихся.

Качественное суммативное оценивание так же является источником образцов работ и рабочих определений того, что означает понимать идеи и каким образом это понимание может быть продемонстрировано, применяя изученное различными способами. Критерии, применяемые при оценке достижений, делают стандарты и ожидания понятными для учащихся, учителей и других заинтересованных лиц. Суммативное оценивание должно также способствовать учебному процессу, но скорее в долгосрочном плане, по сравнению с моментальными выгодами формативного оценивания.

Суммативное оценивание строго привязано к содержанию программы и педагогики, поэтому некачественное оценивание может оказаться ограничивающим. Негативное влияние сказывается, когда инструменты оценивания не отражают цели адекватно, например, – проводится проверка на знание фактов, когда главной целью обучения является способность применять идеи. Это влияние усугубляется неправильным использованием результатов учащихся, как правило в виде использования экзаменационных баллов для составления рейтингов учителей и школ. Такое использование результатов склоняет учителей к «обучению ради тестирования» и осложняет попытки ориентировать содержание программы на большие идеи, только если они не включены в проверочные работы. Чтобы контроль, основанный на тестировании, был объективным, необходимы как можно более надежные средства и инструменты этого контроля. Однако, требования высокой надежности сужают спектр того, что оценивается и снижают спектр достоверности. Более того, результаты исследований показывают, что когда тестирование становится доминантным фактором в классе, суммативное оценивание вытесняет формативное оценивание

Усовершенствование методов суммативного оценивания

Разработка и адаптация методов оценивания, дающих достоверные результаты, позволяют суммативному оцениванию играть важную роль в развитии больших идей. Уже сейчас прилагаются усилия для создания методов оценивания, которые были бы больше сопряжены с целями обучения, основанного на исследованиях. Одновременно, необходимо обеспечить чтобы суммативное оценивание учащихся соответствовало процессу обучения и педагогике для развития больших идей. Тестирование PISA в области науки было усовершенствовано для письменных тестов, однако, нужно отметить ограниченность бумажной системы оценивания в отношении индивидуальных достижений учащихся. Другие методы, не основанные исключительно на экзаменационных билетах и вопросниках, уже используются в некоторых странах для вступительных экзаменов в высшие учебные заведения. Например, это может быть использование курсовой работы, или портфолио, выполнение практических заданий, проектная работа, презентации и интервью. Возрастающее использование онлайн тестов, дополненных практическими заданиями (которые сейчас разрабатываются для PISA) имеют серьезный потенциал для оценки применения больших идей.

Некоторые из этих подходов зависят от большей вовлеченности и мнения учителей чем это наблюдается при традиционных выпускных экзаменах. Если мы хотим, чтобы эти подходы к суммативному оцениванию давали достаточно достоверные результаты, необходимо предпринять шаги для уменьшения предвзятости и ошибок, ассоциируемых с субъективным оцениванием учителей. Существует несколько эффективных путей повышения достоверности оценки учителей до уровня необходимого для надежного суммативного оценивания: стандартизация, использование примеров уже оцененных работ, и использование контрольного теста для проверки. Стандартизация, во время которой учителя собираются вместе чтобы оценить образцы работ учащихся, очень важна не только для повышения надежности результатов, но и как форма профессионального роста. Этот опыт позволяет учителям углубить свое понимание критериев оценивания и самого процесса оценивания, а также улучшает качество формативного оценивания учителями. Проводимое таким образом оценивание означает, что свидетельства получаемые от текущего формативного оценивания помогают суммативному оцениванию, обеспечивая гармонию, а не конфликт между целями этих видов оценивания.

Несомненно, нужны стратегии и инструменты суммативного оценивания, которые будут соответствовать необходимым для развития больших идей содержанию и педагогике. Но что еще более важно для многих стран, – усовершенствование практики оценивания требует изменения системы оценивания качества обучения и обеспечения учебного процесса школой.

Использование результатов тестов учащихся как единственного показателя качества и эффективности школы, невзирая на различия в наборе учащихся, должны быть заменены на более надежные методы, отражающие современные цели образования и соответствующие инструменты оценивания. Без вышеупомянутых изменений системы даже самые надежные процедуры оценивания будут подорваны под давлением требований, ведущих к узкой интерпретации ошибочно сформированных критериев и практик.

Выводы

Таким образом, мы возвращаемся к вопросу о том, как работа над большими идеями повлияет на учебный опыт учащихся в плане содержания программ, педагогики, и оценивания. Даже если основанное на исследованиях обучение и формативное оценивание уже практикуются, необходимо их дальнейшее усовершенствование, чтобы учащиеся могли выиграть от развития и понимания больших идей. Обобщая все что было сказано ранее, далее мы приводим основные характеристики работы с большими идеями:

Содержание

- Учителя в состоянии объяснить каким образом цели урока и задания связаны с большими идеями, а также обосновать количество времени, потраченное на эти задания.
- Учителя хорошо знакомы с последовательностью абстрактных понятий при освоении больших идей.
- Учитель и любой наблюдатель со стороны может видеть, что учащиеся работают на выбранными темами, потому что они имеют явную связь с одной или несколькими большими идеями.
- Обсуждение своих собственных исследований, и исследований друг друга а также, исследований и открытий ученых настоящего и прошлого, помогает учащимся понять каким образом доказательства используются для развития идей.
- В ходе выполнения заданий понимание учащихся достигает определенного уровня на их пути к большим идеям.

Педагогика

- Учителя помогают ученикам развивать способности и личностные установки, необходимые для сбора надежных доказательств для проверки идей и ответов на исследовательские вопросы посредством исследования.
- Учащиеся могут наблюдать, и где возможно, исследовать события и явления на собственном опыте.
- Учащиеся имеют возможность поднимать вопросы и находить ответы посредством исследования, а также обсуждать как этот процесс ведет к большим и еще более полезным идеям.
- Учителя помогают учащимся осознать какое отношение идеи, развивающиеся из их исследований в классе, имеют к вещам в каждодневной жизни, и увидеть связи между новым и предыдущим опытом, а также между новыми и предыдущими идеями.

- У учащихся есть время на обсуждение своих исследований и то, как их идеи могли бы измениться в результате сбора и использования доказательств.
- Учителя помогают ученикам осознать то, что заявления о причинах явлений должны быть подкреплены надежными доказательствами и то, что научное знание – это не спорный вопрос, хотя, оно может меняться или быть усовершенствованным в свете новых доказательств.

Оценивание

- Учителя используют формативное оценивание для активного вовлечения учащихся в учебный процесс, и обеспечивают понимание учащимися цели своей работы и того, как судить о ее качестве.
- Учителя используют наблюдения за текущим процессом учебы, чтобы при помощи обратной связи помочь учащимся улучшить свою работу и предпринять следующие шаги в осознании больших идей.
- Учителя используют доказательства прогресса учащихся для корректировки уровня требований и направления работ, чтобы обеспечить понимание и развитие идей.
- Методы суммативного оценивания позволяют учащимся продемонстрировать свое понимание идей, используя их для объяснения событий и явлений окружающего мира.

6 Применение больших идей

Внедрение любых нововведений в образовании подвержено влиянию многочисленных аспектов политики и практики образования. Далее мы приводим три аспекта, оказывающих значительное влияние на работу с большими идеями:

- форма и содержание национальной образовательной программы, которая предопределяет принятие решений в отношении содержания программ, педагогики и оценивания.
- педагогический профессионализм и знание предмета учителями, которые являются основополагающими факторами, определяющими возможности роста для учащихся.
- формативное оценивание процесса обучения и учебного опыта учащихся, которые оказывают влияние на принятие решений об улучшении практики и наилучшем использовании ресурсов профессионального роста.

Большие идеи в национальных образовательных программах

Задача документации национальных образовательных программ в том, чтобы определять цели образования и принципы, которые должны применяться при их осуществлении, но не предлагать учебные задания – эта задача ставится перед планированием учебных модулей. Убеждение в том, что наша цель – способствовать усвоению больших идей всеми учащимися, предопределяет форму, в которой эти цели формируются. Несмотря на то, что рамки образовательных программ определяют другие результаты обучения, такие как навыки научного исследования, особенно важно то, каким образом выражаются научные идеи. Это должно быть сделано в форме понятной для всех, не только для учителей, исследователей системы образования и ученых, но также и для родителей и других лиц, имеющих отношение к образованию. Описание продвижения на пути к большим идеям, предложенное в 4-ом разделе, возможно с большим числом примеров, описывает то, что главная цель – это целостное понимание взаимоотношений, а не знание ряда фактов или набора «маленьких идей». Более того, документы образовательных программ должны подчеркивать то, что процесс развития понимания является непрерывным и продолжительным. Поэтому, для учителей, родителей и других лиц важно суметь определить уровень прогресса в понимании больших идей, таким образом позволяя увидеть каким образом конкретные задания способствуют этому прогрессу.

Выражение больших идей науки

На данный момент существуют примеры документов национальных образовательных программ, включающие всеобъемлющие цели, выраженные в форме больших идей и, хотя это не те же 10 научных идей, представленных нами, они прекрасно служат своей главной цели. Например, сейчас разрабатывается руководство для программы K-9 во Франции, которое включает знание о том, что:

Вселенная представляет собой структуры, простирающиеся от больших масштабов (галактики, звезды, планеты) до самых маленьких (частицы, атомы и молекулы).

Таким образом, общие цели разбиваются на задачи конкретных этапов или лет обучения, что необходимо для непрерывного и постепенного прогресса в освоении больших идей.

Большие идеи должны проходить по вертикали через все описания учебных целей на всех этапах обучения. Для того чтобы определения целей были отражением прогресса в понимании недостаточно указать что именно должно быть изучено в плане учебных тем или понятий, таких как *сила, электричество, или материалы*. Для того чтобы определения целей были действительно полезными, они должны описывать уровень понимания, развития отношений и связей, соответствующих конкретному этапу развития.

Основная часть программных документов, и характеристики понятий, которые должны быть освоены, описывают исследовательские навыки или практики, которые должны быть освоены на различных этапах. Обычно эти два вида результатов приводятся отдельно, но некоторые, недавно разработанные примеры программ, выражают цели в конце учебных этапов или лет, в виде комбинации навыков и понятий. Например, Шотландская образовательная программа формирует цели образования в форме утверждений «Я могу...», как показано в следующем далее отрывке описания результатов для больших идей в сфере биологического разнообразия и взаимозависимости в конце четвертого года обучения:

Я могу помочь разработать эксперимент чтобы определить, что необходимо растениям для роста и развития. Я могу наблюдать и записывать свои наблюдения, и благодаря своим знаниям я могу выращивать здоровые растения в школе.

Образовательный стандарт США для научного образования K-12 определяет результаты как то, «что учащиеся, которые демонстрируют понимание, могут делать» в виде серии утверждений, в которых комбинируются практики и главные понятия, например:

Исследуйте силы между двумя или более магнитами для определения закономерностей. Используйте модели для объяснения влияния сбалансированных и несбалансированных сил в системе.

Форма данных утверждений сигнализирует о том, что понимание идей должно развиваться через исследование, а исследовательские способности развиваются и применяются на основе научного содержания. Несмотря на то, что эти утверждения не должны ограничивать комбинацию способностей и содержания, существует некоторая субъективность в отношении того каким образом связаны определенные способности и содержание. Далее, сложность утверждений может осложнить процесс взаимосвязи идей каждого этапа с большими идеями.

Степень детализации программ

Национальные образовательные программы варьируются в зависимости от периодов учебного опыта и результатов. В некоторых случаях, то, что должно быть освоено распределено по годам, в других случаях, описываются только учебный опыт в течение определенного 2-3 летнего периода и результаты в конце этого периода. Детальная программа превращает научные задания в рутину, цель которой скорее прохождение плана и соответствия определенным требованиям, чем обеспечение глубокого понимания. Слишком большое количество деталей ограничивает возможности учителя принимать во внимание интересы учащихся. Более того, чем более детально планирование, тем более проблематично принятие решений относительно конкретной последовательности, и тем больший риск того, что детали осложняют видение главных целей – развитие больших идей и исследовательских способностей. Определения конкретных идей и способностей, которые учащиеся должны развивать в определенные периоды времени, должны быть оправданы в отношении продвижения к главным целям. Это особенно важно на границах между этапами образования, такими как начальное и среднее образование. Когда эта структура четко не сформирована, содержание программы может оказаться не более чем субъективной выборкой того, что должно быть освоено, на основании того, что можно легко оценить.

Включение идей о науке в образовательные программы

Внимание, уделяемое большим идеям о науке в образовательных программах, также варьируется. При рассмотрении идей 11 и 12, о природе науки, было бы логично предположить, что эти идеи развиваются через вовлечение учащихся в научное исследование. То есть, возможности для развития научных способностей также являются возможностями для рефлексии о том, как научное понимание строится на основе таких заданий. Однако, без четких указаний в программе, таких как цели в отношении «практических научных работ» в национальной программе Англии, легко заметить, как эти возможности могут быть утрачены при планировании программ обучения.

В случае с идеями 13 и 14, о взаимоотношениях между наукой, другими предметами STEM и применением науки, существуют различные возможности для включения этих идей в программу. В некоторых случаях это может быть сделано посредством перекрестных ссылок, как правило между программами по предметам науки и математики. Однако, когда начинается планирование программ, эти связи скорее упоминаются как необязательные и проводимые отдельными учителями или для отдельных групп предметов, а не в мультидисциплинарных командах, где учителя различных предметов используют свои знания и вместе создают координированный учебный опыт. Еще один вариант – это вставить ссылку на применения науки в описание основных целей, как например, обсуждение моральных и этических вопросов, возникающих в связи с развитием применения технологий к ДНК. Третий, возможно наиболее эффективный способ, – это создание связей между предметными областями и ключевой частью образовательной программы. Примером может служить *Программа научного образования K-12*, где инженерия и применение достижений науки определяются как дисциплина так же, как и физические и биологические науки. Однако, то в какой степени эти попытки включить идеи о науке в программу сигнализируют о растущей важности понимания связей между наукой и другими дисциплинами, а именно технологиями, инженерией и математикой, нам еще предстоит увидеть.

Понимание больших идей учителями

Чтобы научное образование постепенно выстраивалось в стройное целое, а не было бы набором разорванных фактов, рекомендации в отношении содержания программы, педагогики и оценивания приведенные в 5-ом разделе, подчеркивают конкретные требования к учителям. Эти требования затрагивают учителей начальной и средней школы, а также тех, кто готовит учителей и исследователей.

Учителя начальной школы сталкиваются с конкретными трудностями в отношении внедрения больших идей в науке. Во-первых, задания для учащихся начальных классов в основном нацелены на исследование окружающей среды и всей живой и неживой природы, которая их окружает. Эти исследования и наблюдения ведут к «маленьким» идеям, связь которых с большими идеями науки может показаться очень сомнительной. Поэтому, на уровне начальной школы более трудно сохранять связь с большими идеями. Во-вторых, во многих случаях образование самих учителей в области науки было лишено связи с большими идеями, и давало минимальные возможности для понимания каким образом различные области информации могут быть связаны воедино. Существует опасность, что учителя недостаточно подготовлены для того, чтобы увидеть связи между идеями, развиваемыми посредством классных заданий и более широкими прикладными идеями, и поэтому не в состоянии помочь учащимся развивать большие идеи. Дальнейшие трудности заключаются в недостаточной уверенности для обучения науке, в результате недостаточного собственного опыта научной деятельности и понимания, которое нарабатывается этим опытом.

С другой стороны, учителя начальных классов имеют преимущества. Будучи эрудированными универсалами, учителя начальных классов имеют преимущество более тесного контакта со своими учениками, чем учителя предметники средней школы. Более того, зная, что они не являются экспертами, учителя начальных классов как правило очень тщательно подготавливают практические и мотивирующие научные задания, которые очень нравятся ученикам, создавая у них позитивный настрой по отношению к науке. Недостаток заключается в том, что фокус на «делании» может перевесить дискуссии и обдумывание так необходимые для заданий ведущих к пониманию.

В средней школе связи между учебными заданиями и большими идеями более очевидны, чем на начальном уровне образования. Однако, учителя средней школы сталкиваются с проблемой исследований в контексте перенасыщенной программы и могут ощущать нехватку знаний в определенных областях науки, – например, если, получив образование в области биологии, учитель преподает физику, а также ощущать недостаток собственного опыта научных экспериментов, который придает уверенность при обучении научным идеям. Преподавание во всех областях науки проблематично для любого человека; и даже опытные ученые и учителя должны иметь возможности для постоянного профессионального роста чтобы справляться с этими трудностями, всегда сопутствующими научному обучению.

Подходы к профессиональному росту

Было бы идеально, если бы все учителя имели представление и понимание о сущности больших идей и природе науки. Нехватка этого понимания в результате пробелов в научном образовании учителей представляет значительную проблему как для обучения учителей на начальном этапе, так и для их дальнейшего профессионального роста. Безусловно, все научное образование не может быть свернуто в рамки весьма ограниченных во времени курсов для базового обучения учителей. Однако, учителя и те, кто их готовит являются образованными взрослыми людьми. Они обладают широким опытом и гораздо большим знанием, чем они сами осознают. Как взрослые люди, и нужно подчеркнуть, что это не относится к обучению школьников, учителя могут освоить большие идеи, представленные в форме изложения, что поможет им осознать свой предыдущий опыт. Это даст им возможность свести фрагменты полученных ранее знаний воедино, и получать удовольствие от более глубокого понимания вещей, которые ранее казались недостижимыми.

Под «освоением» здесь понимается гораздо больше чем просто чтение и обсуждение описаний больших идей, описанных в 4-ом разделе. Современная идея о том, что обучение происходит наиболее эффективно в сотворчестве с другими, справедлива как для школьников, так и для учителей. Обсуждение идей, описанных в программах с другими учителями, дает им возможность использовать свой опыт и опыт других для понимания разворачивающейся «картины» мира. В результате постоянного взаимодействия группы и индивидов, индивидуальное понимание претерпевает изменения. Совместное генерирование идей не может привести к полному осознанию больших идей, но должно стать началом для непрерывного процесса углубления понимания, дающего возможность учителям помогать ученикам в процессе обучения в дальнейшем.

Такой опыт должен сопровождаться вовлечением учителей в изучение науки через соответствующее их уровню исследование, чтобы они могли развивать понимание природы научного исследования на своем опыте. Таким образом, учителям и тем, кто их готовит необходимо время и возможности для исследования совершенно простых вещей окружающего мира (например: почему бумажные полотенца состоят из нескольких слоев; почему лед плавает; почему банка с напитком, вынутая из холодильника запотевают). В таких заданиях от учителя не требуется принять участие в ролевой игре, а стать истинными исследователями этих явлений.

Рефлексия о том, что они изначально поняли и что и как они нашли в дальнейшем может привести их к пониманию того, как создается научное знание. Это готовит учителей для помощи учащимся в понимании идей о науке (идеи 11 и 12), а также научных идей.

Так же как получение личного исследовательского опыта, учителям очень важна постоянная поддержка для развития понимания науки и эффективной педагогики, которые можно было бы оценивать на протяжении всего жизненного опыта. Интернет может играть ключевую роль источника информации, предпочтительно в форме публикаций специально созданных для нужд учителей. Дополнительно, например через контакт с более опытными учителями и учеными, может быть предоставлено видение как обучать конкретным понятиям. Практика показывает, что учителя очень эффективно учатся у других учителей и то, что возможность наблюдения за практикой других учителей является важной частью многих взаимосвязанных аспектов необходимых при нововведениях и работе с большими идеями посредством обучения, основанного на исследованиях.

Анализ нужд профессионального роста учителей и знание как их обеспечить в конкретных ситуациях, – это области, требующие дополнительных исследований. В следующем разделе мы предлагаем предварительные соображения о том каким образом определять аспекты практики, требующие поддержки в отношении обучения большим идеям.

Формативная оценка процесса обучения большим идеям

Здесь мы используем слово оценка, так как теперь в фокусе нашего внимание находится процесс обучения, а не оценивание достижений учащихся. Наша цель в том, чтобы собрать и использовать данные для улучшения обучения тем аспектам учебного опыта, которые позволяют учащимся развивать понимание больших идей. Здесь не приводится весь спектр характеристик эффективной практики научного образования, а только его основная часть; однако, она включает в себя многие элементы обучения основанного на исследованиях, так как это в принципе представляет собой большую часть развития понимания.

Показатели достижений учащихся на пути к большим идеям

В данном контексте формативная оценка означает сбор и использование данных о соответствующих аспектах обучения с целью определения, где практика обучения соответствует ожиданиям, а где могут понадобиться улучшения. Таким образом, формативная оценка процесса обучения имеет такую же цель, как и формативное оценивание достижений учащихся. В то время как процесс учебы оценивается в отношении целей видов деятельности, оценка процесса обучения основывается на показателях, стандартах и эффективности учебной практики. Поэтому, первым шагом в оценке обучения является определение показателей качества. Показатели могут выражаться в виде заданий и способов работы с большими идеями. Например, показатели хорошей практики скорее всего будут включать в себя следующие возможности, когда учащиеся:

- понимают цели своей деятельности;
- неформально исследуют новые примеры явлений и «играют с идеями» в качестве подготовки к более структурированному исследованию;
- создают связи между новым и старым опытом;
- работают в сотрудничестве с другими, обсуждают свои идеи и оценивают идеи других людей;
- предоставляют доказательства для обоснования своих аргументов;

- участвуют в дискуссиях, защищая свои идеи и их объяснения;
- применяют свой учебный опыт в контексте реальной жизни;
- самокритично анализируют процессы и результаты своих исследований.

Однако, возможности учащихся получить всю эту палитру опыта зависят от качества планирования учителя и того каким образом оно приводится в действие. Поэтому, использование показателей эффективности обучения – это более естественный подход чем поиск того, в чем учителям могла бы понадобиться помощь. Ряд показателей, описывающих оговоренные аспекты школьной практики, имеют двойную цель – они определяют какие данные необходимо собрать и действуют как критерии оценивания, показывающие соответствует ли процесс обучения установленным стандартам.

Показатели обучения большим идеям

Далее предлагается описание показателей оценки процесса обучения, направленного на развитие больших идей. Показатели, используемые на практике, должны быть результатом учительских дискуссий о том, как описывать такое обучение. Эти дискуссии несут в себе формативную функцию, как помогая учителям развивать свое понимание о том, что именно оценивается, так и обеспечивая прозрачность оценки, таким образом, чтобы каждое заинтересованное лицо понимало причины сбора данных и то, как они будут использованы в качестве свидетельства обучения. Для того чтобы учителя были заинтересованы в совершенствовании своей практики, важно чтобы они понимали на чем основывается оценка их работы.

Показатели оценки процесса обучения могут быть выражены в форме вопросов. Например, можно ли сказать, что учитель:

- имеет четкое представление о том, как задания помогают учащимся в понимании одной или нескольких больших идей?
- дает учащимся время для исследования новых ситуаций и обсуждения их первоначальных идей в свободной форме?
- помогает учащимся осознать связи между новым и предыдущим опытом и идеями?
- обсуждает вместе с учащимися какое отношение идеи развивающиеся из их исследований могут иметь к их ежедневному жизненному опыту?
- сознательно развивает большие идеи, демонстрируя то каким образом конкретные идеи могут объяснить ряд событий или явлений?
- обсуждает вместе с учащимися каким образом сбор и использование данных позволяет им проверять идеи также как это делают ученые?
- помогает учащимся анализировать свои исследования и выстраивать идеи о природе научной деятельности?
- обеспечивает процесс обучения даже на основе идей или моделей, которые «не работают» и не рассматривает это как неудачу?
- использует возможность обсудить каким образом научные идеи применяются в передовых научных исследованиях или инженерных решениях?
- использует примеры из истории, соответственно возрасту учащихся, чтобы показать, как научные идеи изменились и в чем причина этих изменений?

Сбор данных для оценки процесса обучения

Можно сказать, что показатели сами сигнализируют о полезных источниках информации для оценки обучения. Это могут быть планы уроков, записи прогресса учащихся, тетради или письменные работы учащихся, беседы с учащимися, и если это возможно, то наблюдение процесса обучения.

Очень полезно иметь помощника – ментора, инструктора или коллегу, который мог бы наблюдать за процессом обучения. Наблюдая уроки друг друга, учителя могут сотрудничать, собирая информацию, имеющую отношение к показателям качества. Если помощь стороннего наблюдателя недоступна, учителя могут получить полезную информацию просматривая свои собственные планы, записи и отчеты (включая видеозаписи уроков) и отводя время для бесед с учащимися, чтобы понять, что они думают о работе учителя. Фактически, для учителей, не привыкших к присутствию наблюдателя в классе, самооценивание может быть предпочтительнее, по крайней мере на начальном уровне.

Рабочие тетради учащихся, доступные учителям и наблюдателям, представляют собой ценный источник информации о заданиях, представляя собой срез того, что именно и каким образом изучалось. Анализ рабочих тетрадей является свидетельством коммуникации учащихся, концептуального и процедурного понимания, а также качества обратной связи.

Интерпретация данных оценки процесса обучения

Безусловно учителя не в состоянии использовать весь спектр мероприятий из списка, приведенных выше практик на каждом уроке или серии заданий. Однако, если свидетельство об определенных видах деятельности отсутствует в течение долгого времени, то для формативных целей оценки, важно задать вопрос – «Почему нет?». Причины могут указывать на необходимость помощи в некоторых областях понимания содержания или педагогики. Такая оценка особенно актуальна как часть профессионального роста учителя, при внедрении некоторых фундаментальных изменений в обучении, таких как обучение, основанное на исследованиях и работе с большими идеями. Нет необходимости постоянно оценивать весь спектр показателей, вместо этого можно оценить те аспекты практики учителя, которые он старается усовершенствовать в данный период времени. Очень важно чтобы этот процесс ассоциировался у учителя с контролируемым им самим профессиональным совершенствованием, а не просто поводом для суждения о том насколько хорошо или плохо он работает.

Заключительные комментарии

Внедрение любых нововведений в образовании или других областях зависит от нескольких факторов: осознания необходимости перемен; уверенности в том, что предложенные изменения принесут желаемый эффект; и принятия последствий в отношении многочисленных взаимосвязанных факторов, определяющих образовательную практику.

Причины перемен в научном образовании очевидны и во многом основываются на негативном восприятии образования учащимися. Самыми значительными причинами перемен являются перенасыщенные и сверхдетализированные учебные программы; доминирующее при оценивании тестирование, способствующее изучению разрозненных фактов; и привязанность к методам обучения, сдерживающим внедрение педагогики, основанной на исследованиях. В результате этого научное образование во многих частях света не готовит молодых людей для жизни в мире стремительно трансформирующихся научных приложений в области технологий и инженерии. Такая подготовка требует чтобы все учащиеся, а не только те кто решил посвятить себя научной деятельности, получили основы понимания ключевых идей науки и о природе науки, позволяющие им как информированным гражданам принимать осознанные решения, влияющие на их собственное благополучие.

В данной работе мы повторно актуализировали и продолжили тему формирования идей научного образования в рамках всеобъемлющих идей, называемых большими, потому что они объясняют ряд соответствующих явлений. Мы учли имеющиеся аргументы и предложили

доказательства преимуществ в формулировании некоторого числа ключевых идей и внедрении педагогики, основанной на исследованиях. Возможности учащихся производить сбор и использование доказательств научной деятельности играет ведущую роль в развитии понимания окружающего мира и того, как мы его используем. Мы считаем, что программа, сформированная в рамках больших идей, является предпосылкой для применения основанного на исследованиях подхода к обучению.

Для того чтобы изменить то, как воспринимаются и выражаются цели научного образования, недостаточно одного только пересмотра программной документации. На то что происходит в классе оказывает влияние множество взаимосвязанных практик, основные из них описанные в данном документе, – это оценивание учащихся, образование учителей и педагогика. Однако, существует множество других значительных факторов, например: то, как организована работа школы, каким образом анализируется и оценивается работа учителей, каковы роль и ожидания родителей, какая поддержка предоставляется местной администрацией и инспекторами, и конечно же, какова государственная политика. Серьезные перемены требуют координации всех этих источников влияния. Учителя полностью несут ответственность за учебный опыт учащихся, но они не могут изменить систему в одиночку; во многих случаях, для того, чтобы инновации не были замещены старым опытом, необходимо изменение политических установок.

Участники семинара

Дерек Белл (Derek Bell)

Профессор Дерек Белл (Derek Bell) является учителем, исследователем, советником и адвокатом по улучшению образования для всех. Он работал в школах и университетах до того, как стал председателем Ассоциации в поддержку научного образования – *Association for Science Education (ASE)* и главой департамента образования в *Wellcome Trust*. Благодаря своей консультативной деятельности в *Campanula Consulting*, работе советником и широкому ряду публикаций, он остается активным в области образования на национальном и международном уровне. В данный момент, он является представителем *IBM Trust UK, Understanding Animal Research and Centre of the Cell* в Великобритании, членом комитета *Inter Academies Panel Global Science Education Committee* и экспертного совета для Конкурса ЕС для молодых ученых. Он получил звание почетного доктора образования в университете *Manchester Metropolitan* в 2011 году. Prof. Derek Bell является директором *LEARNUS*, профессором в *College of Teachers* и приглашенным научным сотрудником в *UCL Institute of Education* в Лондоне.

Роза Дивес (Rosa Devés)

Профессор Роза Дивес получила докторскую степень в области биохимии в университете *Western Ontario*, после чего она продолжила работу в департаменте физиологии и биофизики на факультете медицины Чилийского университета *Universidad de Chile*. Она преподавала студентам и аспирантам клеточную физиологию и участвовала в развитии последипломного образования, включая основание программы докторантуры в области биомедицинских наук, которой она руководила в течение пяти лет. Она также внесла вклад в основание института Биомедицинских наук, который был основан в результате слияния двенадцати департаментов основных и доклинических наук. Она была заместителем директора данного института с 1997 по 2000 гг. Параллельно с научной и академической карьерой, она занималась усовершенствованием научного школьного образования, сотрудничая с отделом образовательных программ и оценивания Министерства образования с 1999 по 2002 гг. в качестве координатора научных команд, разрабатывающих новую программу. Вместе с профессором Джорджем Альенде (Jorge Allende) и в сотрудничестве с научными академиями США и Франции в 2003 году с целью улучшения качества научного образования для всех детей она инициировала образовательную программу основанную на исследованиях – *ECBI Programme*, которая функционирует при сотрудничестве Министерства образования, Академии наук и университетов. Как ректор Чилийского университета с 2010 по 2014 гг. она руководила двумя проектами, которые привели к развитию этой программы как стратегической отрасли университета, способствуя равенству и включению в образование и создавая возможности для всех детей, в том числе из малообеспеченных семей. В июле 2014 года она была назначена вице-президентом департамента научной работы Чилийской академии наук.

Хьюберт Дайси (Hubert Dyasi)

Профессор Хьюберт Дайси (Hubert M. Dyasi, PhD) является опытным ментором для учителей точных наук. Он разрабатывал, руководил и внедрял основанные на исследованиях образовательные программы по всему миру и выступал с презентациями на многочисленных конференциях и семинарах. Он также внес свой вклад в написание и был соавтором таких книг как *America's Lab Report* (National Academy Press, 2005); *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics* (Corwin Press, 2003); *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning* (National Academy Press, 2000); и *The National Science Education Standards* (National Academy Press, 1996). Среди его наград: Выдающийся вклад в научное образование, Выдающийся методист, Член комитета Национального исследовательского совета по научному образованию для K-12 и внештатный научный сотрудник в Калифорнийском Технологическом университете и в *All Souls College* (Oxford University). Кроме того, он является научным сотрудником Национального университета Научного образования и членом совета по программе научного образования *Inter-Academy Panel*.

Гильермо Фернандез де ла Гарса (Guillermo Fernández de la Garza)

Гильермо Фернандез де ла Гарса (Guillermo Fernández de la Garza) является президентом и исполнительным директором *Mexico Foundation for Science (FUMEC)* в США – бесприбыльной организации, спонсируемой правительствами Соединенных Штатов и Мексики. Он работал в *FUMEC* разрабатывая межнациональные региональные инновационные кластеры такие как авиакосмический, *ИКТ* и передовое производство, а также стимулировал инновации в области малого и среднего бизнеса. Он имеет степень бакалавра инженерных наук и физики Мексиканского университета *National Autonomous University*, степень магистра по инженерной экономике Стэнфордского университета и закончил курс повышенной квалификации по атомной инженерии и бизнес администрации *IPADE Business school*.

Он также имеет опыт работы с инновативными программами в индустрии, университетах и правительственных организациях и внес значительный вклад в популяризацию науки и научного образования. Он был членом-учредителем Мексиканского общества по популяризации науки и технологии *SOMEDICYT* и членом оргкомитета группы ученых, методистов и бизнес лидеров, основавших *CHISPA* – ежемесячный научный журнал для детей, издававшийся в Мексике с 1978 по 1998 гг. Журнал *CHISPA* получил Мексиканские и международные награды, и подборка статей журнала все еще распространяется Министерством образования Мексики. Встречи ученого с детьми, организованные *CHISPA*, переросли в программу «Субботы и воскресенья с наукой», которой руководила Академия наук Мексики.

В 2002 году, при поддержке *FUMEC*, Гильермо Фернандез де ла Гарса основал бесприбыльную организацию *INNOVEC* (Инновации в научном образовании), которая сыграла важную роль при внедрении системы обучения, основанной на исследованиях в школах Мексики. Совместно с Министерством образования и Академией наук Мексики он также организовал тестирование программы Науки и технологии для детей. В 2008 году Гильермо Фернандез де ла Гарса был награжден призом Французской академии и школы *Saint Etienne Mining School* за инновации в научном образовании.

Вэн Харлен (Wynne Harlen)

Профессор Вэн Харлен имеет научную степень по физике Оксфордского университета и получила опыт работы учителя, ментора, и исследователя в области научного образования и оценивания. В 1985 году она была назначена профессором программы обучения университета Ливерпуля, где она основала Центр по исследованию и развитию основ науки. В 1990 году она переехала в Эдинбург и до 1999 года в качестве директора возглавляла Совет по исследованиям в области образования Шотландии. В данный момент она работает консультантом в Шотландии. Она руководила несколькими проектами в области научных исследований, профессионального развития и разработке программ, а также опубликовала несколько книг о научном образовании и оценивании.

Профессор Вэн Харлен является пожизненным почетным членом Ассоциации научного образования (ASE), в Великобритании, редактировала *Primary Science Review* в 1999-2004 гг., и была его президентом в 2009 году. Она была первым председателем научной экспертной группы *OECD PISA* в 1998-2003 гг. Она также возглавляла рабочую группу Королевского общества (Доклад о положении в стране по образованию в науке и математике 5-14). За заслуги в области образования она была награждена Орденом Британской Империи (ОБЕ) в 1991 году и особой наградой за выдающиеся заслуги в области научного образования от ASE (Форум по автоматизированному программному обеспечению) в 2001 году. В 2008 году вместе с Гильермо Фернандез де ла Гарсия (Guillermo Fernández de la Garza) она получила Международный приз *Purkwa Prize* и знак особого признания ее вклада в продвижение образования основанного на исследованиях от Министерства образования Мексики и *INNOVEC* в 2011 году.

Пьер Лина (Pierre Léna)

Профессор Пьер Лина является заслуженным профессором университета *Université Paris Diderot*. Он внес свой вклад в области инфракрасной астрономии Парижской обсерватории, работая с Европейским «Очень большим телескопом» (VLT) в Чили, и в области новых оптических технологий, применимых к астрономическим изображениям. Он руководил Высшей школой астрономии и астрофизики Франции *Graduate school of Astronomy and Astrophysique d'Ile-de-France* в течение многих лет. Он является членом Французской научной академии, Европейской академии и Папской академии наук.

Его карьера в образовании началась с должности председателя института *Institut national de recherche pédagogique* с 1991 по 1997 гг. Совместно с Нобелевским лауреатом Georges Charpak, он возглавил реформу научного образования в начальных школах Франции, а также исследовательский проект *La main à la pâte*, при поддержке Академии наук (*Académie des sciences*). Разработанные в ходе этого проекта школьные практики и ресурсы были официально признаны и использовались для Национальной программы Франции в 2002 году. Этот успех позволил Академии основать постоянный офис, который профессор Пьер Лина возглавлял с 2005 по 2011 гг., координируя проекты и занимаясь образованием учителей. Начиная с 2012 года академия совместно с Высшими школами педагогики (*Ecoles normales supérieures*) в Париже и Лионе создали *Fondation de coopération scientifique La main à la pâte*, с персоналом в 25 работников, которые занимались научным образованием, международным сотрудничеством и некоторыми исследованиями. Эта организация обеспечивала ежегодную публикацию книг и других ресурсов. Профессор Пьер Лина стал первым президентом этой организации (2011-2014). Дополнительная информация: <http://www.fondation-lamap.org> и www.academie-sciences.fr/enseignement/generalites.htm

Робин Миллар (Robin Millar)

Профессор Робин Миллар является заслуженным профессором научного образования Йоркского университета в Англии. Имея научную степень по теоретической физике и степень доктора медицинской физики, он также получил педагогическое образование и восемь лет преподавал физику в средней школе в Эдинбурге до начала своей работы в Йоркском университете в 1982 году.

Профессор Робин Миллар имеет много публикаций в области различных аспектов науки и обучения. Его основные области исследований – обучение науке, разработка научных программ обучения, и оценивание научного обучения. Он руководил исследовательскими проектами на тему исследовательских работ в науке и о представлениях молодежи о науке. С 1999 по 2004 гг., он был координатором исследовательской сети *Evidence-based Practice in Science Education* (EPSE). Он участвовал в нескольких крупных проектах по разработке учебных программ, включая *Science for Public Understanding*, и пакета учебных программ для средней школы *Наука 21 века* (*Twenty First Century Science*).

Он был членом группы Великобритании в Европейском проекте *Labwork in Science Education* с 1996 по 2000 гг. членом экспертной группы ученых проекта *OECD Programme for International Student Assessment (PISA)* в 2006 и 2015 гг. Он также был президентом Европейской научной исследовательской ассоциации (*ESERA*) с 1999 по 2003 гг. и президентом ассоциации научного образования Великобритании в 2012 году.

Майкл Рейс (Michael Reiss)

Майкл Рейс – профессор научного образования *UCL Institute of Education*, приглашенный профессор в университетах Лидса и Йорка, а также *Royal Veterinary College*, почетный член Британской Научной ассоциации (*British Science Association*) и *College of Teachers*, доцент Хельсинкского университета, директор проекта прогрессивной биологии *Salters-Nuffield* и член Академии Социальных наук. В качестве директора по вопросам образования Королевского общества, он очень много писал о программах, педагогике и оценивании в научном образовании, а также в течение последних 20 лет руководил многими исследовательскими, аналитическими и консультативными проектами, спонсированными Исследовательскими Советами Великобритании, государственными департаментами, благотворительными и международными агентствами.

Дополнительная информация: www.reiss.tc.

Патриция Ровелл (Patricia Rowell)

Патриция Ровелл является почетным профессором департамента начального образования университета Альберта (*University of Alberta*). Ее исследовательские интересы связаны с природой дискурсивных стратегий, применяемых в обучении науке на уровне начальной школы в формальной и неформальной среде. Ее исследование спонсировалось серией федеральных грантов. Она является членом Центра образования математики, науки и технологий университета Альберта, и она отвечала за создание основанных на исследованиях ресурсов для учителей. Она преподавала естественные науки в Намибии и Ботсване (2 года в каждой стране), и проводила семинары в Южной Африке, Китае, Чили и Австралии. Патриция Ровелл имеет научную степень в области Биохимии (*B.Sc. Honours, London; M.Sc., Oxford*) и научного образования (*B.Ed., Ph.D., University of Alberta*).

Вей Ю (Wei Yu)

Профессор Вей Ю является основательницей лаборатории *Development and Learning Science* от министерства образования, в *Southeast University* в Китае. В ходе ее работы в качестве учителя и исследователя в области электроники, ее главные достижения включают развитие биоэлектроники, молекулярной и бимолекулярной электроники. Она также внесла важный вклад в реформу высшего образования и дистанционного обучения в Китае в 1993-2002 гг. занимая должность замминистра образования.

С 1994 года она активно участвовала в реформе школьного научного образования в качестве члена *ICSU-CCBS* (1994-2001) и в программе *IAP Science Education Programme*. с 2002 года. Вей Ю разработала новое междисциплинарное исследование, связывающее между собой нейронауки и образование. Одновременно она внедрила основанный на исследованиях подход к научному образованию *Learning by Doing* в Китае и основала вебсайт <http://www.handsbrain.com>. Она была председателем Ревизионного комитета Национальных стандартов научного образования в начальных школах Китая. В 2010 году она и ее команда получили Национальный приз первой степени за реформу в основном образовании Китая. Она получила *PuRkwa prize* от Французской академии наук и *Saint Etienne Mining School* за инновации в научном образовании. Она является академиком *CEA* и имеет статус почетного доктора девяти университетов за пределами Китая.

Список литературы

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993) *Benchmarks for Science Literacy. Project 2016*.
Oxford: Oxford University Press.
- AAAS (2001) *Atlas of Science Literacy*. Washington, DC: AAAS and NSTA.
- Abrahams, I., and Reiss, M. J. (2012) Practical work: its effectiveness in primary and secondary schools in England,
Journal of Research in Science Teaching, 49(8), 1035-1055.
- Alberts, B. (2008) Considering science education. Editorial, *Science*, 319, March 2008.
- Alexander, R. (ed.) (2010) *Children, their World, their Education*. Final report and recommendations of the Cambridge Primary Review. London: Routledge.
- Biosciences Federation (2005) *Enthusing the Next Generation*. London: Biosciences Federation.
- Bransford, J.D., Brown, A. and Cocking, R.R. (eds) (2000) *How People Learn, Brain, Mind, Experience and School*.
Washington, DC: National Academy Press.
- Bruner, J.S. (1960) *The Process of Education*. New York: Vintage Books.
- Butler, R. (1988) Enhancing and undermining intrinsic motivation: the effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance, *British Journal of Educational Psychology*, 58(1), 1-14.
- Carnegie and Institute for Advanced Study (2010) *The Opportunity Equation Transforming Mathematics and Science Education for Citizenship and the Global Economy*. New York: Carnegie IAS.
- Concoran, T., Mosher, F.A. and Rogat, A. (2009) *Learning Progressions in Science*. Philadelphia, PA: Centre on Continuous Instructional Improvement, Teachers College, Columbia University.
- Devés, R. (2009) Science Education Reform in Chile (1990-2009) Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.
- Duncan, R.G, Rogat, A.D. and Yarden, A. (2009) A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 655–674.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H.A. Shouse, A.W. (2007) *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington DC: The National Academies Press.
- European Commission (2007) *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. (Rocard Report) Brussels: European Commission.
- Fernandez de la Garza, G. (2009) Brief overview of the evolution of the science curriculum for the elementary schools in Mexico. Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.
- Gustafson, B.J. and Rowell, P.M. (2000) Big ideas (and some not so big ideas) for making sense of our world. A resource for Elementary Science Teachers. Edmonton: University of Alberta.
- Harlen, W. (2013) *Assessment and Inquiry-Based Science Education: issues in policy and practice*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme: Trieste, Italy.
www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx
- Harlen, W. (2009) Teaching and learning science for a better future, *School Science Review*, 90 (333), 33 -41.
- Honey, M., Pearson, G. and Schweingruber, H. (eds) (2014) *STEM Integration in K-12 Education: Status, prospects and an agenda for research*. Washington DC: The National Academies Press.

- Howard-Jones, P., Pollard, A., Blakemore, S-J., Rogers, P., Goswami, U., Butterworth, B., Taylor, E., Williamson, A., Morton, J. and Kaufmann, L. (2007) *Neuroscience and Education: Issues and Opportunities*, London: TLRP/ESRC.
- La main à la pâte (1998) Ten principles of teaching. <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/105/principes-et-enjeux>
- La main à la pâte (2014) www.fondation-lamap.org
- Le Socle commun des connaissances et des compétences (France, 2006). http://cache.media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/00/0/socle-commun-decret_162000.pdf
- Learning and Teaching Scotland/SQA (nd) *Curriculum for Excellence: Sciences experiences and outcomes*. http://www.educationscotland.gov.uk/Images/sciences_experiences_outcomes_tcm4-539890.pdf
- Léna, P. (2009) Big ideas, core ideas in science - some thoughts. Paper prepared for the 2009 Loch Lomond Seminar.
- Mansell, W. James, M. and ARG (Assessment Reform Group) (2009) *Assessment in Schools. Fit for Purpose? A commentary by the ESRC Teaching and Learning Research Programme*. London: ARG and TLRP.
- Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework (October 2006). <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/1006.pdf>
- Miaoulis, I. (2010) K-12 Engineering – the Missing Core Discipline. In (eds) D. Grasso and M. Brown Burkins *Holistic Engineering Education beyond Technology*. New York: Springer.
- Millar, R. (2009) 'Big ideas' in science and science education. Paper prepared for the Loch Lomond seminar.
- Millar, R. and Osborne, J. (1998) *Beyond 2000. Science Education for the Future*. London: King's College School of Education.
- Mohan, L., Chen, J. and Anderson, C.W. (2009) Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 675–698.
- NAEP (2008) *Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress*. National Assessment Governing Board, US Department of Education.
- NRC (National Research Council) (1995) *National Science Education Standards*. Washington DC: The National Academies Press.
- NRC (National Research Council) (2012) *A Framework for K-12 Science Education*. Washington DC: The National Academies Press.
- NRC (National Research Council) (2014) *Developing Assessment for the Next Generation Science Standards*. Washington DC The National Academies Press.
- Oates, T. (2009) Missing the point: identifying a well-grounded common core. Comment on trend in the development of the National Curriculum. *Research Matters*, October 2009.
- Oates, T. (2012) *Could do better: Using international comparisons to improve the national Curriculum in England*. Cambridge Assessment www.nationalnumeracy.org.uk/resources/30/index.html
- OECD (2007) *Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science*. Paris: OECD.
- Pellegrino, J.W., Chudowsky, N. and Glaser, R. (eds) (2001) *Knowing what Students Know: The Science and Design and Educational Assessment*. Washington, DC: National Academy Press.
- Songer, N.B., Kelcey, B. and Gotwals, A.W. (2009) How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 610–631.

- Twenty-First Century Science specifications; Science Explanations and Ideas about Science
http://www.ocr.org.uk/campaigns/science/?WT.mc_id=sciencecp_300310
- Wilson, M. and Draney, K. (2009) On coherence and core ideas. Paper commissioned for the NRC Board of Education meeting, August 17 2009.
- Wei Yu (2009) *A Pilot program of "Learning by Doing" in China's Science Education Reform*. Nanjing: Research Centre of learning Science, Southeast University.
- Wellcome Trust (2014) *How neuroscience is affecting education: a report of teacher and parent surveys*.
www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@msh_peda/documents/web_document/WTP055240.pdf
- Zimba, J. (2009) *Five areas of core science knowledge: What do we mean by 'STEM-capable'?* Paper prepared for the Carnegie – Institute for Advanced Study Commission on Mathematics and Science Education (see Carnegie and IAS).

Пять лет назад в 2010 году, в публикации *Principles and Big Ideas of Science Education* был высказан ряд аргументов о том, что научное образование должно давать учащимся возможность развивать большие научные идеи, а также идеи о природе науки. С тех пор, наш призыв к действию был подкреплён событиями в сфере образования и стремительными переменами в современной жизни. Отзывы наших читателей из многих стран подтверждают то, что описанные нами идеи, остаются актуальными и находят применение в реформах некоторых национальных программ.

Возможные выгоды от замены некоординированного размаха в заучивании фактов на более глубокий исследовательский подход к изучению науки, целиком и полностью зависят от изменений в практике школьного обучения. Таким образом, данная публикация, отражающая ход дальнейшей работы группы ученых и методистов, посвящена тому, что лежит в основе работы с большими идеями. За описанием больших идей следует обсуждение принципов организации содержания программ, педагогики, формативного и суммативного оценивания, профессионального роста учителей и оценки процесса обучения.