

# STEM И НОВЫЕ СТАНДАРТЫ СРЕДНЕГО ЕСТЕСТВЕННО- НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В США

И. Е. Люблинская, профессор,

College of Staten Island, City University of New York

# Что значит слово STEM?



- S – Science (естественные науки)
- T – Technology (технологии в общем смысле, не только компьютерные)
- E – Engineering (инжиниринг, проектирование, дизайн)
- M – Mathematics (математика)

Краткий обзор новых стандартов  
среднего образования по  
естественным наукам в США



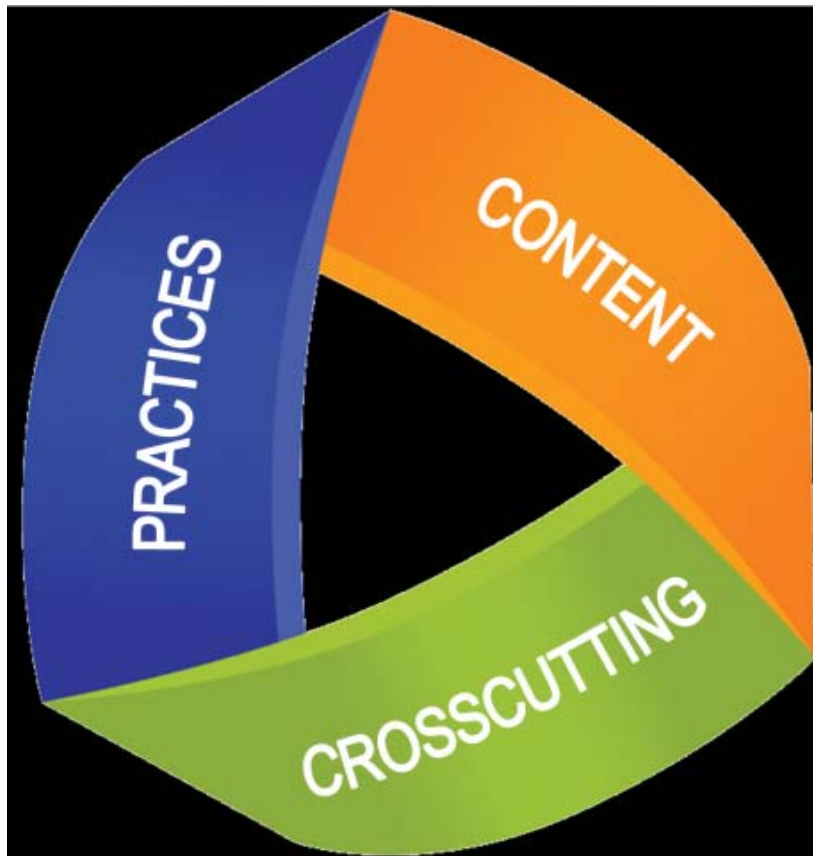
# Прошлое и настоящее

- 1993 - Американское Сообщество по Развитию Естественных Наук (American Association for the Advancement of Science) опубликовало документ, определивший базовый уровень естественнонаучных знаний, умений и навыков, которые должны иметь выпускники средних школ (*Benchmarks for Science Literacy*).
- 1996 - Национальный Научный Фонд (National Science Foundation) опубликовал стандарты среднего естественно-научного образования (*National Science Education Standards*), принятые многими штатами за основу школьной программы.
- Июль 2011 – Национальный Исследовательский Совет (National Research Council) предложил новую структуру для среднего естественнонаучного образования.
- Март 2013 – на основе предложенной структуры созданы новые стандарты среднего естественнонаучного образования.

# Новая структура среднего естественнонаучного образования

- Основана на результатах исследований в области преподавания и обучения естественным наукам.
- Определила необходимые предметные знания школьников в каждом классе (K – 12 в США – возраст от 5 до 18 лет).
- Национальный Исследовательский Совет (NRC) организовал комиссию из 18 человек в которую вошли учёные-естественники, включая двух Нобелевских лауреатов, когнитивные психологи, учёные-педагоги и эксперты в области естественнонаучного образования и политики.
- Дополнительно Национальный Исследовательский Совет (NRC) создал группы для разработки структуры стандартов в каждой области школьной программы – физические науки, биологические науки, геологические и астрономические науки и инженерное дело.

# Компоненты новых стандартов



- Practices – научные и инженерные навыки
- Content – основные предметные знания
- Crosscutting concepts – обобщающие (сквозные) понятия

# Научные и инженерные навыки

1. Задание вопросов (науки) и постановка задач (инжиниринг)
2. Создание и использование моделей
3. Планирование и проведение исследований
4. Анализ и интерпретация данных
5. Использование математического и вычислительного мышления
6. Построение объяснений (науки) и проектирование решений (инжиниринг)
7. Построение аргумента на основе имеющихся фактов
8. Получение, оценка и правильная передача информации

# Пример: Задание вопросов и постановка задач

- *Независимо от класса ученики должны уметь задавать друг другу вопросы о прочитанном материале, о признаках наблюдаемых явлений и о выводах, к которым они приходят на основе своих моделей научных исследований. Для инженерии ученики должны уметь задавать вопросы необходимые для постановки задач, требующих решения, и выявлять идеи, которые приводят к нахождению условий и особенностей для их решения (NRC Framework 2012, p. 56)*



# Изменение уровня вопросов

К окончанию соответствующего учебного периода ученики должны приобрести следующие навыки

- К – 2 классы
  - ▣ Задавать простые описательные вопросы, которые можно проверить экспериментально.
- 3 – 5 классы
  - ▣ Задавать вопросы для определения качественных взаимоотношений
- 6 – 8 классы
  - ▣ Задавать вопросы для формулировки и усовершенствования тестируемых моделей, используемых для объяснения явлений и решения задач
- 9 – 12 классы
  - ▣ Задавать вопросы для формулировки, усовершенствования и экспериментальной проверки научных вопросов и разработки решений используя модели и симуляции.

# Изменение уровня инженерных задач

К окончанию соответствующего учебного периода ученики должны приобрести следующие навыки

- К – 2 классы
  - ▣ Ставить простые задачи, которые можно решить при помощи создания нового или модифицированного инструмента или объекта.
- 3 – 5 классы
  - ▣ Ставить простые инженерные задачи, которые можно решить при помощи создания нового объекта, инструмента или процесса, включая несколько критериев успешного результата и условия на затраты материалов, времени или стоимость.
- 6 – 8 классы
  - ▣ Ставить инженерные задачи (дизайн), которые можно решить за счёт создания объекта, инструмента, процесса или системы и которые включает в себя множественные условия и ограничения, в том числе научные знания, приводящие к ограничению возможных решений
- 9 – 12 классы
  - ▣ Ставить инженерные задачи, включающие развитие процесса или системы с взаимодействующими компонентами, а также критериями и условиями, которые могут включать социальные, технические и/или экологические соображения.

# Обобщающие (сквозные) понятия



1. Закономерности
2. Причинно-следственная связь.
3. Масштаб, пропорциональность и порядок величин
4. Системы и модели систем
5. Энергия и материя: потоки, циклы и законы сохранения
6. Структура и функция
7. Стабильность и изменение

# Пример: Причинно- следственная СВЯЗЬ

## К – 2 классы

- Все явления имеют причины, которые приводят к наблюдаемым закономерностям.
- Идеи учеников о причинах того или иного явления можно подтвердить или отвергнуть при помощи простой экспериментальной проверки.

## 3 – 5 классы

- Причинно-следственные связи определяются, проверяются эмпирически и используются для объяснений наблюдаемых изменений на регулярной основе.
- События, которые происходят одновременно на регулярной основе могут не иметь причинно-следственной связи.

# Причинно- следственная связь

## 6 – 8 классы

- Взаимоотношения могут быть классифицированы как причинно-следственные или корреляционные. Корреляция не обязательно означает причинно-следственную связь.
- Причинно-следственные связи могут использоваться для прогнозирования явлений в естественных или созданных системах.
- Явления могут иметь более чем одну причину и некоторые причинно-следственные связи в системах могут быть охарактеризована только на вероятностном уровне.

## 9 – 12 классы

- Эмпирические данные требуется для определения различия между причинно-следственными отношениями и корреляциями и для определения конкретных причин и следствий.
- Причинно-следственные связи можно прогнозировать для сложных природных и антропогенных систем путем изучения отдельных механизмов внутри системы.
- Системы могут быть созданы для того, чтобы произвести желаемый эффект.
- Изменения в системах могут иметь различные причины, не равные по своему эффекту.

# Основные предметные знания


- Точные науки (физика и химия)
  - ▣ PS 1: Материя и её взаимодействия
  - ▣ PS 2: Движение и статика: силы и взаимодействия.
  - ▣ PS 3: Энергия
  - ▣ PS 4: Волны и их применение в технологиях для передачи информации
- Биологические науки
  - ▣ LS 1: От молекул до организмов: структура и процессы
  - ▣ LS 2: Экосистемы: взаимодействия, энергия и динамика
  - ▣ LS 3: Наследственность: наследование и изменчивость признаков
  - ▣ LS 4: Биологическая эволюция: единство и разнообразие

# Основные предметные знания



- Геологические и астрономические науки
  - ▣ ESS 1: Роль Земли во вселенной
  - ▣ ESS 2: Системы Земли
  - ▣ ESS 3: Земля и человеческая деятельность
  
- Инжиниринг, технологии и прикладные науки
  - ▣ ETS 1: Инженерное проектирование (дизайн)
  - ▣ ETS 2: Связи между инженерией, технологиями, естественными науками и обществом

# Пример: PS1 Материя и Взаимодействия



Основные предметные идеи в основе стандарта

- Структура и свойства материи (2 – 12 классы)
- Химические реакции (2 – 12 классы)
- Определение энергии (6 – 12 классы)
- Ядерные процессы (9 – 12 классы)



# Структура и свойства материи

- 2-PS1-1. Планировать и проводить исследование для описания и классификации различных материалов на основе их наблюдаемых свойств.
- 5-PS1-1. Провести наблюдение и прийти к заключению, что материя состоит из невидимых микрочастиц
- MS-PS1-1. Разработать модели для описания атомной структуры простых молекул и более сложных структур.
- HS-PS1-1. Использовать периодическую таблицу для предсказания свойств химических элементов, на основе свойств электронов во внешнем энергетическом уровне атома.

# Химические реакции

- 2-PS1-4. Аргументировать на основе фактов, что некоторые изменения, вызванные нагревом или охлаждением обратимы, а некоторые необратимы.
- 5-PS1-4. Провести исследование, чтобы определить, приводит ли смешивание двух или более веществ к созданию новых веществ.
- MS-PS1-4. Разработать модель, которая предсказывает и описывает изменения в движении частиц, температуры и состояния чистого вещества при удалении или добавлении тепловой энергии
- HS-PS1-4. Разработать модели для иллюстрации того, что выделение или поглощение энергии во время химической реакции системы зависит от изменения полной энергии связи

# Химические реакции

- MS-PS1-5. Разработать и использовать модель для описания того, что полное количество атомов не меняется в ходе химической реакции и таким образом масса сохраняется.
- HS-PS1-5. Применить научные принципы и факты для объяснения последствий изменения температуры или концентрации реагирующих частиц на скорость реакции.
- MS-PS1-6. Разработать проект для создания, тестирования и модифицирования устройства, которое выделяет или поглощает тепловую энергию за счёт химических процессов.
- HS-PS1-6. Усовершенствовать дизайн химической системы, указав изменения в условиях, обеспечивающих увеличение объемов продукции при равновесии.

# Химические реакции

## Ядерные процессы

- **HS-PS1-7. Использовать математические представления в поддержку утверждения, что атомы и поэтому масса, сохраняются во время химической реакции.**
  - [Пояснение: упор на использование математических идей о пропорциональности между массой атомов в реагентах и продуктах реакции и перевод этих отношений на макроскопический уровень, используя моль для перехода от атомного уровня на макроскопический. Упор делается на использовании учениками математического мышления, а не на запоминании и механическом применении методов решения задач.]
  - [Границы оценки: оценка не включает сложных химических реакций]
- **HS-PS1-8. Разработать модели для иллюстрации изменений в составе атомного ядра и энергии, выделяющейся в процессах деления и слияния ядер и радиоактивного распада**
  - [Пояснение: фокус на простых качественных моделях, таких как изображение или диаграмма, и на порядке величины энергии, выделяемой в ядерных процессах относительно других видов преобразований]
  - [Границы оценки: оценка не включает количественного расчета энергии. Оценка ограничивается альфа, бета и гамма радиоактивными распадами.]

# Структура каждого стандарта

## Стандарт

- Требования к демонстрации знаний учеником  
*Пояснения*  
*Условия оценки уровня подготовки учеников*

Научные и инженерные  
навыки

Основные предметные  
знания

Обобщающие (сквозные)  
понятия

Связь между основными идеями в пределах данного предмета для данного уровня учеников

Объяснение где и как данная предметная идея развивается от начальных до старших классов

Связь со стандартами школьного образования по математике и по английскому языку и литературе (в стадии разработки)

# Общая структура новых стандартов

- Стандарты разбиты по классам
  - Для каждого класса начальной школы (К – 5).
  - Для младшей (6 – 8) и старшей (9-12) средней школы в двух разделах.
  - В перспективе также планируется разбиение по направлениям.
  
- Требования к демонстрации знаний учащихся
  - Каждый стандарт определяет что ученик должен уметь делать, а не информацию о том, как преподавать предмет.
  - Каждый стандарт может включать больше одной предметной идеи. Некоторые предметные идеи разбиты на несколько частей чтобы фокус был на умения и навыки.
  - Намеренный фокус каждого стандарта на оценке уровня подготовки ученика.
  
- Условия оценки уровня подготовки учеников
  - Ограничение на то, что должно оцениваться в работе учеников и что не должно включаться в оценку.
  - Привязка по времени к стандартам по математике и английскому языку (в стадии разработки)
  - Включены дополнительные условия для оценки уровня подготовки одарённых учеников. (в стадии разработки)

# Отличие новых стандартов от старых

- Новые стандарты нацелены на требования к демонстрации знаний, а не на перечень тем программы обучения.
- Инженерные и научные навыки и обобщающие идеи пронизывают всю программу с подготовительного до выпускного класса.
- Основные предметные идеи развиваются с подготовительного до выпускного класса.
- Основной фокус стандартов на понимание и применение знаний, а не на запоминание фактов.
- Инженерные навыки включены в преподавание естественных наук. Инженерным навыкам придаётся такое же значение как научному методу познания. Основным идеям инженерного и технологического образования придаётся тот же статус, что и основным идеям естественнонаучных предметов.
- Естественнонаучные стандарты скоординированы со стандартами по математике и английскому языку и литературе (в стадии разработки).

# Инженерные навыки



- Цель включения инженерных навыков и основных инженерных идей в том, чтобы научить учеников думать как инженеры – применять свои знания для решения задач.
- Новые стандарты не определяют инженерное дело как отдельный предмет школьного курса. Создание таких факультативных курсов является решением школ.
- Для 6-12 классов планируется разработка отдельных инженерных стандартов.
- Предполагается, что инженерные идеи будут включены во все естественнонаучные предметы.

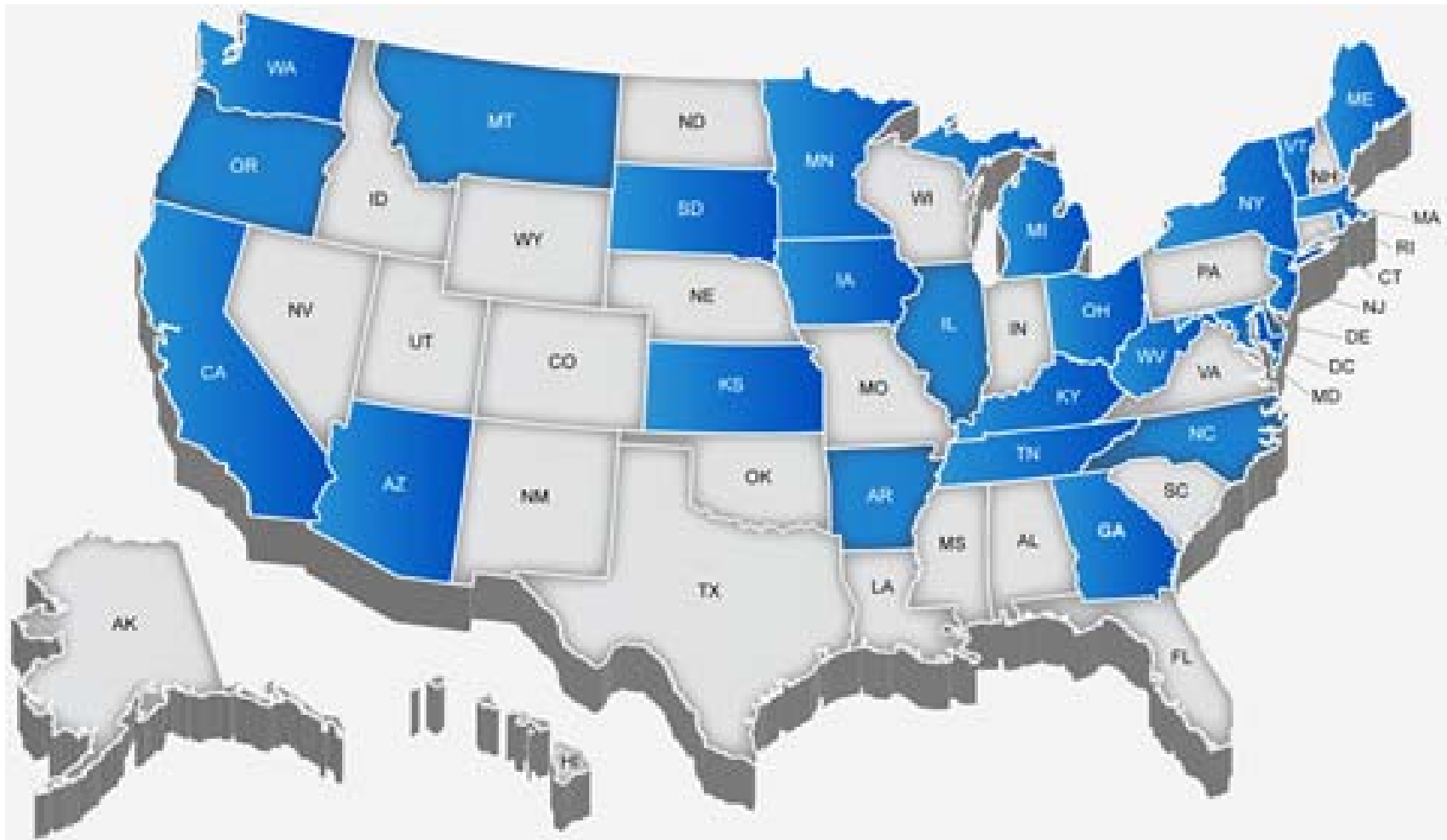


# Экзамены



- В данный момент Национальный Исследовательский Совет (National Research Council) разрабатывает структуру экзаменационных заданий, необходимую для имплементации новых стандартов.

# Ведущие штаты США (25 и DC)



# ОТ S-T-E-M К STEM - КОНТИНУМ





## Проектируемое количество новых работ для STEM профессий в 2020 году в США

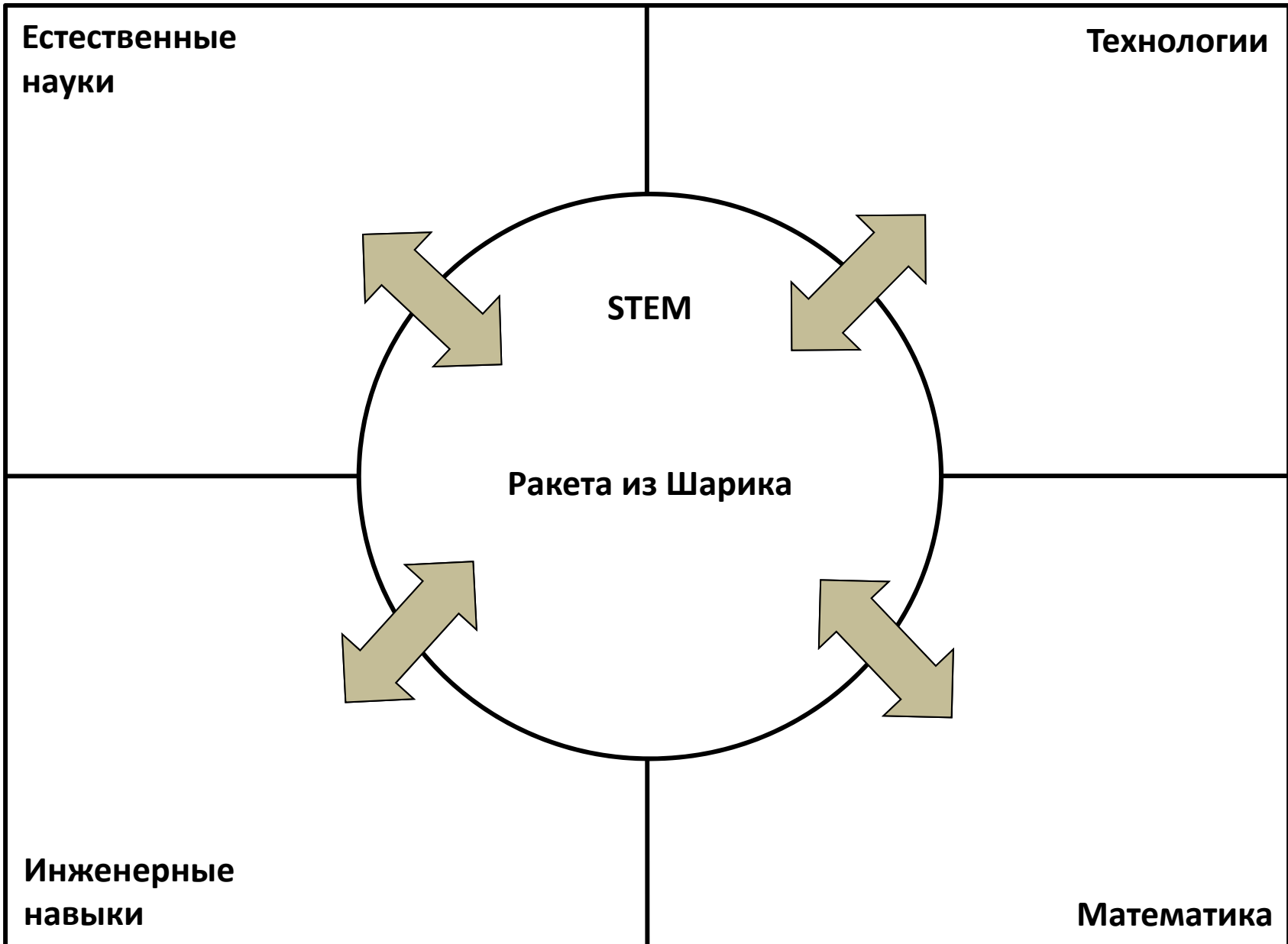


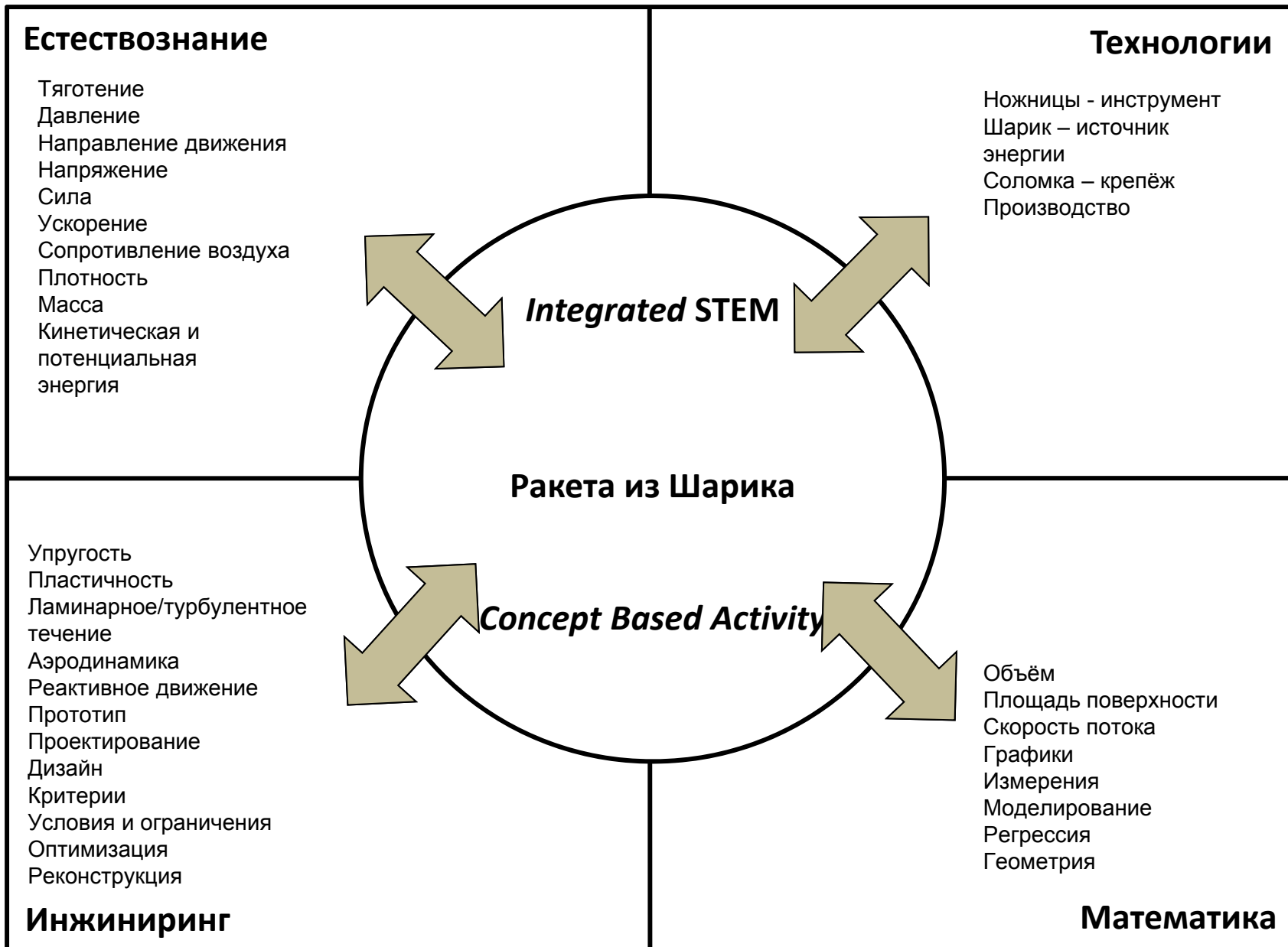
Data source: US-BLS Employment Projections, 2010-2020 ([http://www.bls.gov/emp/ep\\_table\\_102.htm](http://www.bls.gov/emp/ep_table_102.htm))

# Ракета из воздушного шарика



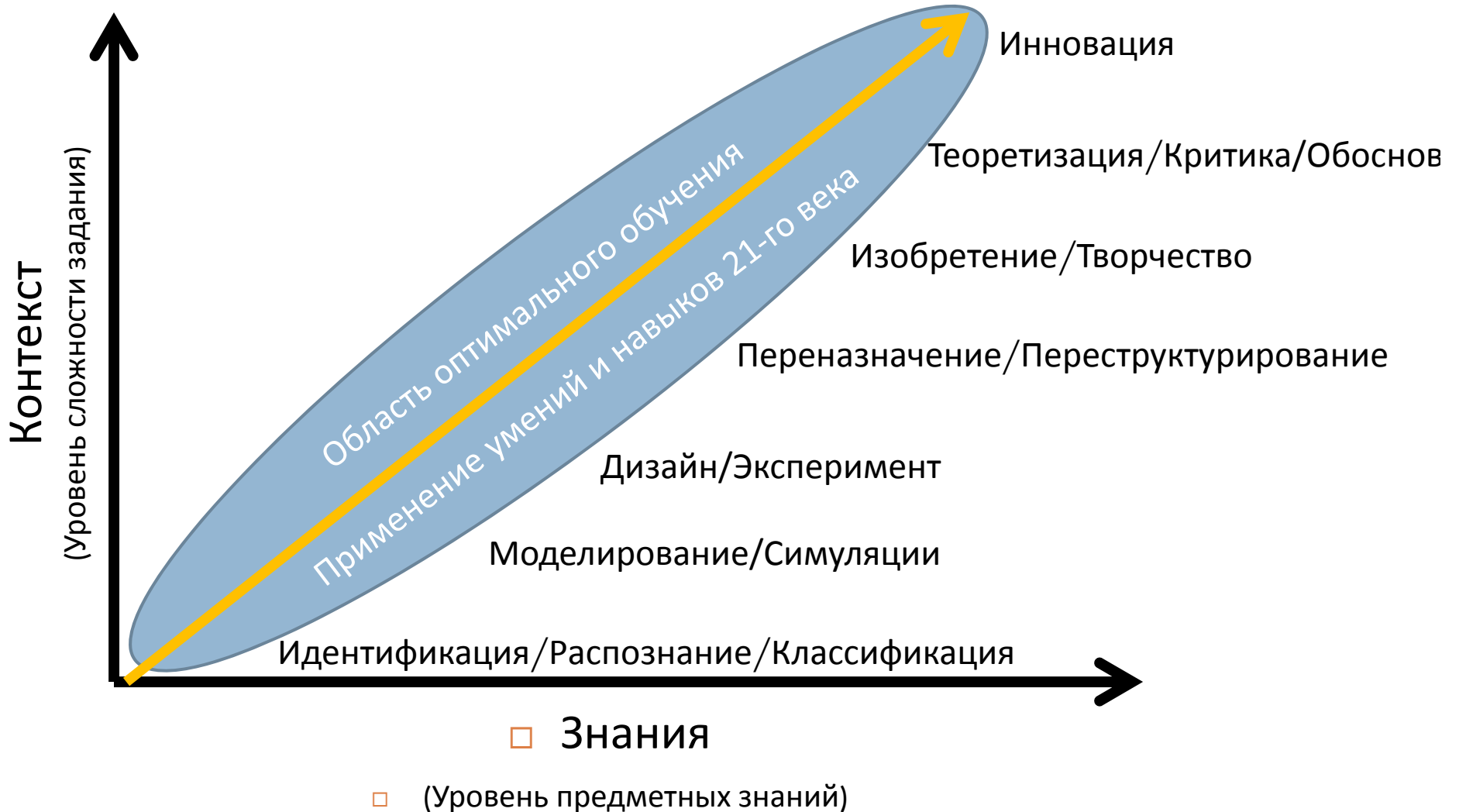
- Запустите ракету с пола как можно выше (до потолка)
- Используйте приготовленные материалы (шарик, резинка, соломка и карточки)
- Движение ракеты должно быть обеспечено энергией надутого шарика
- У вас есть 20 минут







# Почему нужна интеграция STEM?



# Умения и навыки XXI века



Умения и навыки	Опытность (Advanced)	Компетентность (Proficient)	Грамотность (Basic)	Поверхностное ознакомление (Below basic )
Критическое мышление				
Сотрудничество/ Работа в команде				
Определение понятий в контексте				
Объяснение понятий				
Самоорганизация				
Применение приобретённых знаний				
Исследование. Использование фактов				

# Вопросы и Комментарии

