

iSTAGE 3

# ФУТБОЛ

В ОБУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННЫМ НАУКАМ



# ИЗДАНИЕ

## ОПУБЛИКОВАНО

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststrasse 4/5  
10178 Берлин, Германия

## КООРДИНАТОРЫ СЕМИНАРОВ

### Биосфера

Жан – Люк Рихтер  
Средняя Школа Вальца, Маркольсайм, Франция  
jeanluc@jlrichter.fr

### Тело

Доктор Мигель Андраде  
Университет Иоганна Гуттенберга,  
Майнц, Германия  
andrade@uni-mainz.de

### Мяч

Доктор Иорг Гутшанк (основной координатор)  
Гимназия Лейпцига/Международная школа Дортмунда  
Глава Science on Stage Deutschland e.V.  
Дортмунд, Германия

### Большие данные

Бернард Шрик (в отставке)  
Гимназия Верля, Германия  
bernard.schriek@t-online.de

## ОБЩЕЕ РУКОВОДСТВО И РЕДАКТИРОВАНИЕ

Стефани Шлюнк, Исполнительный директор Science on Stage  
Deutschland e.V.  
Йоханна Шульце, Заместитель исполнительного директора Science  
on Stage Deutschland e.V.  
Даниэла Ньюман

## Русское издание поддержано



## РЕДАКЦИЯ И ПЕРЕВОД

Русское издание при поддержке:  
Корпорация «Шеврон»  
НАО «Республиканская физико-математическая школа»

## Русский перевод под редакцией:

Габит Бекахметов - НАО «РФМШ»  
Ерлан Утеулин - Science on Stage Kazakhstan

## АВТОРСТВО РИСУНКОВ

Авторы проверили все аспекты интеллектуальной собственности на изображения, использованные в данной публикации в меру своей осведомленности.

## ДИЗАЙН

WEBERSUPIRAN.berlin  
Иллюстрации  
tacke -atelier für kommunikation  
www.ruperttacke.de

## ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

SAP SE

## ЗАКАЗ

www.science-on-stage.de  
info@science-on-stage.de

Лицензия для бесплатного распространения произведений культуры  
Creative Commons: некоммерческая атрибуция



Участие на равных правах

Первое издание опубликовано в 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.

# СОДЕРЖАНИЕ

04 Приветствие

05 Предисловие iStage 3

06 Участники

## 07 БИОСФЕРА

08 Зелёная, зелёная трава купола

12 Растаптывая след углеродного выброса

16 Абсолютно верно

## 21 ТЕЛО

22 Давайте подвигаемся

26 Пей и Думай

32 Игра Рукой

## 39 МЯЧ

40 Под давлением

46 Не касайтесь земли

52 Физика крученого мяча

## 57 БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ

58 Соответствие данных

64 Захватывающий удар

68 Фондовая биржа голов

74 ИТ помогут забить голы

76 Дальнейшие ресурсы и материалы | Мероприятия в рамках проекта

77 Парные карты



# ПРИВЕТСТВИЕ



Футбол – это больше, чем просто игра. Ни один другой вид спорта не объединяет такое большое количество людей по всему миру. В прошлом, футбол состоял из комбинации силы и выносливости, следовательно, методы тренировок должны были соответствовать этим требованиям. Однако, на сегодняшний день, для того, чтобы «забить мяч в сетку», спортивные клубы активно используют инновационные технологии для быстрого определения лучших игроков, целенаправленного совершенствования талантливых игроков своих клубов, завоевания долгосрочной преданности игроков клубу, адаптации видения клуба при необходимости, а также разработки успешных стратегий.

Это относится к игрокам, тренерам, охотникам за талантами, медицинским командам и бизнес-процессам клубов.

Благодаря новейшему оборудованию, как SAP Sports One, сегодня игры могут анализироваться в цифровой форме на смартфонах в режиме реального времени. Игроки и тренеры могут использовать сверхсовременные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) для анализа

показателей и, следовательно, более эффективно подготовиться к игре. Национальная команда Германии выиграла кубок чемпионата мира в Бразилии в 2014 году с помощью этого аналитического инструмента. Такие клубы, как ФК Бавария Мюнхен также используют его в своих тренировках. Благодаря решениям SAP в спортивном секторе, они набирают конкурентные преимущества и находятся всего на несколько шагов впереди своих команд-соперников.

Но игры и анализ игр предназначены не только для профессионалов. Они также могут быть очень эффективно интегрированы в STEM-обучение в классе! На практическом примере футбола можно рассмотреть многие междисциплинарные вопросы из сферы естественных наук и технологий. Энтузиазм учеников к этому виду спорта может разбудить в них интерес к науке и, возможно, положит начало их карьере в науке. Для нас, как для компании по ИТ, это особенно важно.

Именно поэтому, особым приоритетом для SAP является поощрение интереса молодых людей к STEM-предметам, используя практические методы на ранних стадиях обучения. Пособие «iStage 3 – Футбол в обучении естественным наукам» показывает, как это можно успешно осуществить. Учебный материал предлагает множество примеров креативного обучения в классе, которые учителя и ученики запомнят надолго.

Я очень рад, что у нас есть возможность поддерживать Science on Stage Deutschland e.V. в этом проекте. Я уверен, что после двух предыдущих учебных пособий, «iStage 1 – Учебные материалы для ИКТ и естественных наук» и «iStage 2 – Смартфоны в обучении естественным наукам», данное пособие также будет успешным. Хочу выразить особую благодарность Science on Stage Deutschland за сотрудничество и, в особенности, учителям из 15 разных стран Европы, которые воплотили данное пособие в реальность, благодаря своей ответственности и усердной работе!

## **МИХАЭЛЬ КЛЯЙНЕМАЙЕР**

Член правления SAP SE

# ISTAGE 3: СДЕЛАНО УЧИТЕЛЯМИ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ!

## УЧИТЕЛЬ И ТЕМА УРОКА ИМЕЮТ БОЛЬШОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

В далеком 2000 году, сотни учителей со всей Европы отозвались на инициативу EIROforum по улучшению научной грамотности в Европейском Союзе. Мы собрались в Европейской организации ядерных исследований (CERN) для мероприятия «Physics on Stage», предшественника фестивалей Science on Stage, которые теперь проводятся ежегодно в различных странах Европы. На тот момент, задолго до того, как Джон Хатти провел свое знаменитое исследование, нам уже стало понятным, насколько роль учителя является важной в успешном обучении.

Для того, чтобы дать европейским учителям больше возможности для обмена своими лучшими идеями, Science on Stage разработали разные виды деятельности в качестве дополнения к проводимым фестивалям. Одним из таких видов деятельности является iStage, который любезно и добродушно поддержали SAP. В iStage 3 мы затрагиваем тему, которая очень важна для огромного количества учеников: футбол!

20 лучших учителей из 15 стран Европы сплоченно работали в течение полутора лет, чтобы обменяться своим лучшим опытом. Они разработали учебные пособия в таких сферах, как биология, химия, физика, информационные технологии и математика для изучения нашей биосферы, человеческого тела, мяча и больших данных. Мы видим, что футбол отлично вписался в обучение естественным наукам.

Процесс создания данных пособий является особенным, так как мы уделяем большое внимание профессиональным навыкам учителей. Во время личных встреч эксперты в своем деле разрабатывают новые идеи для пособий, не забывая о ситуации в их собственных школах. Учебные пособия также были протестированы на реальных уроках участников и по результатам этих тестов, мы можем с уверенностью сказать, что эти пособия работают по-настоящему. Для создания этих



пособий участники iStage 3 усердно работали в свое свободное время от основной работы. Большое спасибо за такие старания – результаты великолепны!

Наша трилогия iStage теперь завершена. Конечно, мы продолжим свою работу дальше, так как Science on Stage прекрасно понимает, что учитель и тема урока – это вещи, имеющие большое значение.

### **ДОКТОР ИОРГ ГУТШАНК**

Гимназия Лейпцига/Международная школа Дортмунда  
Глава Science on Stage Germany  
Основной координатор



# УЧАСТНИКИ

20 УЧАСТНИКОВ ИЗ 15 СТРАН

Имя	Фамилия	Страна	Секция
Мигель	Андрате	Германия	Координатор, Тело
Кирстен	Бидерман	Германия	Мяч, Тело
Пир	Комте	Испания	Большие данные
Дэвид	Фитонби	Великобритания	Тело
Андерс Эрик	Флорен	Швеция	Мяч
Марта	Гайдосне Сцабо	Венгрия	Биосфера
Иорг	Гуштанк	Германия	Координатор, Мяч
Янин	Герман	Швейцария	Биосфера
Филлип	Жанжак	Франция	Мяч
Стивен	Кимбру	Германия	Большие данные
Дионисис	Константиноу	Греция	Мяч
Мэйв	Листон	Ирландия	Большие данные
Андреас	Майер	Германия	Мяч, Тело
Джиорджия	Мэссури	Италия	Биосфера
Марко	Николини	Италия	Большие данные
Жан-Люк	Рихтер	Франция	Координатор, Биосфера
Бернард	Шрик	Германия	Координатор, Большие данные
Майке	Смитс	Нидерланды	Биосфера
Ричард	Спенсер	Великобритания	Биосфера
Дамьян	Штрус	Словения	Большие данные
Эммануэль	Тиболь	Франция	Тело
Корина	Тома	Румыния	Мяч, Тело
Збигний	Трэмилль	Польша	Мяч
Штефан	Цунцер	Австрия	Тело



# БИОСФЕРА

Фундаментальный процесс любых естественных наук включает в себя наблюдение по сторонам для понимания того, как работает «природа», размышление над способами объяснения всех процессов и экспериментирование с различными теориями для того, чтобы доказать некоторые из этих объяснений.

Делать всё это в классе иногда нелегко, так как учителя часто испытывают затруднения в вовлечении учеников в «открытие». Эта задача становится легче, если найти способ привлечения внимания учеников. Связывая наши эксперименты с футболом, мы делаем многие понятия более доступными, так как большинство учеников любят этот вид спорта и полны энтузиазма к возможности связать свой любимый вид спорта с наукой.

В секции Биосфера мы рассматриваем футбол с точки зрения окружающей среды. Первым заданием является подробное изучение футбольного поля и пристальное рассмотрение травы, на которой проходит игра. В главе «Зелёная, зелёная трава купола» ученики выращивают немного семян в кейсе CD-диска в различных условиях освещения, влажности, температуры и так далее и анализируют качества травы, наблюдая за растущими корнями.

Вторая глава в этой секции «Растаптывая след углеродного выброса» является серьёзной игрой, затрагивающей влияние одного чемпионата по футболу, к примеру, чемпионата во Франции в 2016 году, на окружающую среду. В этой игре с карточками ученики должны найти способы снижения следа углеродного выброса одного футбольного стадиона, создавая более здоровую окружающую среду и учитывая влияние стадиона на шум, воду и так далее. Эта игра включает в себя открытые решения и вопросы с ограниченным количеством ответов и похожа на карточные игры, следовательно, должна быть интересной для учеников различных возрастов, так как её легко можно адаптировать под требования учеников. Более того, вы можете создать свои собственные вопросы, так как каждый учебник создан таким образом, чтобы его можно было адаптировать под программу образования разных стран. Для того, чтобы облегчить ученикам задачу в формулировке вопросов, мы предоставим дополнительные документы на вебсайте Science on Stage [1].

В процессе создания iStage 3, наш английский коллега Ричард Спенсер, названный одним из 10 лучших учителей по всему миру в 2015 году, узнал, что паразиты под названием нематоды являются большой проблемой для



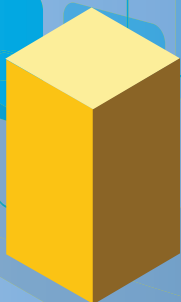
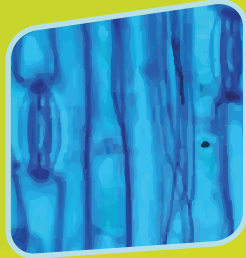
футбольных полей. У него была идея использовать различные способы для их уничтожения. С этой целью он повёл своих учеников на футбольный стадион для сбора образцов почвы. У класса была большая сессия мозгового штурма для определения структуры экспериментов: считать нематоды, экспериментировать с различными методами их уничтожения и затем проверять окончательные результаты. К сожалению, после нескольких часов подготовки ученики обнаружили, что нематод в образцах почвы очень мало, что делает их уничтожение бессмысленным. Они также усвоили очень важный урок о науке в процессе: даже неудачный эксперимент может нас чему-то научить! Вследствие того, что ученики уже провели достаточно времени, изучая траву стадиона, они обнаружили, что в некоторых стадионах искусственный свет используется для ускорения восстановления поля после матча. Это вдохновило их на предложение главы «Абсолютно верно», которая фокусируется на эффекте различных длин волн света на рост травы.

## ЖАН-ЛЮК РИХТЕР

Средняя Школа Вальца,  
Маркольсайм, Франция  
Координатор

МАРТА ГАЙДОШЕ СЦАБО \* ЯН ИН ГЕРМАН \* МАЙКЕ СМИТС

# ЗЕЛЕНАЯ, ЗЕЛЕНАЯ ТРАВА КУПОЛА





 Футбольный газон, морфология травы, вид травы

 Биология

 12–15 лет

 Ученики должны уметь использовать оптический микроскоп

### 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В этой главе определяются свойства травы, нужные для выращивания лучшего футбольного торфа. Какие должны быть качества у травы? Различные виды трав обладают разным набором качеств. Определенные качества необходимы для футбольного газона, когда как некоторые другие не совсем важны. В этом проекте нашей целью является найти идеальный вид травы для футбольного газона и сравнить его морфологию с существующими видами трав.

### 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

Разные виды трав обладают различными качествами. Какие качества травы необходимы для торфа на футбольном поле?

- Твёрдая корневая система, которая предотвращает распространение травы по воздуху
- Более горизонтальные формы роста травы являются более надёжными (менее подвержены разрушению из-за растапывания футбольными бутсами)
- Меньшее количество устьиц делает траву более устойчивой к засухе

Для этого проекта вам понадобятся:

- Футляры CD дисков (для выращивания травы, РИС. 1)
- Почвенная смесь
- Семена (плевел (*Lolium perenne*), свинойрой пальчатый (*Cynodon dactylon*), мятлик однолетний (*Poa annua*), или любой другой подходящий вид травы)
- Микроскоп (для просмотра устьиц травы)
- Лак для ногтей
- Скотч
- Ручная лупа

### 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

#### 3|1 Общее введение в изучение футбольного газона

Газон на футбольном поле подвергается постоянному повреждению. Он растапывается и стирается из-за того, что игроки поскользываются, и в результате повреждается поверхность газона. Однако, очень важно поддерживать газон в красивом зеленом цвете в течение всего года, особенно для матчей премьер-лиги и международных матчей. Существует около 8,000 разных видов травы по всему миру. Но не все виды подходят для футбольного газона. Два основных свойства травы для футбольного поля – это твердые корни, крепко прикрепленные к почве, и листья, не подверженные разрушению при растапывании. В этом проекте вы создадите идеальный вид травы для газона и сравните его свойства с травой, которая используется для выстилki футбольного газона.

#### 3|2 Создайте идеальную траву для футбольного газона

Нарисуйте траву (с корневой системой, листьями, стеблями), которая была бы идеальной для игры в футбол на её поверхности. Подумайте над следующим:

Найдите рисунок травы в Интернете, чтобы понять, как она растёт. Имейте в виду, что трава не должна быть сильно повреждена растапыванием и должна быть плотно прикреплена к почве, а также иметь и другие желаемые качества.

#### 3|3 Вырастите траву для футбольного поля

Заполните половину футляра CD-диска почвенной смесью и положите семена на 1 см вглубь от поверхности. Поставьте футляр в перевернутом виде в ящик и заполните водой на 2 см (так, чтобы почва оставалась влажной). Это должно выглядеть, как показано на рисунке внизу (РИС. 1). Оставьте траву на солнечном подоконнике на время для роста (РИС. 2) и регулярно проверяйте, чтобы убедиться в том, что там достаточно воды. Сделайте это, используя плевел, свинойрой пальчатый, мятлик однолетний или любой другой подходящий вид травы, растущий у вашего дома или



РИС. 1. *Cynodon dactylon*

школы. Каждый вид травы должен быть помещен в отдельный футляр и на один подоконник.

РИС. 2. *Время роста*

Вид	Дни для прорастания почеч	Дни для изучения
<i>Cynodon dactylon</i>	11	Более 30
<i>Poa annua</i>	5	30
<i>Lolium perenne</i>	4	30

Прорастание почеч и рост травы для вашего изучения занимает много времени. Вы можете увидеть время прорастания каждого вида травы в таблице РИС. 2.

#### 3|4 Изучите стебли и листья

Ваша трава выросла – так держать! Теперь вы должны нарисовать по два рисунка на каждый вид травы. Первый рисунок – это рисунок стеблей и листьев и то, как они распределены по футляру (вы можете открыть футляры для лучшего обзора). Второй рисунок – это рисунок стеблей и листьев одного вида травы.

Ответьте на следующие вопросы:

- Какова длина стебля?
- На каком расстоянии от корня появляются листья?
- Сколько листьев образовалось?
- Какая длина у листьев? Какая у них ширина в самом широком месте?
- Какой вид травы был наиболее близок к идеальному виду?

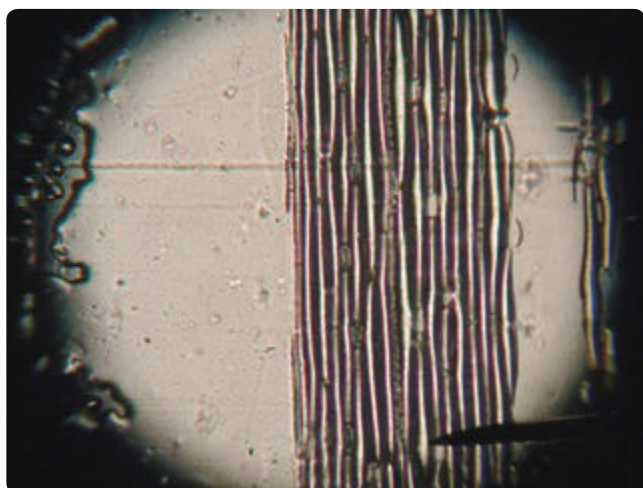


РИС. 3. Устьица *Poa annua* 100x

### 3|5 Изучите устьица (РИС. 3)

Благодаря Устьицам на нижней поверхности листьев происходит обмен газами. Когда устьица открыты, через них входит углекислый газ и выходит кислород для обеспечения фотосинтеза. Вода также выходит

из листьев через устьица. Это поддерживает поток воды через траву, так как этот поток очень важен, чтобы трава впитывала минералы. Но в очень сухие дни и на сухом газоне трава увядает и, в конечном итоге, умирает, если устьица остаются открытыми. Таким образом, большое количество устьиц приводит к увеличению фотосинтеза, но также и увеличивает риск увядания.

Посчитайте количество устьиц в вашей траве, согласно следующим инструкциям (РИС. 4–7):

- Нанесите прозрачный лак для ногтей на нижнюю поверхность листьев. Дайте высохнуть.
- Используйте скотч для удаления лака для ногтей и поместите скотч (с отпечатком лака) на предметное стекло микроскопа (пометьте стекло).

Поместите предметное стекло в микроскоп с увеличением 400x. Нарисуйте одно устьице вместе с окружающими клетками. Затем увеличьте на 100x, определите поверхность листа в поле зрения и посчитайте все устьица, попавшие в обзор. Посчитайте количество устьиц на мм<sup>2</sup>. Повторите для всех видов травы.

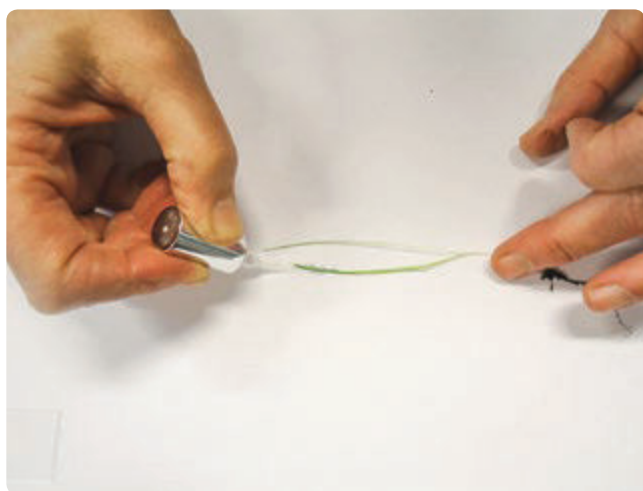


РИС. 4–7: Техника нахождения количества устьиц.

Ответьте на следующие вопросы:

- Сколько всего устьиц было в поле зрения у каждого вида травы?
- Какой вид травы лучше всего адаптировался к сухому климату?
- Какой вид травы лучше всего адаптировался к влажному климату?
- Какой вид травы подошел бы к выращиванию у вас в стране? Объясните почему.

### 3 | 6 Изучите корневую систему

Теперь с нашими полностью выросшими разными видами трав мы можем изучить также и корни. Для начала нарисуйте каким образом корни организованы в футлярах (вы можете открыть футляры для лучшего обзора). Затем нарисуйте корни одного вида травы. Осторожно вытащите один образец травы из футляра и используйте ручную лупу для увеличения.

Ответьте на следующие вопросы:

- Какова длина корня?
- Сколько всего делений у корня?
- Может ли корень поддерживать почву в нужном плотном состоянии? (подумайте над способами проверки).
- Какой вид травы лучше всех подошел для футбольного газона?

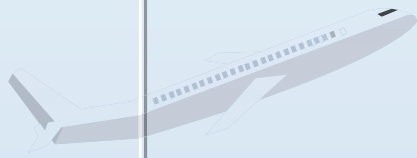
## 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вы создали идеальную траву для футбольного газона и вырастили разные виды трав для изучения их свойств. Объясните какой вид травы подходит под описание «лучшая трава для футбольного газона» для вашей страны.

Мы предположили, что лучший газон является монокультурой, но, возможно, смешанная культура может быть лучше. Назовите две причины, почему смешанная культура может быть предпочтительнее, чем монокультура.

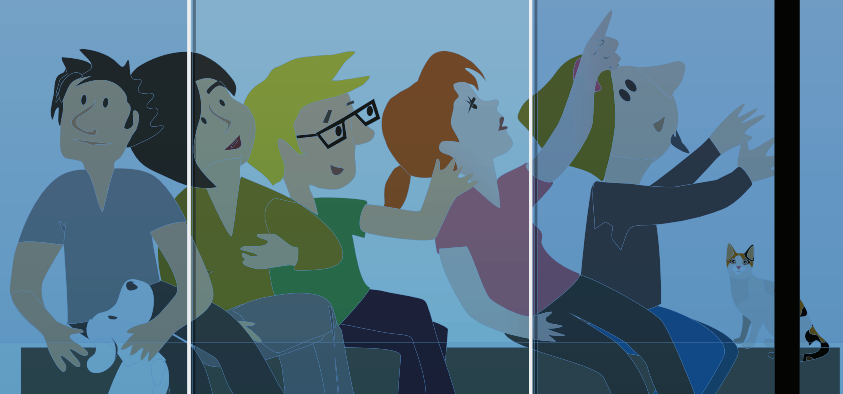
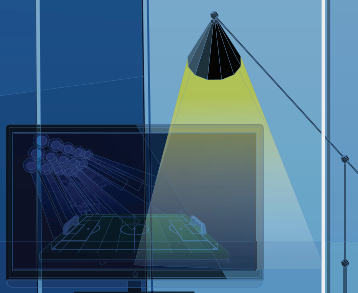
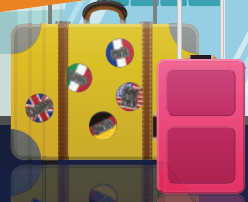
## 5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА


Ученики могут работать вместе со своими товарищами из разных стран и сравнивать выбранные лучшие виды травы для футбольного газона. Трава, лучшая для Нидерландов, может отличаться от лучшей травы в Венгрии. Ученики могут подумать над различными факторами, влияющими на хороший рост травы (свет, влажность, температура и так далее). Сравнивая климат стран ваших напарников, постарайтесь объяснить, почему они выбрали определенный вид травы для своих стран.




МАРТА ГАЙДОСНЕ СЧАБО \* ЯНИН GERMAN \* ДЖИОРДЖИА МЕССОРИ \* МАЙКЕ СМИТС \* РИЧАРД СПЕНСЕР

# РАСТАПТЫВАЯ СЛЕД УГЛЕРОДНОГО ВЫБРОСА



 Углеродный след, устойчивое развитие, шумовое загрязнение, атмосферное загрязнение, парниковый эффект, окружающая среда

 Химия, математика, физика, биология, география, экология, язык широких возможностей (возрастной уровень 14 – 16 лет)

 10 – 16 лет



Материалы: все дополнительные материалы доступны для скачивания на вебсайте Science on Stage: игровые карты (см. на стр. 77), информационные карты, примеры вопросов и решений, калькулятор

## 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Футбол очень популярен во многих странах Европы. В последние годы футбольные клубы премьер-лиги очень заинтересованы в воздействии футбола на окружающую среду и в путях снижения его углеродного следа. Целью данного проекта является обучение учеников влиянию футбола на экологию и повышение их осведомленности в том, как футбольные клубы могли бы стать более экологически устойчивыми.

Современный мир требует глобального взгляда на каждый предмет в каждом учебном кабинете. Наша задача, как учителей, состоит в том, чтобы помочь ученикам, давая им навыки, инструменты и представления, необходимые для того, чтобы стать состоявшимися людьми, ответственными гражданами мира и эффективными сторонниками устойчивого будущего.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

Мы создали для учеников очень серьезную игру, которая наведет их на размышление об углеродном следе одного масштабного спортивного мероприятия.

Всего есть шесть наборов карт, каждый из которых нацелен на определенный аспект устойчивого развития. Для того, чтобы завершить игру, игроки должны коснуться всех аспектов. Игра подходит для различных программ обучения с возрастом учеников от 10 до 16 лет. Отвечая на вопросы, ученики узнают о сложных воздействиях большого международного спортивного мероприятия на окружающую среду. Это поможет им понять ответственность, которую мы несем за бесполезную трату или использование энергии и таких ресурсов, как еда и вода, а также обнаружить насколько хрупка наша планета.

Мы выбрали шесть аспектов того, как именно большие спортивные мероприятия влияют на окружающую среду. Шесть тем, которые будут охвачены – это свет, путешествия, зеленая трава, мусор, шумовое загрязнение и еда.

### Что должен делать учитель?

На первом уроке учитель помогает ученикам освежить свои знания и навыки:

- задавая вопросы (Что такое экологический след? Где мы можем найти информацию на эту тему? Что мы знаем о производстве, распределении и потреблении энергии?) и разъясняя цель данного упражнения;
- активируя имеющиеся знания учеников путем мозгового штурма (используя ключевые слова);
- объясняя структуру и правила игры.

Учитель распечатывает парные игровые карты и информационные карты.

На последующем уроке, учитель объясняет правила игры, формирует группы учеников по четыре ученика (в зависимости от класса), определяет лидера каждой группы и начинает игру.

Информационные карты содержат детальную информацию по следующим аспектам: значения выбросов углекислого газа разных видов транспорта, реакция горения разных видов топлива, информация о путях сохранения углерода и воды, смысл понятий световой отдачи и потребления электрической энергии различных видов ламп, карта эффективности газораспределительной системы, скорость звука и уровень акустического давления и так далее. Все данные в информационных картах являются полезными в решении задач.

Во время завершающего урока ученики должны подвести итоги по темам урока и трудностям, с которыми они столкнулись. Все ученики должны научиться преодолевать трудности вместе и оценивать работу своей группы.



## 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

Игра проводится как парная игра в карты: 12 карт, 6 пар, по 2 карты на каждую тему.

Темы: свет, путешествия, зеленая трава, мусор, шумовое загрязнение, еда.

**Правила игры:** Разделите учеников на группы с названиями их любимых футбольных команд. Затем распределите все карты на столе в перевернутом виде (можно использовать Smart Board как вариант). Дайте первой группе выбрать одну карту, переверните ее, посмотрите на символ и попросите учеников объяснить его значение за ограниченный период времени (например, используйте песочные часы – мы советуем давать пять минут для тяжелых задач и две минуты для более легких).



Ученики помладше могут использовать ключевые слова и термины в информационных картах для помощи. Мы советуем, чтобы ученики постарше использовали лишь свои имеющиеся знания. Альтернативные варианты: Ученики постарше могут пользоваться Интернетом для изу-



чения актуальных научных данных. Лидеры группы должны рассказать всему классу о том, что они нашли по этой теме.

После того как время, данное на игру, истекло, учитель может оценить команды от одного до пяти баллов. (Наш совет: Учителю не стоит сообщать группе о присужденных баллах до тех пор, пока все остальные группы не сделают свои заявления по теме.) Затем группа выбирает вторую карту; если вторая карта совпадает с первым символом, команда должна ответить на вопросы учителя по определенной теме и может получить дополнительные баллы (до максимума в 5 баллов). Если команда найдет парную карту, эти карты извлекаются из игры.

Каждая пара карт дает вам максимум 10 баллов.

Если команда не найдет вторую карту, совпадающую с первым символом, очередь за следующей группой. Следующая группа может выбрать новую карту или ту же самую карту, однако, при выборе той же самой карты, группа не может использовать объяснения предыдущей группы. Этой команде будет дано столько же времени, как и первой, и ей также будут присуждены баллы.

В конце игры, когда на столе не останется карт, сумма всех заработанных баллов определит победителя.

#### 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как учителя, мы должны обучать наших учеников важности устойчивого развития и прививать им чувство личной ответственности. Вопросы, которые освещаются в данной игре, касаются естественных наук и математики, и с помощью полученных знаний ученики могут поразмыш-



лять об экологии, своем углеродном следе, а также об экологической безопасности и рациональности своих действий в повседневной жизни.

Некоторые вопросы могут быть упрощены, используя данные в информационных картах, так как задачи зачитываются всего один раз и некоторые из них сложны в решении. Мы также можем распечатать задания, чтобы способствовать сотрудничеству внутри групп пока они работают над решением. Когда мы тестировали игру в своих классах (14 лет), все команды пробовали решить задачи, которые не смогли решить другие команды, чтобы заработать 2 дополнительных балла. Координатором игры был ученик из старших классов в рамках метода обучения «равный – равному».

#### Пример игровой сессии учеников

После предоставления ученикам некоторой информации о темах, охватываемых данной игрой, учитель раскладывает карты на стол.

#### Пример введения темы СВЕТ

“Когда мы сидим на стадионе, мы редко думаем о том, как производится и распределяется энергия, которую мы используем, или о том, является ли ее первичный источник возобновляемым или нет. Когда мы смотрим на результаты и главные моменты матча на экранах, мы не знаем, был ли экран сделан с использованием светодиодной технологии или стадион использует энергосберегающий источник света. Мы должны изменить наш образ мыслей, и мы должны стремиться к устойчивой жизни”.

Первая команда выбирает карту и обнаруживает символ света. Учитель просит менеджера команды объяснить, что команда знает о производстве, распределении и потреблении энергии, и в чем разница между энергоэффективностью и энергосбережением. Учитель пишет на доске несколько ключевых слов, которые помогут классу организовать свои мысли по теме «СВЕТ». Присваивается максимум пять баллов.

Группа выбирает следующую карту и, если им повезет, им достанется карта из той же категории. Теперь группа должна решить одну задачу, используя информационные карты. Учитель зачитывает вопрос и все группы должны провести свои расчеты в течение пяти минут.

**Пример задачи:** «Проверьте ежедневное потребление энергии в вашем доме (предположите, что ваша семья состоит из четырех человек)».

Чтобы ответить на этот вопрос, все команды должны обратиться к информационным картам, чтобы найти формулу, необходимую для решения данной задачи:

#### Ежедневное потребление энергии в доме:

За правильный ответ к счету команды добавляется пять баллов; за неправильный ответ к счету других команд два балла. Пара карт удаляется со стола и это означает, что очередь за следующей командой.

$$\frac{(\text{Количество человек} \cdot 500 \text{ kWh}) + 500 \text{ kWh}}{365 \text{ days}}$$

$$\text{Ответ: } 2,500 \frac{\text{kWh}}{365 \text{ days}} = 6,8 \frac{\text{kWh}}{\text{day}}$$

#### Примеры вопросов для игры

##### Пример по теме ПУТЕШЕСТВИЯ:

Что вы знаете об углеродном следе? Сколько кг на 1 км углекислого газа вырабатывается болельщиками (40000 человек за матч) в течение 51 матчей Чемпионата Европы УЕФА 2016 года, если четверть болельщиков ездит на матчи на поезде, четверть на велосипеде, четверть на автобусе и четверть на самолете?

Ответ: Итого за передвижение в один конец = 295800 кг/км (591600 кг/км в оба конца)

##### Пример по теме ЕДА:

Что такое цикл производства еды? Взгляните на информационные карты, чтобы узнать, каковы углеродные и водные следы некоторых видов продуктов, и посчитать сколько литров воды можно сохранить, если за неделю есть 1 кг картофеля вместо 1 кг говядины.

Ответ: сохранено 15214 литров

##### Пример по теме ШУМ:

Каков диапазон акустического порога человека? ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) установила, что акустический порог риска составляет 85 дБ, а акустический порог боли составляет 120 дБ. Насколько велико увеличение интенсивности звука?

Ответ: в 3125 раз

##### Пример по теме ТРАВА:

Если мы срежем траву (2,5 см) стадиона (площадь в 120 м × 60 м), то каков будет объем срезанной травы в кубических метрах?

Ответ: 180 м<sup>3</sup>

##### Пример по теме МУСОР:

Сколько кубических метров мусора будет произведено при использовании 7000 бумажных стаканчиков, если каждый из них занимает объем в 0,25 дм<sup>3</sup>?

Ответ: 1,75 м<sup>3</sup>

## 5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

- Делитесь вопросами и темами с другими классами.
- Каждый класс, который тестирует игру должен написать новый вопрос и поделиться им с классами в других странах.
- Игра может быть встроена в мультимедийную платформу и воспроизводиться в разных местах одновременно.
- Если вы привлечете преподавателя английского языка, то у вас будет бесприигрышная ситуация при введении этой междисциплинарной игры.

## ИСТОЧНИКИ

Все дополнительные материалы (информационные карты и примеры вопросов) доступны на сайте [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials).




МАРТА ГАЙДОСНЕ СЦАБО • ЯНИН ГЕРМАН • ДЖИОРДЖИА МЕССОРИ • МАЙКЕ СМИТС • РИЧАРД СПЕНСЕР

# АБСОЛЮТНО ВЕРНО





 трава, футбольное поле, фотосинтез, светозависимая реакция фотосинтеза, длина волны, спектр поглощения, окислительно-восстановительный индикатор, хлорофилл, хлоропласт

 биология

 16–18 лет

## 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В этом проекте ученики используют разноцветный свет, чтобы исследовать влияние длины волны света на скорость фотосинтеза и роста травы. После оценки экспериментальных данных, они смогут порекомендовать, какой цвет света следует использовать в осветительных устройствах, чтобы наилучшим образом поддерживать рост и восстановление травы на футбольных полях между матчами.

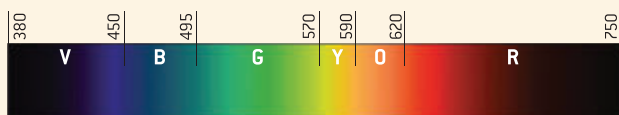
## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

В регионах с умеренным климатом естественный дневной свет ограничен в течение большей части футбольного сезона, особенно в короткие дни зимних месяцев. Осветительное оборудование используется для ускорения роста травы на затененных участках поля и для стимулирования быстрого восстановления травы, поврежденной износом во время футбольного матча (РИС. 1).



РИС. 1. Осветительные установки для ускорения роста травы

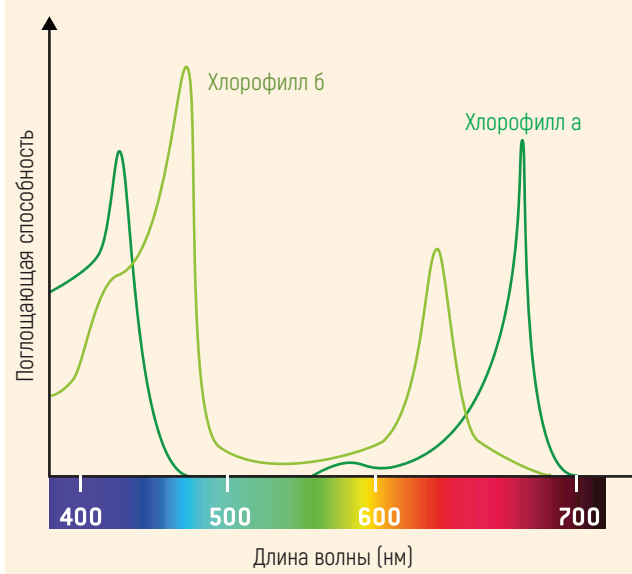
РИС. 2. Спектр видимого излучения [1]



Ф: фиолетовый; С: синий; З: зеленый; Ж: желтый; О: оранжевый; К: красный.

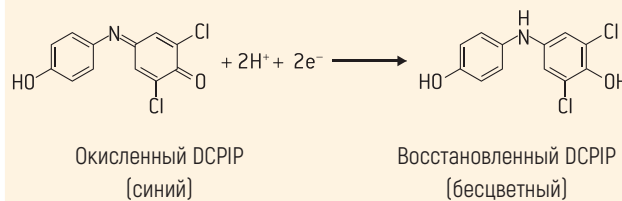
Спектр видимого излучения состоит из диапазона различных длин волн света, т.е. различных цветов (РИС. 2). Наиболее распространенный фотосинтетический пигмент, хлорофилл, на самом деле представляет собой смесь двух пигментов (хлорофилл а и хлорофилл б), которые поглощают некоторые длины волн света больше, чем другие, демонстрируя максимальное поглощение красного и синего света и минимальное поглощение зеленого света (РИС. 3).

РИС. 3. Поглощение хлорофиллом в зависимости от длины волны света [2]



Энергия, поглощенная хлорофиллом, используется в светозависимых реакциях фотосинтеза для возбуждения его электронов до более высоких энергетических уровней. Энергия, полученная этими электронами, впоследствии используется в окислительно-восстановительных реакциях для высвобождения энергии, которая используется для производства АТФ. Этот продукт, наряду с другим продуктом светозависимых реакций (восстановленный НАДФ), используется растением в цикле Кальвина для производства глюкозы. Растение использует глюкозу в качестве источника энергии и сырья для синтеза широкого спектра органических материалов, необходимых для здорового роста растений.

РИС. 4. DCPIP: 2,6-дихлорфенолиндофенол



Скорость фотосинтеза может быть исследована с помощью окислительно-восстановительного индикатора DCPIP, который становится голубым при окислении и бесцветным при восстановлении (РИС. 4). Когда DCPIP добавляется к хлоропластам, только что извлеченным из растений, он восстанавливается электронами (и протонами), образующимися в ходе светозависимых реакций фотосинтеза, когда хлоропласты подвергаются освещению. Чем быстрее происходят эти реакции, тем быстрее скорость, с которой DCPIP восстанавливается. В одном исследовании ученики определяли скорость, с которой DCPIP восстанавливается (обесцвечивается) при различных цветах света, чтобы определить влияние длины волны света на скорость фотосинтеза. Во втором исследовании ученики освещают ящики с травой в течение одной недели с помощью различных цветов света, а затем собирают траву, чтобы найти массу выросшей травы.

Затем студенты оценивают результаты обоих экспериментов, чтобы рекомендовать, какой цвет света следует использовать в осветительных оборудовании, чтобы наиболее эффективно поддерживать рост и восстановление травы на футбольном поле.

### 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

#### 3|1 Советы по безопасности

Несмотря на то, что химические вещества, используемые в этом исследовании, обладают низкой степенью опасности, ученики должны быть осведомлены об общих рисках при использовании электрического оборудования (ламп, блендера и электронных весов) и должны носить защитные очки во время лабораторной практики.

#### 3|2 Подготовка

Полный список всех необходимых материалов доступен для скачивания на сайте Science on Stage [3].

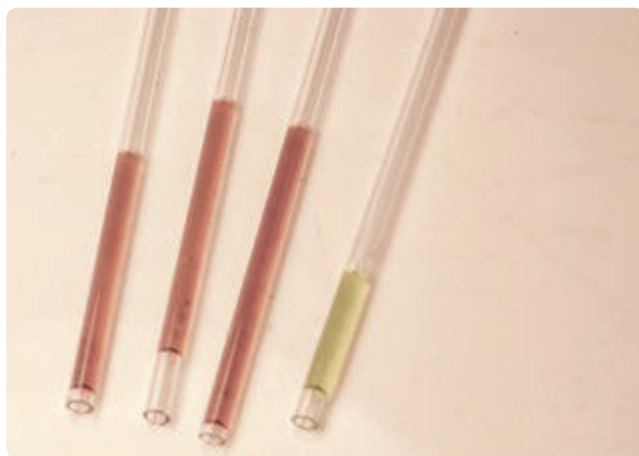
1. Посейте семена плевела в семь небольших лотков (8 см × 16 см × 5 см глубины). Каждый лоток должен содержать одинаковую массу посадочного компоста и должен быть равномерно засеян той же массой травяных семян (достаточной для покрытия поверхности компоста). Поместите лотки с семенами на солнечный подоконник и выращивайте в течение пяти недель. Поливайте регулярно по мере необходимости, чтобы компост оставался влажным, используя дистиллированную воду и добавляя одинаковый объем воды в каждый лоток. Невозможно контролировать такие факторы окружающей среды, как влажность и температура, но поскольку все лотки находятся в одном и том же месте, каждый лоток травы подвержен одним и тем же колебаниям окружающей среды.
2. Через пять недель соберите траву, используя ножницы и оставляя травяной пласт высотой в 3 см. Используйте собранную траву для исследования «скорости фотосинтеза» (шаги 3-12) и семь лотков травы для исследования «скорости роста» (3.4). Для обоих исследований требуется семь настольных ламп, каждая из которых оснащена глобальной лампой RGB 3W B22 LED (эти лампы доступны по низкой цене в обычных интернет-магазинах). Каждая лампа оснащена пультом дистанционного управления, с помощью которого можно настроить цвет на красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый или белый (РИС. 5). Одни и те же семь ламп и лампочек можно использовать для обоих исследований, чтобы сократить расходы.



**РИС. 5.** В настольных лампах были установлены глобальные лампы накаливания RGB 3W B22 LED, которые оснащены пультом дистанционного управления, с помощью которого можно настроить цвет на красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый или белый

#### 3|3 Влияние длины волны на скорость фотосинтеза

3. Добавьте примерно 30 г свежих листьев травы (собранных в шаге 2) к 250 см<sup>3</sup> холодной сахарозы / буферного раствора с pH 7,5. Это получают путем растворения 2,7 г гидратированного динатриевого гидрофосфата, 1,0 г безводного дигидрофосфата калия, 33 г сахарозы и 0,25 г хлорида калия в дистиллированной воде объемом 250 см<sup>3</sup>.
4. Смешивайте в течение 60 секунд, чтобы разбить клетки и высвободить хлоропласты. Фильтруйте с помощью муслиновой ткани, чтобы удалить остатки клеток. Храните фильтрат на льду.
5. Опустите один конец капиллярной трубки в экстракт хлоропласта так, чтобы экстракт втягивался в него. Удалите капиллярную трубку и используйте салфетку, чтобы высушить внешнюю часть капиллярной трубки. Эта трубка - ваша окрашенная контрольная трубка (она окрашена в зеленый цвет).
6. Используйте Пастеровскую пипетку, чтобы добавить 1,0% раствор ДСРІР к остальной части экстракта хлоропласта, по одной капле за раз, осторожно встряхивая бутылку, чтобы смешать ее. Раствор ДСРІР получают путем растворения 0,1 г ДСРІР и 0,4 г хлорида калия в 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Он должен быть свежеприготовленным.
7. Добавьте достаточное количество ДСРІР до тех пор, пока экстракт не изменит цвет навсегда от зеленого на сине-зеленый, а затем заверните всю бутылку в алюминиевую фольгу так быстро, как только сможете, чтобы сохранить экстракт хлоропласта + ДСРІР в темноте.
8. Расположите настольную лампу с фиолетовой лампочкой на 8 см выше белой плитки (пока не включайте ее). Поместите окрашенную контрольную трубку с шага 6 на плитку. Теперь опустите три капиллярные трубки в экстракт хлоропласта и ДСРІР, высушите их, как и ранее, и поместите под фиолетовую лампу рядом с окрашенной контрольной трубкой. Сделайте это как можно быстрее. Это ваши экспериментальные трубки (РИС. 6).
9. Включите лампу и запустите секундомер.
10. Запишите время, необходимое для того, чтобы цвет каждой экспериментальной трубки соответствовал цвету контрольной трубки (t), в соответствующую таблицу (данные для примера приведены в РИС. 7). Поскольку цвет содержимого трубки очень трудно увидеть под разными цветными лампами, используйте пульт дистанционного управления для переключения цветной лампочки на «белый» в течение одной секунды каждые 20 секунд, чтобы проверить соответствие цветов.



**РИС. 6.** Сравнение цвета экспериментальных трубок (содержащих экстракт хлоропласта + ДСРІР) перед освещением по сравнению с цветом контрольной трубки (содержащей экстракт хлоропласта без ДСРІР)

**РИС. 7.** Пример по данным о влиянии длины волны света на скорость восстановления DCPIP (для измерения скорости фотосинтеза)

Цвет лампы	Длина волны света (нм)	Время, затраченное на совпадение цветов экспериментальной и контрольной трубки (s)			Средняя скорость восстановления $= \frac{1,000}{t} \left[ \frac{1}{s} \right]$	
		Трубка 1	Трубка 2	Трубка 3		
Фиолетовый	420	660	660	640	653	1,53
Синий	450	520	520	520	520	1,92
Зеленый	520	>900	>900	>900	>900	0,00
Желтый	570	680	740	760	727	1,38
Оранжевый	620	520	520	560	533	1,88
Красный	680	440	420	400	420	2,38
Белый		500	520	540	520	1,92

- Повторите шаги 9 и 10 для остальных пяти цветов лампы и для лампы, излучающей белый свет (РИС. 8).
- Вычислите среднее время восстановления и запишите среднюю скорость изменения цвета (1000/t). Если через 15 минут цвет не изменится, запишите «нет изменений» и запишите скорость изменения цвета как «0».

**РИС. 8.** Экспериментальная и окрашенная контрольная трубки освещались различными цветами света, регистрируя время совпадения цвета в качестве индикатора скорости обесцвечивания DCPIP и, следовательно, скорости фотосинтеза.

#### 3|4 Влияние длины волны на скорость роста травы

Поместите семь лотков из шага 2 в затемненную комнату, освещая каждый лоток настольной лампой, оснащенной глобальной лампой накаливания RGB 3W B22 LED. Для каждого лотка используйте прилагаемый пульт дистанционного управления, чтобы установить цвет на красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый или белый. Оставьте лотки полностью освещенными на шесть дней и периодически поливайте их водой по мере необходимости (РИС. 9).

Через шесть дней соберите траву с каждого лотка с помощью ножниц (срежьте траву до основания стебля) и используйте электронные весы, чтобы найти массу свежей травы, собранной с каждого лотка. Запишите данные в подходящую таблицу (см. пример данных на РИС. 10).

**РИС. 9.** Лотки с травой освещались различными цветными лампами в течение шести дней перед сбором травы для измерения свежей массы в качестве индикатора скорости роста.**РИС. 10.** Пример данных по влиянию длины волны света на свежую массу травы, собранной через шесть дней освещения (для измерения скорости роста травы).

Цвет лампы	Длина волны света (нм)	Масса свежей травы, собранной через 6 дней освещения (г)
Фиолетовый	420	4,15
Синий	450	6,02
Зеленый	520	3,66
Желтый	570	4,09
Оранжевый	620	5,54
Красный	680	6,23
Белый		5,43

#### 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ученики, которые участвовали в этом проекте, получили более подробное представление о реакциях фотосинтеза (цикл Кальвина), которые зависят и не зависят от света, и, в частности, о том, как продукты светозависимых реакций используются в цикле Кальвина и как это влияет на скорость роста растений. Ученики извлекли пользу из обсуждения важности контроля, как можно большего числа переменных величин во время прорастания и роста травы

(например, глубина компоста, режимы полива, расстояние цветных ламп от лотков с травой), а также во время исследования скорости фотосинтеза (например, расстояние цветных ламп от хлоропласт – содержащего экстракта). Эти обсуждения дали ученикам лучшее понимание важности обоснованного экспериментального дизайна в исследованиях.

После оценки результатов обоих экспериментов ученики пришли к выводу, что существует корреляция между скоростью фотосинтеза и скоростью роста травы для различных цветов света и что скорость фотосинтеза и роста была самой высокой в красном свете и самой низкой в зеленом свете. Эти результаты оказались вполне ожидаемыми, учитывая спектр поглощения хлорофилла (РИС. 3).

Результаты для синего света были не так высоки, как ожидалось, и это вызвало интересное обсуждение того, почему так произошло. Ученики предположили, что это может быть связано с различными пропорциями хлорофилла а и хлорофилла б в хлоропластах (поскольку хлорофилл а поглощает меньше синего света, чем хлорофилл б). Тем не менее, синий свет имеет больше энергии, чем красный свет, и поэтому теоретически должен возбуждать больше электронов, чем красный свет, что приводит к более высокой скорости фотосинтеза и более быстрой скорости роста травы. Дальнейшие исследования показали возможное объяснение: хлоропласты содержат другую группу фотосинтетических пигментов, называемых каротиноидами, которые включают оранжевые пигменты (каротины) и желтые пигменты (ксантофиллы). Эти пигменты демонстрируют максимальное поглощение синего света и, подобно хлорофиллу б, передают поглощенную ими энергию хлорофиллу а, чтобы вызвать возбуждение электронов в светозависимой реакции фотосинтеза. Однако передача энергии неэффективна. Хотя такое рассеивание энергии может показаться расточительным, оно может оказаться необходимым для защиты растения от потенциально разрушительного воздействия высокой энергии синего света.

Давая свои окончательные рекомендации, ученики предположили, что осветительные установки могут привести к более эффективному росту травы и восстановлению, если они используют красный свет, но футбольные площадки используют натриевые лампы высокого давления (HPS лампы). Изобретатель мобильных осветительных установок (Kolbjørn Saether – персональное общение) объяснил, что его компания участвовала в нескольких исследовательских программах совместно с норвежским научно-исследовательским институтом растениеводства, чтобы выяснить влияние искусственного освещения на рост травы. Они исследовали несколько параметров, таких как интенсивность света, количество света в день, температура и питание. Однако они не исследовали влияние длины волны света, и их очень интересуют результаты нашего исследования.

### Личный опыт

Во время экстракции хлоропластов смешивание высвобождает ферменты, которые повреждают хлоропласты и замедляют скорость фотосинтеза (активность этих ферментов снижается при использовании холодного экстракционного буфера и хранении экстракта хлоропластов на льду). В ходе исследования ученикам стало известно то, что экстракты хлоропластов со временем теряют активность. Чтобы преодолеть эту проблему и сделать обоснованные сравнения, ученики устанавливали скорость экспериментов по фотосинтезу как можно быстрее, ставя

эксперименты в шахматном порядке и используя различные лампочки в кратчайшие сроки, чтобы все использованные экстракты были как можно более свежими.

Невозможно было сравнить цвет экстрактов хлоропластов в экспериментальных трубках с цветом контрольной трубки при различном режиме освещения. Это было одним из преимуществ использования ламп накаливания, которыми можно было управлять с помощью пульта дистанционного управления, чтобы периодически переключать лампочку на “белый” цвет для проверки соответствия цветов. Еще одно преимущество этих ламп заключается в том, что они не нагреваются, так как любое повышение температуры повлияло бы как на скорость роста травы, так и на скорость обесцвечивания DCPIP. Это также позволило ученикам оставлять лампы включенными непрерывно и безопасно в течение шести дней.

Данные, представленные на РИС. 7 и РИС.10 для длины волны света различных цветов следует считать приблизительными, так как каждый цвет состоит из диапазона длин волн в непрерывном спектре.

## 5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Ученики из разных школ и колледжей могли бы сравнить свои результаты по обоим исследованиям, их усовершенствованиям экспериментального дизайна и их исследованиям влияния длины волны света на скорость фотосинтеза у других видов растений.

### ИСТОЧНИКИ

<sup>[1]</sup> [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear\\_visible\\_spectrum.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg) (08/03/2016)

<sup>[2]</sup> Chlorophyll\_ab\_spectra2.PNG: Aushulz derivative work: M0tty [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) or GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons (08/03/2016)

<sup>[3]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)

# ТЕЛО

В этом учебном пособии мы изучаем науку, исследуя различные аспекты футбола. Во-первых, в разделе БИОСФЕРА мы рассматриваем футбол в очень больших масштабах. Затем мы изучаем основные компоненты игры – мяч и игроков – в разделах ТЕЛО и МЯЧ. Наконец, мы рассмотрим, что происходит в самой игре в разделе БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ.

Сосредоточившись на людях в игре, раздел ТЕЛО предоставляет проекты, в которых ученики могут максимально идентифицировать себя, так как они могут взять на себя роли игроков или даже фактически участвовать в играх. В этих проектах собственный опыт учеников поможет им не только лучше понять науку, но и узнать о своей собственной биологии.

Когда мы двигаемся во время активного участия в футбольном матче, наши тела ускоряются и меняют форму в соответствии с законами физики. Они требуют воды, солей и питательных веществ в соответствии с нашей биохимией, и наши мышцы изнашиваются, но также адаптируются и развиваются физиологически. Таким образом, используя наше собственное тело, мы можем узнать о том, как физика, химия, биология и физиология определяют нашу жизнь и влияют на наши физические движения. Великие звезды футбола, такие как Пеле, Марадона, Кристиану Роналду, Месси и Ромарио, также подчиняются одним и тем же законам природы. Может ли наука рассказать нам что-нибудь о секретах, которые сделали их такими особенными?

Разумеется, да! Во-первых, профессиональные футболисты проводят большую часть своего времени на тренировках. В разделе «Давайте подвигаемся» ученики придут к пониманию того, почему это так, и сами испытают положительное влияние тренировок на свою физическую результативность. Это может быть опытом, который изменит вашу жизнь!

Поддержание водного баланса в организме и правильное питание очень важны для здорового образа жизни, а также для хороших результатов в спорте. Мы часто видим, как футболистов снабжают бутылками с водой, особенно когда сложный матч проходит в жаркую погоду. В разделе «Пей и Думай» у учеников будет возможность обсудить эту сторону футбола. Этот проект может принести им осознание шумихи и мифов, окружающих предполагаемые «энергетические напитки», а также может привести к дискуссиям среди учеников постарше на неоднозначные темы, такие как допинг и его влияние на здоровье спортсменов.

Так в чем же суть всей этой шумихи с неиспользованием рук в футболе? В разделе «Игра рукой» ученики придут к пониманию того, что это на самом деле очень важное правило, которое меняет физику футбола на



многих различных уровнях. Если бы нам разрешили использовать наши руки, футбол был бы совсем другой игрой! Каждый игрок, включая Диего Марадону (также известный как Рука Бога), знает это очень хорошо!

Последнее предостережение: как всегда, следите за тем, чтобы ваши ученики выполняли физические упражнения в безопасных условиях, и следуйте инструкциям для соответствующих подразделений. Независимо от того экспериментируют ли ученики с гидратационными жидкостями или с элементами спорта, вы несете ответственность за то, чтобы эти мероприятия были безопасными.


## ДОКТОР МИГЕЛЬ АНДРАДЕ


Институт Молекулярной Биологии  
Факультет Биологии, Университет Иоганна Гуттенберга, Майнц, Германия  
Координатор

ДЭВИД ФИТОНБИ • ШТЕФАН ЦУНЦЕР


# ДАВАЙТЕ ПОДВИГАЕМСЯ



 физическая работоспособность, физическая подготовка, усиление, измерение

 физическая культура, физика, биология, математика, компьютерные науки

 все возрастные группы

 футбол, набивной мяч (2 кг), секундомер, мерная лента, три регулируемых препятствия, пять шестов, мел, темная стена или гимнастический мат (2 м × 4 м)

## 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В этом учебном блоке мы представляем серию тестов на физическую работоспособность, которые применимы к различным аспектам футбола. Затем ученики должны будут разработать программу упражнений, повышающую их физическую работоспособность. Ученики могут отслеживать и обсуждать свои успехи в дневнике для записи данных по тренировкам.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

### 2|1 Цели

Физическая подготовка и физические упражнения являются не только необходимыми для футболистов; они также приносят большую пользу для здоровья в целом.

### 2|2 Общая информация

Есть несколько факторов, от которых зависит насколько будет возможна тренировка навыков для футбола. Эти факторы должны объединиться в игроке, чтобы обеспечить высокое качество результатов в игре. Существует несколько списков таких факторов (такие, как: «Тренировки для хорошей физической подготовки» (Davis et al., 2000); «Ключевые методы создания условий для спорта» (Tancred, 1995). Все они включают в себя определенный уровень упражнений на улучшение физической подготовки и силовые упражнения, определенные упражнения на равновесие и психологическую приверженность поставленной задаче. Эти списки стоят того, чтобы их рассмотреть. Игнорирование любого одного фактора может серьезно снизить общую результативность в спорте. Если мы возьмем приверженность к задаче как данность, мы можем разделить способность хорошо выполнять задачи на «навыки» и «физическую подготовку». Говоря простым языком, навык может быть улучшен с помощью тренировок, а физическая подготовка с помощью упражнений. Совершенствование этих двух факторов приведет к улучшению результативности в целом. Разработка каждого задания должна рассматриваться как возможность улучшения общей результативности в спорте. Эти обширные разделения можно классифицировать далее, так как существует целый ряд различных типов навыков:

- Когнитивные – интеллектуальные навыки, требующие мыслительных процессов
- Перцептивные – интерпретация представленной информации
- Моторные – управление движением и мышцами
- Перцептивно-моторные – включающие навыки мышления, интерпретации и движения

Навыки, связанные с футболом, которые являются частью этого эксперимента, в основном, относятся к моторным навыкам. Физическая подготовленность связана с различными мышцами тела и их силой, гибкостью и выносливостью. Различные задачи требуют эффективного функционирования различных мышц, независимо от того, задействуют ли они мышцы ног или силу мышц верхнего корпуса. В различных упражнениях, которые здесь предлагаются, мы можем сказать, что они

нацелены на один конкретный набор мышц, но также и на различные элементы физической подготовки.

- Тест 1 - Слалом: оценит координацию спортсмена, а также силу мышц ног.
- Тест 2 - Тест на вертикальный прыжок: прыжки вверх в сторону мяча оценят координацию спортсмена, а также силу мышц тела и ног.
- Тест 3 - Бросок набивного мяча через голову: оценит силу спортсмена, его координацию, баланс и силу мышц верхнего корпуса.
- Тест 4 - Бег с препятствиями по типу бумеранга: оценит координацию движения спортсмена, его баланс и силу мышц ног.
- Тест 5 - Тест Купера: оценит общую физическую подготовку спортсмена и уровень его выносливости.

### 2|3 Возможности междисциплинарного обучения

Этот проект дает возможность для междисциплинарного сотрудничества для таких предметов как биология (например, частота сердечных сокращений, частота дыхания, мышцы), физика (например, ускорение, скорость, измерения), физическая культура (общая информация о тренировках), математика и компьютерные науки (например, статистика, графики, корреляции).

### 2|4 Меры предосторожности

Несмотря на то, что данные тесты на физическую работоспособность не являются инвазивными, пожалуйста, убедитесь в том, что правила безопасности и здоровья для вашего института / школы полностью соблюдаются. Все тесты на физическую работоспособность и последующие тренировки должны быть в пределах возможностей учеников. Очень важно провести разминку перед тестом на физическую работоспособность и тренировками.

## 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

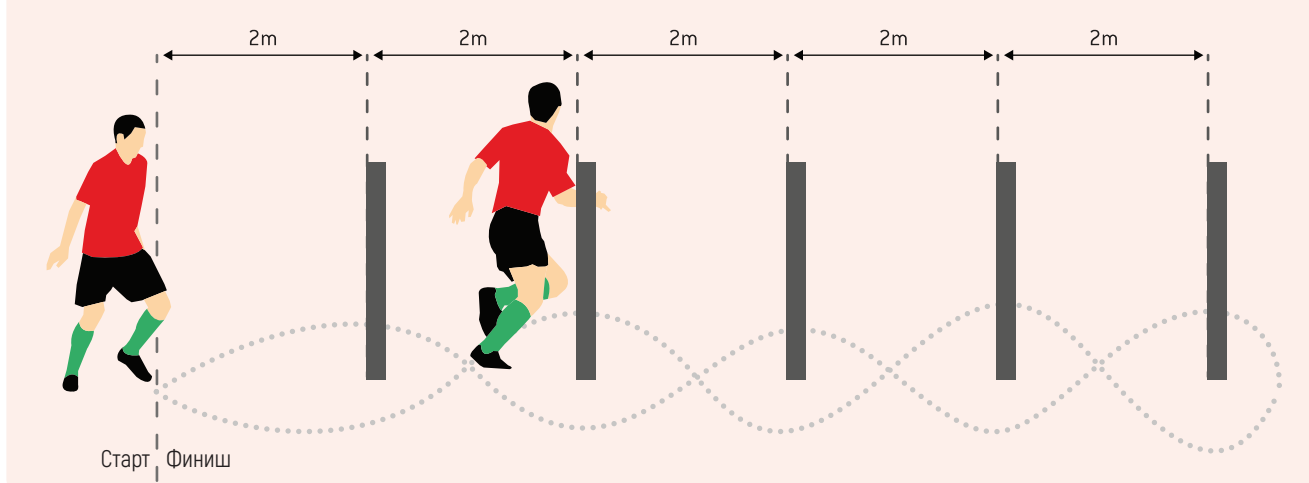
Ученики должны выполнять различные тесты на физическую работоспособность в разное время. Последующий тренировочный период должен заметить повысить результаты, которые оцениваются во время второго теста на физическую работоспособность в конце тренировочного периода. Соответствующие методы тренировок должны подбираться индивидуально. Каждый преподаватель может предоставить свои конструктивные предложения, касающиеся расписания занятий. Индивидуальные тренировки должны длиться не менее трех и не более шести недель. Учеников следует поощрять к разработке собственных режимов физических упражнений. Предложения для учителей даны в дополнительном материале [1]. Программа тренировок может включать как упражнения, направленные на определенные группы мышц, так и общие физические нагрузки (например, езда на велосипеде, бег и т. д.). Кроме того, тренировки должны быть задокументированы в дневнике.

Количество и частота последующих тестов на физическую работоспособность могут регулироваться индивидуально, но должны быть согласованы с соответствующим учителем. Тесты на физическую работоспособность должны быть выполнены, как показано ниже, хотя данный порядок не является обязательным.

### 3|1 Первый навык: ускорение и скорость – слалом

- Необходимое оборудование: пять шестов, мерная лента, секундомер и футбольный мяч
- Подготовка: Определите зоны старта и финиша. Установите пять меток по прямой линии с расстоянием 2 метра между ними. Для замера времени используйте секундомер или контроль светового барьера по возможности.

РИС. 1. Тест Слалом



- Тест А: Бегите по слаломной схеме между палками, повернитесь на последнем шесте и бегите обратно к финишу тем же путем (РИС. 1). Измерьте время как можно точнее и запишите его.
- Тест Б: Повторите Тест А одновременно ведя футбольный мяч. Сосредоточьтесь на том, чтобы держать мяч близко к себе и под контролем. Запишите необходимое для этого время.
- Выполните по три повтора и выделите лучший из них. Если шест упадет или слалом не будет завершен должным образом, попытка не засчитывается.

### 3|2 Второй навык: способность к вертикальному прыжку и сила – тест на вертикальный прыжок

- Необходимое оборудование: темная стена или гимнастический мат (2 м × 4 м) и при доступности, альтернативное оборудование для измерения, мел, мерная лента и стремянка
- Подготовка: Существует несколько распространенных методов измерения высоты вертикальных прыжков. Пожалуйста, проверьте имеющееся измерительное оборудование (например, силовая платформа, видеосистемы, «Vertec» и т.д.). Однако самым простым методом является измерение прыжка на фоне темной стены (например, с помощью темной бумаги, прикрепленной к стене) или толстого гимнастического мата (рекомендуемая высота около 4 м). Если вы используете гимнастический мат, прислоните его к стене и убедитесь, что он не упадет. Дополнительное оборудование включает в себя мел, мерную ленту и, при необходимости, стремянку.
- Тест: Начните стоя у гимнастического мата. Используйте мел, чтобы пометить свой палец руки, которая ближе к стене. Затем поднимитесь как можно выше и отметьте эту высоту на мате или стене. Пожалуйста, обратите внимание, что обе ступни должны быть на земле! Теперь снова пометьте палец, встаньте подалеже от стены и прыгайте как можно выше, используя для этого обе руки и ноги. Попытайтесь коснуться мата или стены в самой высокой точке прыжка. Измерьте расстояние между высотой достижения положения стоя и максимальной высотой прыжка, и это ваш результат. Выполните по три повтора и выделите лучший из них.

### 3|3 Третий навык: сила мышц тела и взрывная сила – бросок набивного мяча через голову

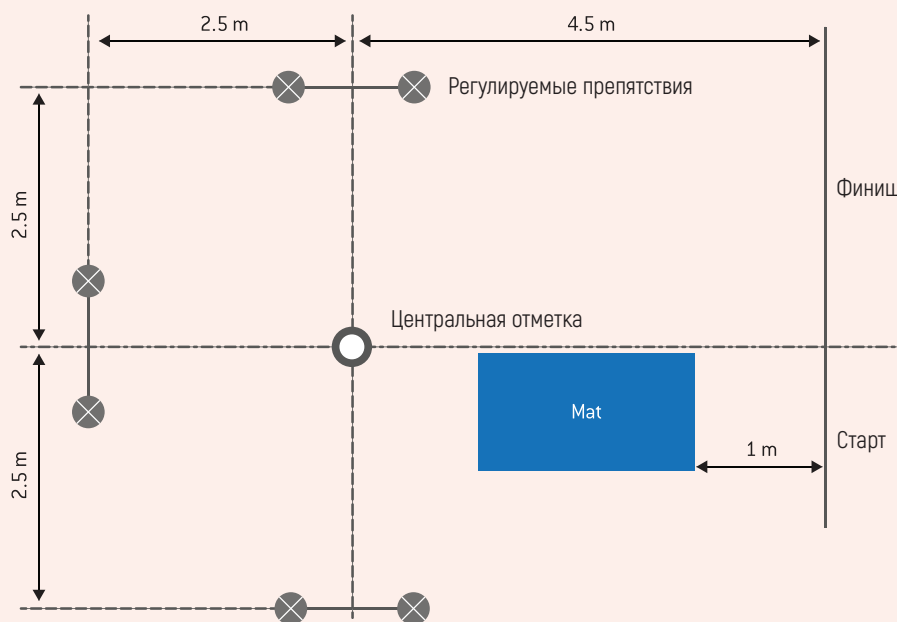
- Необходимое оборудование: набивной мяч (2 кг) и мерная лента
- Подготовка: Выберите подходящую комнату, которая позволяет совершать дальние броски. При проведении тестов на открытом воздухе, следует учитывать условия ветра, которые могут повлиять на результаты тестов. Определите стартовую линию и расставьте метки расстояния, чтобы упростить измерение дальности броска.
- Тест: Встаньте на стартовую линию и повернитесь лицом в ту сторону, в которую будет брошен мяч. Ваши ступни должны быть расположены рядом и слегка раздвинуты. Держите мяч обеими руками по бокам и немного позади центра. Опустите мяч за голову и слегка согните колени. Затем резко бросьте мяч вперед как можно дальше, выполняя при этом движение вверх и вперед. Вам разрешается перешагнуть через стартовую линию после того, как мяч будет выпущен из рук. Брать разбег для увеличения дальности броска запрещено. Выполните три попытки и засчитайте самую лучшую попытку.

### 3|4 Четвертый навык: ловкость координации движений и ускорение – бег с препятствиями по типу бумеранга

- Необходимое оборудование: центральный шест, гимнастический мат, регулируемые препятствия (штепсельные препятствия, препятствия для упражнений), мерная лента и секундомер или управление световым барьером.
- Подготовка: Установите зону для тестирования как показано на РИС. 2.
- Тест: Перед началом теста, отрегулируйте препятствия в соответствии с ростом – сравните с РИС. 3. Чтобы избежать частых корректировок препятствий, рекомендуется группировать учеников по росту. Попросите учеников бежать против часовой стрелки как можно быстрее. Если центральный шест или одно из препятствий упадет, попытка не считается. Встаньте в вертикальное положение на стартовой линии. Начните тест с прокручивания гимнастического мата вперед. Сделайте четверть оборота вокруг центрального шеста, перепрыгните через препятствие и сразу же вернитесь и проползите под ним. Бегите обратно к центральному шесту, сделайте еще четверть оборота и пройдите следующее препятствие. После этого бегите обратно к центральному шесту, сделайте четверть оборота и перепрыгните / проползите под третьим препятствием.



Рис. 2. Бег с препятствиями по типу бумеранга



Бегите обратно к центральному шесту, выполните последнюю четверть оборота и пересеките финишную черту.

Рис. 3. Высота препятствий, соответствующая росту

Рост (см)	Высота препятствий (см)
121 – 125	50
126 – 130	52
131 – 135	54 и т.д.

### 3|5 Пятый навык: общая физическая подготовка и уровень выносливости – тест Купера

- **Необходимое оборудование:** плоская беговая дорожка (например, 400 метровая шотландская дорожка или что-то подобное) и секундомер.
- **Подготовка:** Никакого специального порядка измерения не требуется.
- **Тест:** Ученики должны пробежать как можно дальше за 12 минут. Начните тест после того, как прозвучит стартовый сигнал. По прошествии 12 минут ассистент подает сигнал и записывает пройденное расстояние.

## 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этом учебном блоке мы представили ряд предложений по мотивационным упражнениям, относящимся к навыкам, используемым в футболе. Благодаря этим действиям, ученики с разными уровнями способностей могут заметить улучшение своих измеряемых показателей. Эти предло-

жения применимы как к мальчикам, так и к девочкам. Научные навыки также развиваются в процессе проведения измерений, разработки и написания тренировочных программ, а также интерпретации полученных результатов.

Ключевым фактором является мотивация учеников. Это может быть достигнуто по мере того, как преподаватели следят за прогрессом учеников в рамках программы, а также по мере того, как ученики сами ощущают развитие своих навыков. Наш опыт заключается в том, что если программа будет применена, то даже самый слабый ученик сможет увидеть прогресс, а ученики более способные будут вдохновлены своим собственным прогрессом, сравнив результаты.

## 5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Так как в этом проекте будет участвовать большое количество школ, Science on Stage предоставляет список школ и их контакты. Просим вас ознакомиться с домашней страницей iStage [1].

Данные можно было бы использовать для отображения, для повышения мотивации, в качестве реальных данных для статистического анализа и для поощрения улучшения и достижения результатов. Можно проводить сравнения, например, между постоянными игроками, по полу и возрасту и т. д.

## ИСТОЧНИКИ

- <sup>[1]</sup> Все дополнительные материалы можно найти на сайте [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials).

КРИСТЕН БИДЕРМАН \* ЭММАНУЭЛЬ ТИБОЛЬ

# ПЕЙ И ДУМАЙ



энергетические напитки, изотонические напитки, кофеин, сахар, усилие

химия, биология, физика, математика

раздел 3.1: 14–18 лет и раздел 3.2: 8–18 лет

Исследования компонентов энергетических напитков и опасности, которую они представляют для здоровья, подходят для всех возрастов от 8 до 18 лет.

## 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

На прилавках магазинов мы можем увидеть целый ряд энергетических или бодрящих напитков, содержащих в составе узнаваемые компоненты. Эти компоненты могут улучшить работоспособность человека, пьющего эти напитки, но они также представляют опасность для его здоровья. В этом разделе мы даем рекомендации о том, как обучать учеников информации об этих напитках, а также о методах выяснения их состава и влияния на мозговую и мышечную активность.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

Этот учебный блок посвящен напиткам, связанных с футболом и спортом в целом. Сегодня на рынке появляется все больше и больше напитков, созданных для улучшения физической и умственной работоспособности потребителей.

В этом проекте будут затронуты следующие вопросы:

- Из чего состоят эти напитки? Как мы можем изучить их состав?
- Какой эффект имеют эти напитки на мозговую и физическую активность? Как мы можем измерить эти эффекты?

Этот проект фокусируется на трех различных видах напитков:

- Энергетические напитки: повышают вашу частоту сердечных сокращений и давление
- Изотонические напитки: предоставляют необходимые сахара и минералы для усиления мышечной и мозговой активности
- Жизненно важные напитки: обычная вода

## 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

### 3|1 Энергетические напитки

Энергетические напитки – это напитки, предназначенные для получения потребителями заряда энергии, используя для этого смесь различных стимулирующих ингредиентов. Эти ингредиенты включают кофеин – алкалоид, который действует как стимулятор и психотропное средство. Они также могут включать таурин – аминокислоту, влияние которой на организм человека до сих пор неизвестно.

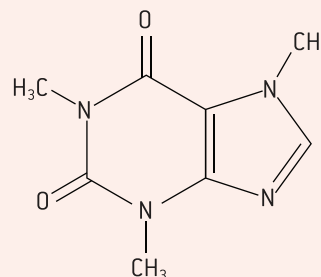
### Биология

Для начала, ученики любого возраста могут обсудить энергетические напитки и исследовать содержание в них кофеина, глядя на этикетки некоторых коммерческих продуктов (для этого ученики могут просто сфотографировать их в местных магазинах; им даже не нужно будет покупать эти напитки). Они могут провести исследование по содержанию кофеина, а затем сравнить свои результаты с содержанием кофеина в эспрессо и обсудить связанные с этим проблемы со здоровьем.

### Заключение

На сегодняшний день эффект кофеина на организм человека является известным и это тот самый ингредиент, который имеет наибольший эффект, будь то плохой или хороший, среди всех напитков такого рода.

РИС. 1. Кофеин



Баночка энергетического напитка (250 мл) содержит около 80 мг кофеина, что примерно равно чашке крепкого черного кофе. Это количество очень близко к дозе, при которой могут возникнуть побочные эффекты (от 100 до 160 мг), а также очень близко к верхнему пределу суточного допустимого потребления (для взрослых 200 мг/сут). Риск для спортсменов заключается не в положительном тестировании на кофеин во время антидопингового контроля, а в поглощении токсической дозы.

### Химия для учеников 14–18 лет

Анализ популярных коммерческих продуктов в лабораторных курсах химии является устоявшимся методом повышения вовлеченности учеников, их интереса и понимания. Многие анализы могут быть сделаны на разных уровнях и с использованием различных методов и материалов.

### 3|1|1 Экстракция и определение кофеина

Качественный анализ с использованием классической тонкослойной хроматографии может быть проведен для подтверждения того, что энергетические напитки содержат кофеин. Для начала ученики должны будут извлечь кофеин с помощью безвредного растворителя, такого как этилацетат после основной обработки, чтобы растворить кислоты и, в конечном итоге, танин.

### Метод экстракции:

- Возьмите 50 мл напитка и размешайте его стеклянной палочкой для того, чтобы дегазировать при необходимости.
- Добавьте 1 моль/л раствора соды (карбонат натрия) при встряхивании контейнера, чтобы получить pH, близкий к 9.
- Проведите экстракцию с использованием 15 мл растворителя и разделительной воронки.
- Соберите фазу, содержащую кофеин, в мензурку.
- Повторите экстракцию с использованием 15 мл растворителя.
- Соберите органические фазы и высушите их с помощью безводного сульфата магния.



РИС. 2. Проверка базификации с помощью лакмусовой pH – бумаги



Рис. 3. Экстракция кофеина растворителем



Рис. 4. Сушка органической фазы с помощью химического осушителя



Рис. 5. Хроматография органической фазы

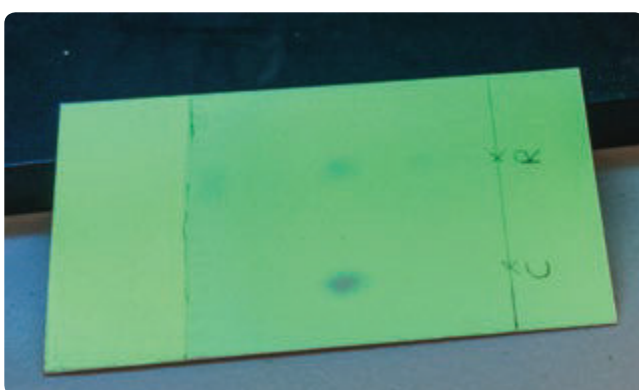


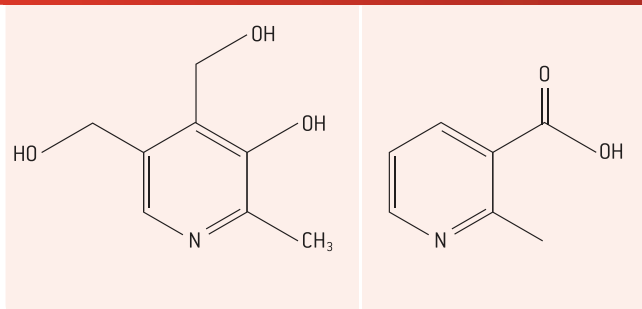
Рис. 6. Визуализация химических видов в ультрафиолетовом свете

Результаты хроматографии должны быть записаны в конце этого этапа перед испарением растворителя.

- Элюент (подвижная фаза) для кофеина: смесь муравьиной кислоты и бутилацетата (30 мл/50 мл)
- Стационарная фаза: тонкий слой кремнезема
- Визуализация: УФ
- Кофеин как контрольный образец, растворенный в этаноле или элюенте.

Используя хроматографию, ученики могут определить кофеин и другое соединение, которое образует отдельное пятно (что указывает на то, что этим вторым соединением нельзя пренебрегать в органической фазе после экстракции). Прочитав состав напитков, ученики могут сделать вывод, что это второе соединение может быть витамином, который имеет много двойных связей, в особенности витамином В3 или В6.

Рис. 7. В6 (пиридоксин) и В3 (ниацин или ниацинамид)



Двигаясь далее:

- Ученики могут подготовить еще одну хроматографию с использованием витаминов В6 и В3 в качестве контрольных образцов.
- Можно выпарить растворитель, чтобы получить порошок, состоящий из кофеина.



Рис. 8. Испарение растворителя с использованием ротационного испарителя (слева). Порошок на боковой поверхности колбы после испарения растворителя.

### 3|1|1 Доза кофеина

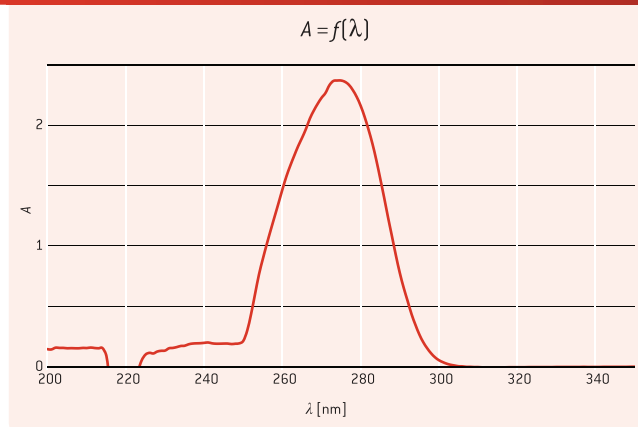
Во-первых, анализ может быть проведен с использованием закона Бира-Ламберта.

- Ученики могут определить спектр водного раствора кофеина и энергетических напитков, чтобы найти максимальный уровень поглощения. Они могут приготовить раствор, содержащий приблизительноную

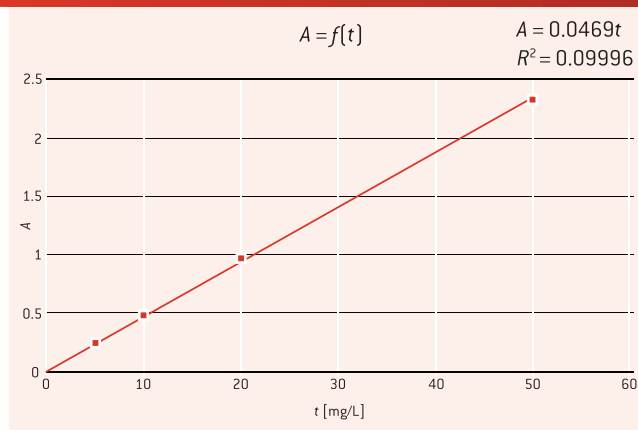
концентрацию кофеина, заявленную производителем. Из-за насыщенности поглощения ученикам придется разбавлять раствор. Им следует работать с длиной волны в 271 нм, так как на этой длине волны имеется пик поглощения.

- Затем они могут построить калибровочную кривую с различными водными растворами кофеина и протестировать ее на выбранном энергетическом напитке, разбавленном в 20 раз.
- Используя этот метод, они могут сделать вывод, что энергетический напиток содержит на 17% больше кофеина (373 мг/л), чем заявлено производителем (320 мг/л). Разумеется, производитель не мог подделать цифры, потому что на производстве есть внутренняя и внешняя процедуры контроля качества. Однако второе соединение, которое было обнаружено хроматографией (витамин В6 и / или В3), которое также поглощается в УФ – области, оказывает влияние на их калибровочную кривую.

**Рис. 9.** Спектр абсорбции кофеина



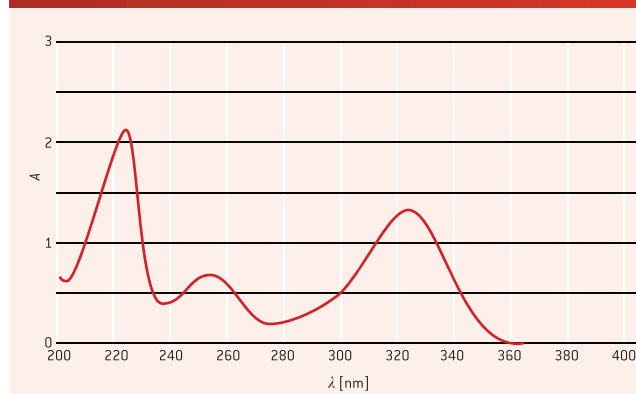
**Рис. 10.** Калибровочная кривая поглощения, связанная с концентрацией кофеина



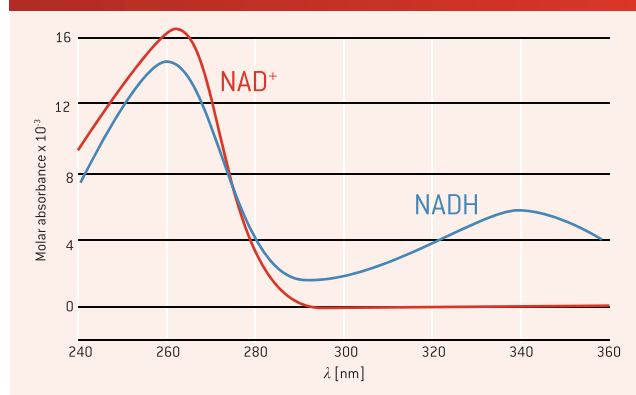
Для того, чтобы получить улучшенную калибровочную кривую:

- Ученики могут создать спектр поглощения витамина В6 и/или В3, чтобы определить, насколько сильно они поглощают на той длине волны, которая была выбрана ранее. В зависимости от результата они могут решить выбрать другую длину волны. Теперь, когда у них есть спектры В6 и В3, они могут выбрать длину волны, при которой поглощение низкое (например, между 240 и 250 нм).

**Рис. 11.** Спектр абсорбции витамина В6



**Рис. 12.** Спектр абсорбции витамина В3 [1]



Кроме того, было бы очень интересно мотивировать учеников на поиск другого метода анализа, такого как ВЭЖХ (высокоэффективная жидкостная хроматография) в лаборатории; это позволило бы им получить лучший результат.

### 3|2 Как измерить влияние изотонических напитков и воды на активность мозга

Наши тела нуждаются в воде, сахаре и минералах для того, чтобы хорошо работать. Вы можете увидеть очень впечатляющую демонстрацию этого в видео, в котором Габриэла Андерсен-Шисс во время Олимпийского марафона 1984 года не выпила воды на последней станции с напитками. Вы можете найти несколько видеороликов об этом в Интернете.

Мы будем разрабатывать методы, проектировать исследование и обеспечивать объективность, валидность и надежность при измерении влияния изотонических напитков и воды на эффективность работы мозга.

#### Биология:

Ученики всех возрастов должны начать с объединения своих знаний. Ученики в возрасте 13 лет и старше могут продолжить исследования различных видов мозговой деятельности (сенсоры, актеры, модальные и интермодальные виды деятельности и т. д.) и влияние воды и изотонических напитков. Затем они могут представить свои результаты на плакатах, прежде, чем начать думать о том, как измерить эффект, упомянутый выше.

**РИС. 13.** Пример таблицы для теста замены цифр символами

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<	∩	Δ	X	+	⊥	∧	○	=
2	1	5	4	7	6	9	3	8
∩	<							
6	3	1	2	6	7	3	9	2

Они могут выбрать следующие методы:

[А] Тест числовых символов (является частью многих тестов на IQ) – рекомендуется для учеников возраста 13+

Данный тест, также известный как тест замены цифр символами (DSST), позволяет оценить обладает ли испытуемый нормальной интермодальной активностью.

На листке бумаги есть список чисел, например, от 1 до 9. Каждое число связано с символом (например, - / & / O). Под этим списком находится таблица со списком чисел, повторяющихся в случайном порядке. Испытуемый должен как можно быстрее поместить соответствующий символ под каждым числом.

Ученику из испытуемой группы может быть дано, например, 90 секунд, чтобы закончить лист бумаги. В перерыве, например, через 45 секунд, он или она делает паузу. Вы можете проверить позже, стал ли ученик быстрее связывать числа с символами. Это тот вид мозговой деятельности, который называется обучением.

Через пять минут ученика можно попросить записать правильные символы, связанные с цифрами, и посмотреть, насколько много он помнит. Это еще один вид мозговой деятельности, известный как долговременная память.

**[Б] Тест с линейкой – рекомендовано для всех возрастов**

Администратор теста намеренно позволяет линейке упасть между большим и указательным пальцами испытуемого, и испытуемый пытается поймать ее как можно быстрее. Ученики могут обсудить, какая исходная позиция для линейки будет наиболее подходящей. Они могут довольно легко выяснить, как далеко должна упасть линейка, прежде чем испытуемый сможет ее поймать.

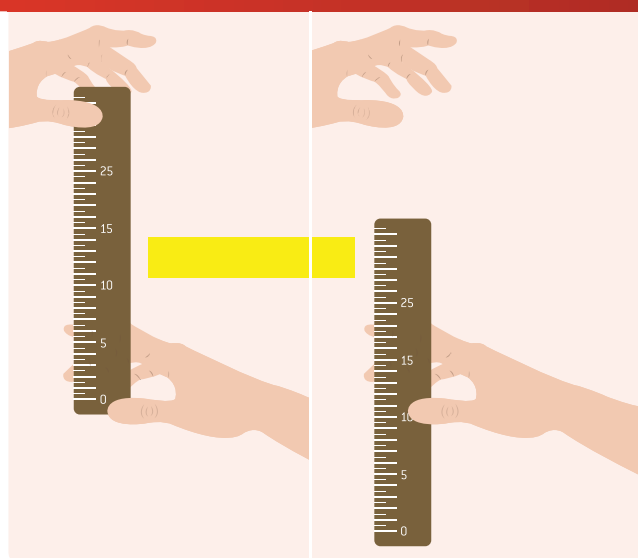
Кроме того, они должны найти лучший дизайн для своего исследования, в том числе время, необходимое ученику, который не употреблял никаких напитков. Разумеется, это экспериментальный контрольный проект, который означает, что вы одновременно сравниваете две случайные группы (контрольную группу и экспериментальную группу). Эта установка позволяет сравнить мозговую активность двух групп без каких-либо дополнительных влияний или факторов, искажающих результаты, кроме фактора употребления напитка. В дальнейших тестах ученики могут измерить и сравнить эффекты различных видов напитков.

**Математика:**

[для теста А] Ученики (возраста 13+) будут собирать и анализировать данные и представлять классу то, что они узнали.

[для теста Б] Ученики должны будут произвести некоторые (мысленные) вычисления, чтобы выяснить, на сколько сантиметров упала линейка, если они не установят исходное положение большого пальца испытуемого на 0 см. Самые юные ученики могут просто сравнивать отдельные результаты, в то время как старшие могут делать вычисления, учитывая неопределенность измерений, а затем находить усредненное значение нескольких мер.

**РИС. 14.** Тест с линейкой



**Физика:**

[для теста Б] Ученики в возрасте 13+ могут рассчитать время, в течение которого линейка падала, используя высоту  $h$ , которую они измерили.

$$E_{kin(1)} + E_{pot(1)} = E_{kin(2)} + E_{pot(2)}$$

$$E_{kin(1)} + 0 = 0 + E_{pot(2)}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \quad | : m$$

$$\frac{1}{2} \cdot v^2 = g \cdot h$$

где  $v = g \cdot t$  так как  $v = a \cdot t$  ■  $a = g$

$$\frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot t^2 = g \cdot h \quad | \frac{2}{g^2}$$

$$t^2 = 2 \cdot \frac{h}{g} \quad | \sqrt{\quad}$$

$$t = \sqrt{2 \cdot \frac{h}{g}}$$

$a$ : ускорение  $[\frac{m}{s^2}]$

$h$ : высота [m]

$g$ : гравитационное ускорение,  $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

$t$ : время [s]

$v$ : скорость  $[\frac{m}{s}]$

Вы можете сравнить напитки, которые доступны в разных странах, и отношение к их потреблению. Вы также можете обсудить дизайн исследований, собрать больше идей и выполнить упражнения в двух или более сотрудничающих школах, чтобы получить больше данных для анализа эффектов.

Наконец, вы можете поделиться результатами, к которым вы пришли в сотрудничестве с другими школами. Дополнительную информацию вы найдете на нашем сайте. [2]

**ИСТОЧНИКИ**

[1] Source: Cronholm144 (own work) [public domain], via Wikimedia Commons [https://en.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide\\_adenine\\_dinucleotide#/media/File:NADNADH.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_adenine_dinucleotide#/media/File:NADNADH.svg) (08/03/2016)

[2] [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)

**4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Этот проект легко адаптируется и может быть использован для обучения учеников в возрасте от 8 до 18 лет тому, как измерять мозговую активность и как оптимизировать метод, чтобы свести к минимуму необходимость оценки с помощью вычислений, подсчетов и т. д. Ученики познакомятся с дизайном экспериментального контроля и смогут привнести в него те аспекты STEM, которые они изучили в биологии, математике или физике.

**5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА**

Мы советуем вам подумать об этом проекте как о межшкольном и международном проекте. Если у вас нет необходимого технического оборудования для химической части в вашей школе, вы можете связаться с другими школами поблизости, чтобы вы могли проводить эксперименты совместно с ними. Ваши ученики должны будут сообщать о своих исследованиях и протоколах другим ученикам; это имеет для них гораздо больше смысла, чем просто записывать свои результаты в тетради. Этот вид сотрудничества и обмена создает дополнительную мотивацию и вклад и добавляет двуязычный вариант к обучению / изучению STEM – предметов.


АНДРЕАС МАЙЕР \* КОРИНА ТОМА


# ИГРА


# РУКОЙ





 биомеханика, движение, ускорение, энергия, мощность, время реакции, площадь поверхности

 физика, биология, математика, спорт

 10–18 лет

Этот учебный блок может быть использован для обучения учеников всех возрастных групп, в особенности, учеников средней и старшей школы. Определенные разделы этого блока также могут быть использованы и в обучении учеников начальной школы. Каждый отдел можно адаптировать под различный уровень учеников.

## 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Этот блок охватывает некоторые аспекты, связанные с использованием футбольными игроками своих кистей и рук во время футбольного матча. Он поделен на три секции:

1. Типичные движения футбольного игрока
2. Увеличение площади поверхности тела
3. Время реакции игрока

Более того, этот учебный блок нацелен на поощрение учеников к нахождению новых методов наблюдения.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

Футбол является крайне атлетическим и очень динамичным видом спорта. Его интенсивность значительно увеличилась за последние десятилетия. На сегодняшний день, выносливость, скорость и быстрая реакция – это типичные футбольные навыки, которые каждый игрок должен совмещать во время обычного матча или даже во время тренировок. Игрок должен использовать свои руки и кисти для лучших результатов, более быстрого бега и высоких прыжков. Учитывая этот факт, существует вероятность того, что игрок будет касаться мяча руками (гандбол) во время матча, независимо от того, является ли это касание намеренным или нет.

В качестве краткого введения, мы хотели бы рассказать вам о некоторых фактах об использовании руки во время игры в футбол. Прежде всего, давайте кратко рассмотрим закон FIFA 12 [1], который гласит о том, что «игра рукой включает в себя умышленное действие игрока, касающегося мяча своей кистью или рукой». Таким образом, как правило, игрокам не разрешается играть рукой. Исключения из этого правила обычно называют «естественным положением рук».

В конечном счете судьи должны решить, является ли касание мяча рукой «неестественным», и, следовательно, является ли касание умышленным. Если вы следите за футбольными матчами на стадионе или по телевизору, то вы знаете, что такие решения во время игры могут привести к оживленным дискуссиям. Некоторые решения по гандболу изменили ход игры. Самым известным случаем игры рукой, безусловно, является гол «Руки Бога» Диего Марадоны за сборную Аргентины против сборной Англии в четверть финале чемпионата мира по футболу 1986 года в Мексике, где Аргентина в конечном итоге стала чемпионом мира 1986 года [2]. В отборочном матче между Ирландией и Францией в 2009 году Тьерри Анри забил гол для сборной Франции благодаря гандболу. Это привело к тому, что FIFA выплатили 5 миллионов евро Футбольной Ассоциации Ирландии (FAI) [3], [4].

Эти два примера наглядно показывают, что руки и кисти могут играть важную роль в футбольном матче. Вы можете использовать эти примеры, чтобы побудить своих учеников внимательнее взглянуть на роль рук в футболе.

### 2|1 Движение

Как уже упоминалось выше, динамика играет важную роль во время футбольного матча. На первом этапе мы хотели бы сосредоточиться на эргономических аспектах движений игрока. Мы хотели бы остановиться на двух типичных видах движения, которые должны быть скоординированы игроком во время футбольного матча: бег и прыжки.

Все наблюдения могут быть записаны очень легко с помощью измерительных инструментов, таких как мерная лента и секундомер. Если ученики также используют цифровые фотоаппараты или смартфоны и видеонализ, то полученные результаты могут быть использованы для проведения дальнейших исследований движения, ускорения, силы, энергии и мощности.

Чтобы двигаться быстрее и прыгать выше, вы должны использовать свои руки. Это происходит потому, что маятниковое движение рук уменьшает движение бедер и амплитуду движения плеч и тем самым компенсирует вращательное ускорение тела, возникающее в результате движения ног. И наоборот, когда человек бежит, держа руки близко к телу или позади него, это приводит к снижению линейной скорости. [5] Это можно показать, сравнив время, которое требуется, чтобы пробежать одно и то же расстояние с различными движениями рук (см. РИС. 1 [6]).

**РИС. 1.** Бег различными путями (расстояние  $s = 20$  м)

	Время с обычным движением (с)	Время с прямыми руками (с)	Время с руками позади туловища (с)
Мальчик	3,12	4,03	4,03
Девочка	4,07	5,03	4,18

Биомеханическая концепция «стартовой мощности» объясняет, почему вы можете прыгать выше, если наберете дополнительный толчок, размахивая руками. Измеряя и сравнивая высоту прыжков различных видов (руки близко к телу, руки за спиной, размахивая руками), ученики могут исследовать влияние размахивания руками на прыжок (см. РИС. 2).

После измерения различных высот ученики могут рассчитать разницу между достигнутыми высотами. Количество произведенной энергии можно рассчитать следующим образом:

$$\Delta E_{\text{пот}} = m \cdot g \cdot \Delta h$$

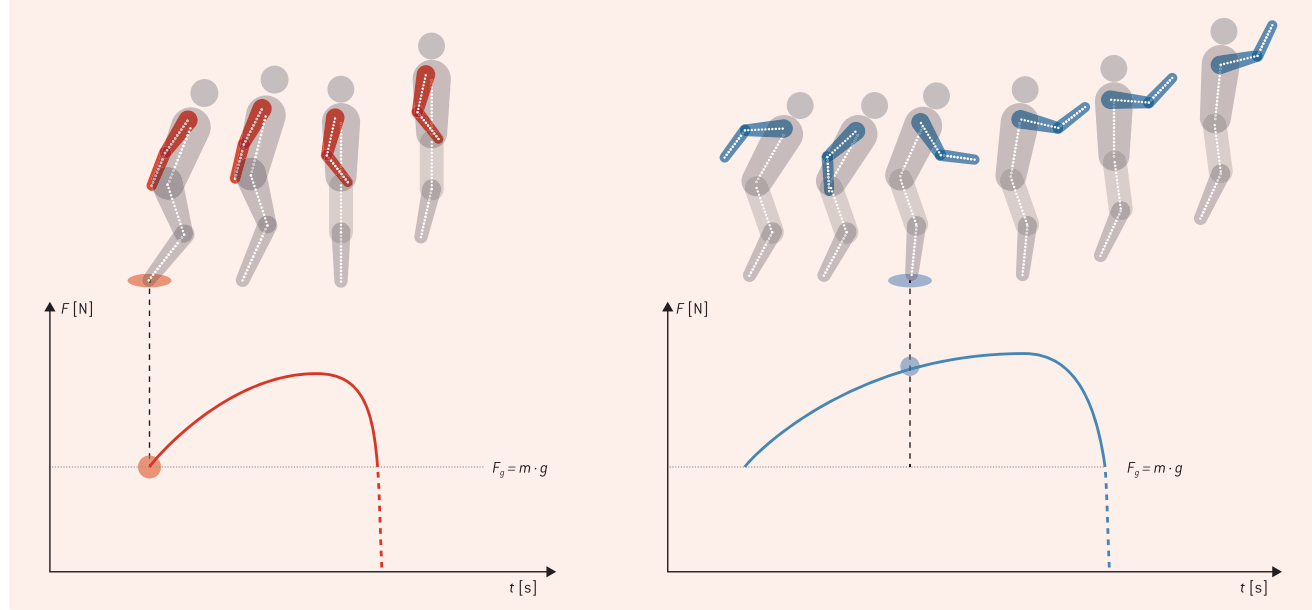
$\Delta E_{\text{пот}}$ : количество произведенной потенциальной энергии [J]

$m$ : масса прыгающего ученика [кг]

$g$ : гравитационное ускорение;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>

$\Delta h$ : разница между высотой прыжков [m]

РИС. 2. Сила в зависимости от различных видов прыжка



Измеряя ускорение (например, с помощью сенсоров смартфонов), ученики могут сравнить максимальные значения силы и выяснить взаимосвязь между движением и диаграммой ускорения. Анализируя видео, они могут рассчитать среднюю мощность различных способов прыжков следующим образом:

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{(m \cdot g \cdot h)}{\Delta t}$$

$\bar{P}$ : средняя мощность [W]

$W$ : работа по увеличению потенциальной энергии [J]

$m$ : масса прыгающего ученика [kg]

$g$ : гравитационное ускорение;  $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

$h$ : высота прыжка [m]

$\Delta t$ : время для растяжки ног [s] (от самой нижней точки движения до тех пор, пока ноги не оторвутся от поверхности)

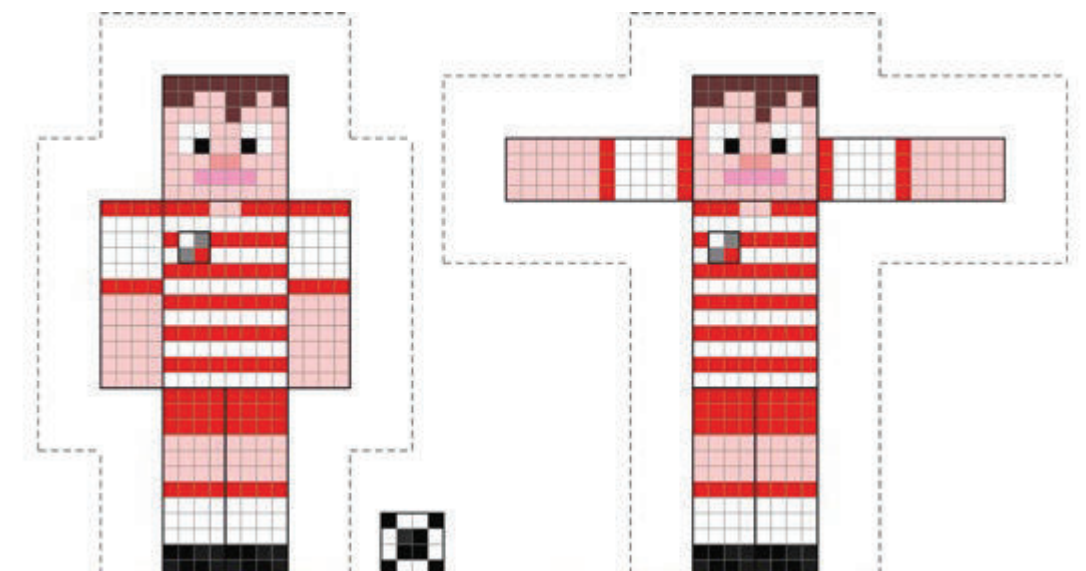
### 2|2 Площадь поверхности тела игрока

Вытягивание рук увеличивает площадь поверхности тела игрока, которая может быть задета мячом. Таким образом, это увеличивает способность игрока предотвратить передачу или дать преимущество своей собственной команде. Процент увеличения площади поверхности можно оценить с помощью математических методов.

На первом этапе, форму человеческого тела можно легко смоделировать, создав фигурки в Minecraft (которые хорошо известны большинству ваших учеников) [7]. Ученики могут создать индивидуальный дизайн для своих игроков (см. РИС. 3).

Поскольку моделируемое тело состоит только из прямоугольников, легко вычислить площадь поверхности, на которую может попасть мяч. Можно сопоставить значения различных площадей поверхности и выразить разницу в процентах.

РИС. 3. Силуэты игроков – увеличение площади поверхности тела приблизительно на 17%



При более требовательном подходе можно проанализировать реальные фотографии учеников. Ученики могут использовать GeoGebra [8], чтобы попробовать рассчитать площадь поверхности своего тела, которая может коснуться меча (см. РИС. 4). Этот метод также может быть использован для мотивации ваших студентов к использованию интегрального исчисления для разработки методов численного интегрирования.

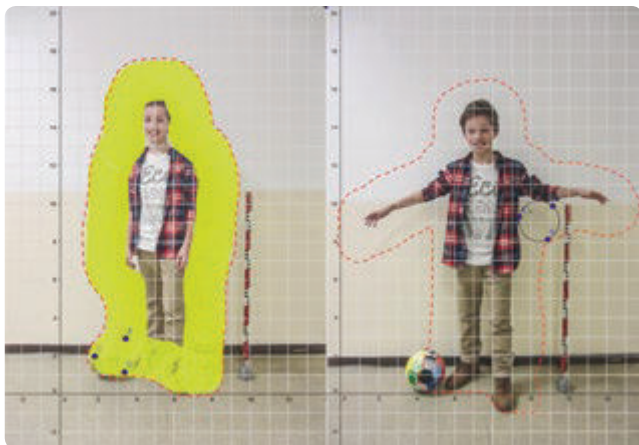


РИС. 4. Расчёт площади поверхности тела с использованием GeoGebra

### 2|3 Время реакции

Для того, чтобы избежать игры рукой, игрок должен реагировать на действия других игроков с мячом и на траекторию движения мяча, при этом удерживая свои руки в естественном положении. Эта реакция будет зависеть от многих параметров, таких как расстояние игрока от мяча, скорость мяча и время реакции самого игрока. Время реакции игрока можно рассчитать с помощью очень простого эксперимента. Ученики должны будут только измерить расстояние, пройденное падающей линейкой.

Используя таблицу для оценки их экспериментальных данных (см. РИС. 9), этот эксперимент может быть проведен даже учениками помладше из начальной школы. Эксперимент также может быть выполнен с помощью расчета, используя правила, регулирующие свободнопадающие объекты (линейное ускорение), см. также учебный блок «Пей и Думай», стр. 30.

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot h}{g}\right)}$$

$t$ : время реакции [s]

$h$ : пройденное расстояние [m]

$g$ : гравитационное ускорение;  $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

### 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

Все эксперименты можно проводить без какого-либо специального технического оборудования. Для использования видеонализа или смартфонов, пожалуйста, обратитесь к учебному пособию iStage 2 [9].

Основные формулы, например для вычисления площади прямоугольника или выражения результата в процентах, не будут объяснены в данном разделе.

#### 3|1 ДВИЖЕНИЕ

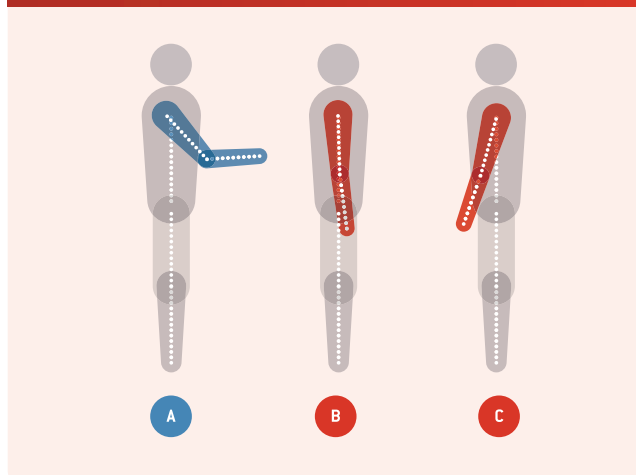
##### 3|1|1 Как бежать быстро

Вам необходимо: мерная лента, секундомеры, инструменты для отметок

Для более детального анализа вам необходимо: цифровая камера или смартфон, программное обеспечение для видеонализа (например, Tracker [10])

- Обозначьте беговую дорожку (длина: 15 м–20 м) с четко видимыми стартовой и финишной линиями. Расположите точку старта на небольшом расстоянии (приблизительно 5 м) перед стартовой линией.
- Запишите время, необходимое для пробега расстояния, когда бегуны принимают следующие положения рук и кистей: а) обычное движение (нормальное), б) руки, удерживаемые прямо по направлению книзу, в) руки за спиной (см. РИС. 5). Бегуны должны взять старт с хода.

РИС. 5. Различные положения рук и кистей



- Повторите ваши измерения различных типов бега по три раза (для одного ученика). Чтобы получить больше данных, попросите двух или трех учеников работать одновременно.
- Проанализируйте и сравните измеренное время (после вычисления среднего времени для каждого типа бега). Двигаетесь ли вы быстрее, когда держите свои руки в обычном положении (как показано на РИС. 1)?

#### Дополнительные упражнения:

- Снимите видео различных видов бега. Вы можете использовать временной код вашего видео для измерения времени выполнения забега.
- Используйте фиксированную камеру для съемки видео, чтобы использовать программное обеспечение для анализа видео. Программное обеспечение автоматически вычисляет скорость и ускорение ученика в вашем видео.

- Подсчитайте потери энергии при беге без использования рук (движения Б и В) Вычислите среднюю скорость и кинетическую энергию для всех трех видов движения следующим образом:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot \bar{v}^2.$$

$E_{kin}$ : кинетическая энергия [J]

$m$ : масса ученика [kg]

$\bar{v}$ : средняя скорость [ $\frac{m}{s}$ ]

- Проанализируйте дальнейшие виды движения для трех положений рук, характерных для футбола, например, изменяя направление и начало движения.

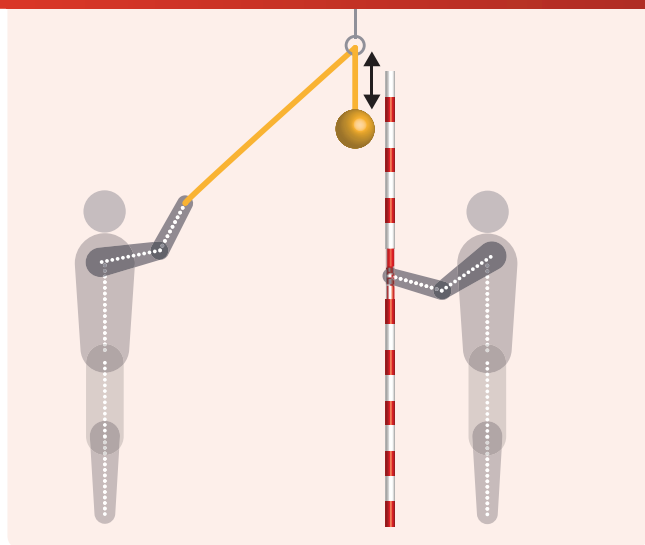
### 3|1|2 Как высоко прыгать

Вам необходимо: бечевка (или канат), мягкий мяч (или любой другой предмет, который вы можете ударить головой), мерная рейка

Для более детального анализа, вам необходимо: цифровая камера или смартфон, программное обеспечение для видеонализа (например, Tracker [10])

- Постройте простой маятник для удара головой (при помощи бечевки и мягкого мяча) (см. РИС. 6). Убедитесь в том, что вы можете легко изменять высоту маятника.

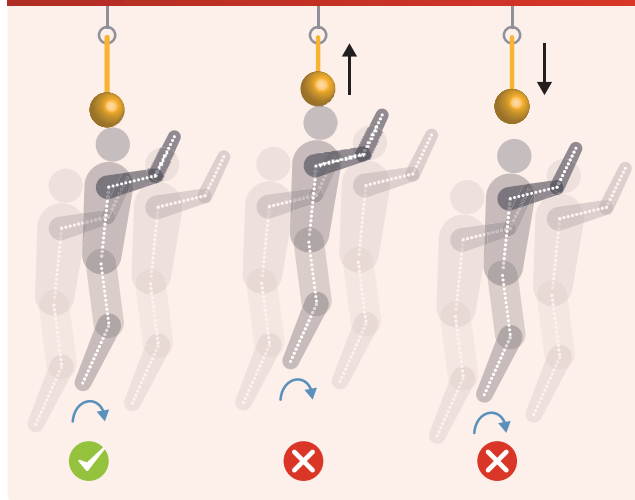
РИС. 6. Установка маятника для удара головой



- Измерьте высоту прыжков, когда руки находятся в следующих положениях: а) руки держатся прямо вниз, б) руки за спиной, в) руки раскачиваются (как обычно). Отрегулируйте высоту мяча так, чтобы ученик не мог коснуться его головой, стоя под ним.

1. Встаньте прямо под мячом.
2. Сделайте прыжок и постарайтесь коснуться мяча головой.
3. Если вы почти коснулись мяча головой, измерьте расстояние между нижней поверхностью мяча и землей. Если вы коснулись мяча, повесьте маятник повыше и повторите прыжок. Если же вы не можете достать до маятника, расположите его пониже и повторите прыжок (см. РИС. 7).

РИС. 7. Регулирование высоты маятника для удара головой



Перед прыжком примите позу приседания. Обязательно начинайте каждый прыжок с одной и той же позы.

- Проанализируйте и сравните измеренную высоту ваших прыжков. Можете ли вы прыгать выше, если вы раскачиваете и поднимаете руки? [6]

### Дополнительные упражнения:

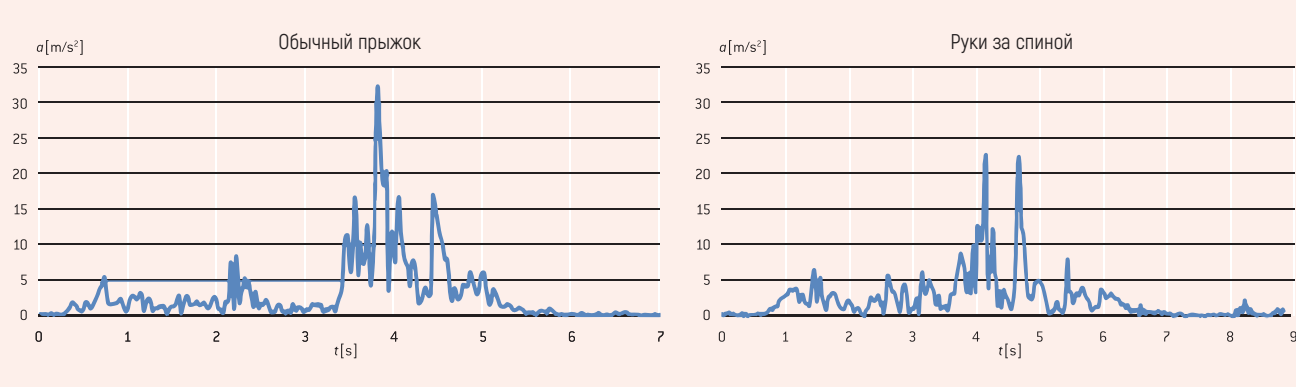
- Измерьте свой рост (стоя на цыпочках). Рассчитайте энергию, которую производит ваше тело во время прыжка, используя формулу в разделе 2.1 Движение.
- Используйте фиксированную камеру для съемки видео, чтобы использовать программное обеспечение для анализа видео. Таким образом вам не понадобится маятник. Не забудьте добавить масштаб к вашему видео, чтобы вы могли определить на нем высоту. Вы также можете приблизительно определить временной промежуток вашего прыжка (самая низкая точка бедер – пальцев ног, отрывающихся от земли). Таким образом вы можете рассчитать мощность, которую производит ваше тело во время прыжка, используя формулу в разделе 2.1 Движение.
- Используйте сенсор ускорения на вашем смартфоне. Прикрепите его ближе к вашему плечу [6] для того, чтобы зафиксировать дополнительное ускорение как результат движения рук во время прыжка (см. РИС. 8). Вы также можете удобно разместить свой смартфон в кармане брюк, чтобы зафиксировать общее ускорение вашей центральной массы. Какие результаты вы ожидаете увидеть?
- Проанализируйте спектр ускорения во время вашего прыжка. Попробуйте определить различные позиции во время вашего прыжка.

### 3|2 Площадь поверхности тела игрока

Вам необходимо: клетчатая бумага, карандаш, линейка

Для более детального анализа вам необходимо: цифровая камера или смартфон, GeoGebra [8]

- Нарисуйте силуэты игроков при помощи фигурок Minecraft. (Вы также можете использовать редактор фигурок, например, nova skin [7].) Нарисуйте силуэт второго игрока с горизонтальным положением рук. Добавьте мяч к каждому рисунку и отметьте площадь поверхности, которая может быть задета мячом у обоих игроков (см. РИС. 3).

**РИС. 8.** Ускорение во время прыжка, зафиксированное при помощи приложения для смартфона Accelerometer Analyzer [11]

- Рассчитайте размер площади поверхности. Какой игрок имеет большую площадь поверхности, которая может быть задета мячом? Сравните две площади поверхности и выразите разницу в процентах.

#### Дополнительные упражнения:

- Сфотографируйте себя с руками, прижатыми к телу, а также с естественным положением рук. Попробуйте подражать некоторым типичным движениям футболистов. Не забудьте добавить масштаб и футбольный мяч к вашей фотографии.
- Импортируйте эти фотографии в GeoGebra и попробуйте высчитать размер площади поверхности, которая может быть задета мячом. Добавьте круг (мяч) и выберите в меню «Показать чертеж». После чертежа тела, добавьте границы, используя Ручку (см. РИС. 4). Попробуйте различные методы оценки площади поверхности. Как можно оптимизировать ваш(и) метод(ы)?

### 3.3 Время реакции

Вам необходимо: линейка (30 см)

Для более детального анализа, вам необходимы: цифровая камера или смартфон

- Разделите учеников на пары. Один из учеников в каждой паре держит линейку, другой держит свои пальцы близко к отметке 0 см.
- Первый ученик роняет линейку, второй ученик пытается поймать ее как можно быстрее. Посчитайте расстояние, на которое упала линейка.
- Теперь вы можете узнать свое время реакции, сравнив это расстояние с РИС. 9.

**РИС. 9.** Время реакции

$h$ [cm]	$t$ [s]	$h$ [cm]	$t$ [s]	$h$ [cm]	$t$ [s]
1	0.045	11	0.150	21	0.207
2	0.064	12	0.156	22	0.212
3	0.078	13	0.163	23	0.217
4	0.090	14	0.169	24	0.221
5	0.101	15	0.175	25	0.226
6	0.111	16	0.181	26	0.230
7	0.119	17	0.186	27	0.235
8	0.128	18	0.192	28	0.239
9	0.135	19	0.197	29	0.243
10	0.143	20	0.202	30	0.247

#### Дополнительные упражнения:

- Посчитайте время вашей реакции, используя формулу из раздела 2.3 Время реакции.
- Подготовьте таблицу для учеников помладше, которая поможет им узнать время своей реакции с помощью этого эксперимента.
- Разработайте эксперимент по измерению времени реакции с использованием цифровых носителей информации.

### 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Этот блок показывает, что использование игроком своих рук и кистей (даже если он не держит мяч) играет ключевую роль в улучшении его или ее результативности в матче. В то же время, это увеличивает вероятность совершения игроком фола.

Насколько нам известно, это первое исследование различных аспектов игры рукой в футболе. В результате этого оно предлагает лишь несколько идей для решения этого аспекта.

Другие важные темы для размышления могут включать в себя следующее:

- Защита (например, свободный удар): игрокам не разрешается использовать свои руки для защиты тела (например, лица) от бросков. Ученики рассчитывают силу удара мяча, когда он попадает в тело игрока.

- Время реакции и движения рук: каков самый быстрый способ приблизить руки к телу? Ученики измеряют время и траекторию движения вытянутых рук по мере их приближения к телу.
- Игра рукой с точки зрения вратаря: Как лучше всего двигаться / вытягивать руки и кисти, чтобы предотвратить забивание гола?

## 5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Вы можете поделиться своими результатами и идеями:

- Загрузите ваши результаты/файлы на сайт/онлайн платформу. Загруженные данные могут быть использованы другими учениками. <sup>[6]</sup>
- Играйте в футбол с вашими друзьями и рассказывайте им об iStage 3.

## ИСТОЧНИКИ

- [1] FIFA: Laws of the Game 2015/2016 [www.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebEN\\_Neutral.pdf](http://www.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebEN_Neutral.pdf) (p. 121)
- [2] Argentina vs. England (1986 FIFA World Cup) [https://en.wikipedia.org/wiki/Argentina\\_v\\_England\\_%281986\\_FIFA\\_World\\_Cup%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Argentina_v_England_%281986_FIFA_World_Cup%29) (08/03/2016)
- [3] 2009 Republic of Ireland vs. France football matches [https://en.wikipedia.org/wiki/2009\\_Republic\\_of\\_Ireland\\_v\\_France\\_football\\_matches](https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Republic_of_Ireland_v_France_football_matches) (08/03/2016)
- [4] Eamon Dunphy: The FIFA payment to the FAI was like something from The Sopranos [www.independent.ie/sport/soccer/international-soccer/eamon-dunphy-the-fifa-payment-to-the-fai-was-like-something-from-the-sopranos-31279282.html](http://www.independent.ie/sport/soccer/international-soccer/eamon-dunphy-the-fifa-payment-to-the-fai-was-like-something-from-the-sopranos-31279282.html); published 04/06/2015
- [5] Christopher J. Arellano, Rodger Kram: "The metabolic cost of human running: Is swinging the arms worth it?" <http://jeb.biologists.org/content/217/14/2456.abstract>
- [6] At [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials) you find some videos for these activities and ways to share your results.
- [7] <http://minecraft.novaskin.me/>
- [8] [www.geogebra.org](http://www.geogebra.org)
- [9] iStage 2 – Smartphones in Science Teaching; [www.science-on-stage.de/iStage2\\_publication\\_EN](http://www.science-on-stage.de/iStage2_publication_EN)
- [10] [www.physlets.org/tracker](http://www.physlets.org/tracker)
- [11] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lul.accelerometer> (27/04/2016)

# МЯЧ

Давайте теперь обратим внимание на самую главную деталь футбола: мяч! Мяч – это то, о чем идет речь в игре. Если вы знаете, как манипулировать (или мы должны сказать «педипулировать»?) этим, казалось бы, простым устройством, ваши шансы на победу значительно возрастают. Наука может многое рассказать вам о сложном поведении этого простого сферического твердого тела. Действительно ли оно сферическое? Твердое ли это тело? Конечно, нам нужно будет сделать несколько упрощений, но после того, как мы это сделаем, мы сможем многое предсказать с помощью того, что мы узнали в школе.

Наши участники разработали три учебных блока, каждый из которых проливает свет на различные аспекты физики мяча.

Перед матчем нам необходимо накачать мяч воздухом. В учебном блоке «Под давлением» ученики узнают, что воздух имеет массу и что они могут измерить массу воздуха с помощью очень простых бытовых приборов. Кроме того, количество воздуха внутри мяча изменяет давление, которое, в свою очередь, изменяет его отскакивающие свойства. Давление внутри мяча изменяет коэффициент восстановления (возвращения в исходное положение), т. е. то, на какую высоту мяч отскакивает. Все это можно понять, рассматривая воздух как идеальный газ, состоящий примерно из двадцати процентов кислорода и восьмидесяти процентов азота. Законы о газах очень полезны!

В нашем следующем учебном подразделении мы находимся прямо в середине игры. Вратарь думает: «Не касайся земли!» – потому что он или она знает, что направление и скорость отскакивающего мяча могут резко измениться, когда мяч ударится о землю. Классическая механика может помочь нам понять, что происходит. Анализируя вращающийся мяч, который отскакивает от земли, ученики придут к пониманию того, как преобразование вращательной кинетической энергии в поступательную кинетическую энергию может привести к странному эффекту, при котором мяч становится значительно быстрее, просто ударившись о землю. Изменение направления движения мяча также можно понять с помощью классической механики.

Для того чтобы изменить свое направление, этой, казалось бы, простой сфере даже не нужно ударяться о землю. Взаимодействия мяча с окружающим воздухом достаточно для того, чтобы игрок мог совершить удар крученым мячом. Учебный блок «Физика крученого мяча» посвящен аэродинамике футбольного мяча. Как мы знаем из работ Даниэля Бернулли, более быстрое движение воздуха приводит к снижению давления. С помощью трения вращающийся шар изменяет скорость движения воздуха, с одной стороны, по отношению к другой. Возникающая в результате разность давлений может неожиданно изменить траекторию движения



шара; это явление известно, как эффект Магнуса. На самом деле, этот эффект может быть довольно трудно понять в деталях, и футбольные производители тратят много времени и усилий на разработку поверхности мяча, чтобы получить хороший воздушный поток, т. е. обеспечить монотонно увеличивающееся сопротивление воздуха с возрастающей скоростью. Однако наши участники разработали учебный блок, который делает эту довольно сложную тему доступной для учащихся средних школ с помощью экспериментов и симуляций.

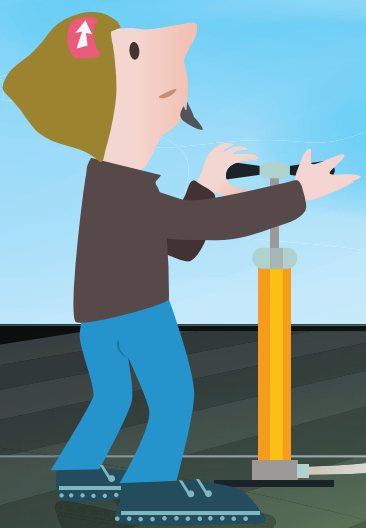
Эти три учебных блока являются выдающимися примерами, которые показывают, как физика на школьном уровне может объяснить поведение футбольного мяча, одного из самых важных объектов реальной жизни с точки зрения наших учеников. Это действительно отличная работа от одних из лучших учителей физики, которые есть у нас в Европе.

## ДОКТОР ИОРГ ГУТШАНК


Гимназия Лейпцига/Международная школа Дортмунда  
Глава Science on Stage Germany  
Основной координатор

КИРСТЕН БИДЕРМАН \* АНДЕРС ФЛОРЕН \* ФИЛИП ЖАНЖАК \* ДИОНИСИС КОНСТАНИНУ \* КОРИНА ТОМА


# ПОД ДАВЛЕНИЕМ





 мяч, масса, весы, насос, давление, идеальный газ, упругое столкновение, коэффициент восстановления при ударе

 физика, математика, ИКТ

 Этот учебный блок может быть использован для обучения учеников разного возраста в начальной, средней и старшей школах. Обе части могут быть адаптированы для разных уровней:

Уровень 1: Для начальной школы (9–12 лет)

Уровень 2: Для общеобразовательной школы (средняя школа: 12–15 лет)

Уровень 3: Для общеобразовательной школы (старшая школа: 15–18 лет)

## 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Вы когда-нибудь задумывались, насколько важно давление воздуха внутри футбольного мяча? Этот учебный блок представляет различные виды упражнений, фокусирующихся на роли этого давления. Первое упражнение начинается с измерения массы воздуха внутри шара и подчеркивает его прямую пропорциональность внутреннему давлению. Второе упражнение изучает зависимость максимальной высоты, достигнутой мячом после первого столкновения или отскока, от давления воздуха внутри мяча, и в то же время показывает важность состояния поверхности земли.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

Наша цель состоит в том, чтобы подчеркнуть, что с помощью простых экспериментов ученики могут измерить массу воздуха внутри шара, а затем проверить линейную зависимость между давлением и массой в соответствии с законом идеального газа. В конечном итоге, они изучат важность давления в процессе отскакивания мяча и применят закон сохранения механической энергии.

### 2|1 Часть 1: Масса воздуха относительно давления

См. детали этих упражнений в разделе 3. ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

#### Уровень 1:

Можно провести два различных и независимых вида упражнений. Первое из них фокусируется на массе воздуха и на том, как измерить ее внутри шара. Учитель может использовать подход к обучению путем открытия, задавая ученикам вопрос: «Как вы можете найти массу воздуха внутри шара?». Ученики будут предлагать и проводить эксперименты, такие как использование весов, надувание мяча и проверка массы мяча при его надувании. Во втором упражнении ученики сосредоточатся на объеме и методах нахождения объема шара (например, используя ведро с водой).

#### Уровень 2:

Измерьте массу воздуха внутри мяча при различных давлениях. Найдите связь между давлением и массой воздуха (Предположение: объем мяча не изменяется при увеличении давления). Ученики могут нарисовать график зависимости массы газа от давления. Ученики также могут измерить объем мяча. Этот эксперимент также может быть использован для обнаружения подъемной силы мяча (в воздухе).

#### Уровень 3:

Ученики могут провести те же эксперименты, что и на уровне 2. Они сравнят свой график зависимости массы и давления воздуха внутри мяча с законом идеального газа и рассчитают различные параметры газа на основе наклона графика.

### 2|2 Часть 2: Высота отскакивания мяча относительно давления

#### Уровень 1:

Сосредоточьтесь на разнице высот (качественным методом): сбросьте два шара с одной и той же высоты и обратите внимание на прямое воздействие различных давлений внутри шара. Выберите методы, а также данные, которые вы будете собирать, соберите данные и обсудите их после завершения эксперимента.

#### Уровень 2:

Сосредоточьтесь на разнице высот (качественным методом): измерьте максимальную высоту после первого отскока, затем повторите эксперимент десять раз, найдите способ определения высоты, например, сделайте скоростную съемку с помощью смартфона. Узнайте о случайных и других факторах, которые отвечают за различные результаты, и рассчитайте среднюю высоту.

#### Уровень 3:

Сосредоточьтесь на использовании математической модели свободного падения для анализа полученных данных. Начиная с уровня 2, проанализируйте данные, чтобы найти потерю энергии, используя формулу  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$  и сравнивая энергию в начале эксперимента ( $h = 1$  м или другое значение) и после первого контакта мяча с землей. Ученики также могут рассчитать время отскока и максимальную скорость первого контакта с землей, а затем могут попытаться измерить ее. Наконец, они могут сравнить потенциальную энергию и кинетическую энергию ( $E_{\text{pot}}$  и  $E_{\text{kin}}$ ) и рассчитать коэффициент восстановления мяча после удара (см. 3.2.1).

$E_{\text{pot}}$ : потенциальная энергия [J]

$m$ : масса мяча [г]

$g$ : гравитационное ускорение;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2 = 98,1 \text{ Н/кг}$

$h$ : высота, достигнутая мячом [м]

Часть 2 может быть выполнена на различных поверхностях, таких как трава, пол спортзала, асфальт, бетон, влажная трава, короткая и высокая трава и, наконец, песок. Ученики всех уровней должны высказывать свои гипотезы, обсуждать их и анализировать эксперименты на разных уровнях. Двигаясь дальше, было бы интересно разработать таблицу, которая демонстрирует давление, необходимое для того, чтобы получить одинаковую высоту отскока на разных поверхностях, например, на разных стадионах.

## 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

Этот блок делится на две части: измерение массы газа относительно давления внутри шара и измерение зависимости между высотой отскока и давлением внутри шара.

Существует два различных метода измерения давления.

Относительное давление – это разность между давлением внутри шара и атмосферным давлением (снаружи шара); для измерения относительного давления используется манометр. Мы используем это давление в Части 1.

Абсолютное давление – это общая величина давления. Мы используем это давление в части 2.

### 3|1 Измерьте массу газа относительно давления

Необходимое оборудование: насос, манометр (инструмент измерения давления), весы (с точностью до 0.1 г и диапазоном измерений от 0 до 1000 г), насадка для надувания мяча, стакан для установки мяча на весах, футбольный мяч.

Если в школе нет такого оборудования, то эксперимент можно провести с помощью недорогих приборов.

[Самый простой способ – это когда манометр прикреплен к насосу. Если такового не имеется, то легко найти недорогой манометр для автомобильных шин; насадка такая же, как и у мяча.]

#### 3|1|1 Методика

Здесь описаны все детали предлагаемой нами методики. Некоторые ее части могут быть опущены, если они не соответствуют уровню вашей группы учеников.



**Рис. 1.** Мяч внутри ведра

#### Измерьте объем мяча (с воздухом и без воздуха внутри)

Чтобы измерить объем мяча, вы можете использовать ведро, наполненное водой, и измерить различные уровни воды с мячом и без него. Будьте осторожны, так как обшивка футбольного мяча сделана из кожи, и она может впитывать воду, что увеличит массу мяча. Чтобы избежать этого явления, можно положить мяч в полиэтиленовый мешок. Давление воды



**Рис. 2.** Измерьте уровень воды в ведре для определения ее объема

вокруг шара приведет к тому, что мешок «прилипнет» к мячу. Объем будет одинаковым как с мешком, так и без него.

Если вы делаете измерение без полиэтиленового мешка вокруг мяча, сделайте это после измерения массы.

Объем может быть измерен с помощью различных уровней воды внутри ведра. Если ученики не могут рассчитать объем воды в ведре, они могут наполнить ведро, протолкнуть мяч внутрь и измерить объем воды, которая переливается через край.

В этом случае объем пустого мяча равен 1,65 л, а объем полного мяча – 5 л. Это означает, что внутри мяча находится  $5 \text{ л} - 1,65 \text{ л} = 3,35 \text{ л}$  воздуха.

#### ■ Измерьте массу с воздухом внутри

Поставьте стакан на весы, тарируйте весы (установите значение на 0, чтобы отнять массу стакана), положите мяч на весы, измерьте массу.

В этом эксперименте мы используем весы с точностью до 0,1 г (от 0 до 1000 г), футбольный мяч и насос с манометром.



**Рис. 3.** Мяч на весах



РИС. 4. Измерьте массу пустого мяча

■ Измерьте массу мяча без воздуха внутри (например,  $m_{\text{мяч}} = 408,0 \text{ г}$ )

■ Надуйте мяч, чтобы получить одинаковое давление внутри и снаружи мяча

Относительное давление, или разница между давлением внутри и снаружи мяча, составляет  $P = 0$  бар. Измерьте массу мяча  $m_{\text{мяч}} = 408,0 \text{ г}$  (та же масса, что и раньше!).

### 3|1|2 Анализ: Почему масса мяча остается одинаковой, как с воздухом, так и без него?

■ **Подсказка:** Воздух вокруг нас является текучей средой, и он создает силу, которая обладает теми же свойствами, что и сила, возникающая при помещении предмета в воду.

■ **Ответ:** Масса воздуха внутри мяча уравнивается подъемной силой воздуха вокруг мяча.

■ Измерьте массу одного и того же мяча с разным давлением. Манометр покажет относительное давление.

■ Соберите данные в электронную таблицу. Например, вы можете измерить массу для относительного давления  $P = 0,35$  бар;  $P = 0,5$  бар;  $P = 0,6$  бар;  $P = 0,75$  бар;  $P = 0,9$  бар;  $P = 1,05$  бар или выбрать другие давления.

■ Нарисуйте кривую  $m$  по отношению к  $P$ .

■ Найдите наилучшее соответствие кривой (это линейная функция).

■ Найдите связь между наклоном прямой и законом идеального газа:  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Чтобы помочь ученикам понять закон идеального газа, учитель может дать несколько подсказок.

■ **Первая подсказка:** Прямая имеет формулу

$$m_{\text{total}} = a \cdot P + m_{\text{ball}}$$

$$\text{или } m_{\text{total}} = m_{\text{gas}} + m_{\text{ball}}$$

Это означает, что:  $m_{\text{gas}} = a \cdot P$ .

■ **Вторая подсказка:**

$$n_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{M_{\text{gas}}}$$

$m$ : масса [g]

$P$ : относительное давление [Pa]

$a$ : коэффициент наклона кривой [ $\frac{\text{г}}{\text{бар}}$ ]

$V$ : объем [ $\text{м}^3$ ]

$n$ : количество вещества [mol]

$M$ : молярная масса [ $\frac{\text{г}}{\text{mol}}$ ]

$R$ : газовая постоянная,  $R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

$T$ : температура [K]

■ **Третья подсказка:** Газ (воздух) приблизительно состоит на 20% из кислорода и на 80% из азота.

$$M_{O_2} = 32 \frac{\text{г}}{\text{mol}} \text{ and } M_{N_2} = 28 \frac{\text{г}}{\text{mol}}$$

### 3|2 Часть 2: Измерьте высоту отскокивания мяча относительно давления

#### 3|2|1 Теория

Вы когда-нибудь задумывались, насколько важно внутреннее давление воздуха для мяча? Мы покажем, что коэффициент восстановления от удара,  $e$  (упругость) зависит от этого давления.

Каков коэффициент восстановления? Когда мяч падает, он приземляется с определенной скоростью относительно земли, которая называется его скоростью подхода. После упругого столкновения с землей, скорость отрыва будет иметь значение, отличное от скорости подхода, так как часть начальной кинетической энергии будет потеряна:

$$e = \frac{V_{\text{separation}}}{V_{\text{approach}}}$$

Этот коэффициент очень легко вычислить, если измерить начальную высоту  $h_1$ , с которой падает мяч, а затем измерить максимальную высоту  $h_2$ , которая может быть достигнута после того, как мяч отскочит от земли.

Мы используем закон сохранения энергии:

$$mgh_1 = \frac{mv_{\text{approach}}^2}{2} \quad mgh_2 = \frac{mv_{\text{separation}}^2}{2}$$

$$\text{Соответственно: } e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

$e$ : коэффициент восстановления

$v$ : скорость [ $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ]

$m$ : масса [g]

$g$ : гравитационное ускорение;  $g = 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 9.8 \frac{\text{N}}{\text{кг}}$

$h$ : высота [m]

3|2|2 Эксперимент

Мы сбрасываем мяч с высоты ( $h_1$ ), а затем отмечаем высоту отскока мяча ( $h_2$ ) после того, как он ударяется о землю. Мы можем измерить обе высоты по видеозаписям.

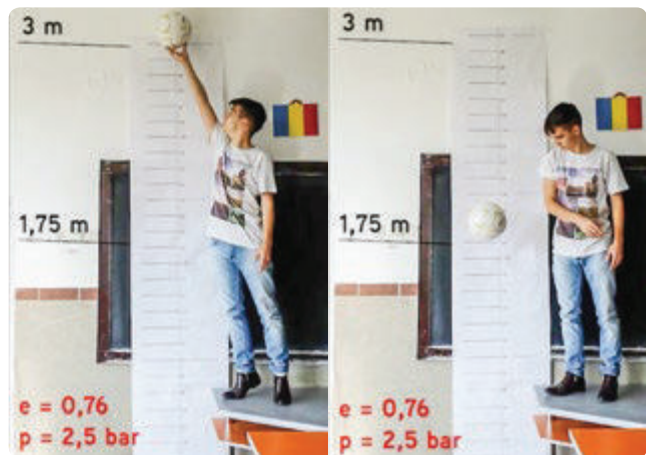


Рис. 5. Держите мяч на высоте  $h_1$  (слева); сбросьте мяч (справа)

Эксперимент можно провести с различными видами мячей и поверхностей [1].

4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

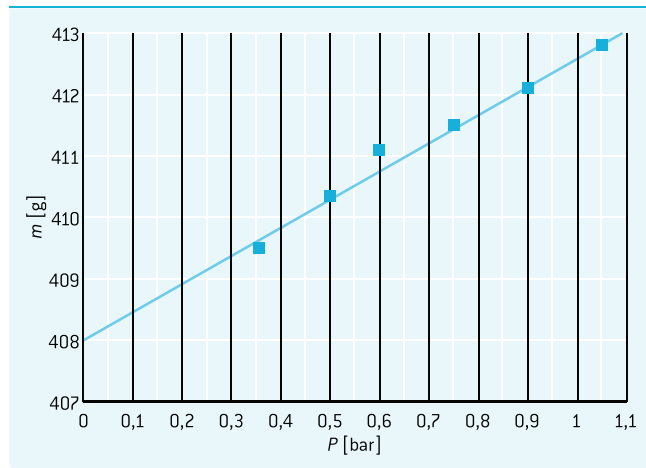
4|1 Часть 1: Измерьте массу газа относительно давления

4|1|1 Пример измерения массы мяча относительно его давления

Масса мяча равна  $m_{\text{мяч}} = 408,0$  г при  $P = 0$  бар  
 Объем воздуха в мяче равен  $V = 3,35$  л



P [bar]	m [g]
0.75	411.5
0.35	409.5
1.05	412.8
0.9	412.1
0.6	411.1
0.5	410.3



4|1|2 Пример расчета с использованием закона об идеальном газе

В данном примере формула кривой равна:  $m = 4.5711 \frac{\text{г}}{\text{бар}} \cdot P + 408.0$  г.

Мы видим, что значение 408 – это масса пустого мяча в граммах.

или  $m_{\text{total}} = a \cdot P + m_{\text{ball}}$ .

$m$ : суммарная масса [г]

$P$ : давление [бар]

$a$ : коэффициент наклона кривой [ $\frac{\text{г}}{\text{бар}}$ ]

В данном случае  $a = 4.5711 \frac{\text{г}}{\text{бар}}$ .

Значение  $a$  можно найти с помощью закона идеальных газов:

$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ .

$P$ : давление [Па], 1 bar =  $10^5$  Pa

$V$ : объем [ $\text{m}^3$ ]

$n$ : количество газа [mol]

$R$ : газовая постоянная,  $R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

$T$ : температура [K]

$M$ : молярная масса [ $\frac{\text{г}}{\text{mol}}$ ]

Это означает, что  $n_{\text{gas}} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$  and  $m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$

или  $m_{\text{gas}} = \frac{M_{\text{gas}} \cdot V}{R \cdot T} \cdot P$

и мы уже узнали из части 3.2.1 that  $m_{\text{gas}} = a \cdot P$ ,

соответственно  $a = \frac{M_{\text{gas}} \cdot V}{R \cdot T}$ .

Воздух приблизительно состоит на 20% из кислорода и на 80% из азота, соответственно:

$M_{\text{gas}} = \frac{20 \cdot M_{\text{O}_2} + 80 \cdot M_{\text{N}_2}}{100}$

$M_{\text{gas}} = \frac{20 \cdot 32 \frac{\text{г}}{\text{mol}} + 80 \cdot 28 \frac{\text{г}}{\text{mol}}}{100}$

$M_{\text{gas}} = 28.8 \frac{\text{г}}{\text{mol}}$ .

С этим мячом

$V = 3.35 \text{ L} = 3.35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$

$a = \frac{M_{\text{gas}} \cdot V}{R \cdot T}$

$a = \frac{28.8 \frac{\text{г}}{\text{mol}} \cdot 3.35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8.31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 293 \text{ K}} = 3.96 \cdot 10^{-5} \frac{\text{г}}{\text{Па}}$ .

Данное значение  $P$  указано для измерений в Па. Для получения значения  $P$  в бар, необходимо умножить его на 105 (так как 1 бар = 105 Па).

$a = 3.96 \frac{\text{г}}{\text{бар}}$

Лучшее соответствие кривой равно  $a = 4.57 \frac{\text{г}}{\text{бар}}$ .

Если сравнить два результата, относительное отклонение между ними составляет:

$$d = \frac{4.57 - 3.96}{4.57} = 0.13.$$

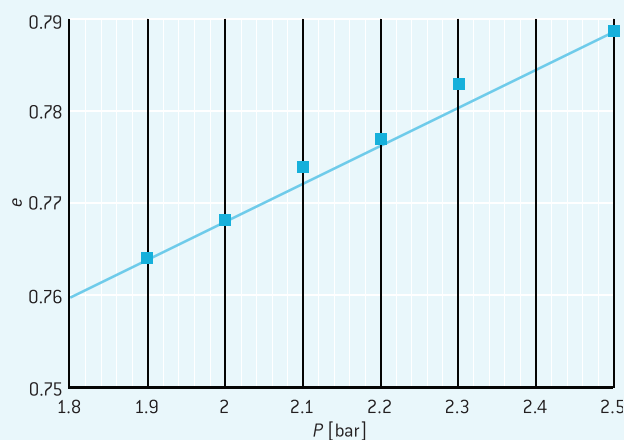
Мы можем обсудить ошибки, связанные с измерением: точность манометра равна 0.05 бар при измерении приблизительно 1 бара. Когда мы измеряем объем пустого мяча, внутри него все еще может быть воздух.

#### 4 | 2 Часть 2: Измерьте высоту отскока мяча относительно давления

В нашем эксперименте мы изменили внутреннее давление воздуха в двух разных мячах и получили следующие результаты.

**Рис. 7.** Коэффициент восстановления  $e$  относительно абсолютного давления  $P$  (мяч 1).

$P$ [bar]	$e$
1.9	0.764
2.0	0.768
2.1	0.774
2.2	0.777
2.3	0.783
2.5	0.789



Здесь  $P$  – это абсолютное давление, указанное в бар.

Для первого мяча соотношение линейно, так как изменение давления не столь велико.

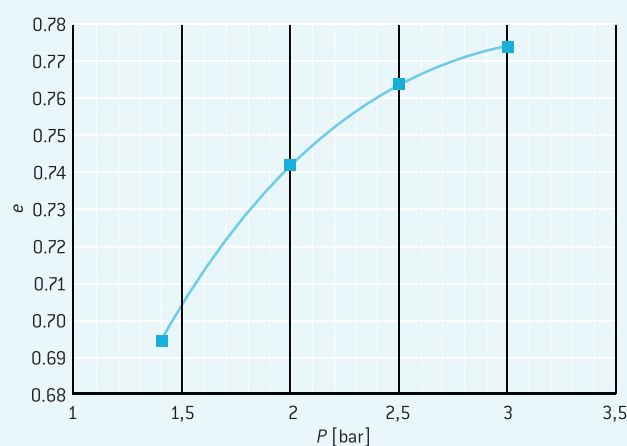
Для второго мяча мы получили кривую. Когда давление слишком велико, мяч теряет свою упругость и коэффициент восстановления, по-видимому, достигает предела.

В этих двух экспериментах мяч был сброшен на пол, и вы можете видеть, что коэффициент восстановления составляет около 0,77 для давления в 3 бар.

Затем мы изменили поверхность, но внутреннее давление воздуха также осталось на уровне 3 бар. На траве коэффициент восстановления был меньше:  $e = 0,57$ . На синтетической траве коэффициент стал 0,74 [1].

**Рис. 8.** Коэффициент восстановления  $e$  относительно абсолютного давления  $P$  (мяч 2).

$P$ [bar]	$e$
1.4	0.695
2.0	0.742
2.5	0.764
3.0	0.774



## 5 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Футбольные мячи – очень хороший инструмент для изучения законов газов, свойств давления и эффективности отскоков. Ученики могут изучать законы физики с помощью мяча, который является предметом спортивного инвентаря. Они могут увидеть связь между законами физики, в данном случае, законом идеальных газов, и повседневной жизнью.

Интересно также отметить, что упражнения данного блока могут быть использованы в обучении учеников разных возрастных уровней, начиная от 6 до 18 лет. Данные виды упражнений легко вписать в любой учебный план.

## 6 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Мы можем делиться нашими результатами для различных экспериментов с футбольными мячами.

Чтобы поделиться своими результатами, загрузите файл и следуйте инструкциям [1].

Мы уверены, что ученики наверняка смогут поделиться своими представлениями о различиях между их измерениями или экспериментальными приборами. Они могут придумать другие эксперименты с мячом: например, съемку деформации мяча при его столкновении с поверхностью и влияние давления на этот процесс.

## ИСТОЧНИКИ


[1] [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)




ДИОНИСИС КОНСТАНИНУ \* АНДРЕАС МАЙЕР \* ЗБИГНИЙ ТРЗМИЛЬ

# НЕ КАСАЙТЕСЬ ЗЕМЛИ



 движение, вращение, движение качения, поступательная кинетическая энергия, вращательная кинетическая энергия, трение

 физика, ИКТ

 Представляется два набора упражнений. Первый набор предназначен для учеников в возрасте 14–15 лет, и оба набора подходят для учеников в возрасте 16–18 лет.

## 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Ученики изучают отскок мяча с точки зрения движения, кинетической энергии и движущей силы. Они также обнаруживают, что кинетическая энергия реального тела состоит как из поступательной, так и из вращательной кинетической энергии.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

### 2|1 Абстракт

Вратари говорят, что их работа усложняется, если мяч отскакивает от земли перед ними. В этом учебном блоке мы покажем ученикам, как исследовать факторы, которые вызывают изменения энергии и движения мяча в момент его отскока. В этом контексте ученики столкнутся с законами физики, связанными с поступательным и вращательным движением твердого тела, особенно в отношении движения качения. В основе этого учебного блока лежат два эксперимента. Ученики записывают движение мяча и анализируют его с помощью инструмента видеоанализа. Эксперименты были выбраны таким образом, чтобы дать ученикам возможность изучить соответствующее явление. Таким образом, они придут к выводам и смогут объяснить отскок мяча, используя термины силы, движения, движущей силы и энергии.

### 2|2 Необходимые знания

Ученики должны быть знакомы с физикой движения, ролью силы в движении, а также потенциальной и кинетической энергией относительно точечных масс. Они также должны уметь работать с векторными величинами такими, как скорость и линейный импульс.

### 2|3 Теоретическая база

#### 2|3|1 Кинетика

Движение качения - это сочетание поступательного и вращательного движения. В этом типе движения:

Центр масс (см) перемещается с поступательным движением. Его скорость относительно Земли равна  $\vec{V}_{cm}$ .

Остальная часть тела вращается вокруг центра масс и демонстрирует два типа движения: поступательное движение с  $\vec{V}_{cm}$  и вращательное движение.

Давайте рассмотрим точку  $i$  тела. Во втором типе движения его абсолютная скорость относительно его см равна:  $v_{rel,cm}^i = r_i \omega$ .

Угловая скорость расположена на оси вращения. Скорость точки  $i$  относительно см тангенциальна к траектории точки  $i$ . Две скорости связаны правилом правой руки.

$r_i$ : расстояние точки  $i$  от оси вращения [m]

$\omega$ : угловая скорость тела [ $\frac{1}{s}$ ]

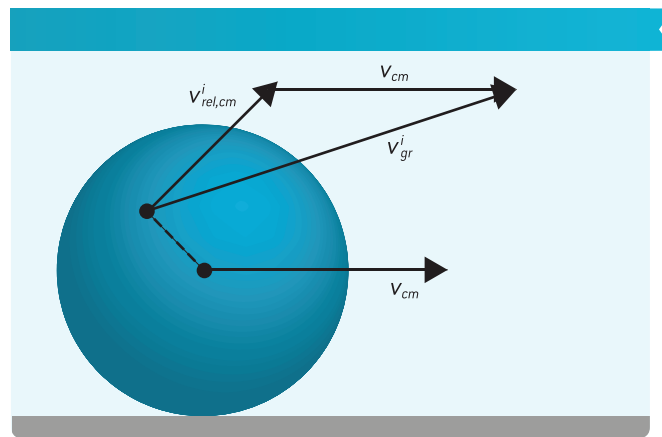
$v$ : скорость [ $\frac{m}{s}$ ]

По отношению к точкам окружности, их  $\vec{v}_{rel,cm}$  становится  $R\omega$ .

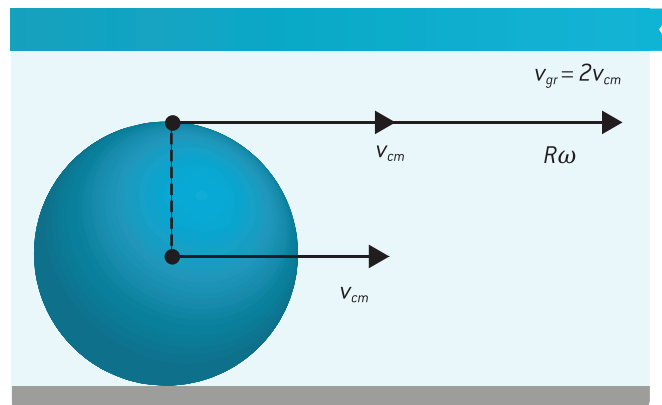
$R$ : радиус тела [m]

Таким образом, скорость точки  $i$  тела по отношению к земле равна сумме векторов двух скоростей (РИС. 1).

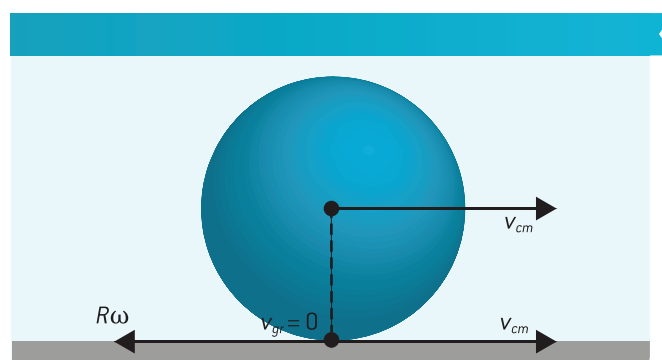
$$\vec{v}_{gr}^i = \vec{V}_{cm} + \vec{v}_{rel,cm}^i$$



$\vec{v}_{gr}^i$  самой верхней точки тела равен  $2\vec{V}_{cm}$ .



Скорость  $\vec{v}_{gr}$  точки соприкосновения с землей равна нулю, т. е. она на мгновение находится в покое (РИС. 3).



Наконец, условие  $v_{cm} = R\omega$  означает, что тело катится без проскальзывания.

### 2|3|2 Кинетическая энергия

Движущееся сферическое тело обладает поступательной и вращательной энергиями:  $E_{kin,tr}$  and  $E_{kin,rot}$  соответственно.

$$E_{kin,tr} = \frac{1}{2} mv^2 \text{ and } E_{kin,rot} = \frac{1}{2} I\omega^2$$

$m$ : масса [kg]

$I$ : момент инерции [kg · m<sup>2</sup>]

$v$ : абсолютная скорость [ $\frac{m}{s}$ ]

$\omega$ : угловая скорость сферического тела [ $\frac{1}{s}$ ]

Давайте рассмотрим такое тело, когда оно ударяется о землю, и сосредоточимся на коротком промежутке времени, непосредственно перед и сразу после удара, в котором мы можем исследовать силу, действующую между телом и землей.

Перед ударом:

$$E_{kin,tr(1)} = \frac{1}{2} mv_1^2 \text{ and } E_{kin,rot(1)} = \frac{1}{2} I\omega_1^2.$$

После удара эти две величины все еще существуют, но имеют другие значения:

$$E_{kin,tr(2)} = \frac{1}{2} mv_2^2 \text{ and } E_{kin,rot(2)} = \frac{1}{2} I\omega_2^2.$$

Индексы 1 и 2 соответствуют значениям до и после удара.

Сила, действующая между землей и телом, состоит из вертикальной и горизонтальной составляющих. Если предположить, что мяч не скользит по земле, то горизонтальной составляющей является статическое трение. Его работа на мяче равна нулю, в то время как его крутящий момент вызывает угловое ускорение. Это означает, что угловая скорость изменяется в величине, а иногда и в направлении. Тем не менее, никакая энергия не преобразуется в тепло, и мы получаем лишь обмен между поступательной и вращательной энергией. Вертикальная составляющая и вес мяча создают вертикальное ускорение относительно мяча. Учитывая, что мяч не скользит по земле, можно применить принцип сохранения механической энергии:

$$E_{kin,tr(2)} = \frac{1}{2} mv_2^2 \text{ and } E_{kin,rot(2)} = \frac{1}{2} I\omega_2^2.$$

$E_{pot}$  – это потенциальная энергия, в то время как индексы 1 и 2 относятся к состояниям непосредственно перед и сразу после отскока мяча.

Так как мы сосредотачиваемся на отскоке мяча от земли,

$$E_{pot(1)} = E_{pot(2)}$$

$$\text{and } E_{kin,tr(1)} + E_{kin,rot(1)} = E_{kin,tr(2)} + E_{kin,rot(2)}.$$

В результате действия нескольких факторов, включая поверхность земли и угловую скорость мяча непосредственно перед ударом, трудно оценить эффект трения. Поэтому очень непросто предсказать данные,

относящиеся к движению мяча сразу после отскока, особенно вектор его скорости.

### 2|4 Эксперименты и методики

- Для того, чтобы пробудить их интерес, учеников просят бросить мяч, одновременно придавая ему начальное вращение [1]. Надеемся, что ученики будут ассоциировать «удар» мяча с вращением, которое было ему придано.
- Первый эксперимент (первый комплекс упражнений)  
Ученики собирают пандус, состоящий из двух параллельных палок. Расстояние между этими двумя палками должно быть несколько меньше диаметра мяча.



РИС. 4. Подготовка к первому эксперименту

Ученикам предлагается выпустить маленький мяч из верхней части пандуса, записать его движение и проанализировать его с помощью инструмента видеоанализа, например, используя Tracker [2]. Расширенную презентацию этого программного обеспечения можно найти на iStage 1 – Учебные материалы для ИКТ в естественных науках [3]. Еще лучше было бы использовать «быструю» камеру (120 кадров в секунду и более).

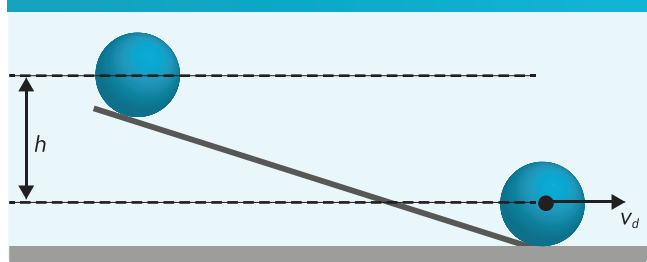
Твердый мяч ( $m, R$ )  $I = \frac{2}{5}mR^2$  катится, не соскальзывая с позиции (1) на землю, т. е. позицию (2), и продолжает вдоль земли (РИС. 5).

Примечание: момент инерции для мяча, используемого в футбольных матчах, приближен к  $\frac{2}{3}mR^2$ .

В экспериментах используется твердый мяч.

По мере того как мяч катится вниз по пандусу, его скорость  $v$  и угловая скорость  $\omega$  изменяются в соответствии с  $v = R\omega$ .

РИС. 5. Позиция (1). Позиция (2).





Принцип сохранения энергии заключается в следующем:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_d^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \dots = \frac{7}{10}mv_d^2.$$

$\vec{v}_d$  - это скорость мяча на основании пандуса. Поступательная кинетическая энергия равна  $\frac{5}{10}mv_d^2$ , и соответственно, вращательная кинетическая энергия равна  $\frac{2}{10}mv_d^2$ .

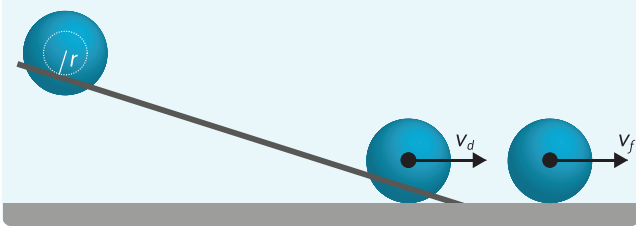
$$\text{Соответственно, } \frac{E_{kin,rot}}{E_{kin,tr}} = \frac{2}{5}.$$

В предлагаемом эксперименте движение шара по пандусу происходит согласно  $v = r\omega$ , где  $r$  - расстояние между осью вращения и точками, в которых мяч касается пандуса.

Эксперимент подготовлен (РИС. 6) таким образом, что  $r < R$ .

Следовательно, соотношение  $\frac{E_{kin,rot}}{E_{kin,tr}}$  больше, чем  $2/5$ . Как только мяч окажется на земле, соотношение станет равным  $2/5$ , соответственно, движение качения примет новую конфигурацию, при которой расстояние между осью вращения и точкой, в которой мяч касается земли, будет равно  $R$ .

РИС. 6.



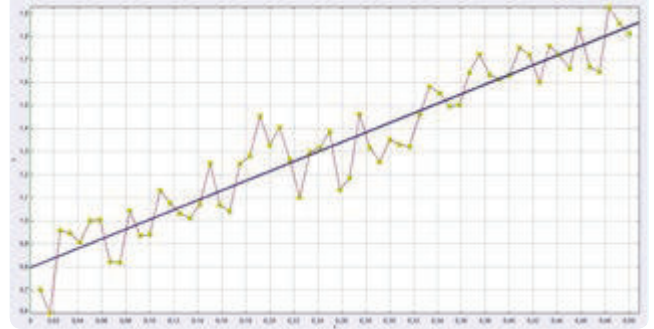
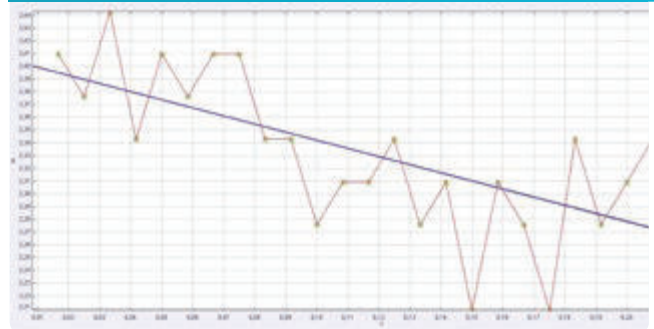
Именно это и происходит, и после очень быстрого перехода скорость мяча принимает свое конечное значение, причем скорость  $\vec{v}_f$  больше, чем скорость  $\vec{v}_d$ , с которой мяч встречается с землей.

Ученики могут видеть, даже невооруженным глазом, что мяч движется быстрее по земле. Затем они могут анализировать движение и определять  $\vec{v}_d$  и  $\vec{v}_f$ .

Для этого они должны учитывать кинетическую энергию вращения. В противном случае, нет никакого объяснения с точки зрения сохранения энергии. Любой, кто знает о том, что твердое тело может иметь поступательную и вращательную кинетическую энергию, поймет, что часть вращательной кинетической энергии была преобразована в поступательную кинетическую энергию в результате трения между землей и мячом.

## 2 | 5 Необходимые материалы

Две палки длиной в 1 метр и соответствующие подставки и соединители; один маленький мячик, предпочтительно твердый и сделанный из твердой резины. Обычная школьная лаборатория, несомненно, оснащена этими материалами.

РИС. 7. Первая часть движения,  $v_d = 1,85$  м/сРИС. 8. Вторая часть движения,  $v_f = 2,4$  м/с

## 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

### 3 | 1 Первый эксперимент: первый комплекс упражнений

1. Подготовьте эксперимент.
2. Запишите видео [1].
3. Продолжите с помощью инструмента для видеоанализа, например, используя Tracker [2].
4. Определите скорости непосредственно перед и после удара о горизонтальную плоскость (см. РИС. 6 и 7).
5. Измерьте радиус мяча и определите его угловую скорость, когда он начнет катиться вдоль земли (РИС. 9).
6. Измерьте массу мяча и определите его поступательную кинетическую энергию непосредственно перед ударом ( $E_{kin,tr(1)}$ ) и сразу после удара ( $E_{kin,tr(2)}$ ) о горизонтальную плоскость (РИС. 9).
7. Объясните изменение кинетической энергии.

РИС. 9.  $\omega = 156 \text{ s}^{-1}$ ,  $E_{kin,tr(1)} = 2.46 \cdot 10^{-2} \text{ J}$ ,  $E_{kin,tr(2)} = 4.14 \cdot 10^{-2} \text{ J}$



РИС. 10. Подготовка ко второму эксперименту.

### 3|2 Второй эксперимент

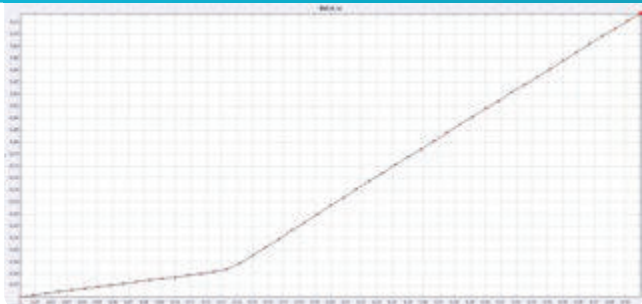
Ученики должны поставить эксперимент, подобный первому. Однако на этот раз конец пандуса должен быть расположен примерно на 0,6 метра выше горизонтальной плоскости.

Ученики должны позволить мячу катиться и падать на поверхность ниже. Они должны записывать движение и анализировать его с помощью инструмента видеоанализа, например, используя Tracker [2]. В этом случае интересный аспект движения начинается после того, как мяч покинул пандус, в момент, когда он начинает впечатляющее вращение. В этом эксперименте ученики будут глубже изучать области движения и энергии.

### Второй комплекс упражнений

1. Подготовьте эксперимент
2. Позвольте мячу скатиться вниз с верхней части пандуса и запишите движение с помощью камеры [1].
3. Постройте график зависимости  $x$  от  $t$  и определите горизонтальную составляющую скорости мяча  $v_x$  как при падении, так и при подъеме. Объясните изменение в  $v_x$ .

РИС. 11. Пример графика изменения скорости.



4. Измерьте массу мяча и вычислите, сколько  $E_{kin,rot}$  мяча преобразуется в  $E_{kin,tr}$ . Вы также должны определить скорость мяча непосредственно перед его отскоком и сразу после него.

$$v_{fall,fin} = 2.55 \frac{m}{s} \quad E_{kin,tr(1)} = 4.67 \cdot 10^{-2} J \quad (\text{РИС. 12}) \text{ и}$$

$$v_{rise,init} = 2.76 \frac{m}{s} \quad E_{kin,tr(2)} = 5.47 \cdot 10^{-2} J \quad (\text{РИС. 13})$$

$$\Delta E_{kin,tr} = 0.8 \cdot 10^{-2} J = -\Delta E_{kin,rot}$$

РИС. 12.

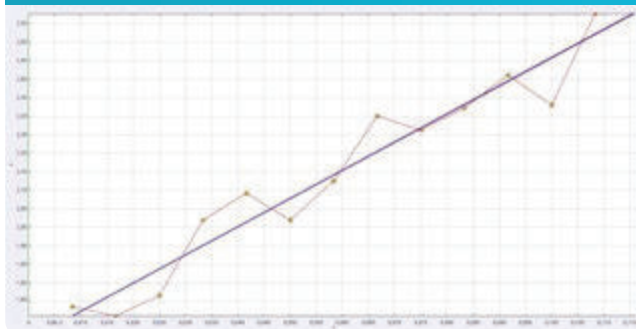
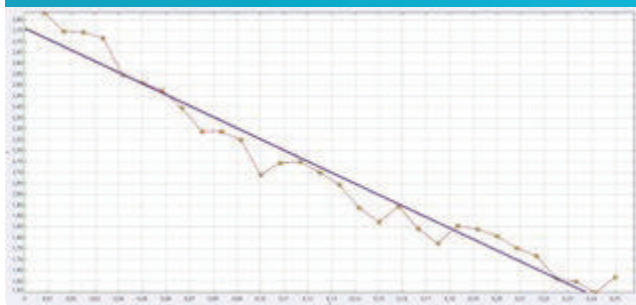


РИС. 13.



5. Определите изменение  $\Delta \vec{p}$  [ $kg \cdot \frac{m}{s}$ ] движущей силы мяча на момент его контакта с землей.

$$\Delta \vec{p} = m \Delta \vec{v}$$

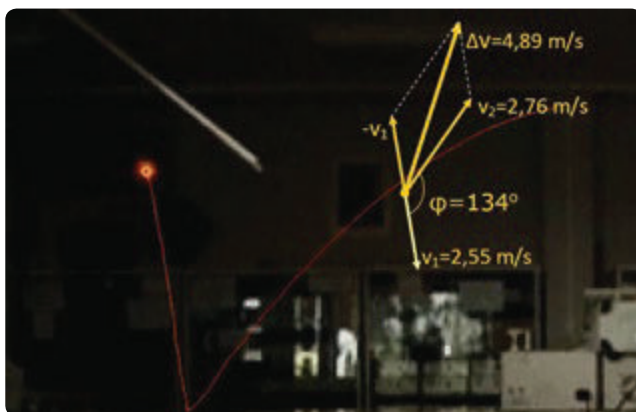


РИС. 14.

$\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  это скорости мяча перед и после его отскока. Их абсолютные значения в конкретном эксперименте составляют  $2.55 \frac{m}{s}$  и  $2.76 \frac{m}{s}$  при угле  $\varphi = 134^\circ$  между ними.

$\Delta \vec{v}$  это изменение скорости. Его абсолютное значение рассчитано как  $4.89 \frac{m}{s}$ . Угол между  $\vec{v}_2$  и  $\Delta \vec{v}$  равен  $24^\circ$ .

Изменение движущей силы исходит из формулы

$$\Delta \vec{p} = m \Delta \vec{v}$$

Ее направление равно направлению  $\Delta \vec{v}$  и ее абсолютное значение равно  $7 \cdot 10^{-2} kg \cdot \frac{m}{s}$ .

6. Рассмотрите вторую часть движения так, как если бы мяч был брошен с уровня земли. Определите начальные величины, характеризующие этот бросок, и рассчитайте максимальную высоту и дальность броска. Сравните значения, которые вы определили, с соответствующими значениями из Tracker. Объясните любые различия между анализом данных и теоретическими значениями.

#### 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ученики должны наблюдать изменения в движении и энергии мяча и соотносить эти изменения с силой, особенно с ее горизонтальной составляющей, действующей между мячом и землей, и с крутящим моментом этой силы. В то же время они должны сделать вывод, что кинетическая энергия твердого тела состоит из двух величин (поступательной и вращательной кинетической энергии). Наконец, они могли бы также преодолеть некоторые предубеждения, которые, возможно, вытекают из того факта, что мы обычно работаем с моделью точечной массы при обучении механике.

#### 5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Ученики разных школ, не обязательно из одной страны, могут общаться и обмениваться видеозаписями, прежде всего в отношении первого упражнения. Предполагается, что они придут к одним и тем же выводам, которые затем смогут обсудить в ходе телеконференции.

Наконец, они могут встретиться и провести разные упражнения, такие как:

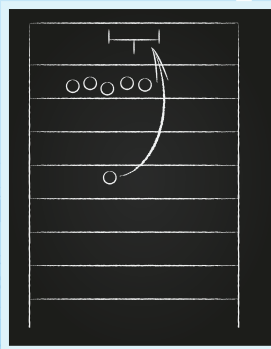
1. Выйдите на улицу и установите видеокамеру. Запишите видео падения мяча на землю и посмотрите на данные о движении мяча во время его удара о землю.
2. Проанализируйте это движение.
3. Сделайте выводы о характеристиках трения при ударе мяча о землю.
4. Определите скорость движения мяча до и после его удара о землю, измерьте массу мяча и рассчитайте поступательную кинетическую энергию.
5. Попросите опытного игрока из класса ударить по мячу с различными техниками, записать видео и описать результаты, когда мяч ударяется о землю.
6. Дайте окончательный ответ на важнейший вопрос о том, почему вратари испытывают большие трудности, когда мяч отскакивает от земли перед ними.
7. Как только другие виды упражнений будут завершены, поиграйте в футбольный матч, посвященный науке. Естественно, такая игра приведет к беспроигрышной ситуации для обеих сторон, независимо от окончательного счета!

#### ИСТОЧНИКИ

<sup>[1]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)

<sup>[2]</sup> [www.physlets.org/tracker](http://www.physlets.org/tracker)




<sup>[3]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage1-download](http://www.science-on-stage.de/iStage1-download)



АНДЕРС ФЛОРЕН \* ФИЛЛИП ЖАНЖАК \* ДИОНИСИС КОНСТАНТИНУ \* АНДРЕАС МАЙЕР \* КОРИНА ТОМА \* ЗБИГНИЙ ТРЗМИЛЬ

# ФИЗИКА КРУЧЕНОГО МЯЧА



-  эффект Магнуса, гидроаэродинамика
-  физика, математика
-  16-19 лет

### 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

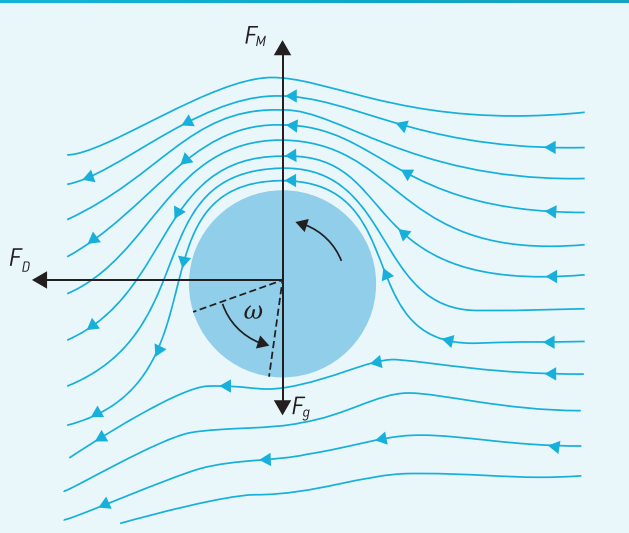
Вращающийся мяч, движущийся по воздуху, будет скручиваться из-за эффекта Магнуса, силы, действующей перпендикулярно направлению и оси вращения мяча. Здесь мы приводим некоторые практические эксперименты, симуляции и методы расчета траектории движения.

### 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

В июне 1997 года Роберто Карлос забил скандально известный гол в 35-метровом штрафном ударе, который до сих пор ставит зрителя в тупик.<sup>[1]</sup> Как может мяч вести себя подобным образом, уходя в одном направлении, а затем волшебным образом закручиваясь к воротам? Ответ заключается в том, что мяч вращается в воздухе и подвергается воздействию силы Магнуса. Если вы хотите увидеть бесплатное введение в штрафные удары от самого мастера Роберто, мы настоятельно рекомендуем посмотреть его видео с домашней страницы тренировочной площадки УЕФА.<sup>[2]</sup> Если вы хотите получить бесплатное знакомство с силой Магнуса, продолжайте читать.

Чтобы проанализировать траекторию движения мяча, нам необходимо оценить три силы, действующие на мяч: гравитация  $F_g$ , сила Магнуса  $F_M$  и сила сопротивления  $F_D$ .

РИС. 1. Силы [3]



Гравитационная сила легко определяется вторым законом Ньютона,  $F_g = mg$ , где  $m$  – масса мяча, а  $g$  – гравитационное ускорение.

Сила Магнуса  $F_M$  возникает из-за разницы давлений на противоположных сторонах мяча. Изменения давления можно описать с помощью принципа Бернулли. Для точки на поверхности, движущейся через среду со скоростью  $v$ , суммарное давление  $p$  равно окружающему статическому давлению  $p_0$  плюс динамическое давление  $q$  (Уравнение 1), где  $\rho$  – плотность среды, в нашем случае плотность воздуха. Но когда мяч или цилиндр с радиусом  $R$  вращается (с угловой скоростью  $\omega$  в радианах в секунду), точка на поверхности с одной стороны мяча подвергается

более высокому потоку воздуха  $(v + \omega R)$ , чем противоположная точка с другой стороны  $(v - \omega R)$ . Следовательно, мы можем вывести разницу в давлении  $\Delta p = 2\rho v\omega R$  из Уравнения 1.

Уравнение 1:

$$p = q + p_0 = \frac{\rho v^2}{2} + p_0$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \left( \frac{\rho v_2^2}{2} + p_0 \right) - \left( \frac{\rho v_1^2}{2} + p_0 \right) \\ &= \rho \left( \frac{(v + \omega R)^2}{2} - \frac{(v - \omega R)^2}{2} \right) = 2\rho v\omega R \end{aligned}$$

$$F_M = \Delta p A = (2\rho v\omega R)A$$

Уравнение 2:

$$\text{Для цилиндра: } F_M = 4\rho v\omega R^2 h.$$

Уравнение 3:

$$\text{Для шара: } F_M = 2\rho v\omega \pi R^3.$$

Давление, действующее на поверхность, будет составлять  $F_M$ . Не вдаваясь слишком глубоко в математику, стоящую за этим, нам нужно только обратиться к силам, действующим перпендикулярно потоку жидкости. Любая сила, действующая в любом направлении, отличном от перпендикулярного к потоку, будет отменена другой противоположной силой из-за симметрии. Следовательно, мы смотрим только на эффективную площадь  $A$  поперечного сечения объекта. Для мяча  $A$  будет просто кругом с радиусом  $R$  (используется в Уравнении 3); для цилиндра  $A$  будет прямоугольником с высотой  $2R$  и шириной  $h$  (используется в Уравнении 2). В терминах векторов,  $\vec{F}_M$  пропорциональна векторному произведению скорости направления и угловой скорости.

Наконец, мы должны оценить силу сопротивления  $F_D$ . Сопротивление затруднено, так как поток воздуха может быть ламинарным или турбулентным, в значительной степени зависящим от формы объекта и характера жидкости, в которой он движется. Для наших экспериментов достаточно предположить, что поток является ламинарным (как на РИС. 1) и использовать стандартное уравнение сопротивления, где сила направлена в противоположном направлении к  $v$  и пропорциональна скорости:  $F_D = \beta v$ .  $\beta$  – константа, зависящая от свойств жидкости и размеров объекта; для футбольного мяча в воздухе она равна  $\beta = 0.142 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$  [4].

### 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

Здесь мы представляем три различных варианта демонстрации эффекта Магнуса. Все эти эксперименты можно проводить в виде простых демонстраций, но вы также можете записывать эксперименты и использовать наши модели для анализа траекторий. В этом случае убедитесь, что вы записываете с помощью стационарной камеры на той же высоте, что и объекты, и перпендикулярно траектории, и по крайней мере на расстоянии нескольких метров, чтобы свести к минимуму угловое искажение. Затем ролик может быть проанализирован с помощью программы отслеживания движения. Мы рекомендуем к использованию Tracker<sup>[5]</sup>. Вы можете найти детальную инструкцию по использованию Tracker в нашем первом учебнике iStage<sup>[6]</sup>. Есть также отличное приложение под названием VidAnalysis<sup>[7]</sup>, которое может записать траекторию и провести анализ прямо на устройстве Android (РИС. 2В). Данные также могут быть экспортированы для дальнейшего анализа; здесь мы используем бесплатное программное обеспечение GeoGebra<sup>[8]</sup>.



РИС. 2. Наклонный цилиндр (2A, 2Б, 2В)

### 3|1 Эксперименты с цилиндром

Изготовьте различные цилиндры, используя листы бумаги формата А4 или А3 и клей. Установите наклонную доску и дайте цилиндрам скатиться вниз по склону, чтобы получить свободное падение с вращением (РИС. 2А).

Ученики могут изучить, что происходит, если они изменяют наклон склона, радиус или высоту цилиндра. Ученики могут экспериментально определить параметры, которые будут заметно давать больший эффект, и соотносить это с Уравнением 2. Они также могут пойти дальше: извлечь данные и продолжить анализ (модель II), как описано далее.

Эффект Магнуса в воде (РИС. 3) является еще более впечатляющим из-за более высокой плотности среды. Цилиндр должен иметь более высокую плотность, чем вода, и неровную поверхность для увеличения

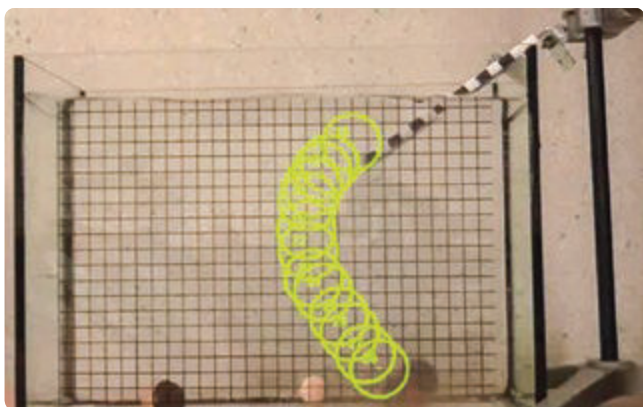


РИС. 3. Эффект Магнуса в воде

трения. Мы использовали твердый тефлоновый стержень с липучкой, приклеенной к поверхности. Чтобы отрегулировать вес цилиндра, вы можете приклеить монеты к его концам.

Еще более эффектная, но более сложная установка заключается в том, чтобы склеить основания двух пенопластовых чашек вместе для получения цилиндра с поясом посередине. [9] Обмотайте веревку вокруг пояса и выпустите цилиндр в воздух, дернув за веревку (РИС. 4; есть также ссылка на ролик на нашей странице GeoGebra [10]). Это требует некоторой практики, но результат получается впечатляющий. Данный эксперимент менее воспроизводим по сравнению с другими экспериментами с цилиндрами, так как траектория зависит от угла и того, насколько сильно вы дергаете веревку. Тем не менее, вы можете анализировать успешные траектории индивидуально. На РИС. 4. летающие бумажные стаканчики переходят в круговое движение. Если эффект Магнуса существенно больше гравитационного притяжения, то  $F_M$  ведет себя как центростремительная сила. Это полезное предположение будет использовано позже при анализе данных.

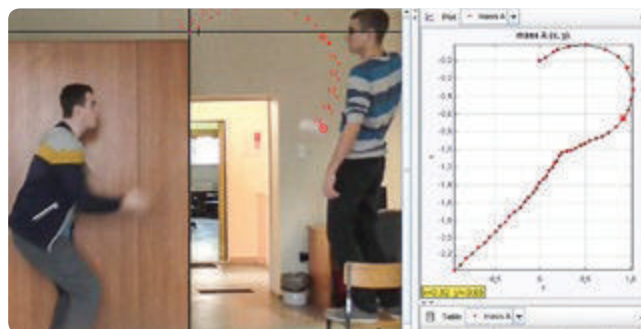


РИС. 4. Летающие бумажные стаканчики

### 3|2 Анализ данных

Мы разработали различные математические модели для анализа траекторий. Эти модели непосредственно доступны в режиме онлайн с нашей страницы iStage 3 GeoGebra [10]. Мы настоятельно рекомендуем вам открыть их, прежде чем продолжить чтение этого текста. Они будут работать непосредственно в вашем браузере; просто нажмите на ссылку.

Во всех расчетах мы исходили из того, что вращение является постоянным во время полета. Затем мы делаем две упрощенные модели, основанные на различных предположениях:

**Модель I:** Как в траектории вопросительного знака с летающими бумажными стаканчиками (РИС. 4),  $F_M$  будет вести себя как центростремительная сила, а рассчитанная траектория объекта будет представлять собой окружность с радиусом  $r$ . Это предположение также разумно в ситуации штрафного удара, когда общая скорость мяча остается примерно одинаковой. Часть энергии теряется из-за турбулентности, поэтому нам нужно ввести константу  $C_s$ , чтобы описать эту потерю.

Соответственно, мы имеем следующую формулу:

$$F_M = C_s 2\rho\omega vRA = \frac{mv^2}{r}.$$

Уравнение 4:

Для шара: For a sphere:  $r = \frac{mv}{2C_s \pi \rho \omega R^3}$ .

Уравнение 5:

Для цилиндра: For a cylinder:  $r = \frac{mv}{4C_s \rho \omega h R^2}$ .

Вы можете рассмотреть след из РИС. 4 в нашей модели GeoGebra (летающие бумажные стаканчики) и изменить центр круга и  $C_s$ . Поиграйте с параметрами, чтобы получить наилучший подбор; модель будет вычислять  $r$  из Уравнения 5. Для наших данных лучше всего подходит  $C_s = 0,86$ .

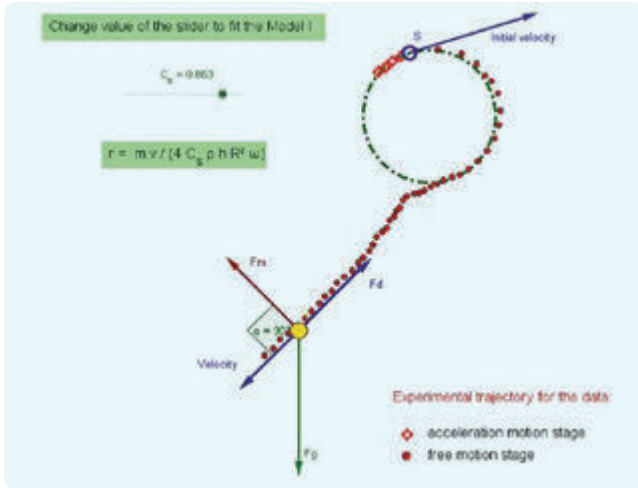


РИС. 5. Анализ летающих бумажных стаканчиков

Модель II: для упрощения расчетов для эксперимента с бумажным цилиндром (РИС. 2), ученики могут предположить, что эффект Магнуса тянет в основном перпендикулярно первоначальному направлению движения, и что цилиндры достигли максимальной скорости при падении. При этих предположениях  $F_D$  и  $F_g$  отменяются, и эффект Магнуса можно рассматривать как ускорение  $a$  в направлении  $y$ , поэтому рассчитанная траектория будет представлять собой параболическую кривую:

$$y = \frac{a}{2v^2} x^2 \Rightarrow y = C_s \frac{\rho \omega R A}{mv} x^2.$$

Уравнение 6:

Для шара:  $y = C_s \frac{\pi \rho \omega R^3}{mv} x^2$ .

Уравнение 7:

Для цилиндра:  $y = C_s \frac{2 \rho \omega h R^2}{mv} x^2$ .

Это упрощение, но оно дает нам аналогичное значение  $C_s$ , как и в нашей другой модели.

На нашей странице GeoGebra (РИС. 6), мы воссоздали скандально известный штрафной удар Роберто Карлоса. Вы можете поиграть практически со всеми параметрами, чтобы изменить настройку (расстояние, угол, размер цели,  $C_s$ , скорость, вращение, положение четырехместной стены и т. д.). Анализ покажет расчетную траекторию обеих моделей I и II, на этот раз используя Уравнение 4 и Уравнение 6, так как мы рассматриваем шар, а не цилиндр. Предложите своим ученикам найти наилучшие значения для данной установки или попросите их найти условия, в которых модели дают различные траектории, и попросите их объяснить, почему. (Вы обнаружите, что модели отличаются, когда вы даете мячу очень низкую скорость и высокое вращение).

### 3 | 3 Моделирование

2D-моделирование: после некоторых практических экспериментов ученики могут имитировать эффект Магнуса. Загрузите программу Java [11]. В этом моделировании ученики могут изменять начальную скорость, угол, коэффициент сопротивления и угловую частоту. Направление вращения и силы, действующие на шар, показаны на РИС. 1. На РИС. 7 мы покажем три примера траекторий на  $30^\circ$  с частотой 0, затем 5 и 10 об/сек.

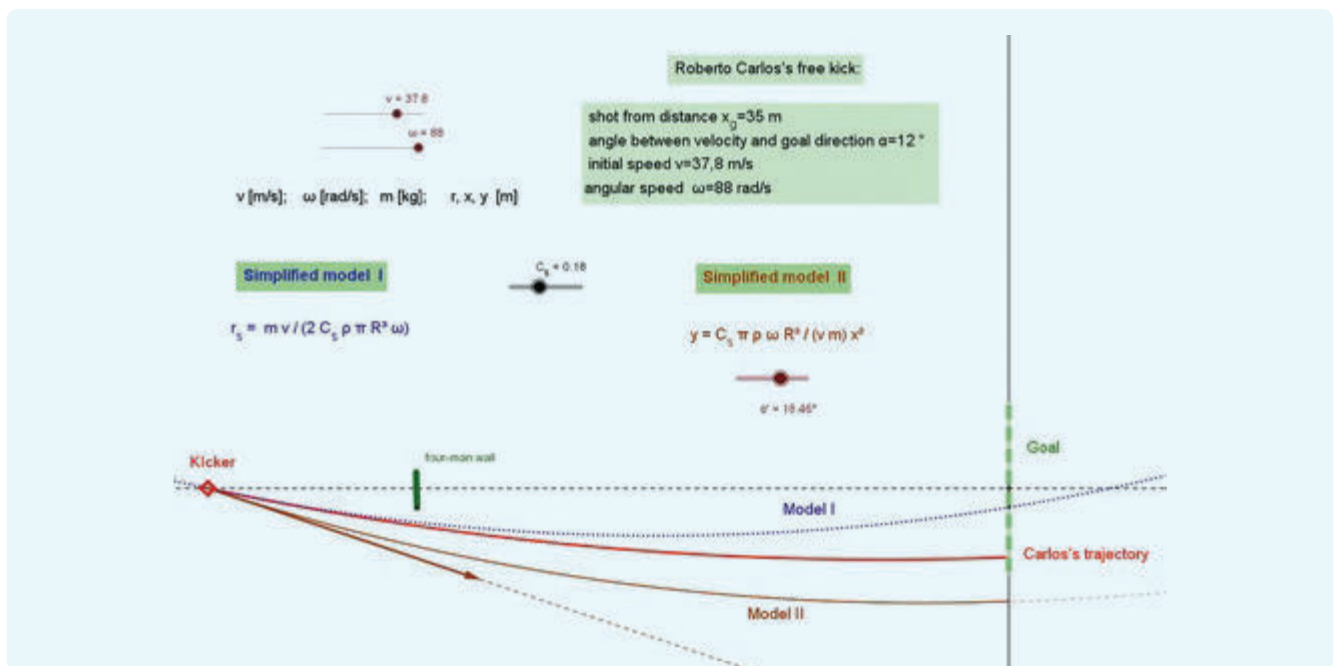


РИС. 6. Анализ свободного удара

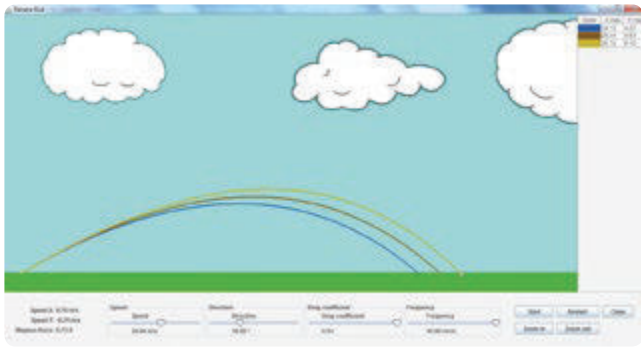


Рис. 7. 2D-моделирование

Вы можете видеть, что значения  $x_{\max}$  и  $y_{\max}$  увеличиваются, если частота тоже увеличивается.

3D моделирование: в очередной раз мы воссоздали траекторию штрафного удара Роберто Карлоса (рис. 8). Теперь вы можете попробовать это самостоятельно, загрузив соответствующую программу Java [11]. Позже вы можете попробовать другую версию [11] без удара, но вы можете свободно изменять параметры, чтобы увидеть, какое влияние они окажут на траекторию.

В 3D все быстро усложняется. В двухмерной модели мяч может иметь только верхнее и нижнее вращение, поэтому траектория и сила Магнуса всегда будут действовать в одной плоскости. В трехмерной модели эффект Магнуса будет искривлять траекторию мяча, но угловой момент вращения всегда будет сохраняться, так как мяч ведет себя как гироскоп. Таким образом, угол между  $v$  и  $\omega$  будет различным в разных точках

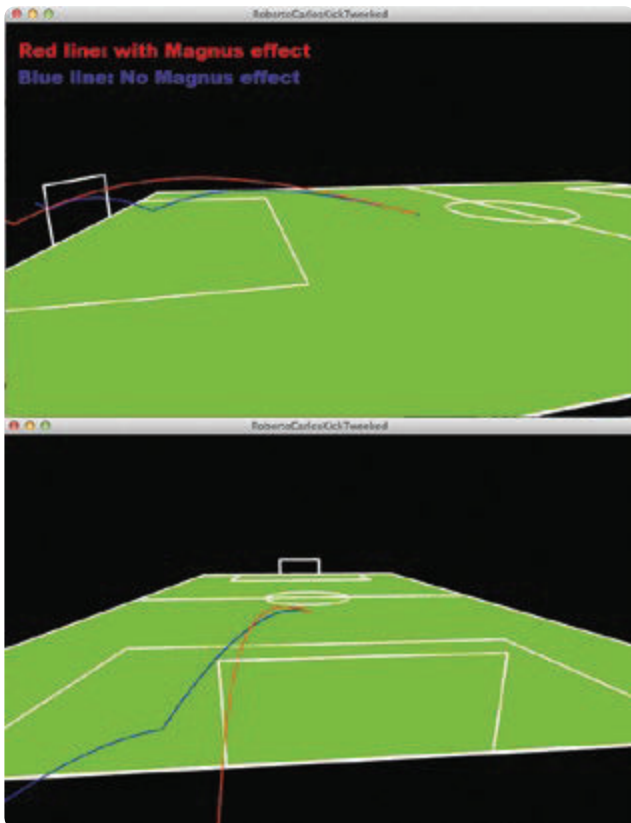


Рис. 8. 3D-моделирование

траектории, что даст мячу более сложную траекторию. В отличие от расчетов GeoGebra, эта программа просто численно вычисляет все силы в каждом кадре на основе значений в предыдущем кадре. Программа написана в Processing [12], упрощенной версии Java.

#### 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На футбольном поле траектория движения футбольного мяча сложна и зависит от целого ряда факторов. Для того, чтобы изучить это в классе, ученики должны разбить его на управляемые компоненты, используя модели и упрощения. Эти эксперименты, модели и симуляции дают представление о том, что мы можем сделать из работы с научным методом: если мы предположим, что игра ведется под водой или что футбольный мяч может быть заменен двумя бумажными стаканчиками, мы очень близко подойдем к объяснению того, как Роберто Карло умудряется искривить мяч.

#### 5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

На нашей платформе iStage 3 в GeoGebra [10] вы можете найти информацию о том, как получить копию наших файлов GeoGebra и как их использовать. Мы предлагаем задачу: получить максимально возможный эффект Магнуса для эксперимента с летающими бумажными стаканчиками. Это соответствует нахождению наибольшего значения для  $C_s$ , максимально близкого к 1. Вы можете поделиться своим анализом, результатами и моделями [11].

#### ИСТОЧНИКИ

- [1] [www.theguardian.com/football/2015/may/18/roberto-carloss-free-kick-against-france-recreated-sensible-soccer-style](http://www.theguardian.com/football/2015/may/18/roberto-carloss-free-kick-against-france-recreated-sensible-soccer-style) (08/03/2016)
- [2] [www.uefa.com/trainingground/skills/video/videoid%3D761187.html](http://www.uefa.com/trainingground/skills/video/videoid%3D761187.html) (08/03/2016)
- [3] The original image for FIG. 1 was obtained from [https:// commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnus\\_effect.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnus_effect.svg) (08/03/2016)
- [4] The Science of Soccer; John Wesson. CRC press, 2002. ISBN 978-0750308137
- [5] [www.physlets.org/tracker](http://www.physlets.org/tracker)
- [6] iStage: Teaching Materials for ICT in Natural Sciences, section "From Bicycle to Space", pp. 45-52; [www.science-on-stage.de/iStage1\\_downloads](http://www.science-on-stage.de/iStage1_downloads)
- [7] VidAnalysis app <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free&hl=en> (08/03/2016)
- [8] [www.geogebra.org/](http://www.geogebra.org/)
- [9] A similar experiment is described by Laura Howes (Science in School, issue 35, 2016, [www.scienceinschool.org/ content/sports-spin](http://www.scienceinschool.org/content/sports-spin)).
- [10] [www.geogebra.org/science+on+stage](http://www.geogebra.org/science+on+stage)
- [11] [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)
- [12] <https://processing.org>



# БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ

За последние несколько лет выражение «большие данные» стало нарицательным в мире компьютерной техники. Концепция больших данных включает в себя анализ чрезвычайно больших объемов данных, которые больше не могут управляться традиционными методами оценки. Крупные компании-разработчики программного обеспечения предлагают управление и решения для анализа этих больших баз данных, большинство из которых генерируются автоматически.

Даже область футбола генерирует большие объемы данных. Все игры высших лиг записываются многочисленными камерами с разных ракурсов и позиций. Таким образом, игра отдельных спортсменов и их взаимодействие с другими игроками теперь могут быть автоматически оценены и рассчитаны. Использование большого количества камер и данных, которые они предоставляют, позволяет телевизионным репортерам и комментаторам предоставлять и анализировать статистику, касающуюся времени владения мячом, производительности и выносливости отдельных игроков (например, дистанции, которую они пробежали). Однако мы должны признать, что тренеры не желают предлагать посторонним какое-либо понимание того, как они используют эти данные/эту информацию для разработки стратегии и тактики.

В разделе «Соответствие данных» ученики учатся собирать данные о позиции отдельного игрока во время матча. Они делают это с помощью смартфона, который может непрерывно передавать информацию GPS плеера. Они учатся писать такую программу для своих смартфонов.

Учебный блок «Захватывающий удар», созданный командой Big Data, рассматривает раунд штрафных ударов, который происходит после того, как матч завершается вничью после основного времени плюс дополнительное время. Например, имеет ли значение порядок выполнения игроками штрафных ударов? Должны ли лучшие игроки выступить первыми или более слабые должны их опередить? Мы разработали программное обеспечение, с помощью которого ученики могут проверить различные гипотезы и вариации.

На футбол ставятся сотни миллионов евро. Однако наши авторы «Фондовой биржи голов» пришли к выводу, что прогнозы результатов игры,



основанные на предыдущих результатах, являются ненадежными и бесполезными. С другой стороны, мы заметили, что огромное количество информации о футбольных матчах, доступной в интернете, может служить отличным материалом для того, чтобы помочь ученикам научиться работать с электронными таблицами. Подвергая эту информацию методам исчисления вероятности, они могут исследовать многие возникающие вопросы. Однако ученикам следует знать, что они ни при каких обстоятельствах не должны вступать в мир спортивных ставок с целью получения финансовой выгоды.

## **БЕРНАРД ШРИК (В ОТСТАВКЕ)**

Гимназия Верля, Германия  
Координатор

ПИР КОМТЕ \* СТИВЕН КИМБРУ \* МЭЙВ ЛИСТОН \* МАРКО НИКОЛИНИ

# СООТВЕТСТВИЕ ДАННЫХ



 технологии (App Inventor; dweet.io; freeboard.io; программирование, большие данные)

 информационно – коммуникационные технологии

 Этот проект рекомендован для учеников от 15 лет.

## 1 | КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

С 2015 года по решению FIFA было разрешено использовать системы слежения за официальными матчами, то есть датчики сбора данных всех игроков на поле. Вне поля эти данные могут быть затем изучены и проанализированы с целью информирования менеджеров, тренеров и игроков о показателях результативности игроков.

Эти системы также используются во время тренировок и для тестирования физической работоспособности, предоставляя данные в режиме реального времени. Эти носимые устройства (например, часы или чипы, встроенные в одежду игрока) собирают значительно большие объемы данных, так что эти наборы данных, когда они собираются, могут быть обозначены как Большие Данные.

Этот блок поможет студентам отправлять большие данные в режиме реального времени с помощью мобильных устройств.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

Сбор GPS-данных в режиме реального времени на футбольном поле с использованием технологии памяти становится все более важным в развитии результативности игроков, в планировании тренировок, в профилактике травм и в разработке тактических советов.

Во время любого футбольного матча, примерно 1,5 миллиона позиций игроков могут быть захвачены камерами и датчиками. Эти данные GPS могут быть использованы для измерения и расчета скорости (темпа) игрока, ускорения и изменения направления движения.

Анализ этих данных также может подсказать тренерам, когда игрок может вернуться на поле после травмы, или же когда у игрока есть высокий риск травмы. Другие примеры типа данных, которые могут быть собраны мгновенно с помощью датчиков в футболках игроков, включают температуру тела (разработка тепловых карт на поле), частоту сердечных сокращений, процентное содержание кислорода и концентрацию молочной кислоты в крови.

Для удобного и эффективного хранения, обработки, анализа и визуализации таких больших объемов данных необходимы различные программные приложения.

## 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

Этот блок позволит ученикам отправлять большие данные в режиме реального времени с помощью своих смартфонов. Ученики станут разработчиками приложений, создавая свои собственные приложения с помощью программы App Inventor [1]. Данные в режиме реального времени будут собраны с помощью этого приложения, а затем отправлены на веб-сайт онлайн-обмена данными (dweet.io), который связан с веб-сайтом отображения экрана (freeboard.io). Все вышеупомянутые программы бесплатны и могут быть использованы удаленно в облаке. Ученики научатся публиковать собранные ими данные и делиться ими в облаке.

### 3|1 App Inventor

MIT App Inventor – это инновационная, простая в использовании программа для создания и разработки приложений. Она идеально подходит для начинающих программистов и очень удобна в использовании для учеников. Примечание: перед использованием App Inventor необходимо создать учетную запись.

Здесь вы найдете Пошаговое Руководство о том, как разработать футбольное приложение для сбора GPS-данных в реальном времени от ваших учеников во время игры на футбольном поле (Рис. 1).

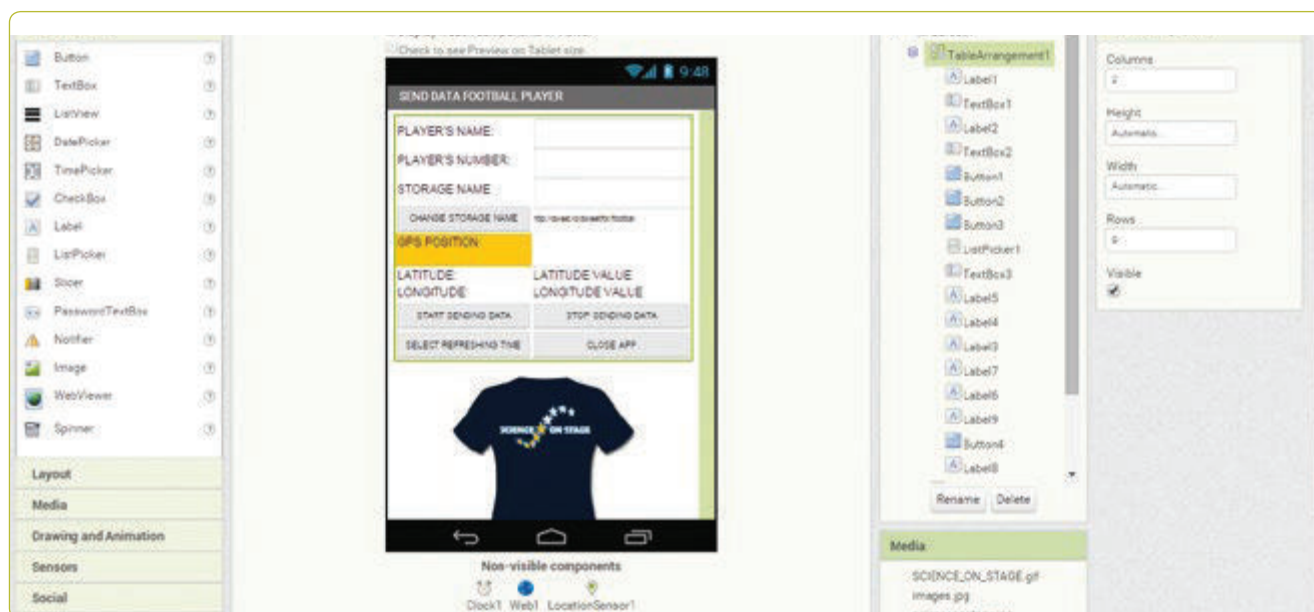


РИС. 1. Скриншот страницы программы App Inventor

### 3|1|1 Дизайн пользовательского интерфейса App Inventor

Откройте App Inventor, нажмите на новый проект и введите название вашего проекта, например, Send Data Player. После этого вы будете автоматически перенаправлены в раздел конструктора.

В правой части экрана вы найдете список свойств экрана, которые можно выбрать для создания содержимого экрана.

Рис. 1. Был создан, следуя следующим инструкциям:

- **Screen1.** AlignHorizontal: CENTER; AppName: SEND DATA PLAYER; Icon: SCIENCE\_ON\_STAGE.GIF; Title: SEND DATA FOOTBALL PLAYER
- **TableArrangement1.** Columns: 2; Rows: 9
- **Label1.**Text. PLAYER'S NAME:
- **Label2.**Text. PLAYER'S NUMBER:
- **TextBox1.** Hint: Introduce your name
- **TextBox2.** Hint: Introduce your number; NumbersOnly
- **TextBox3.** Hint: Introduce your storage name
- **Label3.**BackgroundColor: Orange; Text: GPS POSITION (see FIG. 2)
- **Label4.**Text. LATITUDE:
- **Label5.**Text. LONGITUDE:
- **Label6.**Text. LATITUDE VALUE:
- **Label7.**Text. LONGITUDE VALUE:
- **Label8.** FontSize:9; Text.http://dweet.io/dweet/for/football
- **Button1.** FontSize:11; Text: START SENDING DATA
- **Button2.** FontSize:11; Text: STOP SENDING DATA
- **Button3.** FontSize:11; Text: CLOSE APP
- **Button4.** FontSize:11; Text: STORAGE NAME
- **Label9.**Text. STORAGE NAME:

- **ListPicker1.** FontSize:11; Text: SELECT REFRESHING TIME (SECONDS)
- **Image1.** Picture: SCIENCE\_ON\_STAGE.GIF
- **Clock1.**TimerEnabled: NO; Timer Interval: 5000 (every 5 seconds)
- **Web1.** Url: http://dweet.io/dweet/for/thing (e.g. http://dweet.io/dweet/for/football; the “thing” is, in this case, “football”, but you can choose any name your class would like)
- **LocationSensor1.** Time Interval: 1,000 (every 1 second)

### 3|1|2 App Inventor блокирует программирование

Нажмите на вкладку *Blocks* в меню (Рис. 1).

Нажмите на *Button1*, чтобы включить часы передачи данных (true) и выключить изменения имени и номера игрока (false).

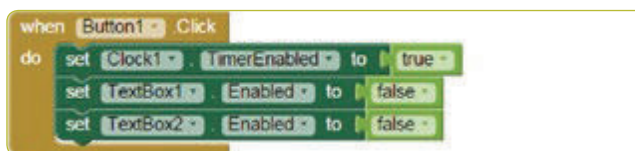


Рис. 3.

Нажмите на *Button2*, чтобы отключить часы передачи данных и включить изменения имени и номера игрока.

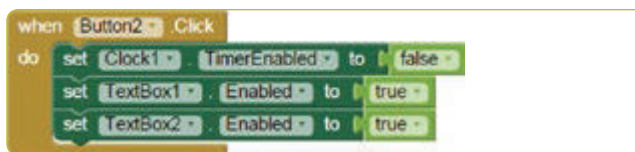


Рис. 4.

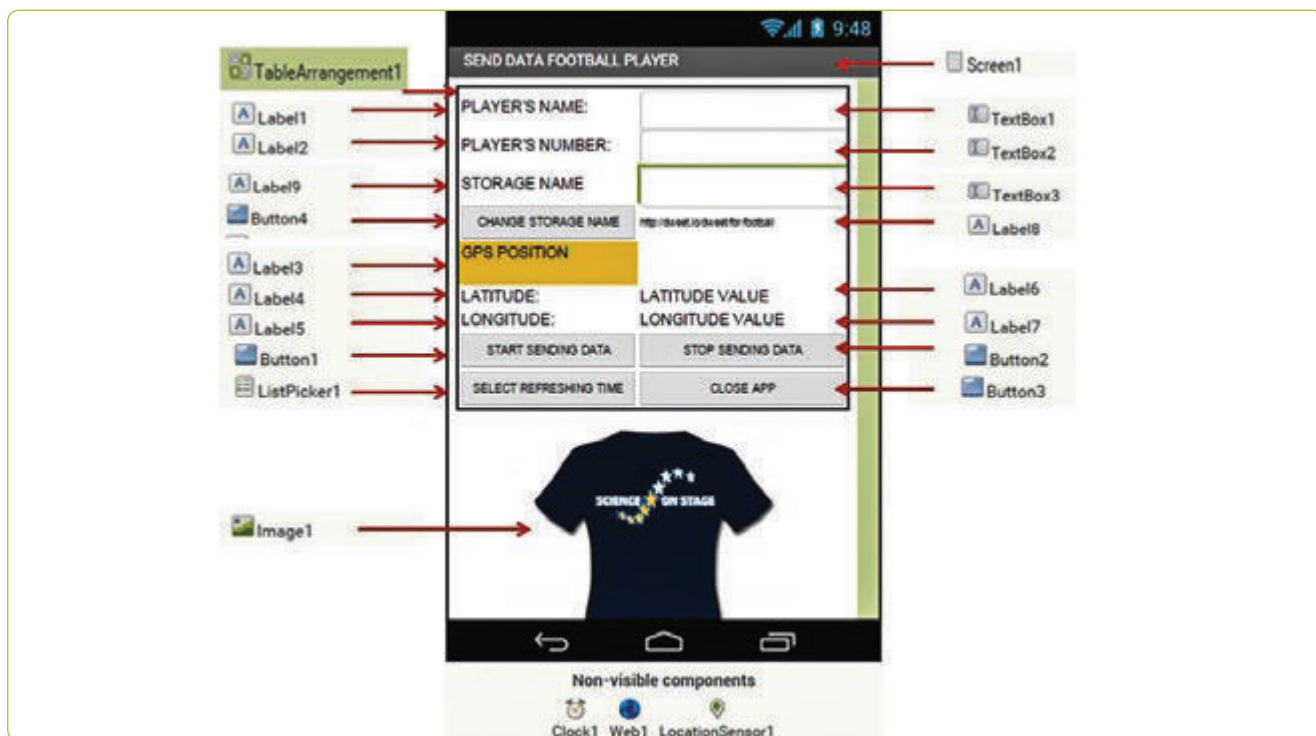


Рис. 2. Компоненты *TableArrangement1*

Нажмите на *Button3* чтобы закрыть приложение.

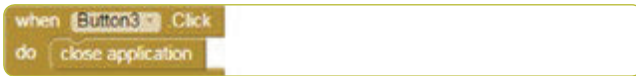


Рис. 5.

Нажмите на *Button4*, чтобы изменить URL файла, в котором вы хотите опубликовать данные на *dweet.io*.

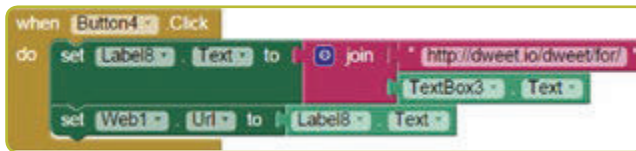


Рис. 6.

Когда сенсор GPS распознает изменения широты и долготы, эти данные записываются в *Label6* и *Label7*.

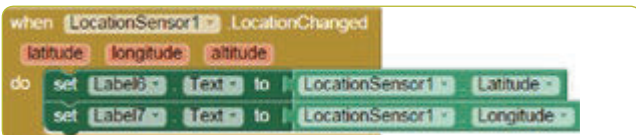


Рис. 7.

Записанные данные, имя игрока и его номер, а также широта и долгота его позиции отправляются с регулярными интервалами каждые пять секунд по умолчанию (Рис. 8).

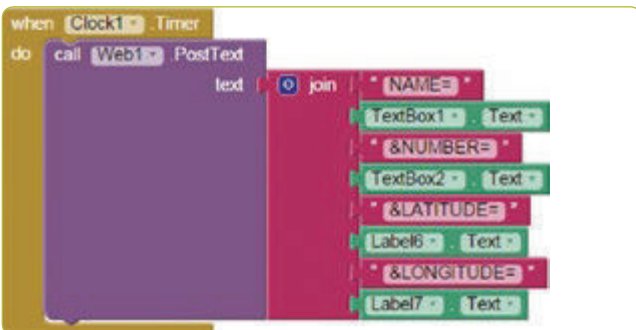


Рис. 8.

Вкладка *ListPicker1* позволяет обновлять информацию по времени в секундах; от 1 до 20 секунд (Рис. 9).

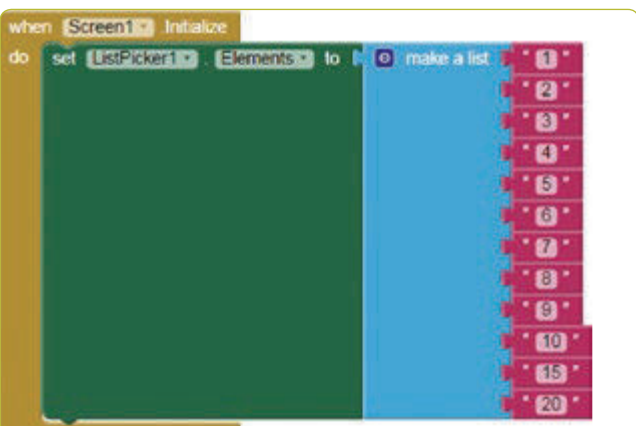


Рис. 9.

Интервал таймера определяется в миллисекундах. (Рис. 10)

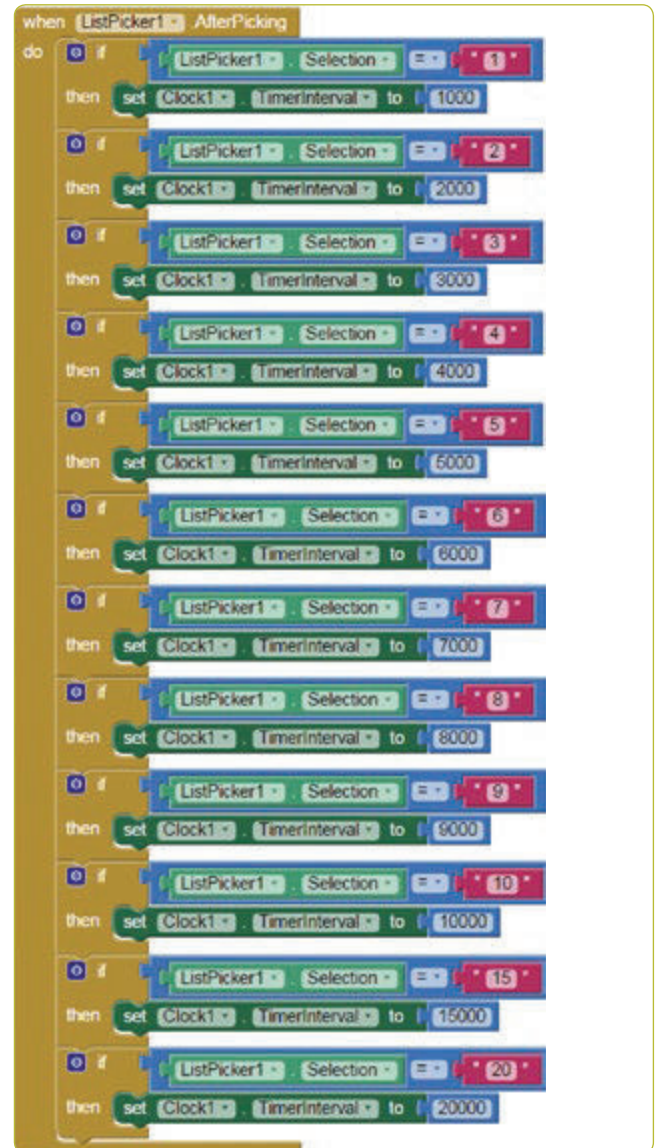


Рис. 10.

### 3 | 2 Хранение данных на *dweet.io*

*dweet.io* создан для публикации данных с сенсоров (Рис. 11 и 12), наиболее известного как Интернет вещей (IoT). *dweet.io* устанавливает уникальный URL для каждой вещи.

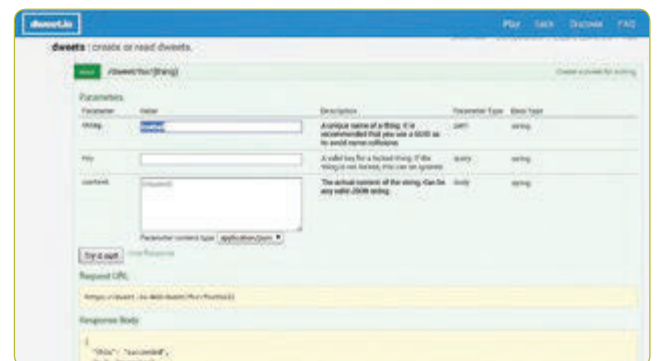


Рис. 11.

- Выберите PLAY.
- Нажмите на вкладку POST.
- Напишите имя хранилища в поле thing. В примере этого ресурса используется имя хранилища football. Поэтому его тоже надо назвать football здесь в dweet.
- Нажмите на Try it out!

#### Используя вкладку GET.

Для того, чтобы посмотреть сохраненные данные, пройдите по ссылке: `get/tweets/for/{thing}`, введите НАЗВАНИЕ ХРАНИЛИЩА, которое вы выбрали (по умолчанию football) и нажмите на Try it out.

### 3 | 3 Визуализация данных на freeboard.io

Freeboard – это разработчик панели управления в реальном времени для интернета вещей в открытом доступе.

- Нажмите на Start Now
- Введите имя и нажмите на Create New
- Нажмите на вкладку Add Datasources
- Нажмите Select a Type и выберите Dweet.io
- Введите название: *football*
- Введите название вещи: *football*
- Нажмите Save
- Нажмите на вкладку Add Pane
- Нажмите на символ +
- Нажмите на Select Type и выберите Text
- Название: *Player*
- Нажмите на +Datasource: Football and Name
- Нажмите Save
- Нажмите на вкладку Add Pane и выберите Pointer
- Нажмите на +Datasource: Football and Number
- Нажмите Save

- Нажмите на вкладку Add Pane
- Нажмите на символ +
- Нажмите на Select Google Map
- Нажмите на +Datasource: Football and Latitude
- Нажмите Save
- Нажмите на вкладку Add Pane
- Нажмите на символ +
- Нажмите на Select Google Map
- Нажмите на +Datasource: Football and Longitude
- Нажмите Save (РИС. 13)

### 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Этот учебный блок поощряет учеников к разработке собственного приложения для отправки данных в режиме реального времени. Это дает возможность собирать «реальные данные» на поле с помощью смартфона, т.е. инструмента, который большинство учеников имеют в своем кармане.

Ученики видят, что смартфон – это все, что нужно для сбора необходимых данных и увеличения количества параметров, которые должны быть изучены одновременно.

Существует множество вариантов анализа данных. Например, ученики могут построить график и проанализировать позиции игроков полной команды на поле с помощью следующих инструментов:

- Создайте файл Excel, содержащий широту и долготу всех игроков.
- Перейдите на сайт [www.earthpoint.us](http://www.earthpoint.us) и выберите Excel to Google Earth, выберите свой файл Excel и нажмите кнопку View on Google Earth.

Parameter	Value	Description	Parameter Type	Data Type
thing	football	A unique name of a thing.	path	string
key		A valid key for a locked thing. If the thing is not locked, this can be ignored.	query	string

```
{
  "this": "succeeded",
  "by": "getting",
  "the": "dweets",
  "with": [
    {
      "key": "Football"
    }
  ]
}
```

РИС. 12.

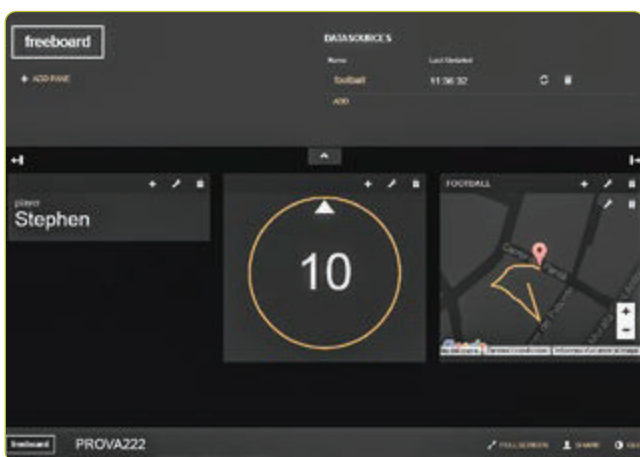


Рис. 13.



Рис. 14. Ученик в нагруднике для записи данных

- На Google Earth: убедитесь, что позиции игроков отображаются на том же месте, где они играли в футбол.

#### Дальнейшие разработки

- Эволюция матча: ученики могут упорядочить эти файлы в хронологическом порядке, просматривая их как фильм и анализируя, как команда движется и ведет себя в течение определенного периода во время матча.
- Область, охватываемая командой: после просмотра позиций игроков команды через Google Earth, ученики могут использовать свойство Polygon Area, доступное из того же источника. Следуя простым инструкциям, ученики могут рассчитать площадь, окруженную позициями игроков, чтобы определить, играли ли они как разрозненное скопление или единая команда.

### 3 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

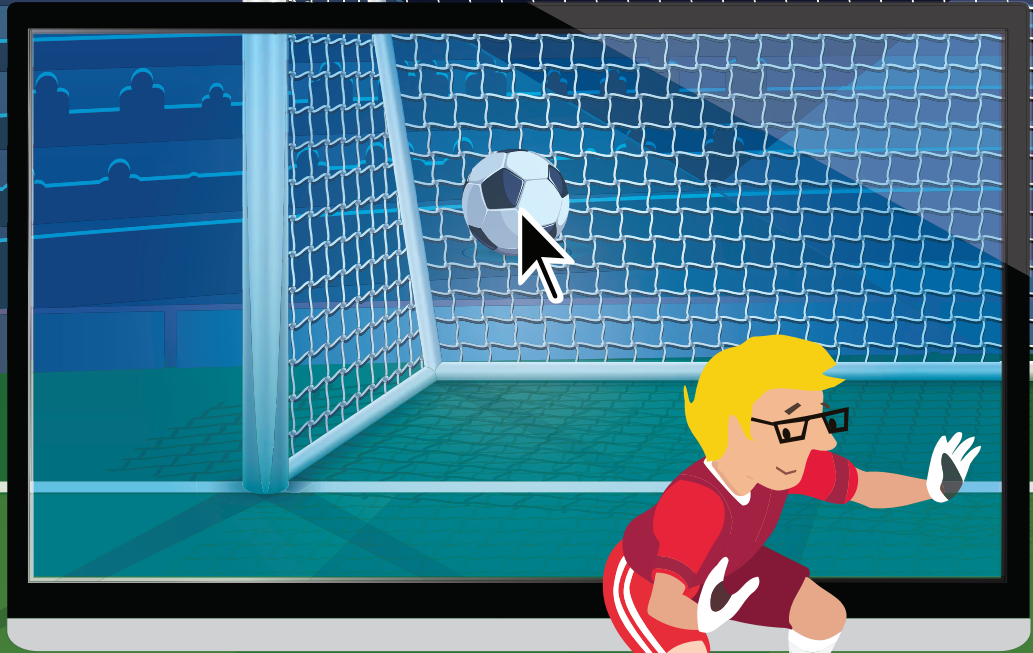
Ученики могут организовать совместные проекты между различными школами. Например, ученики одной школы могут проводить измерения в режиме реального времени, в то время как ученики другой школы анализируют полученные данные. Эта методика также может быть использована для изучения других видов спорта.

#### ИСТОЧНИКИ




- <sup>[1]</sup> MIT App inventor <http://ai2.appinventor.mit.edu/>
- <http://usuaris.tinet.cat/pcompte/football/> BIG DATA: Sending Data in Real Time
- [www.realtracksystems.com/](http://www.realtracksystems.com/) WIMU Real track systems
- <http://go.sap.com/solution/industry/sports-entertainment/team-management/sports-one.html> SAP Sports One

СТИВЕН КИМБРУ - ДАМЬЯН ШТРУС

# ЗАХВАТЫВАЮЩИЙ УДАР





-  послематчевые пенальти, комбинаторный, теория игры
-  математика, компьютерные науки, физика
-  14–18 лет

## 1 | КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В этом проекте ученики рассчитывают вероятность удачного штрафного броска, учитывая все внутренние и внешние воздействия (т. е. геометрию, время реакции, выбор стороны).

Ученики также должны найти идеальную расстановку игроков для послематчевых пенальти, а также «справедливую» ей альтернативу.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

Послематчевые серии пенальти были введены в правила чемпионата мира по футболу в 1970-х годах

Они применяются, если игра заканчивается вничью после дополнительного времени, т. е. дополнительного периода игры, добавленного к игре, когда счет сравнялся после обычного времени. До введения этого нового правила победитель определялся подбрасыванием монеты.

Серия пенальти – одна из самых захватывающих ситуаций, которая может возникнуть во время футбольного матча.

В этом блоке мы проанализируем, как максимизировать результат для конкретной команды.

Блок разделен на две части. В первой части ученики рассчитывают вероятность забивания гола одним ударом. Во второй части они узнают, как можно оптимизировать серию пенальти.

## 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

### 3|1 Один штрафной удар

Чтобы выяснить, насколько высока вероятность забивания гола, нам нужно разделить штрафной удар на два независимых движения – вратаря и пенальтиста.

Сначала мы назначаем вероятности вратарю на основе тригонометрии.

Футбольные ворота представляют собой прямоугольник шириной 7,32 м и высотой 2,44 м. Рост среднестатистического вратаря составляет около 2 м, а размах его рук также составляет около 2 м. Затем ученики могут сравнить площадь, занимаемую вратарем, с площадью футбольных ворот. Это позволяет определить вероятность того, что вратарь помешает забить гол.

Второй аспект – это время реакции вратаря и то, сколько времени ему требуется, чтобы добраться до мяча.

Ученики должны начать с того, чтобы угадать, где будут лучшие места для прицеливания пинка. Ответ таков: верхние углы ворот. Затем они

должны использовать тригонометрию, чтобы вычислить расстояние до этой точки. Время движения мяча можно рассчитать ( $t = \frac{s}{v}$ ), исходя из предположения, что средняя скорость мяча составляет 100 км/ч.

У вратаря есть такое количество времени, чтобы среагировать и прыгнуть в правый угол.

Ученики измеряют свое собственное время реакции линейкой, которую роняет один ученик и ловит другой (см. стр. 30). Используя расстояние, пройденное линейкой, время реакции можно рассчитать следующим образом:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$g$ : гравитационное ускорение;  $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

$t$ : время [s]

$h$ : пройденное расстояние [m]

Вычитая это время реакции, у вратаря имеется оставшееся время, чтобы преодолеть расстояние до мяча. Последнее уже было вычислено таким образом, что он должен иметь начальную скорость  $v = \frac{x}{t}$ , чтобы достичь мяча. Средняя скорость спортсмена при прыжках составляет примерно 16 км/ч.

Сравнивая эти две скорости, ученики смогут увидеть, что вратарь никогда не сможет дотянуться до мяча. Это приводит к выводу, что он не может позволить себе потратить какое-либо время для реакции, и должен выбрать, в какой угол прыгнуть, прежде чем будет выполнен штрафной удар.

Ученики делят ворота на две половины и вычисляют вероятность того, что мяч не попадет в одну половину ворот, используя тот же метод, что и выше. Это также можно рассчитать заново, разделив цель на три части.

Пенальтисту трудно оценить вероятности, но в целом можно сказать, что левосторонний пенальтист будет целиться лучше в правый угол, а правосторонний – в левый угол.

Ученики могут накапливать данные, пиная мяч 10, 20 и более раз в пустую цель, и вычисляя точность своих ударов.

Затем ученики должны написать программу или использовать исходный код, который можно найти в Приложении <sup>[1]</sup>, чтобы имитировать штрафной удар. Ученики сначала должны ввести свои варианты вероятности. Как для вратаря, так и для пенальтиста направление удара изменяется случайным образом. Учитывая закон больших чисел, вероятность забить гол в серии пенальти можно определить, увеличив количество бросков. На этом основании ученики могут исследовать вопрос о том, приведет ли изменение стратегии удара к более высокой или более низкой точности. Ученики могут соревноваться друг с другом с помощью своих соответствующих кодов.



Рис. 1. Ракурс пенальтиста

### 3|2 Послематчевые пенальти, т.е. серия штрафных ударов

Серия пенальти всегда принимает одну и ту же форму. Пять игроков из каждой команды назначаются для получения пенальти в фиксированном порядке. Монета подбрасывается, чтобы решить, какая команда получает право выбрать то, какая команда будет забивать первой. Затем команды по очереди забивают пенальти.

Ученикам дается список игроков с их средними вероятностями забивания гола. Они выбирают пятерых из этих игроков и определяют расстановку,

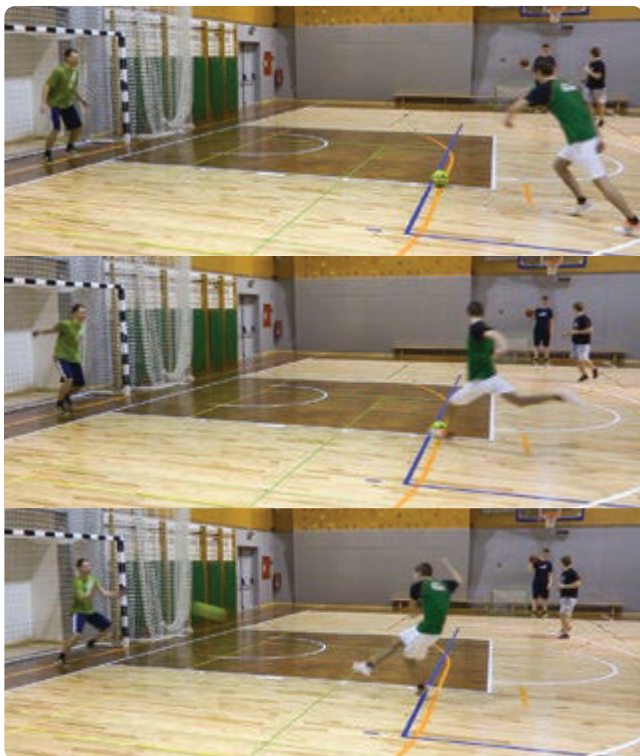


Рис. 2. Ракурс вратаря



Рис. 3. Последовательность штрафного броска

в которой они будут забивать. Два ученика соревнуются друг с другом в игре, запрограммированной в Scratch 2 [2]. После этого ученики должны будут доказать, что их расстановка является наилучшей из возможных. Так как средняя вероятность забивания гола равна:

$$p = \frac{(p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5)}{5} \quad \text{все расстановки равны.}$$

Проблема в реальном футболе по сравнению с компьютерным моделированием заключается в том, что давление на каждого пенальтиста возрастает по мере продвижения серии пенальти. Это значение можно установить примерно на уровне 5%. Это приведет к следующему уравнению для средней вероятности:

$$p = \frac{(p_1 + 0.95p_2 + 0.90p_3 + 0.85p_4 + 0.80p_5)}{5}.$$

Так как у нас имеется  $5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$  возможных расстановок, ученики должны придумать способ оптимизации результата. Нахождение решения проблемы зависит от учеников, хотя, на самом деле, наилучшим решением будет начать серии ударов с самого слабого пенальтиста и перейти к самому сильному в последнюю очередь.

Имея это в виду, ученики могут изменить программу Scratch 2, чтобы адаптировать ее к своим потребностям. [2]

Следующая переменная, которая играет здесь определенную роль – это психологический эффект, когда команда, забивающая первой, забивает гол. Такая ситуация еще больше давит на следующего пенальтиста.

Ученики могут сравнить две команды одинаковой силы, меняя программу и многократно имитируя ее. Это позволяет сделать вывод, что команда, которая начинает игру, имеет более высокие шансы на победу в серии пенальти.

Ученики должны, наконец, провести дебаты, чтобы определить справедливое правило для серии пенальти. Они должны проверить правило с помощью программы, упомянутой выше, и выяснить, достаточно ли пяти ударов, чтобы достичь удовлетворительного исхода.

Самая справедливая последовательность для команд А и Б, каждая из которых состоит из восьми игроков, была бы АБ БА БА АБ. Это также известно, как последовательность Морса-Туэ. Последовательность забивания командами должна быть преобразована, и преобразование, в свою очередь, также должно быть преобразовано.

#### 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ученики научатся моделировать реальный сценарий и анализировать его математически. Они также научатся использовать свои навыки программирования для решения задач, порожденных сложными ситуациями, и писать собственную симуляцию серии пенальти.

#### 2 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

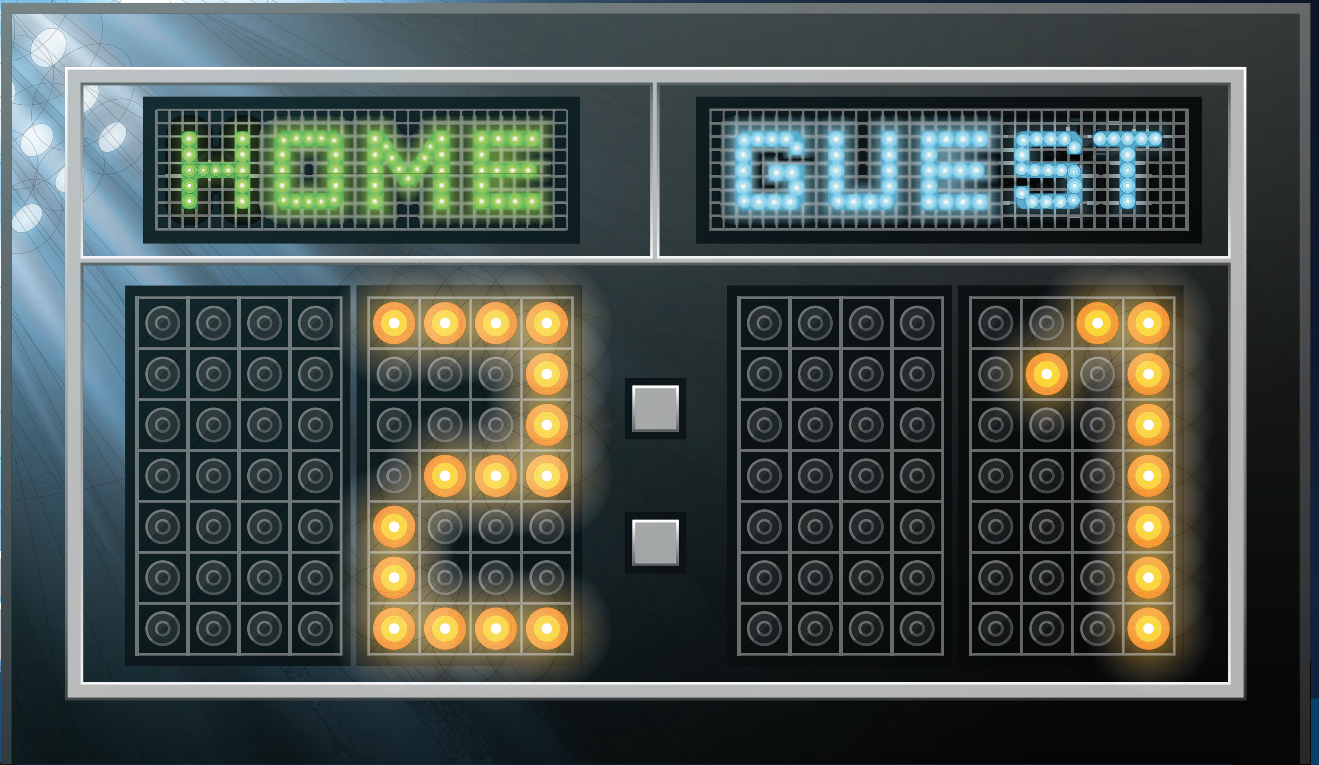
Ученики могут организовать соревнование в классе или против другой школы, чтобы увидеть, какая стратегия серии пенальти является лучшей (см. 3.1)

Другая идея заключается в попытке учеников «улучшить» правила игры в футбол, изменив размер и форму цели. Как бы выглядела серия послематчевых пенальти, если бы ворота были круглой или треугольной формы?

#### ИСТОЧНИКИ

<sup>[1]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)




<sup>[2]</sup> <https://scratch.mit.edu/scratch2download/>



# ФОНДОВАЯ БИРЖА ГОЛОВ

СТИВЕН КИМБРУ \* МАРКО НИКОЛИНИ \* ДАМЬЯН ШТРУС



-  электронные таблицы, статистика голов, средние, графики, относительная частота, совпадение, вероятность, квота
-  математика, статистика, ИКТ
-  15–19 лет

## 1 | КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Этот учебный блок даст ученикам возможность работать с реальными футбольными данными, которые находятся в свободном доступе в Интернете [1] или в ежедневных газетах, осмысливать их и задавать вопросы.

## 2 | ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ

Футбол – это самый популярный в мире глобальный вид спорта, который выходит за рамки национальных, культурных, гендерных и социально-экономических классовых границ. С постоянно расширяющейся аудиторией по всему миру, привлекательность футбола продолжает расти, так что футбол теперь стал одним из самых мощных бизнесов в спортивной индустрии во всем мире.

Европейский футбольный рынок оценивается в 19,4 миллиарда евро [2]. Многие люди во всем мире зависят от этой индустрии, чтобы заработать на жизнь, включая игроков, тренеров, судей, маркетинговые компании, средства массовой информации и, наконец, не в последнюю очередь, букмекерские конторы. Индустрия спортивных ставок стоит где-то от 606 до 870 миллиардов евро в год. Работа букмекеров включает в себя предсказание того, выиграет ли команда или проиграет, и расчет коэффициентов ставок на этой основе. Успешный букмекер нуждается не только в удаче, но и в острых математических навыках для того, чтобы анализировать сложные наборы данных, принимая во внимание множество комбинаторных факторов и сложных переменных.

## 3 | ЧТО ДЕЛАЮТ УЧЕНИКИ

Наиболее важным навыком, который ученики сначала должны развить, является знакомство с проектированием и построением базы данных с использованием электронных таблиц. Тип футбольных данных, доступных

в интернете, включает в себя широкий спектр переменных, включая даты игр, результаты домашних и выездных матчей, результаты за полное время игры и за половину игры, количество ударов, угловых, фолов, офсайдов, желтых и красных карточек и, конечно же, коэффициенты ставок. Ученики могут взять нужные наборы данных из этих источников и импортировать их в свою собственную электронную таблицу.

### 3|1 Ввод данных

Сначала попросите учеников составить таблицу с результатами игр. Пример электронной таблицы приведен на РИС. 1. Эта таблица основана на немецкой Бундеслиге 1 в сезоне 2014/15.

Названия всех команд перечислены в левой колонке (команда хозяев) и верхней строке (команда гостей) в алфавитном порядке.

Результаты каждой игры заносятся в две соответствующие ячейки: в левой ячейке указывается количество голов, забитых хозяевами поля, а в правой – количество голов, забитых командой гостей. Например, когда Мюнхенская «Бавария» играла у себя с «Аугсбургом», результат был 0:1. Когда «Аугсбург» играл у себя с Мюнхенской «Баварией», счет был 0:4.

### 3|2 Расчеты

**Попросите учеников:**

1. Разработать формулу для расчета количества матчей, сыгранных за весь сезон в Бундеслиге 1 (Подсказка: все 18 команд играют друг против друга).

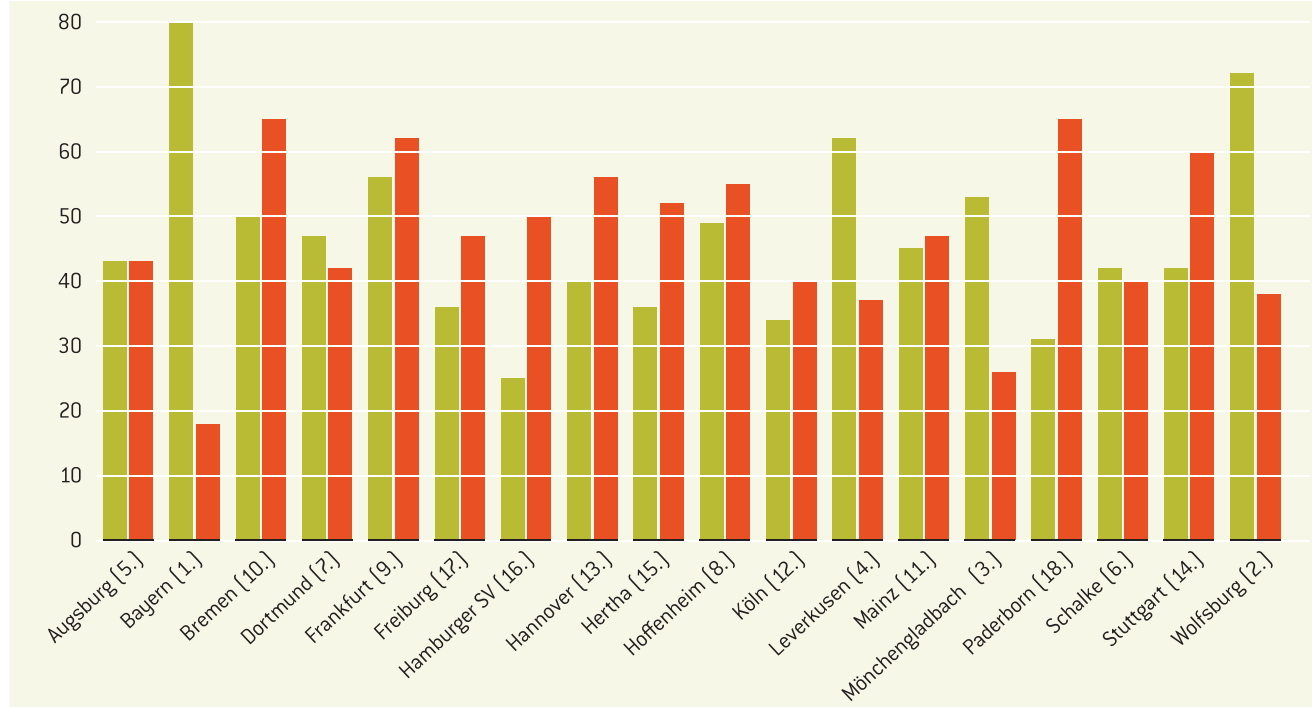
Решение: у каждой команды есть 17 соперников, которые все играли как дома, так и в гостях, поэтому каждая команда играет  $2 \times 17 = 34$  игры (Бундеслига 1 имеет 34 раунда). Так как участвуют 18 команд, в каждом раунде девять матчей. Таким образом, всего в сезоне было сыграно 306 матчей.

2. Рассчитайте статистику голов (забитых и пропущенных мячей) для каждой команды за весь сезон.

РИС. 1. Электронная таблица с результатами игры; Немецкая Бундеслига 1, сезон 2014/15

	away team home team	Augsburg	Bayern	Bremen	Dortmund	Frankfurt	Freiburg	Hamburger SV	Hannover	Hertha	Hoffenheim	Köln	Leverkusen	Mainz	Mönchengladbach	Paderborn	Schalke	Stuttgart	Wolfsburg
1	Augsburg		0 4	4 2	2 3	2 2	2 0	3 1	1 2	1 0	3 1	0 0	2 2	0 2	2 1	3 0	0 0	2 1	1 0
2	Bayern	0 1		6 0	2 1	3 0	2 0	8 0	4 0	1 0	4 0	4 1	1 0	2 0	0 2	4 0	1 1	2 0	2 1
3	Bremen	3 2	0 4		2 1	1 0	1 1	1 0	3 3	2 0	1 1	0 1	2 1	0 0	2 4	0 0	3 2	0 3	5
4	Dortmund	0 1	0 1	3 2		2 0	3 1	0 1	0 1	2 0	1 0	0 0	0 2	4 2	1 0	3 0	3 0	2 2	2 2
5	Frankfurt	0 1	0 4	5 2	2 0		1 0	2 1	2 2	4 4	3 1	3 2	2 1	2 2	0 0	4 0	1 0	4 5	1 1
6	Freiburg	2 0	2 1	0 1	0 3	4 1		0 0	2 2	2 2	1 1	1 0	0 0	2 3	0 0	1 2	2 0	1 4	1 2
7	Hamburger SV	3 2	0 0	2 0	0 0	1 2	1 1		2 1	0 1	1 1	0 2	1 0	2 1	1 1	0 3	2 0	0 1	0 2
8	Hannover	2 0	1 3	1 1	2 3	1 0	2 1	2 0		1 1	1 2	1 0	1 3	1 1	0 3	1 2	2 1	1 1	1 3
9	Hertha	1 0	0 1	2 2	1 0	0 0	0 2	3 0	0 2		0 5	0 0	0 1	1 3	1 2	2 0	2 2	3 2	1 0
10	Hoffenheim	2 0	0 2	1 2	1 1	3 2	3 3	3 0	4 3	2 1		3 4	0 1	2 0	1 4	1 0	2 1	2 1	1 1
11	Köln	1 2	0 2	1 1	2 1	4 2	0 1	0 0	1 1	1 2	3 2		1 1	0 0	0 0	0 0	2 0	0 0	2 2
12	Leverkusen	1 0	2 0	3 3	0 0	1 1	1 0	4 0	4 0	4 2	2 0	5 1		0 0	1 1	2 2	1 0	4 0	4 5
13	Mainz	2 1	1 2	1 2	2 0	3 1	2 2	1 2	0 0	0 2	0 0	2 0	2 3		2 2	5 0	2 0	1 1	1 1
14	Mönchengladbach	1 3	0 0	4 1	3 1	1 3	1 0	1 0	2 0	3 2	3 1	1 0	3 0	1 1		2 0	4 1	1 1	1 0
15	Paderborn	2 1	0 6	2 2	2 2	3 1	1 1	0 3	2 0	3 1	0 0	0 0	0 3	2 2	1 2		1 2	1 2	1 3
16	Schalke	1 0	1 1	1 1	2 1	2 2	0 0	0 0	1 0	2 0	3 1	1 2	0 1	4 1	1 0	1 0		3 2	3 2
17	Stuttgart	0 1	0 2	3 2	2 3	3 1	2 2	2 1	1 0	0 0	0 2	0 2	3 3	2 0	0 1	0 0	0 4		0 4
18	Wolfsburg	1 0	4 1	2 1	2 1	2 2	3 0	2 0	2 2	2 1	3 0	2 1	4 1	3 0	1 0	1 1	1 1	3 1	

РИС. 2. График забитых (зеленого цвета) и пропущенных (красного цвета) мячей каждой команды; Немецкая Бундеслига 1, сезон 2014/15



На РИС. 2. показаны все мячи, которые забила каждая команда (выделено зеленым цветом), и все мячи, которые пропустила каждая команда (выделено красным цветом). Затем ученики могут сравнить результаты своей электронной таблицы с реальными данными из онлайн баз данных, чтобы проверить свои расчеты.

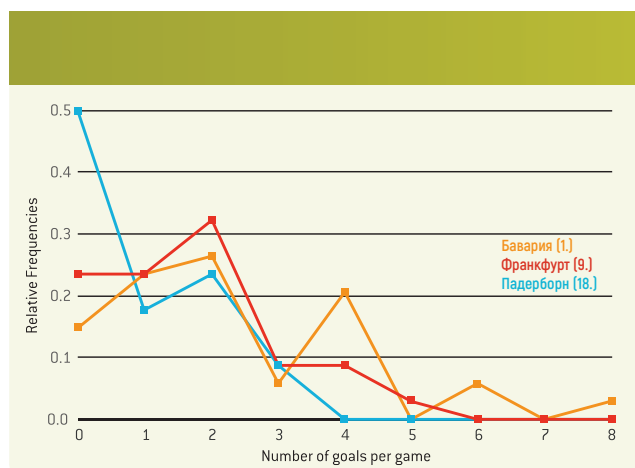
3. Рассчитайте среднее количество голов за игру за весь сезон.

Решение: 2,75.

4. Рассчитайте среднее количество голов за игру, которые забила и пропустила каждая отдельная команда. Ученики строят график забитых и пропущенных мячей за игру для каждой команды. Попросите учеников сравнить график с позицией каждой команды в итоговой таблице и дать им время определить связь между формой графика и ранжированием в итоговой таблице (на РИС. 2).
5. Рассчитайте относительную частоту  $p(n)$  количества голов в игре. Ученики могут подсчитать количество игр, в которых каждая команда забила 0, 1, 2, 3 гола и т.д. Они составляют таблицу для каждой команды и строят график с относительными частотами и количеством голов в игре для всех команд. РИС. 3 показывает, что «Бавария» провела в общей сложности 34 матча и не забила в пяти матчах, забила один гол в восьми матчах, два гола в девяти матчах и т.д. Предложите ученикам использовать формулы, которые предлагает программа электронных таблиц, чтобы спроектировать предложенную таблицу на РИС. 3.

РИС. 3. Относительные частоты для трех команд

Relative Frequency						
	Бавария (1.)		Франкфурт (9.)		Падерборн (18.)	
$n$	$N \cdot p(n)$	$p(n)$	$N \cdot p(n)$	$p(n)$	$N \cdot p(n)$	$p(n)$
0	5	0.15	8	0.24	17	0.50
1	8	0.24	8	0.24	6	0.18
2	9	0.26	11	0.32	8	0.24
3	2	0.06	3	0.09	3	0.09
4	7	0.21	3	0.09	0	0.00
5	0	0.00	1	0.03	0	0.00
6	2	0.06	0	0.00	0	0.00
7	0	0.00	0	0.00	0	0.00
8	1	0.03	0	0.00	0	0.00
	34	1	34	1	34	1



Сумма второго столбца – это количество игр за весь сезон, сыгранных одной командой, сумма третьего столбца – 1.

6. Выясните, какую информацию (уже рассчитанную заранее) получат ученики, если они умножат число голов  $n$  на соответствующую относительную частоту  $p(n)$  в каждой строке таблицы. Затем суммируйте все произведения:

$$\sum_{n=0}^{\infty} n \cdot p(n).$$

Решение: они узнают среднее количество голов  $\bar{n}$  каждой команды, забитых за сезон.

7. Используйте среднее количество голов для расчета так называемого совпадения в исходе игр. Совпадение – это относительно эффективное отклонение, и согласно распределению Пуассона оно равно  $\sqrt{\frac{1}{n}}$ .

Исход каждой игры предсказать сложнее, так как значение совпадения возрастает. Это лишь приблизительная оценка, однако можно утверждать, что футбол основан на совпадениях. Совпадение в реальных играх часто может достигать 100%. В то же время совпадение выше, когда футбольная команда находится ниже в таблице.

8. Постройте график, чтобы показать, как меняется положение каждой команды в таблице в течение сезона (для каждого из 34 туров). Обсудите с учениками некоторые возможные причины, которые могли вызвать этот подъем или падение в таблице.

### 3 | 3 Вероятность

9. Ученики уже подсчитали среднее количество голов, которые каждая отдельная команда забила за матч. Допустим, что  $r_1$  – среднее количество голов, забитых первой командой за матч, а  $r_2$  – среднее количество голов, забитых второй командой за матч. Мы определяем  $R$  как частное:  $R = \frac{r_1}{r_2}$ .

Вероятность того, что первая команда забьет следующий гол, вычисляется с помощью  $p_1 = \frac{R}{R+1}$  а вероятность того, что вторая команда забьет следующий гол, вычисляется с помощью  $p_2 = 1 - p_1 = \frac{1}{R+1}$ .

Очевидно, что средние показатели меняются с каждым забитым голом. Однако мы не будем рассматривать это, а скорее воспользуемся предыдущими средними значениями для всего матча. Попросите учеников рассчитать вероятности  $p_1$  и  $p_2$  для каждой команды, используя данные, полученные в 33 турах, чтобы сравнить теоретические расчеты с фактическими футбольными результатами в 34-м туре Бундеслиги 1, 2014/15.

10. Если в определенный момент матча обе команды вместе забili  $n$  голов, то вероятность того, что все голы были забиты первой командой, равна  $p_1^n$ , а вероятность того, что все голы были забиты второй командой, равна  $p_2^n$ . Вероятность того, что первая команда забила  $k$  из  $n$  голов, равна  $\binom{n}{k} p_1^k p_2^{n-k}$ .

11. Вероятность того, что команда, забившая  $r$  голов за матч, забьет  $n$  голов за время  $t$  (между 0 = начало и 1 = конец матча) равна  $p = \frac{(rt)^n}{n!} e^{-rt}$ .

Попросите учеников построить график вероятности забивания  $n$  (0, 1, 2, 3 или 4) голов в течение 90 минут футбольного матча для каждой команды. Используйте данные, полученные в 33 турах, чтобы сравнить теоретические расчеты с фактическими футбольными результатами в 34-м туре Бундеслиги 1, 2014/15.

12. Учеников также можно попросить проверить вероятность результата  $n:m$ . Теория утверждает, что эта вероятность порождает следующее уравнение:

$$P_{n,m} = \frac{(r_1 t)^n (r_2 t)^m}{n! m!} e^{-(r_1+r_2)t}.$$

Это уравнение предполагает, что количество голов для каждой команды не зависит друг от друга, что, очевидно, неверно, но его можно использовать для первого приближения. Ученики должны сравнить теоретические расчеты с реальными футбольными результатами в 34-м туре Бундеслиги 1, 2014/15 (РИС.5).

РИС.5. Футбольные результаты 34-го тура Бундеслиги 1 в сезоне 2014/15 [3]

Bayern	Mainz	2 : 0
Dortmund	Bremen	3 : 2
Frankfurt	Leverkusen	2 : 1
Hamburger SV	Schalke	2 : 0
Hannover	Freiburg	2 : 1
Hoffenheim	Hertha	2 : 1
Köln	Wolfsburg	2 : 2
Mönchengladbach	Augsburg	1 : 3
Paderborn	Stuttgart	1 : 2

### 3 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Непрерывное изучение и анализ наборов данных, безусловно, может помочь предсказать результаты футбольных матчей. Однако, чтобы предсказать правильный счет для определенных игр, необходимо учитывать многие другие факторы, помимо голов (например, травмы, физическую форму игроков, состояние поля, погодные условия и т. д.). Если бы существовала волшебная формула, то было бы гораздо больше миллионеров, делающих ставки. Точно так же работу для составителей коэффициентов можно было бы считать скорее искусством, чем наукой.

Однако целью этого учебного блока не было говорить о ставках на футбол, поэтому давайте остановимся тут.

## 5 | ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Ученики из разных стран могут собирать результаты всех матчей своей высшей национальной футбольной лиги. Затем они должны рассчитать статистику голов (забитых и пропущенных) для каждой команды за весь сезон, рассчитать среднее количество голов в игре за весь сезон и рассчитать среднее количество голов в игре, которые забила и пропустила каждая отдельная команда.

Наконец, они должны сравнить результаты своих расчетов и проанализировать свою национальную лигу. Все ли команды более или менее равны, или есть несколько очень сильных команд, несколько очень слабых команд и большое количество средних команд? Может быть, ученики даже откроют для себя третий, четвертый или пятый вариант ...

## ИСТОЧНИКИ

<sup>[1]</sup> [www.football-data.co.uk/](http://www.football-data.co.uk/)

<sup>[2]</sup> [www.soccerex.com/about/what-soccerex/football-industry](http://www.soccerex.com/about/what-soccerex/football-industry) (08/11/2015)

<sup>[3]</sup> [www.rezultati.com/nogomet/njemacka/bundesliga-2014-2015/](http://www.rezultati.com/nogomet/njemacka/bundesliga-2014-2015/) (12/11/2015)

■ ALI JE NOGOMET IGRA NA SREČO, Janez Strnad, Presek, ISSN 0351-6652, year 13 (1985/1986), number 1, pp. 9–15

■ Matematika i nogomet (<http://pptfilesearch.com/single/79931/nogomet-i-matematika>), Franka Miriam Brückler, Osijek, 1.6.2006 (08/03/2016)

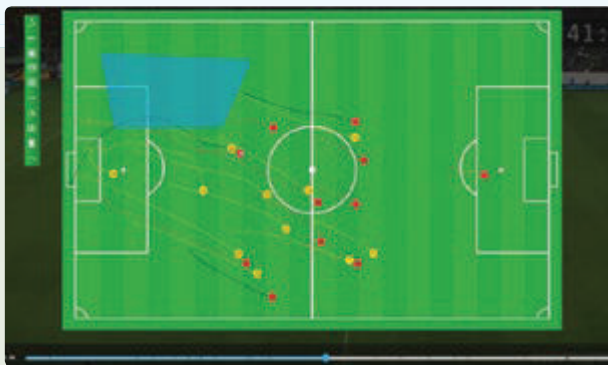




# ИТ ПОМОГУТ ЗАБИТЬ ГОЛЫ

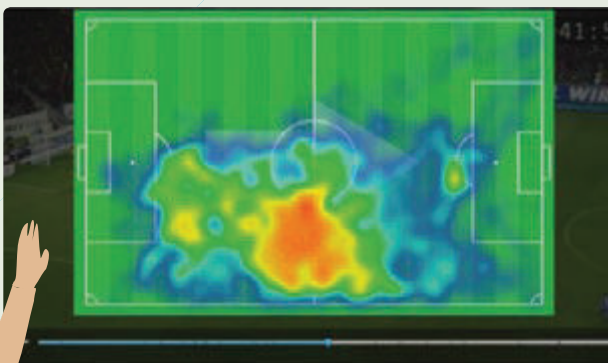
Информационные технологии стали важнейшим инструментом в футболе, помогая командам подготовиться к игре и позволяя анализировать ее в перерыве. Благодаря целенаправленной кластеризации и анализу больших данных тренеры могут идеально настроить движения отдельных игроков и команды в целом на движения противника и сделать эти реакции автоматическими. В случае аналитических инструментов, таких как Match Insights, основное внимание уделяется анализу видеоматериалов. Во время тренировки датчики, прикрепленные к телам игроков, дают информацию не только об их положении и движениях, но и о частоте пульса. Статистика по отдельным игрокам и командам делает возможным составление профилей их работы и проведение сравнений. Тренеры используют эту информацию для разработки идеального тренировочного плана и тактики для использования в предстоящем матче.

## ВИДЕОАНАЛИЗ (MATCH INSIGHTS)



### ТАКТИЧЕСКИЕ ДОСКИ

Они показывают характер движения игроков, такие как задние линии, пробеги и расстояния, которые игроки покрывают. Паттерны дают тренеру информацию, например, в каких ситуациях команда противника переходит от маркировки человека к зональной маркировке, чтобы получить возможность забить гол.



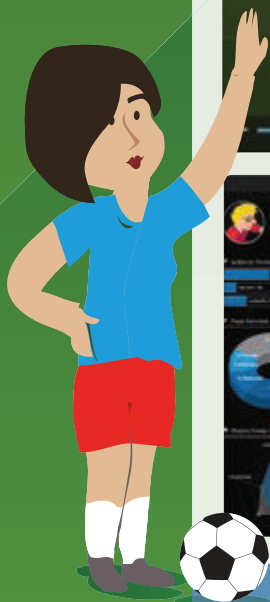
### ТЕПЛОВЫЕ КАРТЫ

Они отображают производительность отдельных игроков, показывая их траектории движения и площадь поля, которую они покрывают. Это говорит тренеру, что они лучше в обороне или атаке. Таким образом, тренер может полностью использовать потенциал своих игроков и назначать им подходящие роли в игре.

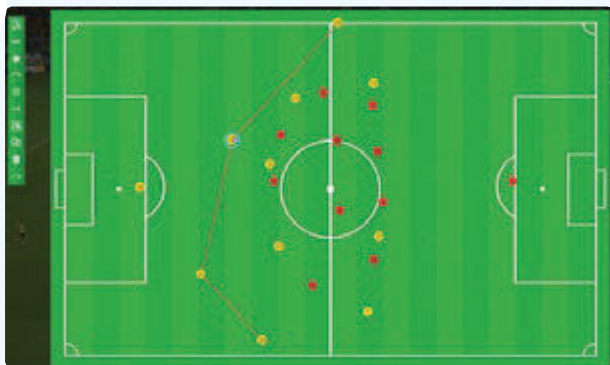


### СТАТИСТИКА ИГРОКОВ

Показатели результативности игрока записываются на протяжении всего матча. Это позволяет тренеру увидеть всю информацию – например, удары по воротам, пройденное расстояние, количество пасов и индивидуальные показатели по отношению к показателям команды в целом. Запись также указывает на риск получения игроком травмы.



## АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЙ И СРАВНЕНИЕ КОМАНД



Тренер сравнивает последние десять матчей двух команд, например, в реальных или потенциальных голевых ситуациях. Сравнение может показать, что у команды противника слабость в стандартных ситуациях или она забивает большинство своих голов ближе к концу игры. В таких случаях тренер может проинструктировать свою команду о том, как сгенерировать стандартные ситуации в игре и научиться замедлять игру по мере ее приближения к концу.

**РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В ТАКТИКЕ КОМАНДЫ**

## ТЕХНИКА ВОСПРИЯТИЯ И УДАРОВ

Крупные клубы уже используют ИТ-приложения на специализированных тренировках.



### FOOTNAUT (ФУТБОНАВТ)

Это трехмерное квадратное, похожее на клетку тренерское сооружение, которое стреляет мячами в игроков. Оно используется для тренировки техники и координации в первом касании, управления мячом и точности выстрела.

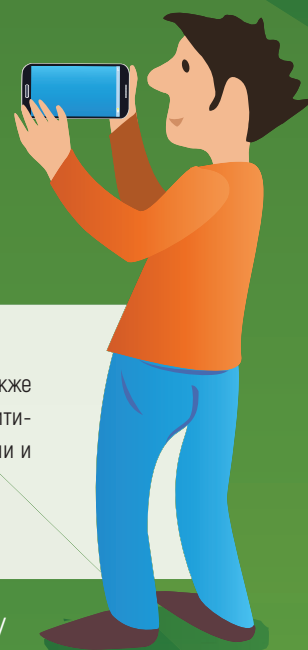
### HELIX (СПИРАЛЬ)

Это инструмент моделирования на поле для умственной тренировки, чтобы улучшить понимание игроком игры на расстоянии и во время быстрой игры.

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТРЕНИНГ ПОВЕДЕНИЯ**



Вне официальных тренировок игроки также общаются с тренерами и видео аналитиками, чтобы улучшить свои показатели и подготовиться к следующей игре.



# ДАЛЬНЕЙШИЕ РЕСУРСЫ И МАТЕРИАЛЫ



Авторы создали дополнительные ресурсы и материалы для учебных блоков. Вы можете найти их в виде бесплатных загрузок по адресу: [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)

## МЕРОПРИЯТИЯ В РАМКАХ ПРОЕКТА ISTAGE 3 – ФУТБОЛ В ОБУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННЫМ НАУКАМ

Мозговой штурм по темам в рамках заключительной встречи по проекту iStage 2-Смартфоны в обучении естественным наукам в Берлине, Германия

▼ 5 декабря 2014 года

Первый семинар в Берлине, Германия

▼ 24–26 апреля 2015 года

Презентация издания в Брюсселе в представительстве земли Гессен в Европейском Союзе

▼ 2 июня 2016 года



▲ 3 февраля 2015 года

Встреча координаторов в Дортмунде, Германия

▲ 6–8 ноября 2015 года

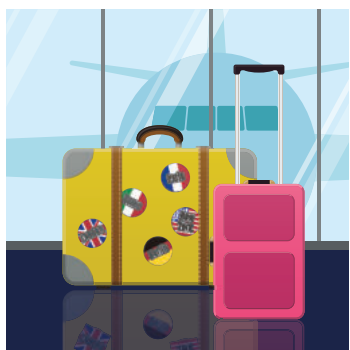
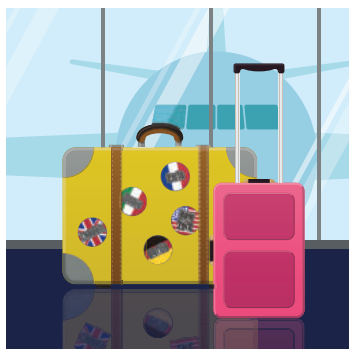
Второй семинар в Берлине, Германия

▲ В течение 2016–2017

Тренинги для учителей по всему Европейскому Союзу

# ПАРНЫЕ КАРТЫ

См. учебный блок «Растапливая след углеродного выброса», стр. 12.  
 Доступно к загрузке на [www.science-on-stage.de/iStage3\\_materials](http://www.science-on-stage.de/iStage3_materials)









## SCIENCE ON STAGE EUROPE

### SCIENCE ON STAGE – ЕВРОПЕЙСКОЕ СООБЩЕСТВО ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

- ... это сеть и для учителей науки, технологии, инженерии и математики (STEM) всех уровней школьного образования.
- ... обеспечивает Европейскую платформу для обмена педагогическими идеями.
- ... подчеркивает важность науки и технологий в школах и среди общественности.

Главным спонсором Science on Stage Deutschland является Федерация ассоциаций немецких работодателей в металлургической и электротехнической промышленности (GESAMTMETALL) с ее инициативной группой ING.

Присоединяйтесь – найдите свою страну на:  
**[WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU](http://WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU)**

-  [www.facebook.com/scienceonstageeurope](http://www.facebook.com/scienceonstageeurope)
-  [www.twitter.com/ScienceOnStage](http://www.twitter.com/ScienceOnStage)

Подписывайтесь на нашу рассылку:

-  [www.science-on-stage.eu/newsletter](http://www.science-on-stage.eu/newsletter)

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:



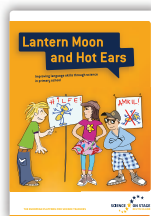
**iStage** - учебные материалы по ИКТ (информационно-коммуникационным технологиям) в естественных науках

- биология и здоровье
- наша окружающая среда
- от велосипеда до космоса



**iStage 2** – Смартфоны в обучении естественным наукам

- Учебные материалы по использованию смартфонов в обучении естественным наукам



**Лунный свет и горячие уши**

- развитие языковых навыков через науку в начальной школе
- эксперименты, рабочие тетради, тексты и т. д.

Доступно к бесплатной загрузке на:  
[www.science-on-stage.de/materials](http://www.science-on-stage.de/materials)





MAIN SUPPORTER OF  
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think  
ING.

Die Initiative für  
Ingenieurnachwuchs

Proudly supported by

