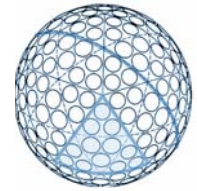




Инженерные науки в спорте



Предлагается веб-сайтом «Попробуй себя инженером»

www.tryengineering.org

Тема занятия

Занятие посвящено изучению того, как принципы авиационно-космической техники повлияли на конструкции мяча для гольфа и другого спортивного инвентаря. Учащиеся получают сведения о работе инженеров аэрокосмической техники, внесших изменения в спортивные принадлежности, проанализируют назначение ямок на мяче для гольфа, а затем в команде определяют, смогут ли такие ямки на самолетах повысить КПД топлива в авиации. Они также изучают физические свойства отскока, поскольку он свойствен ряду спортивных мячей.

Обзор занятия

На занятии «Инженерные науки в спорте» рассматривается концепция влияния авиационно-космической техники на спорт на примере мяча для гольфа. Учащиеся узнают о том, как профессиональные инженеры сотрудничают с промышленностью для развития продуктов. Учащиеся в команде изучат физические свойства отскока, узнают о применении принципов авиационно-космической техники при конструировании самолетов, а также представят свои самолеты и оценят рекомендации и выводы класса.

Возрастной уровень

11–18 лет.

Задачи

- ✦ Узнать, какое влияние инженерная наука оказала на конструкцию спортивных принадлежностей.
- ✦ Узнать об аэродинамике, аэродинамическом сопротивлении и трении в воздушном потоке.
- ✦ Узнать физические свойства отскока.
- ✦ Узнать инженерные приемы решения проблем.

Предполагаемые результаты для учащихся

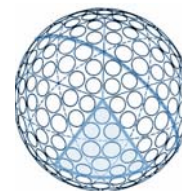
В результате такой работы учащиеся должны получить базовые знания:

- ✦ об аэродинамике;
- ✦ физических свойствах отскока;
- ✦ общественной значимости инженерных решений и технологий;
- ✦ инженерных приемах по решению проблем;
- ✦ работе в команде.



Работа в рамках занятия

Учащиеся узнают о том, как инженерные науки постоянно вносят вклад в улучшение продуктов, производимых всеми видами промышленности. Они будут работать в группе, оценивать действующую конструкцию мячей для гольфа и определять, как инженерные улучшения этой конструкции можно использовать в авиационной технике. Также они изучат физические свойства отскока.



Ресурсы / материалы

- ✦ Документы и ресурсы в помощь преподавателю (прилагаются).
- ✦ Перечень ресурсов для учащихся (прилагается).
- ✦ Листы для работы учащихся (прилагаются).

Соответствие курса учебной программе

См. прилагаемый лист о соответствии курса учебной программе.

Интернет-ресурсы

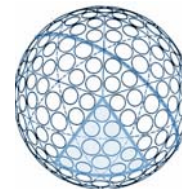
- ✦ Веб-сайт «Попробуй себя инженером» (www.tryengineering.org).
- ✦ Веб-сайт «Аэродинамика мяча для гольфа» (www.titleist.com/technology/aerodynamics.asp?bhcp=1).
- ✦ Веб-сайт «Институт Франклина: ямки на мячах для гольфа» (www.fi.edu/wright/again/wings.avkids.com/wings.avkids.com/Book/Sports/instructor/golf-01.html).
- ✦ Веб-сайт «Exploratorium: наука спорта» (www.exploratorium.edu/sport).
- ✦ Стандарты технологической грамотности Международной ассоциации преподавания технологических дисциплин: материалы по изучению технологий (www.iteaconnect.org/TAA).
- ✦ Национальные стандарты США в отношении преподавания научных дисциплин (www.nsta.org/standards).

Рекомендуемая литература

- ✦ Newton on the Tee: A Good Walk Through the Science of Golf by John Zumerchik (ISBN: 0743212142).
- ✦ The Physics of Golf by Theodore P. Jorgensen (AIP) (ISBN: 038798691X).
- ✦ Engineering of Sport by Eckehard Moritz (Editor), Steven Haake (Editor).

Факультативное составление эссе

- ✦ Напишите эссе или один абзац о том, как инженерные науки повлияли на конструкцию вашей любимой спортивной принадлежности. Добавьте необходимые подробности, исторические сведения и предположения о том, как инженерные науки могут способствовать развитию спорта в будущем.



Для преподавателей: соответствие курса учебной программе

Обратите внимание: все планы занятий данного блока составлены в соответствии с Национальными стандартами США в отношении преподавания научных дисциплин (U.S. National Science Education Standards), которые разрабатываются Национальным исследовательским советом (National Research Council) и утверждаются Национальной ассоциацией преподавателей научных дисциплин (National Science Teachers Association), и, если применимо, Стандартами технологической грамотности Международной ассоциации преподавания технологических дисциплин (International Technology Education Association's Standards for Technological Literacy), Принципами и стандартами школьного преподавания математических дисциплин Национального совета преподавателей математики (National Council of Teachers of Mathematics' Principles and Standards for School Mathematics) и учебной программой по научным и технологическим и инженерным дисциплинам штата Массачусетс (Massachusetts Science and Technology/Engineering Framework).

◆ Национальные стандарты США в отношении преподавания научных дисциплин, классы 5—8 (возраст 10—14 лет)

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ А: наука как процесс познания

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- ✦ развить способности, необходимые для научного познания;
- ✦ понять, в чем заключается научное познание в конкретном случае.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ В: физика

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ✦ свойства вещества и их изменение;
- ✦ движение и сила;
- ✦ передача энергии.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ Е: наука и технология

В результате учебных мероприятий уровня 5—8-х классов учащиеся должны:

- ✦ развить навыки выполнения технологических разработок;
- ✦ выработать понимание вопросов, касающихся науки и технологий.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ F: взгляд на науку в контексте ее личной и общественной значимости

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ✦ наука и технология в жизни общества.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ G: история науки и ее природа

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ✦ история науки.

◆ Национальные стандарты США в отношении преподавания научных дисциплин, классы 9—12 (возраст 14—18 лет)

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ А: наука как процесс познания

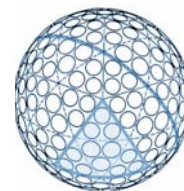
В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- ✦ развить способности, необходимые для научного познания;
- ✦ понять, в чем заключается научное познание в конкретном случае.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ В: физика

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ✦ движение и сила;
- ✦ сохранение энергии и расширение разупорядоченности;
- ✦ взаимодействие энергии и вещества.



Для преподавателей: соответствие курса учебной программе (продолжение)

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ E: наука и технология

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны:

- ✦ развить навыки выполнения технологических разработок;
- ✦ выработать понимание вопросов, касающихся науки и технологий.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ F: взгляд на науку в контексте ее личной и общественной значимости

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ✦ роль науки и технологий при решении проблем на местном уровне, уровне страны и в мировом масштабе.

СОДЕРЖАНИЕ. УРОВЕНЬ G: история науки и ее природа

В результате работы в рамках этого уровня учащиеся должны получить базовые знания по таким темам, как:

- ✦ наука как человеческое изобретение.

◆ **Стандарты технологической грамотности: любой возраст**

Природа технологии

- ✦ Уровень 1: учащиеся получают базовые знания о характеристиках и объеме применения технологий.
- ✦ Уровень 3: учащиеся узнают о связи технологий между собой и с другими областями знаний.

Технология и общество

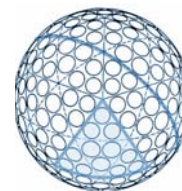
- ✦ Уровень 4: учащиеся получают базовые знания о культурной, социальной, экономической и политической роли технологии.
- ✦ Уровень 7: учащиеся получают базовые знания о влиянии технологии на ход исторических событий.

Проектирование

- ✦ Уровень 8: учащиеся приобретают базовые знания о важных элементах проектирования.
- ✦ Уровень 9: учащиеся приобретают базовые знания об инженерном проектировании.
- ✦ Уровень 10: учащиеся узнают о работе по устранению неполадок, исследовательских усилиях, изобретательском процессе и реализации нововведений, а также экспериментальной деятельности в области решения проблем.

Навыки для жизни в технологически развитом мире

- ✦ Уровень 11: учащиеся приобретают навыки применения результатов технических разработок.
- ✦ Уровень 13: учащиеся получают умение оценивать практическое значение различных изделий и систем.



Ресурсы для преподавателей

◆ Смысл занятия

Студенты узнают о том, что инженерные науки постоянно вносят вклад в развитие продуктов, производимых всеми видами промышленности. Учащиеся работают в группе, оценивают действующие конструкции мячей для гольфа и определяют, как их инженерные улучшения можно использовать в авиастроении. Они также изучают физические свойства отскока, поскольку он свойствен ряду спортивных мячей.

◆ Цели занятия

- ✦ Узнать, какое влияние инженерная наука оказывает на конструкцию спортивных принадлежностей.
- ✦ Узнать об аэродинамике, аэродинамическом сопротивлении и трении в воздушном потоке.
- ✦ Узнать о физических свойствах отскока.
- ✦ Узнать инженерные приемы решения проблем.

◆ Материалы

- Перечень ресурсов для учащихся.
- Листы для работы учащихся.
- Набор материалов для каждой группы учащихся (не менее четырех видов мячей из следующего списка):
 - измерительная штанга или лента, обычный мяч для гольфа, тренировочный или пустой мяч для гольфа, теннисный мяч, баскетбольный, бейсбольный, футбольный, каучуковый или резиновый мяч.



◆ Работа

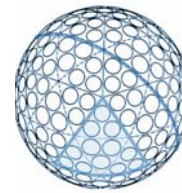
1. Предоставьте учащимся вспомогательную литературу. Ее можно прочитать в классе или дать заранее в качестве домашнего задания.
2. Разделите учащихся на группы из 2—3 человек; раздайте каждой комплект материалов.
3. Учащиеся должны будут дать прогноз, как разные мячи будут отскакивать при броске с одинаковой высоты, и объяснить это. Группы рассмотрят два вида энергии (кинетическую и потенциальную) и обсудят упругость и отскок каждого мяча. Они также проведут испытание на отскок, оценят свои выводы и представят их классу.

◆ Дополнительная работа

4. Попросите учащихся заполнить рабочие листы, где они должны в качестве группы инженеров оценить возможность использования ямок на поверхности крыльев самолетов и порекомендовать, стоит ли применять их с целью повысить эффективность полета и уменьшить потребление топлива.
5. Каждая группа инженеров из учащихся представляет свои рекомендации классу и отражает в них влияние инженерных наук на спортивную промышленность.

◆ Необходимое время

Одно — два занятия по 45 минут.



Для преподавателей: листы для работы учащихся с ответами или подсказками

Ваша задача — выступить в роли команды инженеров авиационно-космической техники и определить, поможет ли добавление ямок на крылья самолетов сократить расход топлива. Вам нужно ответить на несколько вопросов, а затем представить результаты своего анализа другим группам инженеров в классе.

1. Как вы считаете, трение какого мяча в воздушном потоке будет наименьшим: гладкого или с ямками? Почему?

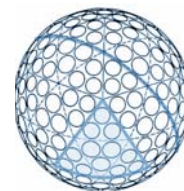
(Для преподавателя: испытания показывают, что гладкий мяч для гольфа пролетает примерно в два раза меньше, чем мяч с ямками. Испытания в аэродинамической трубе показали, что, действительно, у мячей с ямками существенно снижается аэродинамическое сопротивление за счет создания турбулентного пограничного слоя, уменьшающего след. Ямки на мяче для гольфа понижают аэродинамическое сопротивление, которое обычно действует на гладкий мяч. Когда гладкий мяч движется по воздуху, в его следе образуется зона разрежения — область с низким давлением воздуха. Это создает сопротивление, которое уменьшает скорость движения мяча. За счет уменьшения следа разница давлений становится меньше, что приводит к снижению силы аэродинамического сопротивления. Ямки создают турбулентность в воздухе вокруг мяча. В сущности, они позволяют воздуху очень плотно обтекать мяч. Это означает, что воздух не проносится мимо него, а следует по его изгибам в направлении спереди назад. Это приводит к уменьшению следа и аэродинамического сопротивления. Мячи с ямками испытывают аэродинамическое сопротивление примерно в два раза меньше, чем у гладких мячей.)

2. Учитывая влияние ямок на мяч для гольфа, порекомендуете ли вы применять их на крыльях самолетов? Напишите аргументы за или против этой идеи, которые будут представлены классу. Обоснуйте свой ответ.

(Для преподавателя: одна из причин того, почему ямки на мячах для гольфа снижают аэродинамическое сопротивление, — это их круглая форма мяча. При движении по воздуху форма работает против мяча. Шары и сферы не лучшие формы для эффективного полета. Самолеты испытывают меньшее аэродинамическое сопротивление за счет конической формы, которая обеспечивает постепенное схождение воздуха, обтекающего самолет. Позади него возникает меньшая турбулентность, и это приводит к уменьшению аэродинамического сопротивления. Футбольные мячи имеют лучшую аэродинамику, чем мячи для гольфа. Кроме того, обтекаемые формы, такие как у крыльев самолета, сталкиваются с другим видом аэродинамического сопротивления — сопротивлением поверхностного трения. В некотором смысле пластины, которые вставлены в крылья самолетов (турбулизаторы) выполняют ту же функцию, что ямки: они разбивают воздушный поток. В футбольных мячах ту же задачу решают швы. Другая причина, по которой добавление ямок на крыло не подействует ощутимо на его аэродинамику, заключается в том, что, в отличие от мяча для гольфа, самолет движется за счет работы двигателя. Мячи для гольфа начинают замедляться сразу после удара по ним, и ямки помогают мячу дольше удерживаться в воздухе. Самолеты же летят, пока работают их двигатели.)

3. Приведите два примера того, как инженерные науки повлияли на конструкцию другой спортивной принадлежности. Назовите два предмета спортивного инвентаря, которые изменились за последние 10 лет благодаря применению инженерных знаний.

(Для преподавателя: в качестве примеров можно привести футбольные мячи, очки для плавания и купальные костюмы, теннисные ракетки, лыжи, защитные шлемы.)



Материалы для учащихся: аэродинамика мяча для гольфа

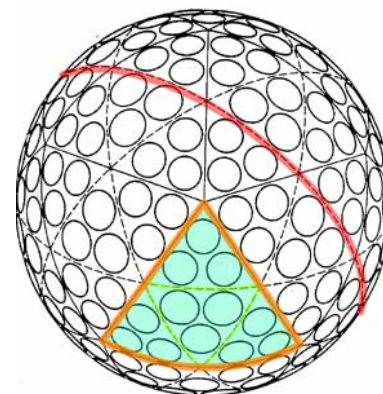
◆ Индуктивное сопротивление

В аэродинамике индуктивное сопротивление (или сопротивление подъему) — это сила сопротивления, возникающая, когда тело или крыло конечного размаха создает подъем. Индуктивное сопротивление применимо как к самолетам и мячам для гольфа, так и, например, к руке, которую высовывают из движущегося автомобиля.



◆ Аэродинамика ямок

Удар, который получает мяч для гольфа, меньше чем за миллисекунду определяет его скорость, угол полета и скорость вращения, что задает траекторию полета и поведение при ударе о землю. При движении по воздуху мяч сталкивается с двумя основными аэродинамическими силами: подъема и сопротивления. Сила сопротивления замедляет движение вперед, а сила подъема действует в перпендикулярном ему направлении. Величина этих сил зависит от пограничного слоя воздуха, движущегося вместе с мячом.

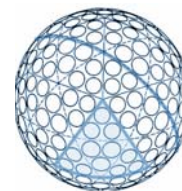


Как показано на рисунке справа, мячи производятся в формах, состоящих из двух частей. А поскольку на больших красных кругах нет ямок, то форма может состоять из двух полушарий.

Все современные мячи для гольфа имеют ямки, которые изменяют поведение пограничного слоя и, следовательно, силу подъема и силу сопротивления мяча. В физике и механике жидкостей пограничный слой — это слой жидкости, которых находится в непосредственной близости к пограничной поверхности. Пограничный слой крыла самолета — это часть потока у крыла. Силы подъема и сопротивления существуют и у гладкого мяча: ямки только изменяют их, но не создают.

Мячи с ямками летят дальше, чем мячи без ямок, из-за комбинации двух эффектов.

1. Во-первых, ямки задерживают отделение пограничного слоя от мяча. Раннее отделение, как можно видеть на примере гладкой сферы, приводит к возникновению у следа значительной турбулентности — основной причины аэродинамического сопротивления. Задержка отделения, вызываемая ямками, снижает турбулентность следа и, соответственно, аэродинамическое сопротивление.
2. Во-вторых, подкрутка (обратное вращение) мяча создает подъем из-за деформации воздуха вокруг него аналогично тому, как это происходит вокруг крыла самолета. Подкрутка происходит почти при каждом ударе, поскольку у каждой клюшки есть лофт — угол между стержнем и лицевой ударной поверхностью, то есть угол отклонения этой поверхности от вертикали. Подкрученный мяч испытывает направленную вверх силу подъема, которая заставляет его лететь дольше и выше, чем если бы он летел без вращения. Боковое вращение мяча возникает, когда лицевая поверхность головки клюшки размещается неперпендикулярно направлению кручения, что приводит к появлению силы подъема, заставляющей мяч крутиться. К сожалению, ямки усиливают этот эффект не меньше, чем более необходимую силу подъема. Это происходит из-за чистой подкрутки. (Существуют разработки мячей с ямками, которые, как заявляется, снижают боковое вращение.)



Материалы для учащихся: аэродинамика мяча для гольфа (продолжение)

◆ Технические данные

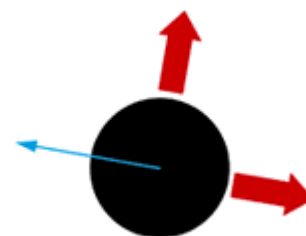
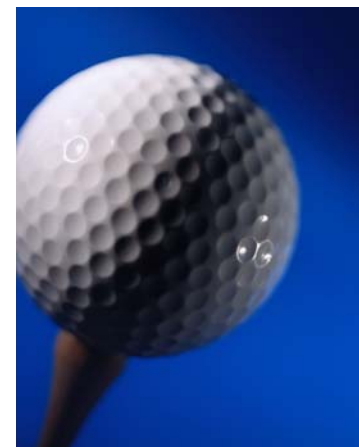
Сейчас большинство мячей для гольфа имеет около 300—450 ямок. Раньше существовали и мячи, в которых было более 500 ямок. Рекордсменом является мяч с 1070 ямками, из которых 414 были большими (четырёх размеров) и 656 — с булавочную головку. Все производители, за исключением одного, делают мячи с четным числом ямок. Лишь у одного мяча их нечетное число — 333. Минимальный разрешенный диаметр мяча для гольфа составляет 42,67 мм, а его вес не должен превышать 45,93 г. Современные мячи имеют двух-, трех- или четырехслойную конструкцию и производятся из различных синтетических материалов. На поверхности обычно находится 300—400 ямок, предназначенных для улучшения аэродинамики мяча. Конструкция и материалы заметно влияют на его игровые характеристики, такие как дистанция полета, траектория, вращение и упругость («чувство мяча»). Более твердые материалы, такие как Surlyn, обычно увеличивают расстояние полета, а более мягкие, такие как Balata, дают более сильное вращение и «чувство мяча». Мяч из таких материалов лучше останавливается при ударе о землю. В зависимости от конструкции мячи для гольфа делятся на три группы: двух-, трех- и четырехслойные. Первыми мячами для гольфа были перьевые — сделанные из кожи и набитые перьями.

◆ Происхождение силы подъема

Для непосвященных наблюдение за полетом мяча — большое удовольствие. Он находится в воздухе удивительно долго, как будто его держит какое-то силовое поле. А дальность его полета примерно в два раза больше длины футбольного поля. Все это возможно благодаря действию аэродинамической силы подъема. Но откуда она берется?

Человек никогда не перепутает мяч для гольфа с крылом самолета, а вот аэродинамическая труба может. Для воздуха в трубе, они выглядят практически одинаково. Когда простое крыло помещают в воздушный поток и выравнивают по его направлению, оно разрезает воздух и не создает подъема. Но если крыло наклонить, чтобы образовался угол атаки, начинают происходить интересные вещи. Крыло отклоняет воздух вниз, создавая направленную вверх силу реакции (третий закон Ньютона гласит: «Каждое действие имеет противодействие»; в нашем случае противодействие — это сила подъема). Мяч для гольфа выглядит иначе, чем обтекаемое крыло, но в воздушном потоке они ведут себя одинаково. Когда мяч помещают в воздушный поток, он проходит сквозь него, создавая значительные помехи (за счет своей толщины), но не силу подъема. Однако у этого явления есть и хорошая сторона: получив подкрутку, мяч искривляет воздушный поток таким же образом, как крыло под углом, отклоняя поток вниз и создавая силу подъема.

(Обратите внимание: исходные материалы по разделу аэродинамической трубы и иллюстрации справа предоставлены компанией Acushnet Company, Фэрхэвен, Массачусетс.)



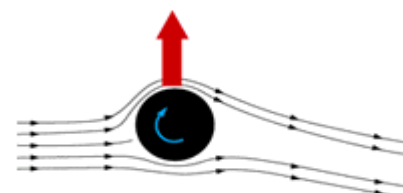
Аэродинамические силы, действующие на мяч для гольфа



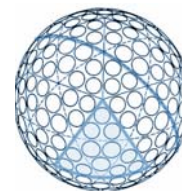
Простое крыло, выровненное по направлению воздушного потока



Мяч для гольфа без подкрутки



Мяч для гольфа с обратной подкруткой



Материалы для учащихся: физические свойства отскока

◆ Кинетическая и потенциальная энергия

Кинетическая энергия объекта — это дополнительная энергия, которая возникает благодаря движению. В физике она определяется как энергия, которой обладает тело за счет своего движения и которая равна половине произведения массы тела и квадрата его скорости.

Другой тип энергии — потенциальная. Потенциальная энергия — это энергия, которой объект наделен за его счет своего расположения (в гравитационном или электромагнитном поле) или состояния (например, растянутая или сжатая пружина или химический реагент). Потенциальная энергия мяча может быть измерена как его высота над землей. Мяч, который удерживается в воздухе, имеет потенциальную энергию, а когда падает, гравитация воздействует на него и ускоряет за счет кинетической энергии. Роня мяч, вы превращаете потенциальную энергию в кинетическую.

◆ Отскок и трение

Что такое отскок? Это изменение направления движения после удара о препятствие. Когда мяч падает, ударяется о пол и останавливается, высвобождается энергия, которая деформирует его. Молекулы мяча в одних местах сжимаются, а в других раздвигаются. Это пример трения. Трение — это сила, возникающая при поступательном перемещении одного из контактирующих тел относительно другого и действующая на это тело в направлении, противоположном направлению перемещения.

◆ Энергия отскока

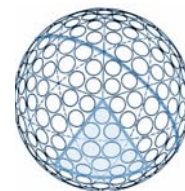
Когда вы удерживаете мяч в воздухе, он имеет потенциальную энергию, но не имеет кинетической. Когда мяч отпускают, он начинает падать из-за гравитации. Во время падения его потенциальная энергия уменьшается, а кинетическая увеличивается.

После удара о землю мяч должен отскочить на высоту немного меньше той, с которой он падал. Таким образом, после первого отскока у мяча становится меньше потенциальной энергии, чем было изначально. Что случилось? Произошла потеря энергии? Нет, разницу между потенциальной и кинетической энергией можно объяснить трением. Когда мяч отскакивает, его форма незначительно меняется. Сжатие и изменение формы происходят за счет трения, которое превращает часть кинетической энергии в тепло или в тепловую энергию.

Количество кинетической энергии, которая будет преобразована в тепловую, зависит от материала, из которого сделан мяч. Бейсбольный мяч отскочит примерно на треть высоты, с которой падал, а теннисный — примерно на половину.



Инженерные науки в спорте



Листы для работы учащихся «Вы — группа инженеров!»

Ваша задача — в качестве команды инженеров авиационно-космической техники определить, поможет ли добавление ямок на крылья самолетов сократить расход топлива. Вам нужно ответить на несколько вопросов и затем представить результаты своего анализа другим группам инженеров в классе.

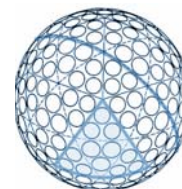
1. Как вы считаете, трение какого мяча в воздушном потоке будет меньшим: гладкого или с ямками? Почему?



2. Учитывая влияние ямок на мяч для гольфа, порекомендуете ли вы использовать их на крыльях самолетов? Напишите доводы в пользу этой идеи или против нее, которые будут представлены классу.



3. Приведите два примера того, как инженерная наука повлияла на конструкцию другой спортивной принадлежности. Назовите два предмета спортивного инвентаря, которые изменились за последние 10 лет благодаря применению инженерных знаний.



Листы для работы учащихся «Испытание на отскок»

Вы — команда инженеров, перед которой поставлена задача оценить и объяснить физику отскока мячей различного вида.

◆ Этап подготовки и исследования

1. Просмотрите рабочие листы учащихся по физике отскока.

◆ Прогноз в группе

1. Вашей группе были предоставлены мячи разных видов и измерительная лента или штанга. Вы будете бросать их с высоты 120 см и прогнозировать высоту отскока каждого мяча. Используйте таблицу ниже или нарисуйте собственную, чтобы записать прогноз отскока для разных мячей. Затем в этой же таблице запишите действительный отскок.

Вид мяча	Прогноз отскока	Действительный отскок

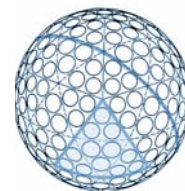
◆ Этап испытания

1. Проведите испытание на отскок и запишите результаты в таблице выше. Обратите внимание: один человек должен бросать мяч, а другой — отвечать за измерение конечной высоты отскока.

◆ Этап выводов

1. Заполните рабочий лист для выводов.
2. Сообщите классу о результатах работы своей группы.

Инженерные науки в спорте



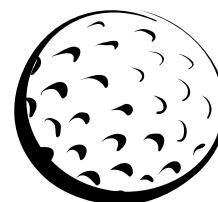
Листы для работы учащихся «Выводы после испытаний на отскок»

◆ Используйте рабочие листы для оценки результатов своей группы, которые были получены в испытаниях на физику отскока.

1. Как ваши прогнозы отскока соотносятся с полученными результатами? Что удивило вас в реальных данных?



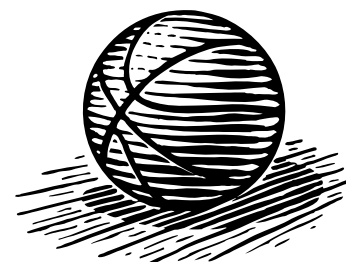
2. Объясните сущность кинетической и потенциальной энергии в применении к испытаниям на отскок.

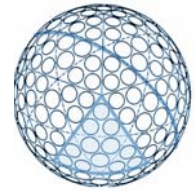


3. Если произошла потеря энергии, что стало причиной этого?



4. Что, по вашему мнению, объясняет разницу в отскоке различных мячей? В основном размер? В основном материалы? В основном конструкция? Или комбинация этих факторов?





Листы для работы учащихся «Выводы после испытаний на отскок» (продолжение)

5. Подумайте, как изменился бы спорт, если бы мячи имели другие показатели отскока. Возьмите для примера какой-либо вид спорта и опишите, как три разных вида отскока повлияли бы на него, игроков, другое оснащение и даже на среду, в которой происходит игра.

6. Что вы узнали о компромиссных решениях при проектировании (обычных для инженерных наук), ответив на предыдущие вопросы?