

## 课程重点

本课程重点介绍如何应用航天工程学原理设计高尔夫球以及其他体育运动器材。学生将了解改变着体育运动的航天工程师、分析高尔夫球表面浅坑的用途，并扮演工程师团队决定如何为飞机增加浅坑以提高航空业的燃油效率。他们还将了解与多种体育用球相关的反弹物理学。

**课程概要**“体育工程学”活动探讨航天工程学对于体育运动的影响，特别是了解高尔夫球的设计。学生将学习体育行业如何聘请专业工程设计人员让产品进一步改进。他们分小组探讨反弹的物理学、判断飞机设计中航天原理的应用、向班级介绍自己的设计并评价班级的推荐和结果。



## 年龄段

11-18.

## 目标

- 了解工程学如何影响体育器材的设计。
- 了解空气动力学、阻力和空气摩擦。
- 了解反弹的物理学概念。
- 了解如何解决工程学问题。

## 预期的学习成果

通过这次活动，学生应了解：

- 空气动力学
- 反弹的物理学
- 工程设计和技术对社会的影响
- 工程设计问题的解决过程
- 团队协作

## 课程活动

学生将学习如何不断应用工程学以改善各个行业制造的产品。学生将分组评价目前的高尔夫球设计、确定高尔夫球的工程学改进是否能在航空业中得到应用。他们也将了解反弹的物理学。

### 体育工程学

第 1 页，共 10 页

由 IEEE 作为 TryEngineering 的一部分开发

[www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org) © 2018 IEEE - All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

---

## 资源 / 材料

- 教师资源文档（附）
- 学生资源清单（附件）
- 学生作业单（附）

---

## 符合美国教学大纲

请参见随附的教学大纲表。

---

## 因特网上相关信息链接

- ◆ TryEngineering ([www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org))
- ◆ Golf Ball Aerodynamics ([www.furthereducationlessontrader.co.uk/Mech\\_Eng\\_Golf%20Ball%20Aerodynamics.pdf](http://www.furthereducationlessontrader.co.uk/Mech_Eng_Golf%20Ball%20Aerodynamics.pdf))
- ◆ Titleist Dimples and Golf Ball Design Video ([www.titleist.com/teamtitleist/b/tourblog/posts/learning-to-fly-dimples-and-golf-ball-design](http://www.titleist.com/teamtitleist/b/tourblog/posts/learning-to-fly-dimples-and-golf-ball-design))
- ◆ Exploratorium: Science of Sport ([www.exploratorium.edu/sports/](http://www.exploratorium.edu/sports/))

---

## 推荐读物

- ◆ 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)

---

## 可选的写作活动

写一篇短文或一段话介绍工程学对于你所喜爱的体育器材的设计和开发的影响。给出相关细节、历史背景并提出你对于工程学如何进一步推进体育运动的建议。

**教师适用：**  
**符合美国教学大纲**

注：此系列的所有课程计划都符合美国国家研究委员会制订并由美国国家科学教师协会认可的美国国家科学教育标准，还符合国际科技教育协会相关的技术素养标准或美国国家数学教师委员会的学校数学的原则和标准。

**美国国家科学教育标准 5 年级到 8 年级（10 - 14 岁）**

**内容标准 A：科学探索** 通过这些活动，所有学生应培养  
进行科学探究的必要能力  
对科学探索的了解 **内容标准 B：物理科学** 通过这些活动，所有学  
生应了解  
物质的属性和属性变化  
运动和力  
能量转换 **内容标准 E：科学和技术**  
通过这些活动，5 年级到 8 年级的所有学生都应培养  
技术设计的能力  
对科学和技术的了解 **内容标准 F：人文社会科学** 通过这些活动，  
所有学生应了解  
社会科学和技术 **内容标准 G：科学的历史和本质** 通过这些活动  
，所有学生应了解  
科学的历史

**美国国家科学教育标准 9 年级到 12 年级（14 - 18 岁）**

**内容标准 A：科学探索** 通过这些活动，  
所有学生应培养  
进行科学探究的必要能力  
对科学探索的了解 **内容标准 B：**  
**物理科学** 通过这些活动，所有学生应了  
解  
运动和力  
能量守恒定律和无序增长  
能量和物质的相互作用 **内容标准**  
**E：科学和技术** 通过这些活动，所有学  
生应培养  
技术设计的能力  
对科学和技术的了解 **内容标准 F：**  
**人文社会科学** 通过这些活动，所有学生应  
了解  
当地、本国和全球面临的科学技术挑战 **内容**  
**标准 G：科学的历史和本质**  
通过这些活动，所有学生应了解  
科学是人类智慧的结晶



教师适用：  
符合美国教学大纲（续）

### 技术素养标准 – 所有年龄

#### 技术的本质

标准 1：学生将了解技术的特性和范围。

标准 3：学生将了解不同技术之间的关系以及技术与其它研究领域之间的联系。

#### 技术和社会

标准 4：学生将了解技术对文化、社会、经济和政治的影响。

标准 7：学生将了解技术对历史的影响。

#### 设计

标准 8：学生将了解设计的属性。

标准 9：学生将了解工程设计。

标准 10：学生将了解故障排除、研究开发、发明创新和实验在解决问题过程中的角色。

#### 技术方面的能力

标准 11：学生将培养应用设计过程的能力。

标准 13：学生将培养评估产品和系统影响的能力。



## 教师适用： 教师资源

课程目的 学生将学习如何不断应用工程学以改善各个行业制造的产品。学生将分组评价目前的高尔夫球设计、确定高尔夫球的工程学改进是否能在航空业中得到应用。他们还将了解与多种体育用球相关的反弹 物理学。

### 课程目标

- 了解工程学如何影响体育器材的设计。
- 了解空气动力学、阻力和空气摩擦。
- 了解反弹的物理学概念。
- 了解如何解决工程学问题。

### 材料

- 学生资源表
- 学生作业单
- 每组学生一套材料（至少四种下列球类）：
  - 米尺或卷尺、普通高尔夫球、练习/中空高尔夫球、网球、垒球、足球、篮球、弹球/橡胶球



### 步骤

1. 向学生展示不同的学生参考表。可以在课堂上当场阅读，或者在头天晚上作为家庭作业发给学生阅读。
2. 按 2-3 人对学生进行分组；给每组提供一套材料。
3. 学生分组预测和解释各种球从相同高度掉落时将如何反弹。各小组考虑两种类型的能量（动能和势能）并讨论各种球的弹性和反弹。他们还将进行一次反弹试验，然后评价试验结果并向全班介绍。

### 课外作业

4. 要求学生按“工程师”小组完成学生作业单以评价飞机机翼表面增加浅坑是否会让飞行更高效且减少燃油消耗，同时给出他们的推荐。
5. 每个学生“工程师小组”向全班介绍自己的推荐并对工程学对于体育业的影响做出评价。

### 所需时间

一到两节 45 分钟的课时。



教师适用：  
带答案 / 提示的学生作业单

你们的任务是作为一个航天工程师团队共同决定在飞机机翼上增加浅坑是否能提高喷气客机的燃油效率。你们需要以小组形式回答几个问题并与班级中其他“工程师”小组分享你们的分析。

1. 你们认为光滑的球和表面带有浅坑的球在空气中飞行时哪个球的空气摩擦力更小？理由是什么？

（教师适用：试验显示光滑的球只能飞行带浅坑球一半的飞行距离。高尔夫球的风洞试验显示表面带浅坑的球会在表面形成一个减小尾迹湍流边界层，从而减少大部分阻力。高尔夫球表面的浅坑实际上会减小通常作用于光滑表面上的空气动力阻力。当完全光滑的球在空气中飞行时，其尾迹中会形成较大的低压空气区。这会产生阻力，从而降低球的飞行速度。减小尾迹后，压力差会下降，从而导致阻力下降。浅坑会在球周围的空气中形成湍流。事实上，这会让空气与球的接触非常紧密。这意味着空气不再快速涌过球，而是从前至后更加紧贴球的曲面。这会使尾迹更小和阻力下降。表面带浅坑的球所形成的阻力只有表面光滑球的一半左右。）

2. 在理解浅坑对于高尔夫球的影响后，我们的工程设计小组应该推荐在飞机机翼表面增加浅坑吗？写下一段对于你们支持或反对此想法的讨论并向全班介绍。以支持你们的观点

（教师适用：高尔夫球上增加浅坑有助于减少阻力的理由之一是高尔夫球是球形的。球形对于高尔夫球在空气中的运动是不利的。球或球形不是高效飞行的最佳形状。飞机通过设计为锥形而让气流逐步汇集，使得飞机后方的空气湍流更小，从而阻力也更小。橄榄球的形状在空气动力学上就比高尔夫球具有优势。另外，如飞机机翼的优化形状还必须考虑另外一种阻力，叫壁面摩擦阻力。飞机上竖起的补翼（扰流器）与浅坑的作用相似，可以打乱空气。另外橄榄球上线绳也有类似的作用。飞机表面增加浅坑不会影响阻力的另一个理由是飞机与高尔夫球不同，是依靠发动机的动力运动的。高尔夫球会在击打后立即减速，所以浅坑会让球在空中飞行的时间更长；而飞机只要发动机工作就可保持在空中的飞行状态。）

3. 给出两个工程学如何影响其他体育器材设计的例子。包括两件体育器材在过去十年中如何因工程学而发生物理变化的具体例子。

（教师适用：例子可包括橄榄球、足球、泳镜、泳衣、网球拍、滑雪板、防护盔。）



学生资源：  
 反弹的物理学

动能和势能 物体的动能是因其运动而具有的额外能量。在物理学中，动能的定义是“物体因运动而具有的能量，等于 物体质量乘以其速度平方的乘积的一半”。

另一类能量是势能。势能是物体因其位置（重力场或电场中）或状态（例如拉伸或压缩的弹簧或者化学 反应物）而具有的能量。球的势能可用其相对于地面的高度表示。打到空中的球具有势能，而在其下落 时，重力作用于球，将势能转换为动能使其加速运动。让球落下就会将势能转换为动能。

反弹和摩擦 什么是反弹？反弹是在撞击障碍物后运动方向的改变。当球下落 并撞击地板和停下来时，它会释放出让球变形的能力。组成球的 分子会在部分区域压缩而在其他区域拉伸 - 这就是摩擦。摩擦是 两个相接触的表面相对运动或具有相对运动的趋势时，阻碍其相 对运动的力。

反弹的能量 当你把一个球在空中高高举起时，球就具有势能，但没有动能。当你松开手时，球会在重力的作用下下落，而随着球的下落，球 的势能会减小，同时动能增加。在撞击地面后，球反弹后上升的 高度要比其下落高度低。所以在第一次反弹后，球的势能小于最 初所具有的势能。那么发生了什么？能量是否丢失了？没有，势 能和动能间的差异可以用摩擦来解释。在球反弹时，球会略微改 变形状。球形状的压缩和改变是以热或热能的形式转换部分动能 的摩擦。

有多少动能会转换为热能要取决于制作球的材料。垒球的反弹高度只有其初始高度的三分之一作用， 而网球则反弹地更高一些 - 约为其初始高度的一半。





学生资源：  
你们是工程师团队！

你们的任务是作为一个航天工程师团队共同决定在飞机机翼上增加浅坑是否能提高喷气客机的燃油效率。你们需要以小组形式回答几个问题并与班级中其他“工程师”小组分享你们的分析。

1. 你们认为光滑的球和表面带有浅坑的球在空气中飞行时哪个球的空气摩擦力更小？理由是什么？



2. 在理解浅坑对于高尔夫球的影响后，我们的工程设计小组应该推荐在飞机机翼表面增加浅坑吗？写一段对于你们支持或反对此想法的讨论并向全班介绍。



3. 给出两个工程学如何影响其他体育器材设计的例子。包括两件体育器材在过去十年中如何因工程学而发生物理变化的具体例子。





**学生作业单：反弹试验**

你们是一组工程师，接受的任务是评价和解释不同种类球的反弹物理学特性。

研究/准备阶段

1. 查看与反弹物理学相关的各种学生参考表。

团队协作预测

1. 你们的小组得到了几种类型的球以及一条量尺或米尺。你们将从四英尺的高度让每种球落下，并确定预计每种球的反弹高度是多少。用下图或在使用其他类型的球时自行绘图以预测你们认为会出现什么情况。随后你们可用此图记录每种球的实际反弹高度。

球类型	预测反弹高度	实际反弹高度

试验阶段

1. 进行反弹试验并在上面的方框中记录实际的反弹结果。注：一个人应负责让球下落，另一人负责测量反弹的高度。

反馈阶段

1. 填写反馈作业单。
2. 向全班介绍你们的收获。

---

**学生作业单：反弹试验反馈**

用此作业单评价自己小组的反弹物理学试验结果：

1. 你们预测的反弹高度与实际反弹高度相比如何？你们对结果的哪些方面感到意外？
2. 结合反弹试验解释动能和势能的概念。
3. 如果有能量损失，那么能量去了哪里？
4. 你们认为不同类型球反弹高度的差异是由什么造成的？主要是尺寸吗？主要是材料吗？主要是设计吗？还是兼而有之？
5. 请考虑如果球的反弹高度不同，这会怎样改变体育运动？请选择一种体育运动并描述三种不同反弹高度如何影响此运动、其运动员、其他器材甚至从事这项运动的环境。
6. 通过回答上面的问题 5，你了解了关于设计折衷（工程设计中很常见）的哪些方面？