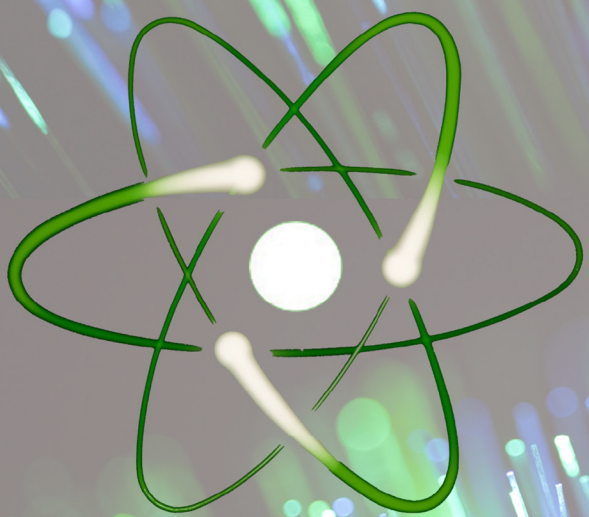
新课程
新教材

F=ma

上海市高中物理学科

教学基本要求（试验本）



$E_k=\frac{1}{2}mv^2$

上海市教育委员会教学研究室　编

华东师范大学出版社

上海市高中物理学科
教学基本要求

（试验本）

上海市教育委员会教学研究室　编

华东师范大学出版社
·上海·

说　明

根据《国务院办公厅关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》(国办发〔2019〕29号)、《教育部关于做好普通高中新课程新教材实施工作的指导意见》(教基〔2018〕15号)、《教育部关于印发普通高中课程方案和语文等学科课程标准(2017年版2020年修订)的通知》(教材〔2020〕3号)等文件精神,遵照《上海市人民政府关于印发〈上海市深化高等学校考试招生综合改革实施方案〉的通知》(沪府发〔2014〕57号)、《上海市人民政府印发〈关于进一步深化本市高考综合改革试点工作的若干意见〉的通知》(沪府发〔2018〕14号)、《上海市人民政府办公厅印发〈关于本市新时代推进普通高中育人方式改革的实施意见〉的通知》(沪府办〔2021〕4号)及《上海市教育委员会关于切实规范中小学课程教学工作深入实施素质教育的若干意见》(沪教委基〔2016〕30号)等文件,上海市教育委员会教学研究室组织了本学科教学基本要求的修订工作.

《上海市高中物理学科教学基本要求》是依据《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称《2017年版高中物理课标》),参考上海科学技术出版社出版的高中物理必修教材,借鉴教师教学实践的经验成果,以单元的视角编写的学科教学基本要求.它针对高中课程标准中的必修内容,设置"直线运动""相互作用与运动定律""曲线运动与万有引力定律""机械能及其守恒定律""牛顿力学的局限性与相对论初步""静电场""电路及其应用""电磁场与电磁波初步""能源利用"九个单元,每个单元都由"单元概述""内容要求""教学指引"和"评价示例"组成,具体如下:

1. 单元概述　确定本单元的内容及与前后学习内容之间的联系,简要阐述本单元主要的教学过程和教学价值.此外,还提供了本单元教学的建议课时数.

2. 内容要求　按照《2017年版高中物理课标》中每一个主题下的【内容要求】,提炼本单元的主要学习内容,将内容与学业要求进行对接,体现学科核心素养的要求;将学习内容结合学业要求进一步明确和细化,并将结果呈现在表格中的"具体要求例举"一栏中.

3. 教学指引　由"内容结构导图""任务设计举隅"和"重点活动举隅"组成."内容结构导图"以结构图的形式呈现,体现本单元内容的内在逻辑关系.在矩形框中表述主要内容,在椭圆形框中表述主要的科学思想方法,突出本单元内容与思想方法之间的联系."任务设计举隅"旨在呈现本单元的教学结构,从教学层面给出一种单元教学的结构化设计举例,以核心任务(问题)及其分解,引领整个单元的教学,并将核心任务(问题)及其分解与教学内容进行关联,给出具体的课时安排建议."重点活动举隅"以"单元活动""课时活动""学生实验"三种类型的活动来体现教学的结构、教学的重点,以及对核心素养培育的思考."单元活动"主要对应"任务设计举隅"中的核心任务(问题),设计跨课时的系列活动,贯穿整个单元的教

学.“课时活动”主要体现课时教学中突出重点、突破难点的活动.在活动呈现中,体现“观察”“讨论”“分析”“示范”“质疑”“交流”等活动环节与要素,并提供对应的活动说明、设计意图或评价要点.“学生实验”只针对《2017年版高中物理课标》规定的学生实验,主要说明实验要点,体现教学的指导性.整个栏目体现指引,给出单元教学的示例,在具体教学实施过程中,教师应根据学情等因素作出适当调整,切不可盲目照搬而影响教学实效.

4. 评价示例 主要是指在本单元学习中,为了了解学生学习情况,有效达成教学目标或检测目标而采用的评价活动.主要用举例的方式将题目或任务逐一展开,每一个示例都包含“分析”“解答”“属性表”“说明”四个方面.“分析”点明解题思路和方法,阐述设计意图.“解答”给出解答过程和参考答案.“属性表”从题目涉及的内容、主要素养及其质量水平给出分析,帮助教师理解题目或任务涉及的素养目标及应达到的水平.“说明”主要说明示例的使用建议,在课堂中使用的示例,建议注重典型性、示范性;作为课后作业使用的示例,建议注重巩固性和提升性;作为阶段测评的示例,需要关注完成的时长、与《2017年版高中物理课标》内容要求的一致性等.整体的评价示例供教师在教学实施中选用和借鉴.

本书由汤清修主编,并负责第一单元的编写,黄瑞花负责第二、第六单元的编写,谭一宁负责第三单元的编写,杨鸣华负责第四单元的编写,李希凡负责第五、第七、第八单元的编写,成瑾负责第九单元的编写.全书由汤清修统稿.

目　　录

第一单元　直线运动 …… 1
一、单元概述 …… 1
二、内容要求 …… 1
三、教学指引 …… 2
四、评价示例 …… 8

第二单元　相互作用与运动定律 …… 17
一、单元概述 …… 17
二、内容要求 …… 17
三、教学指引 …… 19
四、评价示例 …… 26

第三单元　曲线运动与万有引力定律 …… 37
一、单元概述 …… 37
二、内容要求 …… 37
三、教学指引 …… 39
四、评价示例 …… 44

第四单元　机械能及其守恒定律 …… 52
一、单元概述 …… 52
二、内容要求 …… 52
三、教学指引 …… 53
四、评价示例 …… 60

第五单元　牛顿力学的局限性与相对论初步 …… 67
一、单元概述 …… 67
二、内容要求 …… 67
三、教学指引 …… 68
四、评价示例 …… 70

第六单元　静电场 …… 74
一、单元概述 …… 74
二、内容要求 …… 74
三、教学指引 …… 76
四、评价示例 …… 79

第七单元　电路及其应用 …… 89
一、单元概述 …… 89
二、内容要求 …… 89
三、教学指引 …… 91
四、评价示例 …… 96

第八单元　电磁场与电磁波初步 …… 103
一、单元概述 …… 103
二、内容要求 …… 103
三、教学指引 …… 104
四、评价示例 …… 107

第九单元　能源利用 …… 113
一、单元概述 …… 113
二、内容要求 …… 113
三、教学指引 …… 114
四、评价示例 …… 117

第一单元　直线运动

一、单元概述

本单元参考《2017年版高中物理课标》必修1的“机械运动与物理模型”主题，主要由描述直线运动的物理量、匀变速直线运动规律、自由落体运动规律等内容组成.本单元内容与初中学过的匀速直线运动构成了直线运动的基础知识；通过本单元的学习，学生可以初步形成运动观念，为后续牛顿运动定律、曲线运动等的学习做好知识与方法的储备.

在本单元学习中，学生经历质点模型的建立过程，体会建构物理模型的思维方式，认识物理模型在探索自然规律中的作用；在形成速度、加速度等概念的过程中，感受用比值定义物理量的方法，体会物理问题研究中的极限方法和抽象思维方法；经历用DIS测速度、加速度来研究直线运动的过程，建立匀变速直线运动规律，学会用数字化实验研究运动的基本技能和方法；了解“落体运动”的研究历程，体会物理实验与科学推理在物理学研究中的作用；在直线运动的学习过程中，体会物理学是对自然现象的描述与解释，激发学生学习物理的兴趣.

本单元为高中起始学习内容，建议适当放慢学习进度，让学生适应高中物理的学习，课程内容学习建议安排13课时.

二、内容要求

本单元对应《2017年版高中物理课标》必修1的“机械运动与物理模型”主题，下表中的“标引”与《2017年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致，“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求例举”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

标引	内容	具体要求例举
1.1.2	质点	**了解质点**.能说出质点的含义；能说出将物体抽象为质点的条件；能初步运用“抽象”和“概括”的思维方式将特定实际情境中的物体抽象成质点，初步认识物理模型在探索自然规律中的作用.

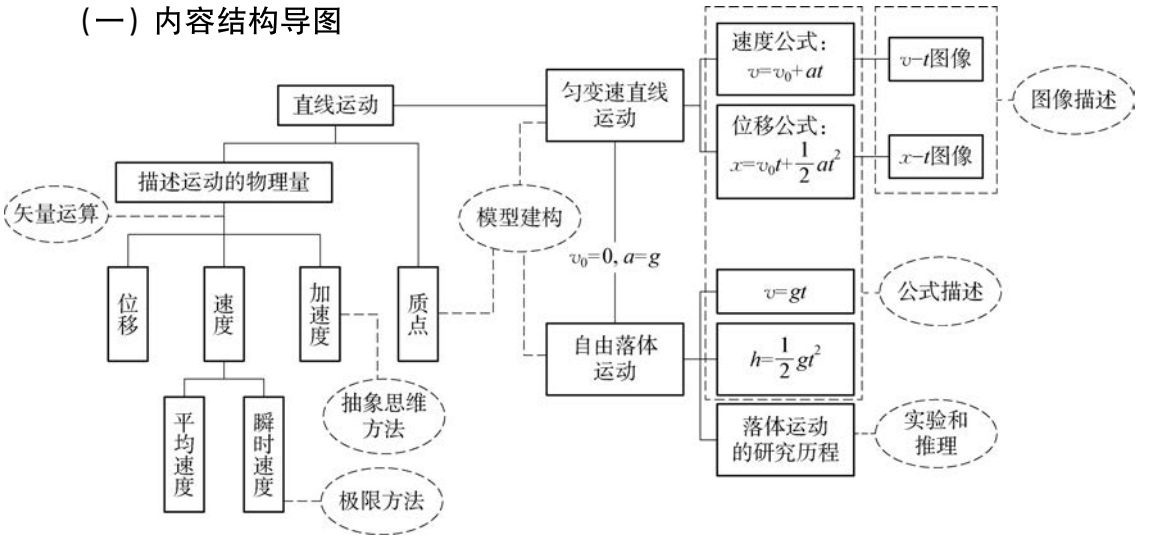
续表

标引	内容	具体要求例举
1.1.3	位移	**理解位移**. 能说出位移的概念；会画位移矢量；会用矢量的运算法则计算位移；能区别路程与位移；会用 DIS 测量位移；会画出运动物体的 $x-t$ 图像，初步了解运动的时空观.
	速度	**理解速度**. 能说出平均速度、瞬时速度的概念；能简述运用极限方法建立瞬时速度的过程；会在 $x-t$ 图像上获取运动物体在一段时间内的平均速度，会画出运动物体的 $v-t$ 图像.
	测量做直线运动物体的瞬时速度	**会用 DIS“测量直线运动物体的瞬时速度”**. 能说出实验的目的和实验的原理；能说出光电门的工作原理；会按要求搭建实验装置，完成实验，能用极限的方法解释瞬时速度的测量方法，知道实验存在误差.
	加速度	**理解加速度**. 能说出加速度的概念、加速度的方向、加速度的物理意义；会用加速度的定义式进行计算；会通过类比速度概念构建加速度概念，体会物理研究中的抽象思维方法；会用 DIS 测量直线运动物体的加速度，会由 $v-t$ 图像得出运动物体一段时间内的加速度.
	匀变速直线运动	**理解匀变速直线运动**. 能用公式、图像等方法描述匀变速直线运动的规律；能分析匀变速直线运动的特点，能运用其规律解决实际问题；知道匀速运动、匀变速直线运动都是一种理想化的运动模型，能将实际情境中的物体运动抽象为匀速、匀变速直线运动等物理模型，在此基础上解决实际问题；认识物理模型在探索自然规律中的作用.
1.1.4	自由落体运动	**认识自由落体运动**. 能简述亚里士多德和伽利略在对落体运动的研究中的主要观点和研究方法；能将实际情境中的落体运动抽象为自由落体运动；能用公式、图像等方法描述自由落体运动，能分析自由落体运动的特点.

说明 《2017 年版高中物理课标》必修 1 的“机械运动与物理模型”主题下【内容要求】“1.1.1　了解近代实验科学产生的背景，认识实验对物理学发展的推动作用.”未在表格中列出，建议在高中物理序言课中或者在本单元的学习中结合相应的物理学史加以落实.

三、教学指引

（一）内容结构导图



（二）任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017 年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生完成本单元学习后能够处理的一项任务，将其作为本单元学习的核心任务.《2017 年版高中物理课标》必修 1“机械运动与物理模型”主题的【内容要求】中有“例 5　用打点计时器、频闪照相或其他实验工具研究匀变速直线运动的规律.”，它直接反映出学生学习后的综合能力表现. 根据学校的实际情况，选择合适的实验工具，考虑到学生学科素养水平需要根据学生在真实问题解决过程中的表现来确定，因此将单元的核心任务确定为“用实验工具研究一段真实的直线运动”. 在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表.

核心任务（问题）及其分解			教学内容	课时安排
用实验工具研究一段真实的直线运动	描述百米赛跑运动	描绘运动物体的轨迹	质点、物理模型	1
		描述做直线运动的物体位置随时间的变化	位移、时间、$x-t$ 图像	2
		描述做直线运动的物体位置变化的快慢	速度、$v-t$ 图像	2
		描述物体做变速直线运动过程中速度变化的快慢	加速度	2
	研究落体运动	追寻落体运动研究历程	伽利略对落体运动的研究历程	1
		“亲历”落体运动规律的探索之路	自由落体运动的规律	2
		研究生活中的匀变速直线运动	匀变速直线运动的规律	2
用实验工具研究一段真实的直线运动（小组研究汇报）			解决问题	1

（三）重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称　描述百米赛跑运动

活动资源　运动员百米赛跑的频闪照片，中国运动员苏炳添破百米赛跑纪录的视频，运动员百米赛跑的分析数据，体育课百米跑期间对同学侧面拍摄的一段视频，视频分析软件，有关“先进的计时系统是奥运会最公正的裁判”的阅读材料.

活动系列

对应课时	活动过程	活动说明
第一课时	**分析交流** 利用百米赛跑的部分频闪照片，分析交流运动员百米赛跑过程中，运动员身上哪个部位的运动能更好地反映运动员的整体运动. **示范验证** 在学生讨论的基础上，示范用软件分析百米赛跑的视频，验证学生的想法.	学生经历质点模型的构建过程，知道将物体抽象为质点的条件后，参与一个解决真实问题的活动. 教师的示范验证过程，既教会学生使用视频分析软件，又引导学生体会证据是物理研究的基础.
第二课时	**观察讨论** 播放一段中国短跑名将苏炳添冲过终点，裁判宣布比赛成绩为 9.92 s 的视频. 讨论 9.92 s 是表示时间还是时刻.	引导学生从不同视角分析：一是将 9.92 s 理解为运动员跑 100 m 所需的时间，对应 100 m 的路程；二是假设起跑时为计时起点，9.92 s 为刚好冲过终点线的时刻，对应终点线位置.
第四课时	**实例分析** 根据跑步者在不同时刻的位置数据，描述出他做直线运动过程中位移随时间的变化关系. **计算讨论** 通过计算运动员在最后 1 s 内、0.1 s 内的“速度”，讨论哪一个“速度”更接近最后撞线速度.	学会用文字、数学关系、$x-t$ 图像三种方法来描述做直线运动的物体位移随时间的变化关系. 体会图像对物体整体运动的描述更加形象、直观. 通过计算一段时间内的平均速度，理解平均速度是对运动快慢的粗略描述，体会等效替代的思想. 通过不断减小 Δt，理解瞬时速度的概念，体会极限方法.
第七课时	**问题解决** 学校体育课中，运用实验工具获得一段同学百米跑的 $v-t$ 图像，利用所学知识描述这段运动.	这是运动的描述最后一节课，通过拍摄一段同学百米跑的视频（起跑或者冲线），用视频分析软件获取 $v-t$ 图像，根据图像讨论速度、加速度的变化情况.

设计意图 百米跑是学生生活中常见的一种直线运动情境，围绕百米跑设计的一系列活动，渗透了质点、时间、时刻、位移、速度、加速度等概念的学习和应用. 本单元的学习是高中物理的开端，学生在教师的带领下，围绕各类资源，开展不断深入的学习，从描绘研究对象的运动轨迹开始，到初步学会用 $v-t$ 图像描述一段直线运动，再到会用速度、加速度等物理量定量描述一段直线运动.

2. 课时活动

活动 1 建构质点模型

活动资源 鹰在空中翱翔的频闪照片（图 1-1）；在自由式滑雪项目中，滑雪运动员完成空翻转体动作的频闪照片（图 1-2）.

活动过程

［体验交流］ 提供两张频闪照片，要求学生在照片中分别标出鹰和滑雪者各个时刻的位置，并描出二者大致的运动轨迹. 在学生体验的基础上开展交流，对鹰的分析交流可在教师引导下完成；对滑雪者的分析交流尽量由生生之间互动完成.

［抽象概括］　在上述体验交流的基础上，进一步对另一个实例进行抽象、概括，提炼出共性的内容，帮助学生建构质点模型，了解物体抽象为质点的条件.



图 1-1



图 1-2

活动说明　在［体验交流］环节，学生在教师引导下完成对鹰的分析交流过程，选两位学生的作品，进行展示分析. 首先，让学生看到这两位学生都在鹰身上画了一个点，用以表示鹰的位置. 两位学生都将这些点连了起来，以表示鹰飞行的大致轨迹，两人都能判断出鹰的飞行几乎是一条直线. 请学生交流：两人的作品具体有什么不同？其中一张图中，点都是画在鹰的腹部，而另一张图，都画在了鹰嘴上，但是其结果都可以反映出鹰的整体运动，因此在研究鹰在空中的整体飞行运动时可以忽略其形状和大小.

教师可以继续追问：如果用鹰左侧翅膀尖上一点来表示鹰的位置可以吗？如果我们要研究鹰是如何获得飞行的动力和升力的，我们能否把鹰简化为一个点？

在［抽象概括］环节，教师需要适时抛出一些问题，逐步过渡到学生主动质疑. 建构质点模型时，我们可以忽略一些次要因素，如鹰的形状和大小，将其看成一个有质量的点. 那为什么物体的质量没有被忽略呢？引导学生联系初中学习的惯性，体会质量是影响物体运动情况的重要因素，不可以被忽略.

设计意图　质点是高中阶段学习中第一个需要建构的物理模型，需要让学生经历模型建构的过程，体验模型建构过程中抽象、概括的思维方法. 这里只是给出了建构模型的过程，后面还需要经历“提炼将物体抽象为质点的条件”“将实际情境中的运动物体抽象成质点”等学习过程.

活动 2　加速度概念的形成

活动资源　汽车高速行驶和汽车紧急刹车的视频、两款车百公里加速时间的数据.

活动过程

［观察讨论］　学生观看视频：汽车高速飞驰而过，路人感叹“好快!”；前面没路了，汽车紧急刹车，在道路尽头停止，路人感慨“好快!”. 教师引导学生讨论两段视频中“好快”的含义是否相同，体验运动快慢和速度变化快慢的区别.

［计算分析］　教师提供两辆汽车百公里加速时间的数据，由此让学生体会速度变化有快慢，类比速度的定义，引出描述速度变化快慢的物理量——加速度. 学生利用不同汽车的百公里加速时间，计算其加速度的大小，说明这个加速度数值的物理意义，认识用物理量变化率定义新物理量的方法.

活动说明　引入加速度概念的常见情境：飞机、汽车、摩托车在同一起跑线上，开始启动加速，启动初期，摩托车冲在最前，其次汽车，飞机落在最后. 这一情境确实会引起学生的认

知冲突，但是视频是通过短时间内的位移大小来间接反映速度变化的快慢，直接反映需要引入末速度大小，学生理解起来会非常困难. 因此，这里选用汽车高速行驶和紧急刹车的视频进行对比，以避开上述问题.

设计意图 加速度是描述变速运动的重要物理量，也是将运动与力建立联系的关键，因此加速度是形成运动与相互作用观念的核心概念，加速度概念的形成是本单元的教学重点. 加速度是描述速度变化快慢的物理量，在日常生活中学生容易感知位置变化的快慢——速度，不容易感知速度变化的快慢——加速度，加速度概念对学生来说是比较抽象的，因此，加速度也是本单元的一个教学难点. 本活动设计通过情境引入，让学生关注到实际生活中的运动存在运动快慢和速度变化快慢两类不同的问题，引导学生类比速度的概念，构建加速度的概念.

活动 3　描述电梯的运动，并估算电梯上升的高度

活动资源 实地拍摄上海中心大厦的超高速电梯从 B2 层直达 118 层“上海之巅”观光厅的视频.

活动过程

［观察计算］ 学生观看视频，将视频中的信息转化为电梯运行的速度-时间列表，具体见下表.

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
时间 t/s	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
速度 v/(m·s^{-1})	0	2.8	5.5	8.2	10.8	13.6	16.3	18.0	18.0	18.0	17.9	15.5	13.1	10.7	8.3	5.9	3.5	1.1	0

学生根据整理出的数据，分析电梯的运动情况，讨论后达成共识，将电梯的运动简化为：启动阶段匀加速上升，速度达到最大，为 18.0 m/s；中间有一段时间匀速上升，速度保持 18.0 m/s；制动阶段匀减速上升，速度从 18.0 m/s 减为 0.

学生描述运动的精度是有差异的. 有的学生直接从列表中得到 0—21 s 电梯匀加速上升，21—30 s 电梯匀速上升，30—54 s 电梯匀减速上升；有的学生运用作图法将电梯的运动描述得更为精准.

学生运用匀变速直线运动规律进行计算的方案一般有两种：一是直接用列表数据，粗略地将前 21 s 看作匀加速直线运动，最后 24 s 看作匀减速直线运动，中间 9 s 做匀速直线运动，然后运用公式计算. 二是用作图法，画出 $v-t$ 图像，计算 $v-t$ 图像与时间轴所围的面积.

［质疑交流］ 选择不同方案进行计算，将他们的计算结果与上海中心大厦提供的数据(559 m)进行比较. 对不同方案进行评价交流.

评价要点 在质疑交流环节，建议开展可持续性评价. 本活动的一个特点是基于真实问题的解决，活动要求是根据提供的视频估算电梯上升的高度. 假设学生方案就是上述介绍的两种，那么学生应该围绕这两种方案进行交流，应有理有据地表达自己的观点，且证据能够

支持自己的观点.下面给出一些评价举例,仅供参考.

方案	评 价 举 例	说明
方案一	粗略地估计,快速、便捷.	1. 学生讨论过程中,教师不要过早介入评价,应采用倾听的方式.给学生们一个示范,同时每位学生交流表达之后,可请其他同伴补充或他组同学质疑. 2. 最后教师对生生之间的交流讨论进行整体评价,可参考评价举例,采用"肯定+指导"的模式(结合每位学生回答的具体内容,肯定其可以借鉴的地方,指出需要改进之处).
	误差与选取的时间间隔有关,此题每3 s采集一组数据,误差也能有效控制.	
	如果要进一步提高精度,还可以从以下几点改进:一是加速度计算只用了两组数据,可以采用逐差法,减小误差.二是匀加速到18 m/s的时间存在误差,还可以通过计算,提高加速时间、匀速时间、减速时间的精度.	
方案二	方案容易理解,作图法可以充分利用每一组数据,通过作图可以提高加速时间、匀速时间、减速时间的精度.	
	作图法需要在方格纸上建立坐标系,准确标出每一组数据对应的点.按作图法画出匀加速、匀速、匀减速的图线,有取平均的效果.作图法的精度与坐标轴标度的选取有关.	

设计意图　学生学习了匀变速直线运动规律后,教师需要在课堂中引导学生运用规律解决生活中的实际问题,让学生在解决问题中加深对匀变速直线运动规律的理解、促进物理学科核心素养的形成.教师选用上海中心大厦(图1-3)从B2层直达118层"上海之巅"观光厅的超高速电梯作为研究对象,实地拍摄电梯运行过程中电梯内的显示屏上显示的速度和楼层等信息不断变化的视频.请学生利用视频中的信息,运用匀变速直线运动规律估算出电梯上升的高度.学生观看视频时每隔3 s记录一次速度,形成整个运动的速度-时间列表,运用列表中的数据,估算电梯上升的高度.由于估算高度这个问题比较开放,学生会用不同的方案,得出不同的结果.教师将学生的计算结果与上海中心大厦提供的数据进行比较,鼓励学生对不同方案进行评价."质疑交流"环节的创设旨在鼓励学生质疑创新.



图1-3

3. 学生实验

学生实验　**用DIS"测量直线运动物体的瞬时速度"**

主要器材　力学轨道及附件、光电门传感器、数据采集器、计算机、小车、不同宽度的挡光片.

实验要点

(1) 在用光电门传感器进行"测量做直线运动物体的瞬时速度"实验时,光电门测量的是挡光片经过光电门的时间,然后根据挡光片的宽度(即小车的位移),得到运动物体经过光电门时瞬时速度的测量值.

(2) 光电门传感器实际上测量的是很小位移或很短时间内的平均速度,使用较窄的挡光片,测得的速度更接近物体经过光电门时的瞬时速度.所以学生在做实验时要改变挡光片的宽度,多做几次实验,观察并记录速度的值并加以比较,体会瞬时速度测量过程中所用的极限方法.

(3) 在测量过程中,由于测量工具的精度问题,挡光片并不是越窄越好,学生从中体会测量误差无法避免.

四、评价示例

本单元评价包括四个部分.一是日常课堂活动评价,可以选择本单元的重点活动进行评价,例如对学生在"描述电梯的运动,并估算电梯上升的高度"中的活动表现进行评价,建议围绕活动的两个学习过程展开:[观察计算]环节可以从解决方案、计算过程的视角进行评价,[质疑交流]环节可以从表达能力、质疑能力的视角进行评价.二是日常作业评价,在完成本单元学习后,学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况,完成本单元的日常作业评价.三是对用DIS"测量直线运动物体的瞬时速度"学生实验的评价,实验中可以要求学生提交搭建好的实验装置照片、数据处理过程的电脑截屏等证据,完成实验后可以要求学生提交撰写好的实验报告,教师可以根据学生提供的材料完成对学生实验过程的评价,依据实验报告完成对学生实验结果的评价.四是单元检测,教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩."教学指引"中已给出课堂活动评价的示例,以下给出部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例,供教师参考使用.

示例 1

以下情境中,带下划线的物体是否可以看成质点?并简要说明理由.

(1) 小红观察蚂蚁拖动饭粒时蚂蚁的肢体是如何分工的.

(2) 小明测算蚂蚁拖动饭粒时蚂蚁1分钟爬行的路程.

分析 本题需要根据实际情境,判断物体是否可以抽象成质点.需要根据实际情境,判断研究对象的形状、大小对研究的影响是否可以忽略.如果可以忽略,那么物体就可以简化为有质量的点,也就是可以看成质点.

解答

(1) 情境中,蚂蚁的肢体不能看成质点.蚂蚁在拖动饭粒时需要蚂蚁的肢体之间相互分工和配合,肢体的动作是不同的,此时,蚂蚁的肢体的形状、大小不能被忽略,因此,不能将蚂蚁的肢体看成质点.

(2) 情境中,蚂蚁可以看成质点.小明需要描绘蚂蚁在1分钟内的运动轨迹,根据运动轨迹可以求出爬行的路程.这样小明可以忽略蚂蚁的形状、大小,将它简化成一个点来进行研究.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
质点	科学思维中“模型建构”	能在熟悉的问题情境中应用所学的物理模型. 达到水平二.

说明　本示例既可以作为课堂例题使用，也可以作为课后作业、单元检测使用. 作为单元检测使用时还可以进一步将问题简化为“哪种情况可以看成质点？简述理由.”这样可以适当减少文字书写量.

示例 2



图 1－4

计算图 1－4 三种情境中运动物体的加速度，讨论谁的速度最大，谁的速度变化量最大，谁的加速度最大.

分析　本题需要运用加速度公式计算飞机高速飞行、火箭起飞、弹珠撞击墙壁过程中的加速度. 运用加速度公式计算时需要注意加速度是矢量，解决直线运动问题时需要设定正方向. 通过对计算结果的讨论，让学生在真实情境中理解速度大、速度变化大和速度变化快的区别.

解答

① 设飞机飞行方向为正方向.

$$v_1 = 200\ \mathrm{m/s},\ v_2 = 200\ \mathrm{m/s}.$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 0\ \mathrm{m/s}.$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0\ \mathrm{m/s^2}.$$

② 设竖直向上为正方向.

$$v_1' = 0\ \mathrm{m/s},\ v_2' = 60\ \mathrm{m/s}.$$

$$\Delta v' = v_2' - v_1' = 60\ \mathrm{m/s}.$$

$$a' = \frac{\Delta v'}{\Delta t'} = \frac{60\ \mathrm{m/s}}{2\ \mathrm{s}} = 30\ \mathrm{m/s^2},$$

方向竖直向上.

③ 设弹珠初始运动方向为正方向.

$$v''_1=5\ \mathrm{m/s},\ v''_2=-5\ \mathrm{m/s}.$$

$$\Delta v''=v''_2-v''_1=-10\ \mathrm{m/s}.$$

$$a''=\frac{\Delta v''}{\Delta t''}=\frac{-10\ \mathrm{m/s}}{0.1\ \mathrm{s}}=-100\ \mathrm{m/s^2},$$

方向与弹珠初始运动方向相反.

讨论(参考):在上述三种情境中,飞机的速度最大;火箭的速度变化量最大;弹珠的速度变化最快,加速度最大.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
加速度	物理观念中“运动与相互作用观念”	能根据具体情境,结合在同一直线上的矢量运算的法则,计算加速度的大小,判断加速度的方向. 达到水平二.
	科学思维中“科学论证”	能使用计算过程中的直接证据,表达自己的观点. 达到水平二.

说明 本示例建议在学生初步形成“加速度”概念后作为课堂例题使用.

示例 3

某摩托车做直线运动,其中 4 s 内其速度变化的关系式为 $v=10+5t$ (v 的单位是 m/s,t 的单位是 s). 请作出对应的 $v-t$ 图像,并写出一个可用此关系式求解的物理问题.

分析 本题首先需要根据函数表达式($v=10+5t$),以速度(v)为纵坐标、时间(t)为横坐标,画出摩托车在 4 s 内的 $v-t$ 图像. 根据 $v-t$ 图像可以求解的物理问题有:图线的纵坐标截距表示摩托车运动的初速度;图线的斜率表示摩托车在这段时间内的加速度;图线与时间轴所围的面积表示这段时间内的位移.

解答

根据速度变化关系式画出对应的 $v-t$ 图像如图 1-5 所示.

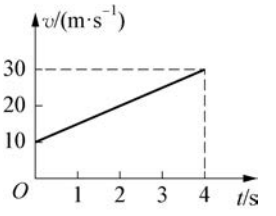


图 1-5

可以求解的物理问题:

① 摩托车运动的初速度 $v_0=10\ \mathrm{m/s}$.

② 摩托车运动的加速度 $a=5\ \mathrm{m/s^2}$.

③ 摩托车在 4 s 内的位移 $x=80\ \mathrm{m}$.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
匀变速直线运动规律	物理观念中“运动与相互作用观念”	能用公式、图像等方法描述匀变速直线运动. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能对比较简单的问题进行分析、推理,获得结论. 达到水平二.

说明　本示例若作为课堂例题使用，可以在讲解中强调作图规范，通过提出可以解决的问题来激发学生多角度思考和讨论. 若作为课后作业使用，则可以要求学生写出尽可能多的问题，从而引导学生多角度思考. 若作为单元检测使用，可以只要求学生写出一个问题，但是需进行等级评分. 例如：能根据图像中直接获得的信息进行提问（初速度、某时刻速度等），得部分分数；能对图像数据进行相关计算并对获得的信息进行提问（加速度、位移等），得全部分数.

示例 4

如图 1－6 所示，汽车以 100 km/h 的速度行驶于高速公路上的平直车道内. 驾驶员突然发现前方 100 m 处发生了交通事故，在不宜变换车道的情况下随即紧急制动. 若汽车刹车性能良好，可在 5 s 内刹停. 试分析该汽车是否会发生交通事故.



图 1－6

《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》规定：机动车在高速公路上行驶，车速超过 100 km/h 时，应当与同车道前车保持 100 m 以上的距离；车速低于 100 km/h 时，与同车道前车的距离可以适当缩短，但最小距离不得少于 50 m. 根据上述计算，分析这一条例的制定依据.

分析　本题中可以将汽车紧急刹车看作是汽车匀减速至静止的过程，先根据已知条件，求出汽车刹车过程中的加速度 a，然后根据位移公式求出该过程中汽车的刹车距离. 本题的解题方法并不唯一，既可以用匀变速直线运动的公式进行计算，也可以利用 $v-t$ 图像解决问题.

解答

解法一：

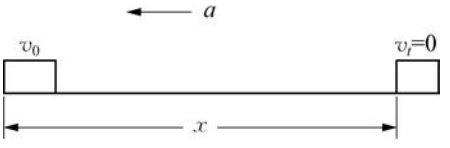


图 1－7

…… ① 画分析示意图

分析示意图如图 1－7 所示. 假设汽车在 5 s 内的刹车过程可以近似看作是一段匀减速直线运动过程，比较汽车的制动距离与 100 m 的大小关系，就能判断是否会发生交通事故.

…… ② 表述分析过程

制动加速度

$$a=\frac{v_t-v_0}{t},$$

制动距离

$$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2.$$

…… ③ 选择合适的规律

$v_0 = 100\ \text{km/h} \approx 27.78\ \text{m/s}$，$a = \dfrac{v_t - v_0}{t} = \dfrac{0 - 27.78\ \text{m/s}}{5\ \text{s}} \approx -5.56\ \text{m/s}^2$；

$x = v_0 t + \dfrac{1}{2}at^2 = 27.78\ \text{m/s} \times 5\ \text{s} + \dfrac{1}{2} \times (-5.56\ \text{m/s}^2) \times (5\ \text{s})^2 \approx 69\ \text{m} < 100\ \text{m}.$

…… ④ 进行必要的数学运算

所以不会发生交通事故. …… ⑤ 解答

解法二：

根据已知条件，可画出汽车 $v-t$ 图像如图 1-8 所示.

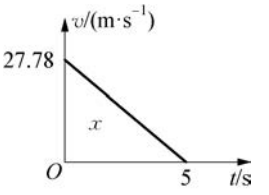


图 1-8

$x = \dfrac{1}{2}vt = \dfrac{1}{2} \times 27.78\ \text{m/s} \times 5\ \text{s} \approx 69\ \text{m} < 100\ \text{m}.$

故不会发生交通事故.

讨论(参考)：例题中求得的制动距离为 69 m，与交通法规中要求的车距相差比较大，其原因是示例中假定驾驶员发现突发情况立即采取措施，而实际上驾驶员需要短暂的反应时间，在这段时间内车辆依旧以原车速行驶. 如果考虑到驾驶员的反应时间，示例中汽车的停车距离还会增加. 因此，在高速公路上车速超过 100 km/h 的汽车应当与同车道前车保持 100 m 以上的距离，是具有科学依据的.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
匀变速直线运动规律	物理观念中“运动与相互作用观念”	能运用匀变速直线运动的公式和图像解决具体的问题. 达到水平二.
	科学态度与责任中“社会责任”	能结合计算结果和实际情境，分析交通安全法规制定的依据，认识法规制定的科学性，感悟遵守法规的重要性. 达到水平二.

说明 本示例建议作为“匀变速直线运动规律的应用”课堂例题使用，在解法一中特意标出了解题步骤，通过教师讲解示范，让学生了解运用匀变速直线运动规律解题的一般步骤和规范. 教师需要关注学生能否利用 $v-t$ 图像解决问题，引导学生运用图像简洁、直观地处理问题. 完成计算后，引导学生分析《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》中部分法规的制定依据，让学生体会物理与生活密切联系，养成遵守法规的习惯.

示例 5

交通安全法规定，车辆在公路上出现故障靠边停车时，应在车后放置三角警示牌(如图 1-9 所示)，以提醒后面驾车司机减速通行. 在夜间，有一货车因故障停驶，后面有一小轿车以 20 m/s 的速度向前驶来，由于夜间视线不好，小轿车司机只能看清前方 30 m 内的物体，其反应时间为 0.6 s，制动后最大加速度的大小为 4 m/s². 三角警示牌至少要放在货车后多远处，才能有效避免两车相撞?


图 1-9

分析　本题比较贴近真实的生活情境，涉及两段运动，一是小轿车在驾驶员的反应时间内匀速行驶；二是小轿车在驾驶员采取制动后减速至静止的过程. 解题方法也不唯一，既可以用公式计算，也可以用 $v-t$ 图像来解决.

解答

在反应时间内，小轿车继续做匀速直线运动，此后小轿车做匀减速直线运动直至停止.

根据 $x=\dfrac{v^2-v_0^2}{2a}$ 可知，a 越大，x 越小；制动后以最大加速度减速，小轿车将在最短的位移内停下.

反应距离：

$$x_1=v_0t=20\ \mathrm{m/s}\times 0.6\ \mathrm{s}=12\ \mathrm{m}.$$

制动距离：

$$x_2=\frac{v^2-v_0^2}{2a}=\frac{0-(20\ \mathrm{m/s})^2}{2\times(-4\ \mathrm{m/s^2})}=50\ \mathrm{m}.$$

停车距离：

$$x=x_1+x_2=12\ \mathrm{m}+50\ \mathrm{m}=62\ \mathrm{m}.$$
$$d=x-30\ \mathrm{m}=32\ \mathrm{m}.$$

三角警示牌至少要放在货车后 32 m 处.

（备注：图像法解题过程略）

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
匀变速直线运动规律	物理观念中“运动与相互作用观念”	能运用匀变速直线运动的公式和图像解决具体的问题（具体情境较为复杂，涉及两段过程）. 达到水平三.
	科学态度与责任中“社会责任”	实际情境涉及交通安全法规，认识法规制定的科学性，感悟遵守法规的重要性. 达到水平二.

说明　本示例建议作为“匀变速直线运动规律的应用”课后作业使用，最好与本单元示例 4 配合使用，课堂讲解和示范有利于学生自主完成课后作业. 示例 4、示例 5 也是课内、课外一体化设计的结果.

示例 6

ETC 是高速公路上不停车电子收费系统的简称. 如图 1-10 所示，汽车以 15 m/s 的速度行驶，如果过人工收费通道，需要在收费站中心线处减速至 0，停车 20 s 缴费，再加速至 15 m/s 行驶. 如果过 ETC 通道，需要在中心线前方 10 m 处减速至 5 m/s，匀速到达中心线后，再加速至 15 m/s 行驶. 假设汽车加速和减速的加速度大小均为 1 m/s^2.

（1）汽车过人工收费通道，从收费前减速开始，到收费后加速结束，总共通过的路程和

所需的时间是多少?

(2) 如果过 ETC 通道,汽车通过(1)中路程所需要的时间是多少?

(3) 汽车通过 ETC 通道比人工收费通道节约多长时间?

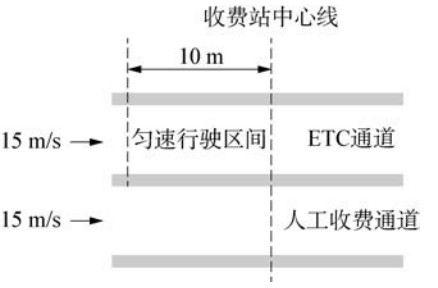


图 1-10

分析 这是一个贴近学生生活的真实问题,涉及两种情况,一是汽车过人工收费通道,包括从 15 m/s 减速至 0、停车缴费、加速至 15 m/s 三个过程;二是汽车过 ETC 通道,包括从 15 m/s 减速至 5 m/s、匀速行驶 10 m、加速至 15 m/s 三个过程. 学生最容易出现的错误是,将两种情况总时间的差值等同于可节约的时间,但是汽车在两种情况下行驶的距离并不相同. 因此,本题通过铺设第(1)、第(2)小问,进行提示,帮助学生理解.

解答 根据题意,已知: $v_1=15\ \mathrm{m/s}$, $v_2=5\ \mathrm{m/s}$, $x_0=10\ \mathrm{m}$, $t_0=20\ \mathrm{s}$, $a=1\ \mathrm{m/s^2}$.

(1) 走人工收费通道,汽车在减速、静止、加速三个阶段通过的位移

$$x_1=\frac{v_1^2}{2a}\times 2,$$

代入数据得 $x_1=225\ \mathrm{m}$.

所用时间

$$t_1=\frac{v_1}{a}\times 2+t_0,$$

代入数据得 $t_1=50\ \mathrm{s}$.

(2) 走 ETC 通道,汽车在减速、匀速、加速三个阶段通过的位移

$$x_2=\frac{v_2^2-v_1^2}{-2a}+x_0+\frac{v_1^2-v_2^2}{2a},$$

代入数据得 $x_2=210\ \mathrm{m}$.

所用时间

$$t_2=\frac{v_2-v_1}{-a}+\frac{x_0}{v_2}+\frac{v_1-v_2}{a},$$

代入数据得 $t_2=22\ \mathrm{s}$.

$$t_3=\frac{x_1-x_2}{v_1},$$

代入数据得 $t_3=1\ \mathrm{s}$,如果过 ETC 通道,汽车通过(1)中路程所需时间

$$t_4=t_2+t_3=22\ \mathrm{s}+1\ \mathrm{s}=23\ \mathrm{s}.$$

(3) 节约时间 $\Delta t=t_1-t_4$,代入数据得 $\Delta t=27\ \mathrm{s}$.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
匀变速直线运动规律	物理观念中“运动与相互作用观念”	能运用匀变速直线运动的公式解决具体的问题(具体情境较为复杂,涉及两种情况的比较,每种情况都涉及三个过程).达到水平四.
	科学思维中“科学推理”	能对综合性物理问题进行分析和推理,获得结论并作出解释.达到水平四.

说明　本示例可以作为课堂例题使用,也可以作为课后作业使用,不适合作为全体学生的阶段检测使用.如果作为课堂例题使用,可以将(1)(2)问题删除,直接改为“汽车通过ETC通道比通过人工收费通道节约多少时间?”,看看学生是否考虑到两种情况下汽车通过的距离不相等,还可以将典型错误解法提供给学生,看看学生能否提出质疑.这样,在课堂上作为例题使用时还增加了科学思维中的“质疑创新”素养的培育.

示例7

请你运用自由落体运动的相关知识,选择合适器材,制作一把能直接读出反应时间的反应尺,并测量几位班级同学的反应时间,计算平均值,看看谁的反应最快.提交的成果应包含:反应尺(实物作品)、各位同学的反应时间数据及分析报告.

附:评价量表

评价内容	表现标准	表现水平(参阅操作说明)	
		自评	他评
作品设计	【科学】能正确运用相关物理概念及规律,描述设计原理		
	【可行】所选器材及制作方法简单易行,可操作		
制作测量	【真实】通过图片、视频、表格等证据,确认你的制作、测量过程真实可信		
	【规范】制作及测量步骤规范,且和设计方案一致		
解释交流	【解释】能对结果进行合理解释,具有误差分析意识,能准确描述误差来源		
	【交流】能提出减小误差的切实可行的措施,或能提出新的可探究问题		
教师评语			
操作说明:学生和教师对照表现标准,根据符合程度进行表现水平评价,“2”表示完全符合,“1”表示部分符合,“0”表示不符合,满分12分			

分析　这是在学习了自由落体运动规律后,布置给学生自主完成的家庭作业,要求学生

用自己的作品进行测量、记录、分析，完成报告. 布置作业时，教师应将设计的评价量表一起下发. 提示学生应该参考评价内容和表现标准进行制作、测量，并按要求记录自己的制作过程及实验过程的数据等. 提示学生进行必要的误差分析，同时思考如何改进制作，如何减少误差等.

教师需要后续跟进，展示优秀的学生作品，并严格按评价量表对学生作品进行评价. 有条件的话，可利用课堂时间组织有效的交流汇报.

解答 略.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
自由落体运动规律	物理观念中“运动与相互作用观念”	能运用自由落体运动规律，解决实际问题. 达到水平二.
	科学探究中“证据”“解释”“交流”	能用自己制作的反应尺，完成一项任务；制订方案（可以通过同学、网络等获得帮助）、收集证据、做出分析解释（能撰写实验报告，用学过的物理术语、图表等交流科学探究过程和结果）. 达到水平三.

说明 本示例是典型的单元长作业，建议给学生 2 周时间完成.

第二单元　相互作用与运动定律

一、单元概述

本单元参考《2017 年版高中物理课标》必修 1 的“相互作用与运动定律”主题，主要由重力、弹力、摩擦力等常见的力，超重、失重等概念，胡克定律、矢量的运算法则、共点力平衡条件及其应用、牛顿运动定律及其应用等内容组成. 其中牛顿运动定律是经典力学的核心内容，牛顿第一定律、牛顿第二定律揭示了运动和力的关系，牛顿第三定律阐明了物体相互作用的规律. 本单元让学生在初中已有的力学知识的基础上进一步认识物体间的相互作用，在运动学知识学习的基础上进一步建立运动与相互作用的关系，是今后认识力在时空上累积效果的基础，也是学习曲线运动、电磁运动等的基础.

在本单元学习中，学生经历弹簧弹力与形变量的关系、两个互成角度的力的合成规律以及加速度与物体受力、物体质量的关系的实验探究过程，提升科学探究能力，感受实验和科学推理相结合的方法在物理学研究中的价值和作用，形成实事求是、一丝不苟的科学态度；在建立重心概念、合力与分力的关系的过程中，体会等效替代的方法；经历从摩擦现象到滑动摩擦力大小的计算、从牛顿第一定律到牛顿第二定律等规律的学习过程，感受先定性后定量的科学思维方法；经历伽利略斜面理想实验的学习，感悟理想实验在物理学研究中的重要意义；在运用共点力平衡条件、牛顿运动定律分析和解决生产生活中的实际问题的过程中，提升解决实际问题的能力，感悟物理知识的实际应用价值，激发学习物理的兴趣.

本单元课程内容学习建议安排 16 课时.

二、内容要求

本单元对应《2017 年版高中物理课标》必修 1 的“相互作用与运动定律”主题，下表中的“标引”与《2017 年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致.“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求例举”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

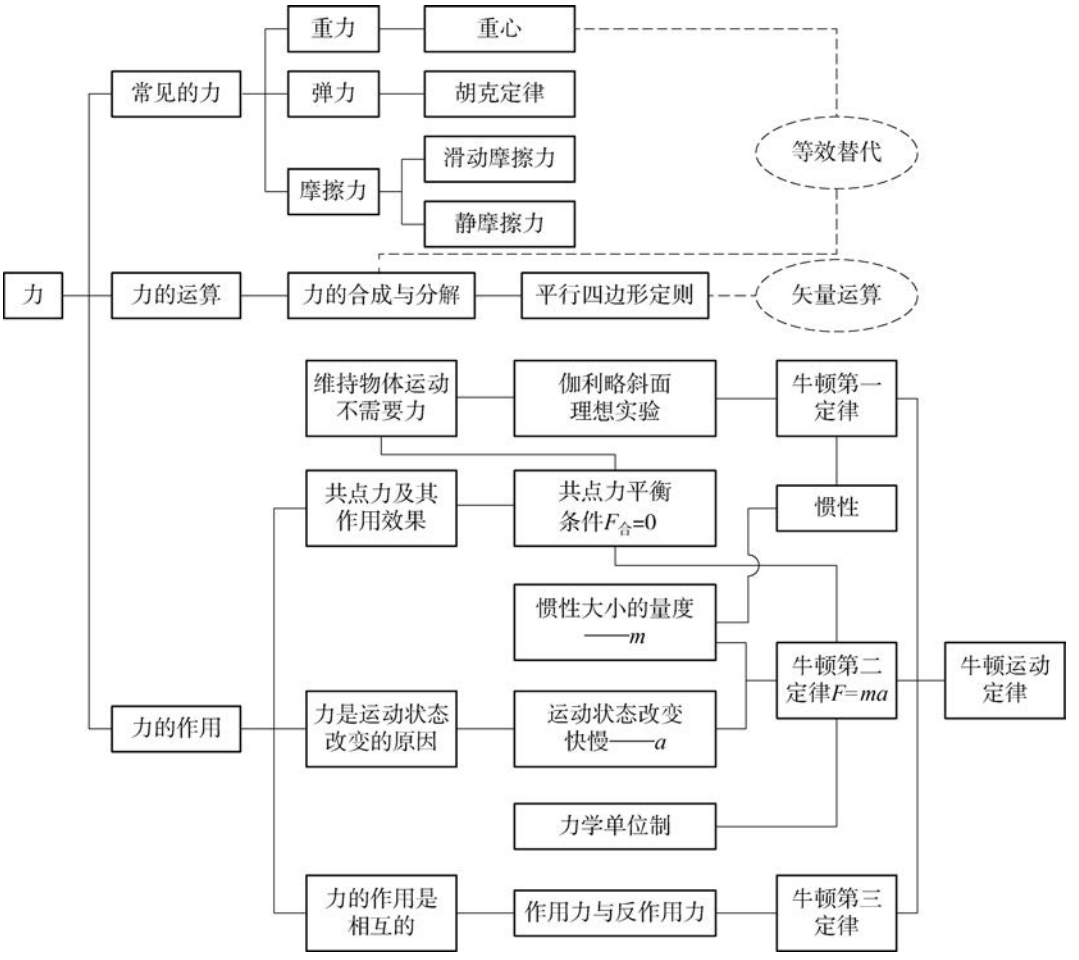
标引	内容	具体要求例举
1.2.1	重力	**认识重力**. 能说出重力产生的原因，能描述重力的大小和方向，会测量重力；能说出重心的概念，知道等效替代方法，能说出规则物体的重心位置.
	弹力	**认识弹力**. 能说出弹力的概念，能说出弹力产生的原因，能分析具体情境中弹力的有无和方向.
	胡克定律	**了解胡克定律**. 能说出胡克定律的内容，能说出弹簧劲度系数的单位，会用胡克定律计算弹簧弹力的大小.
	探究弹簧弹力与形变量的关系	**会“探究弹簧弹力与形变量的关系”**. 能说出实验目的、实验原理和实验器材；会用基本的力学实验器材测量弹力和形变量；能用图像描述实验数据并得出实验结论.
	摩擦力	**认识摩擦力**. 能列举滑动摩擦和静摩擦现象；能说出滑动摩擦力和静摩擦力的概念，能辨析滑动摩擦力和静摩擦力；能说出摩擦力产生的原因，能分析具体情境中摩擦力的有无和方向；能用动摩擦因数计算滑动摩擦力的大小；了解最大静摩擦力.
1.2.2	力的合成	**了解力的合成**. 能说出共点力的概念，能说出力的合成的概念，能识别合力和分力，知道合力与分力间是等效替代关系；能说出互成角度的两力的合成遵循平行四边形定则，能计算互成角度两力的合力；知道矢量的合成遵循平行四边形定则.
	探究两个互成角度的力的合成规律	**会“探究两个互成角度的力的合成规律”**. 会用力的图示描述力的大小和方向；能说出实验目的和实验器材；会用基本的力学实验器材测量力的大小和方向；会通过作图记录、分析数据，得到实验结论.
	力的分解	**了解力的分解**. 能说出力的分解的概念，知道一个力分解为两个分力遵循平行四边形定则；能计算已知力的分力.
	共点力的平衡条件	**能用共点力的平衡条件分析生产生活中的问题**. 知道物体保持静止或匀速直线运动状态都是处于平衡状态，能说出物体处于平衡状态的条件，能用共点力平衡条件分析简单的实际问题.
1.2.3	牛顿第一定律	**理解牛顿第一定律**. 能说出惯性是一切物体固有的属性；能简述伽利略斜面理想实验，知道理想实验在研究中的重要意义；能说出牛顿第一定律的内容；能用牛顿第一定律和惯性概念解释简单的现象.
	牛顿第二定律	**理解牛顿第二定律**. 能说出牛顿第二定律的内容；能举例说明力是物体运动状态改变的原因，能说出力是物体产生加速度的原因；能解释质量是惯性大小的量度；能用牛顿第二定律进行简单计算，能联系运动学知识用牛顿第二定律解决实际问题.
	探究加速度与物体受力、物体质量的关系	**会用 DIS“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”**. 能说出探究实验所要解决的问题；能选择合适的实验器材，运用控制变量等方法，设计用 DIS 探究加速度与物体受力、物体质量关系的实验方案；会测量加速度、力和质量；会用图像分析实验数据，知道图像转换思想，能根据数据得出实验结论，知道实验存在误差.
	牛顿第三定律	**理解牛顿第三定律**. 能列举力的作用总是相互的，能分析具体情境中的作用力和反作用力，能说出作用力和反作用力的性质总是相同的；能说出牛顿第三定律的内容，能用牛顿第三定律解释简单的现象.

续表

标引	内容	具体要求例举
	超重和失重	**认识超重和失重现象**. 能列举超重和失重现象，能说出超重和失重现象的概念；能用牛顿运动定律解释超重和失重的原因.
1.2.4	力学单位制	**知道国际单位制中的力学单位**. 能说出国际单位制中的力学单位，能说出基本单位和导出单位，能列举用基本单位表示的物理量单位；知道单位制在物理学中的重要意义.

三、教学指引

（一）内容结构导图



（二）任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017 年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生完成本单元学习后能够处理的一项任务，将其作为本单元的核心任务.《2017 年版高中物理课标》必修 1“相互作用与运动定律”主题的活动建议中有“(2) 通过各种活动，例如乘坐电梯、到游乐场参与有关游乐活动等，体验失重与超重.”.乘坐电梯（包括升降电梯、台阶式自动扶梯、坡道式自动扶梯和自动水平人行道等）是生活中常见活动，贴近学生实际生活，因此将单元的核心任务确定为“研究电梯上物体受到的力和运动的关系”.在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实.针对同一核心任务这里提供了两种不同的分解方案，教师可以根据实际情况选择使用，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表.

➢ **方案一**

核心任务（问题）及其分解			教学内容	课时安排
研究电梯上物体受到的力和运动的关系	研究电梯速度不变时物体受到的力和运动的关系	认识常见的力	重力、弹力、摩擦力	4
		分析电梯上物体受到的力	受力分析	1
		测量分析电梯速度不变时物体受到的力	力的合成、力的分解、共点力的平衡	4
	研究电梯变速运动时物体受到的力和运动的关系	定性认识力与运动的关系	伽利略的斜面实验、牛顿第一定律	1
		测量分析电梯变速运动时物体受到的力	牛顿第二定律、牛顿第三定律、超重和失重	4
		设计一个测量电梯加速度的装置等	牛顿运动定律的应用	1
	用图像描述电梯上物体受到的力和运动随时间的变化		联系运动学知识综合解决问题	1

（备注：此方案基本与教材上知识顺序一致）

➢ **方案二**

核心任务（问题）及其分解			教学内容	课时安排
研究电梯上物体受到的力和运动的关系	定性认识电梯上物体受到的力和运动的关系	认识常见的力	重力、弹力、摩擦力	4
		分析电梯上物体受到的力	受力分析、牛顿第三定律、牛顿第一定律	3

续表

核心任务(问题)及其分解			教学内容	课时安排
	定量研究电梯上物体受到的力和运动的关系	测量分析电梯速度不变时物体受到的力	力的合成、力的分解、共点力的平衡	4
		测量分析电梯变速运动时物体受到的力	牛顿第二定律、超重和失重	3
		设计一个测量电梯加速度的装置等	牛顿运动定律的应用	1
		用图像描述电梯上物体受到的力和运动随时间的变化	联系运动学知识综合解决问题	1

(备注:此方案从定性到定量,不按教材上的知识顺序)

(三)重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称　研究电梯上物体受到的力和运动的关系

活动资源　各种类型电梯的照片、测量物体在高层建筑电梯中受到两个力作用的实验过程视频、测量物体在高层建筑电梯中受到三个共点力作用的实验过程视频.

活动系列

(备注:此表格中课时对应方案二的课时)

对应课时	活动过程	活动说明
第一课时	**交流提问**　呈现生活中各种类型电梯的照片,交流乘坐电梯的感受.在此基础上,提出"人的感受与其受力情况有关,电梯上物体的受力情况和电梯的运动情况间又有怎样的关系呢?"	从生活中乘坐电梯这一真实的情境入手,引导学生学会表达和提出问题,引出本单元的学习任务. 让学生学会观察物理现象,提出物理问题,基于证据表达自己的观点,体会物理紧密联系生活.
第五课时	**分析作图**　将各种类型电梯的照片转化为示意图.分别分析不同类型电梯在匀速和变速运动的情况下,电梯上的物体的受力情况,画出受力示意图. **交流归纳**　交流受力分析图,归纳受力分析的一般步骤.拓展分析生活中其他物体的受力情况并交流.讨论受力分析过程中出现的错误.	可以重点讲台阶式自动扶梯和斜坡式自动扶梯,引导学生学习如何判断摩擦力的有无和方向,学会区分滑动摩擦力和静摩擦力,学会建立模型,从不同视角分析问题. 根据不同运动状态的电梯上物体的受力情况分析,初步感受到力与运动存在关系,为后面牛顿第一定律的学习做好铺垫.

续表

对应课时	活动过程	活动说明
第十课时	**探究分析** 在完成探究三个共点力作用下静止物体的受力情况的基础上，再利用物体在匀速运动的电梯中受到三个共点力作用的实验视频，分析物体处于匀速直线运动状态时的受力情况. **归纳质疑** 在实验探究的基础上，总结归纳得到三个共点力作用下物体的平衡条件. 根据电梯实验过程中观察到的现象，猜想电梯在速度变化时物体受到的力与运动又有怎样的关系.	“研究物体处于静止状态时共点力的平衡条件”可以作为课堂探究，电梯匀速上升时拍摄的实验视频可以作为补充资料，让学生学会通过实验获取简单直接的证据，有理有据地表达自己的观点. 在得出结论后，引导学生对电梯中的实验过程进一步提出问题，为后面牛顿第二定律、超重和失重的学习做好铺垫.
第十四课时	**观看交流** 再次观看电梯中实验视频，观察电梯运行过程中物体受力情况的变化，关注物体在电梯运动的初始阶段和将停阶段的受力情况，引出超重和失重的概念. **分析归纳** 分组分别研究电梯向上加速、向上减速，以及向下加速、向下减速中物体的受力情况，画出物体受力示意图和运动示意图，用牛顿第二定律分析，归纳超重和失重的规律.	通过实验视频中力传感器测得的数据，让学生初步认识电梯的加速上升过程中出现的超重现象和减速上升过程中出现的失重现象. 可以让学生采用分组研究的方式. 引导学生用牛顿运动定律解释实际问题，培养学生的归纳能力.
第十五课时	**讨论设计** 利用身边的器材，以小组为单位设计一个测量电梯加速度的装置，画出示意图. **展示交流** 展示示意图，说出实验原理、所需器材和使用说明等，并对其他组的设计提出问题.	可以让学生在课堂内完成装置的初步设计、原理分析等，课后进一步修改完善. 也可以将其作为单元长作业，让学生课后完成装置的制作. 引导学生设计方案，表达交流，质疑创新.
第十六课时	**分析作图** 从电梯实验的视频中获取电梯上物体的受力和运动的数据，以小组为单位建立坐标系，选用运动模型，画出物体的 $v-t$ 图像和 $F-t$ 图像. **交流讨论** 交流图像以及图像之间的对应关系，根据测量的数据和所画图像，判断所作的 $v-t$ 图像和 $F-t$ 图像是否存在不一致情况，提出质疑.	引导学生用图像描述电梯上物体受到的力和运动随时间的变化，使学生进一步理解运动模型，学会用学过的物理术语、图表等交流.

评价要点 在最后的“交流讨论”中，建议根据学生所提供的图像和回答给出评价，例如，能否作出完整的图像、能否根据已经完成的图像得出结论、能否对其他同学所作的图像提出质疑等. 其目的是让学生能使用恰当的证据表达自己的观点，能对已有观点提出质疑，能用学过的物理术语、图表等交流探究的结果.

设计意图 以学生乘坐各种电梯的体验、电梯上各种物体的受力分析、对升降电梯上实验视频的研究等，贯穿整个单元教学. 通过体验乘坐各种电梯，让学生感受超重和失重，引出单元学习任务，同时为学习牛顿第一定律做好铺垫；在电梯处于不同运动状态时学生通过对电梯上的物体进行受力分析，认识常见的力，理解牛顿第一定律；学会选用基本力学测量工

具完成对升降电梯中物体受力情况的测量，其中弹簧测力计的使用为引出胡克定律的学习做好铺垫. 学生通过处理物体在升降电梯上受到二力的实验视频，归纳超重和失重的规律，利用物体在升降电梯上受到三个共点力的实验视频验证共点力平衡的条件，学会通过实验获取简单、直接的证据来表达自己的观点；通过设计制作一个测量电梯加速度的装置等，学会运用牛顿运动定律解决问题；通过用图像描述升降电梯中物体受到的力和运动随时间的变化，进一步理解运动图像，选用合适的运动模型，联系运动学知识，运用牛顿运动定律解决问题，学会用图像陈述科学探究过程和结果.

2. 课时活动

活动 1　探究弹簧弹力与形变量的关系

活动资源　弹簧测力计、学生实验器材套件(弹簧、钩码、刻度尺、铁架台等).

活动过程

[观察提问]　学生观察到弹簧测力计的刻度是均匀的，提出问题：如何通过实验来研究弹簧的弹力与形变量的关系？

[实验探究]　结合问题 1－3，在定性猜想的基础上，利用提供的器材进行方案设计. 学生分组实验，记录实验数据.

问题 1：如何获得弹簧的弹力？

问题 2：如何测量弹簧的形变量？

问题 3：需要记录哪些实验数据？如何设计表格？

[分析归纳]　结合问题 4－8，在交流探讨的基础上，学生分析归纳得出结论.

问题 4：如何处理实验数据？如何确定坐标轴？

问题 5：如何根据数据点画出图线？

问题 6：根据图像得到的函数关系式是什么？

问题 7：为什么几个实验小组画出的图线斜率不一样？k 值由什么决定？

问题 8：可得出什么实验结论？

活动说明　实验探究过程可以有意识地分步进行，教学中可以采用问题引导的方式. 学生分组确定实验方案，利用提供的器材进行实验并记录实验数据. 在实验过程中，教师应记录各小组学生实验操作的过程，为后面交流讨论提供证据.

设计意图　“探究弹簧弹力与形变量的关系”是高中阶段的第一个探究性学生实验，需尤其关注实验探究的过程. 本活动设计通过观察弹簧测力计的刻度引出问题，并引发学生的猜想. 学生通过思考和亲身经历，体会实验探究的过程，学会用图像来处理数据，交流探讨，分析归纳得出结论.

活动 2　共点力平衡条件的应用

活动资源　生活中常见的与共点力平衡有关的情境.

活动过程

[观察讨论]　观察超市推车静止在坡道式自动扶梯上的照片，讨论：推车受到哪些力的

作用？这些力为多大？方向如何？如果增加推车中的货物，这些力将如何变化？

［分析归纳］ 估测坡道式自动扶梯的倾斜角度、推车的重力等，选定研究对象，进行受力分析，运用共点力平衡条件计算出推车受到的弹力和摩擦力. 学生在交流的基础上，归纳解题方法.

活动说明 这是一个典型的运用共点力平衡条件来解决实际问题的活动. 课堂中教师可以同时呈现相似问题的题组（见后面评价示例中的示例 1），学生分组选择研究，交流归纳解决问题的一般方法，做到举一反三.

设计意图 本活动的目的是让学生在学习了共点力平衡条件后，运用共点力平衡条件来分析一些实际问题，这是本单元的重点内容. 为了提升学生解决实际问题的能力，教师意图从生活中常见的情境入手，引导学生分析和提炼出与共点力平衡有关的问题，建立物理模型，并运用物体在共点力作用下的平衡条件分析、解决问题.

活动 3 “探究加速度与物体受力、物体质量的关系”实验中的问题讨论

活动资源 DIS（无线力传感器、无线位移传感器、数据采集器、计算机等）、学生实验套件（带滑轮的轨道、小车、钩码、小车配重片、天平等）.

活动过程

［交流讨论］ 在学生方案设计的基础上，提出一些问题，如“为什么悬挂钩码的质量应尽可能远小于小车的质量？”等.

［观察讨论］ 把力传感器固定在小车上，将绳子的一端拴在无线力传感器的侧钩上，绳子跨过定滑轮，另一端挂上钩码. 利用实验分别测出小车静止时受到的拉力大小和小车加速运动时受到的拉力大小，比较这两种情况下的拉力大小，寻找直接证据解释小车加速运动时受到的拉力大小并不等于钩码的重力大小. 然后用小质量的物体代替钩码，其他实验条件不变，重新实验，比较两次小车加速运动时力传感器测得的拉力大小与细线另一端所挂物体的重力大小的差异，最后完成实验改进.

活动说明 这是在方案设计中遇到的问题. 在此之前，学生已经经历了探究实验学习，课堂中要给学生充分的时间讨论问题，体现探究实验的开放性. 为保证“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”实验中类似问题的充分讨论，可以在此实验的方案设计上多花些时间.

设计意图 “探究加速度与物体受力、物体质量的关系”是学生实验，其中“为什么悬挂钩码的质量应尽可能远小于小车的质量？”是一个难点. 在实验探究中教师往往会告知学生，但不作解释. 即使学生学习牛顿第二定律之后，能运用牛顿第二定律对此连接体的问题进行解释，由于此问题难度较大，教师也往往做回避处理. 本活动通过实验测量、比较，让学生寻找直接证据进行解释.

3. 学生实验

学生实验 1 探究弹簧弹力与形变量的关系

主要器材 弹簧、钩码、刻度尺、铁架台等.

实验要点

(1) 提供劲度系数不同的弹簧，先让学生感受弹簧的软硬，让学生知道选用的弹簧软硬程度应合适，即弹簧的劲度系数 k 值应合适. 如果弹簧劲度系数 k 值过大，挂上钩码后弹簧形变量不明显；如果弹簧劲度系数 k 值过小，挂上钩码后弹簧的形变量会很大，且钩码不容易立即静止.

(2) 分组实验时不同小组可使用不同规格的弹簧完成实验.

(3) 提醒学生所挂钩码数不宜过多，不能超过弹簧的弹性限度.

(4) 提醒学生避免因弹簧伸缩以及钩码掉落可能造成的物品损坏或人身伤害.

学生实验 2　探究两个互成角度的力的合成规律

主要器材　图板、图钉、白纸、带绳套的橡皮筋、弹簧测力计(2 个)、刻度尺、量角器等.

实验要点

(1) 建议探究前引导学生讨论以下几个问题：实验的目的是什么？如何设计实验方案？怎样保证合力和分力是等效的？力的大小如何测量？力的方向如何确定？

(2) 提醒学生弹簧测力计使用前需调零，使用时应保持弹簧测力计与图板平行，且沿着绳方向拉动，实验时不要触碰橡皮筋和绳套. 观察读数时正视图板，以确保点与线的位置记录、力的读数准确.

(3) 按统一标度作出三个力的图示后，学生还是很难发现它们之间的关系. 可以让学生用虚线把合力的箭头端与两个力的箭头端连接起来，观察所围成的四边形是不是平行四边形.

学生实验 3　探究加速度与物体受力、物体质量的关系

主要器材　DIS(位移传感器、数据采集器、计算机等)、带滑轮的轨道、小车、钩码、小车配重片、天平等.

实验要点

(1) 实验方案设计可以更开放. 由于学生此前的学习中经历了探究实验的学习过程，因此本实验可以更加注重探究的开放性，展现科学探究的本质，鼓励学生设计多种方案，创造机会让学生充分展示交流. 学生可能会提出一些并不容易实现的方案，教师都应加以肯定.

(2) 本实验中要选用较光滑的轨道，或垫高轨道未装滑轮的一端，以尽可能消除摩擦力对小车运动的影响.

(3) 对于“为什么悬挂钩码的质量应尽可能远小于小车的质量?”这一点，学生可能很难理解，可以通过实验测得小车静止时受到的拉力和加速运动时受到的拉力，让学生寻找证据表达观点，同时要让学生认识到实验误差不可避免.

(4) 提醒学生实验过程中注意调节滑轮位置，以保证系小车的细线与轨道面平行.

(5) 在探究加速度与质量的关系时，对学生来说，用变换横坐标的方法来处理数据是第一次接触，思维跨度较大，教师可以适当引导.

四、评价示例

本单元评价包括四个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的一些活动进行评价. 教师可以选用课堂例题，如示例 1，提供多个类似情境，教师可以让学生选做，以使其完成交流后做到举一反三. 二是日常作业评价，教师可根据素养要求给学生布置不同的作业. 如示例 2，在课堂例题的基础上，要求学生学会举一反三，通过寻找习题或根据情境编制习题，分享给其他学生，看看学生能否对不同情境的相似性提出有依据的质疑，这里编制习题是一种创新；又如示例 7，是本单元的长作业，要求学生学会评价他人的实验方案，倾听他人评价后能作出修正或重新设计实验方案. 三是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩. 如示例 3，与课堂例题和课后作业相呼应，做到教、学、评一致. 四是学生实验评价，如示例 8. 以下给出了部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用.

示例 1

请选择下面题组中某一小题，完成分析、解答，交流归纳解题方法.

(1) 如图 2－1 所示，自动扶梯在匀速向下运动，扶梯与水平面的夹角为 θ，一辆质量为 m 的推车相对于扶梯静止，求扶梯对推车的弹力和摩擦力.

(2) 如图 2－2 所示，质量为 m 的光滑小球被垂直于斜面的挡板挡住，静止在斜面上，斜面倾角为 θ，求斜面对小球的弹力和挡板对小球的弹力.

(3) 如图 2－3 所示，质量为 m 的灯笼被三根轻绳悬挂在天花板下，绳 OB 垂直于绳 OA，且与水平天花板成 θ 角，求绳 OA 和绳 OB 的拉力.



图 2－1

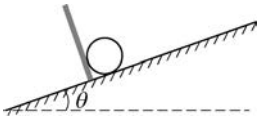


图 2－2

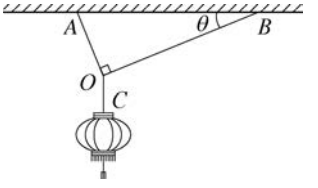


图 2－3

(4) 如图 2－4(a)所示为家用便携拉杆车. 现用它运送质量为 m 的桶装水，图 2－4(b)为小车装上水桶后的截面示意图. 假设在拉运过程中，图示角度 θ 保持不变，不计桶与小车之间的摩擦力. 求当向左拉动小车使小车和桶一起匀速运动时，小车两个支撑面 OP、OQ 对水桶的支持力大小.

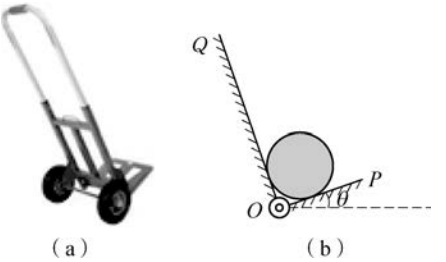


图 2－4

分析 上述四种情境中的推车、小球、灯笼和水

桶都受到三个共点力，处于平衡状态，且除重力以外的两个力的方向相互垂直. 下面以(1)为例进行分析、解答，(2)(3)(4)的分析、解答与之类似.

(1) 中的推车在斜面上的平衡看似复杂，推车有多个轮子，需要构建质点模型. 选取推车为研究对象，对推车进行受力分析. 根据共点力平衡条件列出相关方程，就可以解决问题.

解答　选取推车为研究对象，它受到三个力，重力 G、支持力 F_N 和摩擦力 F_f，如图 2－5 所示. …… ①确定研究对象，进行受力分析

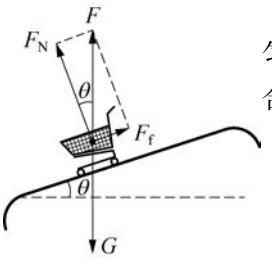


图 2－5

用平行四边形定则，合成 F_N 和 F_f，得到 F. 推车和扶梯一起做匀速直线运动，处于平衡状态，根据共点力的平衡条件，推车受到的合力为零，$F=G$. …… ②选择方法处理

已知 $F_N \perp F_f$，得

$$\left.\begin{aligned} F_N &= F\cos\theta = mg\cos\theta, \\ F_f &= F\sin\theta = mg\sin\theta. \end{aligned}\right\}$$ …… ③列出方程求解

所以扶梯对推车的弹力大小为 $mg\cos\theta$，方向垂直于扶梯向上；摩擦力大小为 $mg\sin\theta$，方向平行于扶梯向上. …… ④作出解答

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
共点力的平衡条件	物理观念中“运动与相互作用观念”	能用共点力平衡条件分析生产生活中的一些实际问题. 达到水平二.
	科学思维中“模型建构”“科学推理”	进一步理解质点模型，能用共点力平衡条件分析不同的问题情境，获得结论并作出解释；对于不同情境的相似结果，能进行辨析，能归纳解决问题的方法. 达到水平三.
	科学态度与责任中“科学态度”	通过共点力平衡条件解决不同的实际情境的问题，激发学习物理的兴趣. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“共点力的平衡条件”后作为课堂例题使用. 可让学生分组选择其中一小题完成，分别交流，归纳解题方法，寻找共同点，做到举一反三.

示例 2

如图 2－6 所示，用很轻的网兜把足球挂在竖直墙壁 A 点处，足球与墙壁的接触点为 B. 已知足球的重力为 G，悬绳与墙壁的夹角为 θ，墙壁光滑. 则墙壁对足球的弹力和悬绳对足球的拉力各为多大？若仅加长网兜上悬绳的长度，球重不改变，则这两个力将如何变化？

(1) 请完成上述问题的解答.

(2) 利用力学基本测量工具，测得真实情境中足球受到的弹力，和同学交流讨论测量过程.

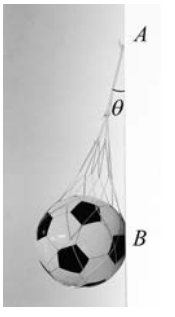


图 2－6

(3) 寻找与此题相似的习题,或寻找生活中的情境编制一道相似的习题,分享给其他同学,并完成解答.

分析 这是物体受到三个共点力平衡的问题,也是一个真实情境的问题.选取足球为研究对象,把足球看作质点,对足球进行受力分析,足球除了受到重力外,还受到另外两个力,其中一个力与重力相互垂直.根据共点力平衡条件列出相关方程,即可求解.

解答

(1) 选取足球为研究对象,它受到三个力,如图 2-7 所示.利用平行四边形定则,合成 F_N 和 F_T,得到 F.足球处于静止状态,根据共点力的平衡条件,足球受到的合力为零,$F=G$.已知 $F_N \perp G$,得

$$F_N = F\tan\theta = G\tan\theta,\ F_T = \frac{F}{\cos\theta} = \frac{G}{\cos\theta}.$$

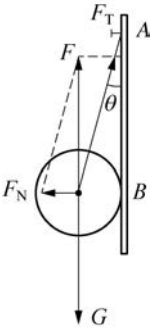


图 2-7

所以墙壁对足球的弹力为 $G\tan\theta$,悬绳对足球的拉力为 $\frac{G}{\cos\theta}$.若仅加长网兜上面的绳的长度,球重不改变,θ 减小,$\cos\theta$ 增大,$\tan\theta$ 减小,墙壁对足球的弹力减小,悬绳对足球的拉力减小.

(2) 这里提供两种方案.

方案①:尝试直接测量,用测力计或力传感器直接测得弹力.(备注:提醒学生测力计或力传感器的中心轴线与弹力方向保持一致,在确定弹力的方向后再调零,避免误差太大)

方案②:尝试间接测量,用测力计或力传感器测得足球的重力,用刻度尺等测得距离,再利用共点力平衡条件求得弹力的大小.

(3) 编制习题具体参考如下.

习题①

如图 2-8 所示,重力为 G 的光滑小球被竖直挡板挡住,静止在倾角为 θ 的斜面上,则斜面对小球的弹力和挡板对小球的弹力各为多大?

习题②

如图 2-9 所示,重为 G 的小球被细绳挂在天花板上,在水平风力的作用下,细绳偏离竖直方向,与竖直方向的夹角为 θ,求水平风力和细绳对小球的弹力.



图 2-8

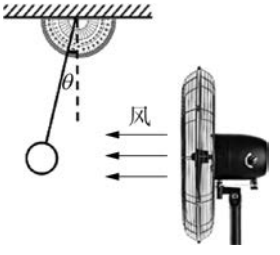


图 2-9



图 2-10

习题③

如图 2-10 所示,重为 G 的清洁工人被悬绳挂住靠在光滑的竖直玻璃幕墙上,悬绳与竖

直方向的夹角为θ，假设玻璃幕墙对人的力垂直于墙，则玻璃幕墙对人的作用力和悬绳对人的弹力各为多大？

习题④

如图2－11所示，悬停在空中的无人机上用细绳悬挂一个装有食材的篮子，篮子和食材总重为G.现一人用一带有钩子的轻杆钩住绳子上的P点，沿水平方向缓慢拉轻杆，使绳OP偏离竖直方向，与竖直方向的夹角为θ，则此时轻杆的拉力和细绳OP的拉力各为多大？

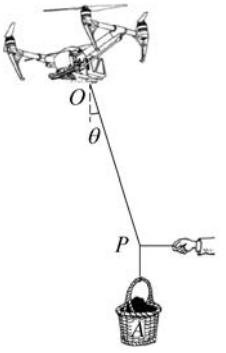


图2－11

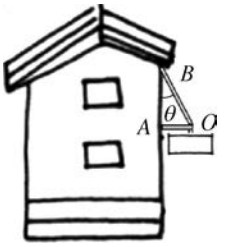


图2－12

习题⑤

如图2－12所示，一重为G的广告牌，用一个轻质支架AOB竖直悬挂住，杆OA沿水平方向，杆OB与竖直方向的夹角为θ，假设杆对广告牌的力都沿着杆的方向，则杆OA和杆OB提供的作用力各为多大？

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
共点力的平衡条件	物理观念中“运动与相互作用观念”	对于第(1)小题，能用共点力平衡条件分析生产生活中的一些实际问题.达到水平二.
	科学思维中“模型建构”“科学推理”“质疑创新”	对于第(1)(3)小题，通过解决问题，进一步理解质点模型，能用共点力平衡条件分析不同的问题情境，获得结论并作出解释；通过寻找习题或根据情境编制习题，分享给他人，学生可以对不同情境是否相似提出有依据的质疑.达到水平三.
	科学探究中“证据”“交流”	对于第(2)小题，学生需要自己设计方案，选用力学基本测量工具测得弹力，和他人交流探究过程，并进行反思.达到水平二.
	科学态度与责任中“科学态度”	通过第(2)小题测量弹力和第(3)小题寻找不同的实际情境编制习题，激发学习物理的兴趣.达到水平二.

说明　本示例建议在“共点力平衡条件的应用”后作为课后作业使用.让学生编制习题的意图是培养学生的创新意识，让学生把自编的习题分享给其他同学的意图是培养交流意识.本示例可以让学生学会举一反三.

示例 3

攀岩者连同装备总质量为 160 kg，若处在如图 2－13 所示状态时手受到的拉力和脚受到的作用力恰好通过他的重心，手和脚受到的作用力可以认为沿手臂和腿的方向，两力大致垂直，那么手和脚受到的总作用力为_____N，其中手受到的拉力约为_____N.（重力加速度 g 取 10 m/s^2）



图 2－13

分析 这是物体在三个共点力作用下处于平衡状态的问题. 研究对象是人，需要估测人的重心位置，假设受到的拉力沿手臂方向，脚受到的作用力沿腿的方向，对人进行受力分析. 根据共点力平衡条件列出相关方程，即可求解. 其中第二空需要利用刻度尺等分别测出手到肩膀的距离和脚到肩膀的距离，再利用三角形的相似比或估测角度来完成，但测量误差较大.

解答 1 600　800(720～880 均可)

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
共点力平衡条件	物理观念中“运动与相互作用观念”	能用共点力平衡条件分析生活中的实际问题. 达到水平二.
	科学思维中“模型建构”“科学推理”	能建构质点模型，会进行受力分析，能用力学基本器材获取数据，并能用共点力平衡条件分析问题，获得结论. 达到水平二.

说明 本示例建议作为单元检测使用，完成时间为 3—5 分钟. 本示例中人受到三个共点力，处于平衡状态，且其中两个力相互垂直，与示例 1 和示例 2 类似. 其中第二空检测学生是否会利用力学基本器材获取数据，与前面示例 2 中的第(2)题呼应，体现教、学、评一致.

示例 4

当汽车突然刹车停止时，汽车里的乘客会向前倾倒，这是因为汽车已经停止而乘客由于惯性要保持原来的运动速度前进. 有人据此作出这样的推断，汽车突然停止时，汽车没有惯性，乘客才有惯性. 你是否赞同这个推断？请简述理由.

分析 惯性是物体的一种属性，与物体的大小、处于何种运动状态无关，一切有质量的物体都有惯性. 物体运动状态是否变化要看物体所受的合力.

分析汽车：汽车停止是因为汽车刹车过程中汽车受到的合力不为 0，汽车的运动状态由运动变为静止，这个过程中汽车滑行了一段距离，这正是由汽车的惯性引起的.

分析乘客：乘客的脚与车厢间存在摩擦力，随着汽车运动状态的改变而改变，而乘客的上身由于惯性要保持原来的运动状态，因此，突然刹车时汽车里的乘客会向前倾.

解答 不赞同，推断不完善. 认为乘客有惯性是正确的，而认为汽车没有惯性是不正确的. 因为一切有质量的物体都有惯性，汽车和乘客都有质量，所以都有惯性. 汽车突然停止是受到阻力的结果，阻力改变了汽车的运动状态，如果没有受到阻力，汽车不会停止，这说明了

汽车是有惯性的.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
牛顿第一定律、惯性	物理观念中“运动与相互作用观念”	能用惯性的概念解释实际现象. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能对比较简单的物理现象进行分析和推理，获得结论. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“牛顿第一定律和惯性”后作为课堂反馈使用.

示例 5

一辆质量为 873 kg 的改装高速赛车，由静止开始沿水平直线加速，赛车在 4.93 s 内跑完了 402.3 m，赛车手的质量为 68 kg，则：

(1) 假定赛车的加速度不变，赛车手受到的水平力为多大?

(2) 假定赛车以 126.6 m/s 的速度冲过终点线，请你用证据来说明赛车手受到的水平力是否保持不变.

分析　用牛顿第二定律解决实际问题常常要联系运动学规律，加速度是力与运动之间联系的纽带. 本题研究对象是赛车手，题中已知赛车的运动情况，亦即赛车手的运动情况. 先通过运动学公式求出整体的加速度，然后运用牛顿第二定律分析赛车手的受力情况，再利用运动学公式求出末速度、位移、加速度或时间等，从不同角度来寻找证据解释.

解答

(1) 由于赛车的加速度保持不变，根据匀变速直线运动的位移公式 $x=\frac{1}{2}at^2$，得到赛车和赛车手的加速度

$$a=\frac{2x}{t^2}=\frac{2\times 402.3}{4.93^2}\ \mathrm{m/s^2}\approx 33.1\ \mathrm{m/s^2}.$$

根据牛顿第二定律，赛车手受到的水平合力

$$F_{合}=ma=68\times 33.1\ \mathrm{m/s^2}=2\,250.8\ \mathrm{N}.$$

答：赛车手受到的水平力为 2 250.8 N.

(2) 证据可参考如下：通过判断赛车手受到的水平力无变化时赛车的末速度与实际末速度是否一致，来推断赛车手受到的水平力是否不变. 假设赛车手受到的水平力不变，根据牛顿第二定律，赛车手的加速度不变，即赛车的加速度不变，根据匀变速直线运动的位移公式 $x=\frac{1}{2}at^2$，得到

$$a=\frac{2x}{t^2}=\frac{2\times 402.3}{4.93^2}\ \mathrm{m/s^2}\approx 33.1\ \mathrm{m/s^2}.$$

根据匀变速直线运动的速度公式，赛车末速度为

$$v = at = 33.1 \times 4.93\ \text{m/s} \approx 163.2\ \text{m/s},$$

与赛车以126.6 m/s 的速度冲过终点线不一致，说明赛车的加速度有变化，根据牛顿第二定律，赛车手受到的水平力有变化.

（备注：也可以通过判断位移、加速度或时间是否一致来解释）

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
牛顿第二定律应用	物理观念中“运动与相互作用观念”	能用牛顿第二定律分析解决问题. 达到水平二.
	科学思维中“科学论证”“质疑创新”	对已有结论提出质疑，从不同视角思考问题，能用数据分析论证，得到结论. 达到水平三.

说明 本示例建议在学习“牛顿第二定律”后作为课堂例题使用.

示例 6

如图 2－14 所示，一小孩坐在雪橇上，他和雪橇的总质量为 40 kg，另一人用一根绳子拉雪橇，绳子方向与水平面的夹角 $\theta = 37°$，使其由静止开始运动，经过 4 s 雪橇在雪地留下一条直的、长约 8 m 的痕迹，雪橇有两个与冰面接触的钢制滑板，滑板与冰面间的动摩擦因数为 0.027，g 取 10 m/s^2，$\sin 37° = 0.6$，$\cos 37° = 0.8$. 另一人的拉力为多大？



图 2－14

分析 运用牛顿第二定律解题的一般步骤：先确定研究对象，再对研究对象进行受力分析和运动状态分析，最后运用牛顿第二定律和运动学公式求解. 本题研究对象为雪橇和小孩整体，假设雪橇做匀加速直线运动，先对雪橇和小孩进行受力分析，因拉力 F 斜向上，需要在水平方向和竖直方向作分解，最后建立方程，便可求出加速度的大小.

解答 假设雪橇做匀加速直线运动，根据匀变速直线运动位移公式 $x = \frac{1}{2}at^2$，得到

$$a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2 \times 8}{4^2}\ \text{m/s}^2 = 1\ \text{m/s}^2.$$

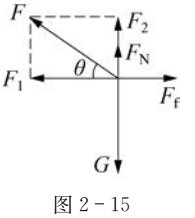


图 2－15

雪橇和小孩的受力分析如图 2－15 所示. 对 F 进行正交分解，其在水平方向的分力为 $F_1 = F\cos\theta$，竖直方向的分力为 $F_2 = F\sin\theta$.

水平方向上，根据牛顿第二定律得

$$F\cos\theta - F_f = ma. \quad \cdots\cdots\cdots\

$$F\sin\theta+F_{\mathrm{N}}=G. \quad \cdots\cdots\cdots\

① 测出橡皮筋的原长 l_0.

② 测出挂上一只橡胶鞋底的鞋后的长度 l_1，鞋的重力大小可以用橡皮筋的伸长量 $\Delta l_1 = l_1 - l_0$ 来表示.

③ 再把鞋放在水平水泥地面上，用手拉橡皮筋，使鞋沿水平方向缓慢运动，测出橡皮筋的长度 l_2，这时摩擦力与拉力大小相等，可以用橡皮筋的伸长量 $\Delta l_2 = l_2 - l_0$ 表示.

④ 橡胶鞋底与水泥地面之间的动摩擦因数 $\mu = \dfrac{F_f}{F_N} = \dfrac{\Delta l_2}{\Delta l_1}$.

⑤ 选用其他鞋底的鞋子，重复上述实验.

⑥ 比较不同鞋底的动摩擦因数，得出结论.

（备注：实验中橡皮筋发生形变后可能会变松弛；若橡皮筋的伸长量不明显，可以在鞋子上加重物）

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
滑动摩擦力、共点力的平衡条件	物理观念中“运动与相互作用观念”	能综合运用滑动摩擦力、物体的平衡条件来解决问题. 达到水平三.
	科学思维中“质疑创新”	对已有方案提出质疑，采用方案修正或重新设计等不同方式思考解决问题. 达到水平三.
	科学探究中“证据”“解释”“交流”	能设计测定动摩擦因数的实验方案，选择合适的器材获得数据，能分析实验数据，发现规律，得到合理的结论. 达到水平二.

说明 本示例建议作为本单元的长作业使用. 评价内容包含评价已有实验方案、重新设计实验方案和分享交流研究成果三方面，下表为每一个内容提供了具体的表现水平，可据此评分，满分为 10 分.

附：评价量表

评价内容（分值）	表现水平（相应得分）	评分
评价已有实验方案（2 分）	A. 没有指出实验方案不完善之处（0 分） B. 能指出实验方案不完善之处（1 分） C. 能指出实验方案不完善之处且提出修正方案（2 分）	
重新设计实验方案（4 分）	A. 没有重新设计实验方案（0 分） B. 能重新设计实验方案但实验方案不够完善（2 分） C. 能重新设计实验方案且实验方案较完善，如器材选择合适、实验步骤可实现、数据处理正确等（4 分）	
分享交流研究成果（4 分）	A. 没有参与分享交流（0 分） B. 能参与分享交流但交流内容不够详实（2 分） C. 能参与分享交流且交流内容较详实，如有图片、视频或表格等证据，研究操作及数据采集真实可信，误差分析有依据等（4 分）	

示例 8

用 DIS“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”实验可运用控制变量法分别探究加速度与物体受力的关系、加速度与物体质量的关系.

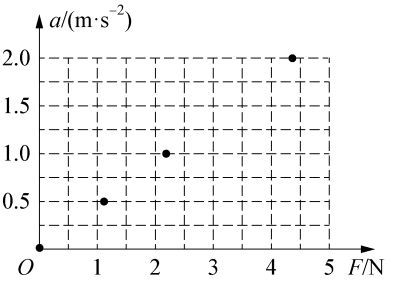


图 2－16

(1) 探究加速度与物体受力的关系时,保持小车质量不变,改变小车所受的作用力,测得了下表所示的 5 组数据,并已在坐标平面上画出部分数据点,如图 2－16 所示.

组别	1	2	3	4	5
F/N	0	1.1	2.2	3.3	4.4
a/(m·s^{-2})	0	0.5	1.0	1.5	2.0

① 在图中画出第 4 组数据对应的数据点,然后作出 $a-F$ 的关系图线.

② 由图线可以得到结论:在质量一定的情况下,加速度 a 与作用力 F 成_____比.

(2) 探究加速度与物体质量的关系时,我们用了如图 2－17 所示的装置,请完成以下问题.

① 下列做法中正确的是(　　).

A. 要控制小车和钩码的质量都不变

B. 要控制小车的质量不变,改变钩码的质量

C. 要控制钩码的质量不变,改变小车的质量

D. 小车和钩码的质量都要改变

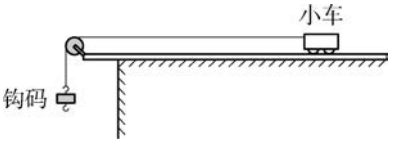


图 2－17

② 实验中测得了下表所示的 5 组数据,并已在坐标平面上画出部分数据点,请在图 2－18 中画出第 4 组数据对应的数据点,然后作出 $a-m$ 的关系图线.

组别	1	2	3	4	5
a/(m·s^{-2})	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20
m/kg	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50

③ 为进一步确定加速度与质量的关系,应画 $a-$_____图像.

④ 本实验得到的结论是_____.

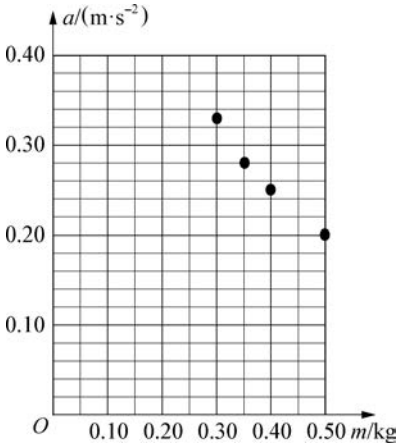
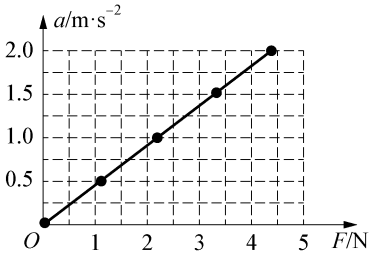


图 2－18

分析　这里涉及用 DIS“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”学生实验的问题.

解答

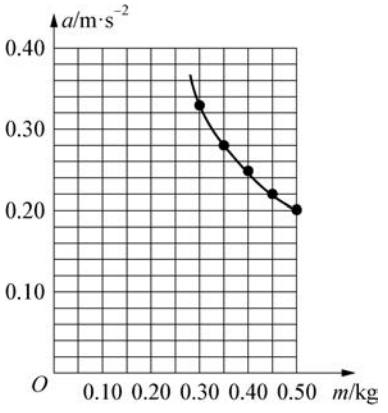
(1) ①



② 正

(2) ① C

②



③ $\frac{1}{m}$

④ 在受力不变时，小车的加速度与其质量成反比

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
探究加速度与物体受力、物体质量的关系	科学探究中“证据”“交流”	能运用控制变量法设计实验，能利用图像处理数据，能根据图像得到实验结论. 达到水平二.

说明 本示例建议作为单元检测使用，完成时间约为 6 分钟.

第三单元　曲线运动与万有引力定律

一、单元概述

本单元参考《2017 年版高中物理课标》必修 2 的“曲线运动与万有引力定律”主题，主要由平抛运动的规律、匀速圆周运动的规律和万有引力定律及其应用等内容组成. 本单元内容与必修 1 学过的匀变速直线运动、牛顿运动定律，构成比较完整的机械运动的基础知识；通过本单元的学习，可以进一步形成运动与相互作用的观念，为后续机械能及其守恒定律实例分析的学习做好知识与方法的储备.

在本单元学习中，学生经历将具体曲线运动抽象为运动模型的过程，体会建构物理模型的思维方式；在认识曲线运动速度方向、受力情况等规律的过程中，形成运动与相互作用的观念；在形成匀速圆周运动的线速度、角速度等概念的过程中，体会科学推理和类比的思维和方法；经历探究平抛运动特点的实验过程和探究匀速圆周运动向心力大小与半径、角速度、质量关系的实验过程，认识平抛运动的规律和匀速圆周运动的规律，体会实验探究和科学推理在物理研究中的作用，感受化繁为简的科学探究方法；在了解万有引力定律的发现过程中，认识科学探究包含大胆的想象和创新，体会物理学中统一性观念在科学认识中的重要意义；在万有引力定律的学习过程中，进一步形成运动与相互作用观念，体会科学定律的重要作用，培养严谨认真、实事求是的科学态度.

本单元课程内容学习建议安排 14 课时.

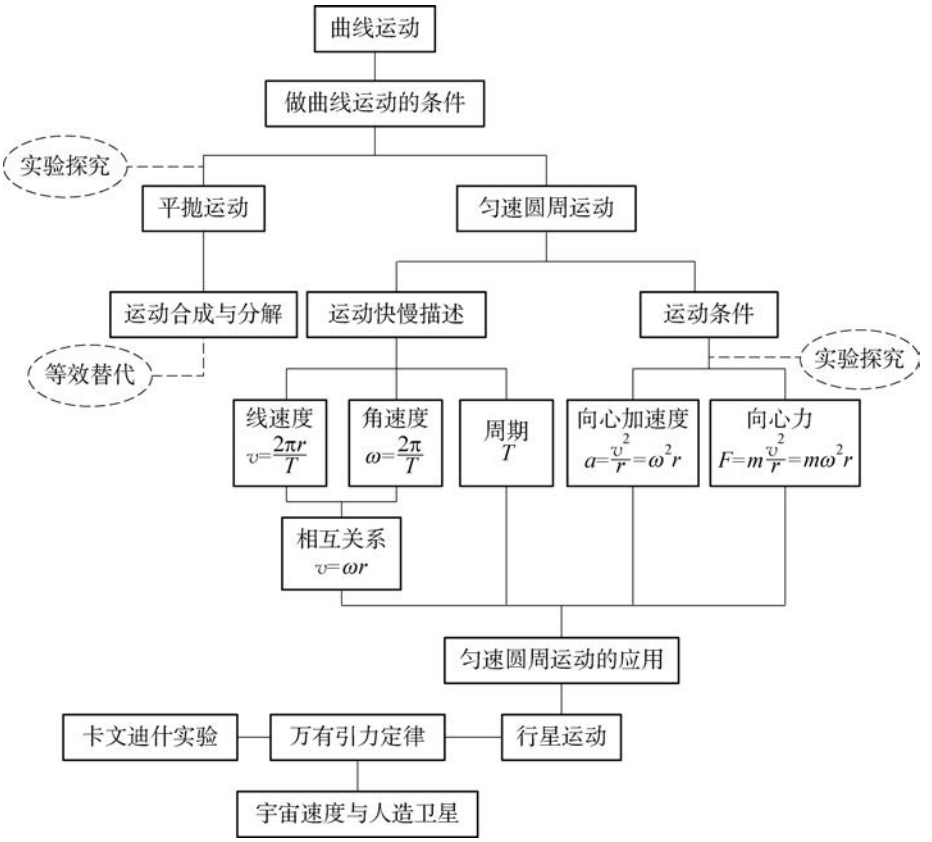
二、内容要求

本单元对应《2017 年版高中物理课标》必修 2 的“曲线运动与万有引力定律”主题，下表中的“标引”与《2017 年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致. “内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求示例”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

标引	内容	具体要求例举
2.2.1	曲线运动	**了解曲线运动.** 能说出什么是曲线运动；能说出物体做曲线运动的条件；能说出曲线运动是一种变速运动；会用运动合成与分解的方法研究曲线运动，体会将复杂运动分解为简单运动的物理思想.
2.2.2	探究平抛运动的特点(学生实验)	**会“探究平抛运动的规律”.** 能简述实验目的；会用运动合成与分解的方法设计探究平抛运动规律的实验方案；能根据方案选择合适的实验器材；能按照设计的实验步骤完成相关实验操作；能根据实验数据描绘平抛运动轨迹；能根据实验数据得出相关结论.
	平抛运动	**认识平抛运动.** 能说出什么是抛体运动；能说出什么是平抛运动；能说出物体做平抛运动的条件；能说出平抛运动是匀变速曲线运动；会用运动合成与分解的方法描述平抛运动；能分析和计算生产生活中的平抛运动实例.
2.2.3	匀速圆周运动	**认识匀速圆周运动.** 能说出什么是匀速圆周运动；知道匀速圆周运动是一种周期性运动.
	线速度、角速度、周期	**了解线速度、角速度、周期.** 能简述线速度的概念、线速度方向及其物理意义；能简述角速度的概念及其物理意义；能简述周期的概念及其物理意义；会用线速度、角速度、周期描述匀速圆周运动；能辨析线速度、角速度、周期在描述匀速圆周运动快慢时的不同物理意义；能说明线速度、角速度和周期三者之间的关系；能用线速度、角速度及周期三者之间的关系式进行简单的计算.
	探究匀速圆周运动向心力大小与半径、角速度、质量的关系(学生实验)	**会“探究匀速圆周运动向心力大小与半径、角速度、质量的关系”.** 能简述实验目的、实验原理和实验装置的使用方法；能运用控制变量的方法，设计用DIS探究物体做匀速圆周运动的向心力与其半径、角速度、质量的关系的实验方案；能按照设计好的实验步骤独立完成相关实验操作；能根据实验数据描点作出 $F-r$ 图像、$F-\omega$ 图像、$F-m$ 图像；能根据 $F-\omega$ 图像猜想 $F-\omega$ 可能的关系，并选择合适的坐标系作出 $F-\omega^2$ 图像来验证猜想；能分析实验数据并得出相关结论.
	向心力、向心加速度	**了解向心力、向心加速度.** 能说出受到向心力是物体做匀速圆周运动的条件；能说出向心力是按力的作用效果命名的；能简述匀速圆周运动向心加速度的大小和方向；能用向心加速度与线速度、角速度、周期的关系式进行简单计算；能用牛顿第二定律分析匀速圆周运动的向心力，并对实际的匀速圆周运动问题作出解释；能说明生产生活中的离心现象及其产生的原因.
2.2.4	万有引力定律的发现过程	**了解万有引力定律的发现过程.** 能说出历史上的日心说、地心说以及它们的不足与成功之处；能简述万有引力定律的发现过程.
	万有引力定律	**知道万有引力定律.** 能说出万有引力定律的内容；能认识发现万有引力定律的重要意义，认识物理学中统一性观念在科学认识中的重要意义；能简述万有引力定律在天文学上的贡献，认识科学定律对人类探索未知世界的作用；能用万有引力定律进行简单计算；能用万有引力定律结合匀速圆周运动的规律，分析和计算天体运动.
2.2.5	环绕速度	**了解人造地球卫星的环绕速度.** 能简述人造地球卫星环绕速度的物理意义；会计算人造地球卫星的环绕速度；能用万有引力定律结合匀速圆周运动规律分析人造地球卫星绕地球运行的速度、周期等.
	第二宇宙速度、第三宇宙速度	**知道第二宇宙速度和第三宇宙速度.** 能说出第二宇宙速度和第三宇宙速度的物理意义；能简述牛顿力学对航天技术发展的重大贡献；能简述我国航天技术的重大成就和发展前景.

三、教学指引

（一）内容结构导图



（二）任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生完成本单元学习后能够处理的两项任务，将其作为本单元学习的核心任务.《2017年版高中物理课标》必修2“曲线运动与万有引力定律”主题的【内容要求】中有“例1　观察生活中的曲线运动，如投篮时篮球的运动轨迹.”“例2　了解铁路和高速公路拐弯处路面有一定倾斜度的原因.”和“例5　了解牛顿力学对航天技术发展的重大贡献.”等，它们直接反映出学生完成学习后的能力表现.根据学校的实际情况，选择合适的实验工具，考虑到学生素养水平需要根据学生在真实问题解决过程中的表现来确定，因此将单元的核心任务确定为“会用实验工具研究两种简单真实的曲线运动（平抛运动和匀速圆周运动）”和“追寻人类对行星运动规律及其运动原因的探索之旅”两项任务.在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于

逐步落实，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表.

<table>
<tr><th colspan="3">核心任务(问题)及其分解</th><th>教学内容</th><th>课时安排</th></tr>
<tr><td rowspan="5">会用实验工具研究两种简单真实的曲线运动(平抛运动和匀速圆周运动)</td><td rowspan="2">用实验仪器记录并研究小球(在行进中的自行车上释放)水平飞出后的运动规律</td><td>学会研究曲线运动的方法</td><td>曲线运动、运动合成与分解</td><td>1</td></tr>
<tr><td>描绘物体做平抛运动的轨迹、探究物体做平抛运动的规律</td><td>平抛运动</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="3">制作旋转飞椅的模型并研究其运动规律与受力情况</td><td>描述物体做匀速圆周运动的快慢</td><td>匀速圆周运动、线速度、角速度、周期</td><td>2</td></tr>
<tr><td>分析与描述做匀速圆周运动的物体的受力情况</td><td>向心力、向心加速度</td><td>2</td></tr>
<tr><td>研究生活中的匀速圆周运动(含汽车在高速公路上的转弯)</td><td>生活中圆周运动的实例分析</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">会用实验工具研究自行车匀速行驶过程中的匀速圆周运动(小组研究并总结汇报)</td><td>解决问题</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">追寻人类对行星运动规律及其运动原因的探索之旅</td><td colspan="2">了解人类探索行星运动规律的历史进程</td><td>人类对行星运动探究的过程</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="2">了解牛顿发现万有引力定律的过程及定律内容</td><td>万有引力定律</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="2">了解万有引力定律在天文学、航天技术上的应用</td><td>万有引力定律的应用、环绕速度</td><td>2</td></tr>
<tr><td colspan="3">收集有关人造地球卫星、神舟飞船、空间站、月球探测器、火星探测器等我国航天事业发展的资料(含影像资料)，写出调查报告并进行交流宣讲</td><td>交流宣讲</td><td>1</td></tr>
</table>

(三) 重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称 **制作旋转飞椅的模型并研究其运动规律与受力情况**

活动资源 游乐园中旋转飞椅运动的视频，DIS 实验设备，细线、小球、支架、小马达和学生电源等其他相关物品，以及包含模型结构图、基本参数和工作原理(如细线偏转角控制的方法、运动快慢测量方法)等的制作设计方案.

活动系列

对应课时	活动过程	活动说明
第四课时	**制作试验** 用准备好的物品完成旋转飞椅模型的制作. 选择合适的转速，让模型做匀速圆周运动，使细线与竖直方向达到预设的角度. **测量描述** 用 DIS、秒表等仪器测量旋转飞椅模型做匀速圆周运动的快慢，并讨论用线速度、角速度、周期等不同物理量描述匀速圆周运动快慢的特点.	学生经历制作、试验过程，知道什么是匀速圆周运动. 通过问题“如何描述旋转飞椅运动的快慢?”引导学生体会用线速度、角速度、周期等物理量从不同角度来描述匀速圆周运动的快慢.

续表

对应课时	活动过程	活动说明
第五课时	**观察讨论**　观察旋转飞椅模型做匀速圆周运动，此时其细线偏转一定的角度，讨论其线速度、角速度与半径之间的关系.	引导学生分析与讨论物体做匀速圆周运动的线速度、角速度与半径之间的关系.
第七课时	**探究讨论**　研究旋转飞椅做匀速圆周运动时其细线偏转角与匀速圆周运动角速度(线速度)的关系.	在完成第六课时的学生实验“探究匀速圆周运动向心力大小与半径、角速度、质量的关系”后，让学生学会用牛顿运动定律分析讨论旋转飞椅运动是由什么力提供向心力的，并探究细线偏转角与飞椅运动的角速度(线速度)之间的关系.
第八课时	**问题解决**　观看游乐园中旋转飞椅的运动视频，观测得到或教师给出相关数据(悬绳的长度、运行周期等). 运用匀速圆周运动的规律，研究并描述真实的旋转飞椅运动过程的动力学规律.	这是匀速圆周运动描述的最后一节课，通过研究真实的旋转飞椅，让学生体会匀速圆周运动规律在生活实际中的运用，进一步运用运动规律分析汽车在高速公路上转弯等生产生活中的实例.

设计意图　旋转飞椅是游乐场中很受欢迎的娱乐项目，围绕旋转飞椅设计的一系列活动，渗透了匀速圆周运动、线速度、角速度、周期、向心力、向心加速度等概念的学习和应用. 在教师的引导下，学生可以围绕自制旋转飞椅模型的模拟运动不断深入地开展学习. 从制作一个旋转飞椅的模型并使它旋转运动起来开始，到会用周期、线速度、角速度等物理量描述其做圆周运动的快慢，再到能分析旋转飞椅做匀速圆周运动的向心力、向心加速度.

2. 课时活动

活动 1　观察平抛运动的特点

活动资源　提供(或课前制作)从匀速前进的自行车上释放的小球的运动轨迹视频(或频闪照片).

活动过程

[观察讨论]　观察视频中小球的运动轨迹，讨论分析小球运动特点. 从视频中小球的运动轨迹，获得相等时间间隔的小球位置(或在频闪照片中获得一系列小球的位置)，观察这些位置在水平和竖直两个方向的投影，并提出相关问题.

[计算分析]　在完成学生实验“探究平抛运动的特点”后，用实验探究得到平抛运动规律，通过竖直方向自由落体运动规律计算小球的下落时间，再利用此时间计算自行车骑行的速度大小.

活动说明　该活动可作为学生实验“探究平抛运动的特点”课前的引导性活动. 通过活动引导学生在实验探究中，将平抛运动分解为水平方向和竖直方向两个分运动进行研究. 同时，可在学生完成实验后回到该活动，进一步运用平抛运动的规律测定自行车骑行的速度大小.

设计意图　平抛运动是学生首次涉及的一种曲线运动，是运用运动合成与分解方法进

行研究的典型实例. 本活动的设计是通过研究从匀速行进的自行车上释放的小球的运动规律,引导学生将一个复杂的曲线运动简化分解为两个不同方向上的直线运动. 体会运动合成与分解的方法在曲线运动研究中的有效应用,同时理解平抛运动的特点.

活动 2　探究自行车匀速行驶过程中的匀速圆周运动

活动资源　自行车、课前录制完成的该自行车正常骑行时的视频.

活动过程

[观察讨论]

(1) 观看视频,观察自行车匀速行驶时各部件的运动情况,先明确哪些部件在做匀速圆周运动;然后分析做匀速圆周运动的各部件之间的相互关系,明确哪些部件是同轴传动的、哪些部件是接触传动的.

(2) 理论分析,根据自行车各部件间的转动、传动关系,推导脚踏板转动一周过程中自行车前进距离的定量关系式,并说明推导的理论依据.

[测量计算]

(1) 测量自行车中需要研究的部件的尺寸并记录;根据它们的定量关系式计算出脚踏板转动一周自行车前进的距离.

(2) 实测自行车行进中脚踏板转动一周自行车前进的距离并记录.

(3) 比较实际测量的结果和理论计算的数据,进行分析和评价.

活动说明　该活动是在完成匀速圆周运动内容的学习以后设置的一项综合探究性活动,要求学生根据所学知识进行观察和理论计算,然后设计方案,并进行测量,得出结果,再比较理论值与测量值,分析差异产生的原因,最后形成研究报告,并进行交流展示. 通过本活动,学生可以了解实验研究的一般过程,知道如何利用合适的方法、器材和测量手段获取数据,并学会分析、解释测量结果.

设计意图　匀速圆周运动的描述及其运动原因是本单元的重点,是运动与相互作用观念的延续和深化;从日常生活中的典型实例去体验这些物理原理,是引导学生构建匀速圆周运动模型的重要手段,也是培养学生科学探究能力的重要途径. 本活动的设计意图是:(1)探究自行车匀速行驶时有哪些部件在做匀速圆周运动,并探究各转动部件的传动关系;(2)测定自行车脚踏板转动一周自行车前进的距离.

3. 学生实验

学生实验 1　探究平抛运动的特点

➢ 方案一

主要器材　DIS 电磁定位板、弹射器、平抛物体(信号源)、接球槽.

实验要点

(1) 该实验方案是采用 DIS 电磁定位板直接记录做平抛运动的物体(信号源)经过连续相等时间间隔的位置,从而得到平抛运动的轨迹.

(2) 根据电磁定位板记录的平抛物体(信号源)连续相等时间间隔的位置,分析和计算

这些位置坐标在水平方向上和竖直方向上的数据，分别得到水平方向的匀速直线运动的规律和竖直方向的自由落体运动的规律，从而归纳平抛运动的特点.

(3) 实验时首先要用水平仪调整电磁定位板的上边沿直至水平，以满足物体(信号源)抛出时初速度为水平方向；平抛物体(信号源)的顶盖面必须正对电磁定位板，否则数据点的位置可能有漂移；重复实验时，每次打开信号源后需重新设置抛出的零点位置.

➢ **方案二**

主要器材　探究平抛运动竖直方向和水平方向分运动规律的实验装置(2 套)、金属小球 2 个、铁架台、复写纸、方格纸等.

实验要点

(1) 该实验由两部分内容组成. 先探究平抛运动竖直方向分运动的规律，再探究平抛运动水平方向分运动的规律，所以要用 2 套装置.

(2) 第一个实验是通过比较平抛小球和自由落体小球的下落时间，得出平抛运动竖直方向分运动是自由落体运动的结论.

(3) 第二个实验是通过描出小球做平抛运动的轨迹，然后分析小球运动轨迹上的坐标，利用平抛运动竖直方向分运动是自由落体运动的规律，再根据分运动具有等时性的特点得出平抛运动水平方向分运动的规律.

(4) 在第二个实验中，根据实验记录的位置点拟合平抛运动轨迹时，要光滑连接各数据点，形成一条平滑的平抛曲线. 此实验注重对学生实验设计、实验条件控制(每次释放小球的要求等)和实验操作技能的培养，通过此实验使学生提升实验设计和实验探究能力.

学生实验 2　探究匀速圆周运动向心力大小与半径、角速度、质量的关系

主要器材　向心力实验装置(含无线力传感器、无线光电门传感器、挡光片等)、计算机等 DIS 实验设备.

实验要点

(1) 本实验要研究多个物理量之间的关系，必须采用控制变量的方法. 一是研究砝码质量 m 与其运动角速度 ω 一定时，其受到向心力大小 F 与运动半径 r 的关系；二是研究砝码质量 m 与运动半径 r 一定时，其向心力大小 F 与运动角速度 ω 的关系；三是研究砝码运动半径 r 与角速度 ω 一定时，其向心力大小 F 与质量 m 的关系.

(2) 为测量运动中物体的受力和速度，本实验采用无线力传感器和无线光电门传感器，测量的数据通过无线接收器传送至计算机.

(3) 本实验用无线光电门传感器测出砝码通过挡光片时的线速度，进而得到旋臂旋转的角速度. 通过调节电动机的转速，改变旋臂转动的角速度，当旋臂匀速转动时，即可得到砝码的角速度.

(4) 本实验的重点在于培养学生根据给定的实验方案进行实验操作、记录数据、分析处理数据、发现运动规律、形成结论等诸方面的实验素养. 并提升用物理术语、图表等方法交流探究过程和表述实验结论等能力.

四、评价示例

本单元评价包括四个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价. 例如对学生完成“探究自行车匀速行驶过程中的匀速圆周运动”的活动表现进行评价，建议围绕活动的两个学习过程展开：[观察讨论]环节可以从观察结果、分析过程等方面进行评价；[测量计算]环节可以从实践操作能力、结论分析与质疑能力等方面进行评价. 二是日常作业评价，完成本单元学习后，学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价. 三是对“探究匀速圆周运动向心力大小与半径、角速度、质量的关系”学生实验的评价，实验中可以根据学生作出的 $F-r$ 图像、$F-\omega$ 图像、$F-m$ 图像进行评价；根据 $F-\omega$ 图像选择合适的坐标作出 $F-\omega^2$ 图像等实验过程和实验结果进行评价. 四是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩. 以下给出了部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用.

示例 1

某同学参加学校科技无人机小组“投弹”比赛，要求从无人机上释放的小球能投中地面上的定点. 如图 3－1 所示，他控制无人机在距地面 $h=11\,\mathrm{m}$ 高处以 $v_0=2\,\mathrm{m/s}$ 的速度向目标水平匀速飞行，要命中目标必须在恰当的时间释放小球. 试分析讨论该同学应如何释放小球才能命中目标.



图 3－1

分析 如使用金属小球，因其质量大、体积小，故在运动过程中可以忽略其受到的空气阻力，金属小球脱离无人机后可认为它做平抛运动. 小球要投中目标，必须在无人机到达目标上空之前提前释放，所以要根据无人机的飞行数据，运用平抛运动的规律计算这一提前量. 可以根据自由落体运动的特点先求出小球下落的时间，再根据匀速直线运动的规律求出小球释放点与目标点之间的水平距离.

解答 建议该同学使用金属小球，金属小球释放后在空中运动的过程中可忽略空气阻力，视为只受重力，受力分析如图 3－2 所示. 由于无人机水平飞行，释放的小球因惯性而具有水平方向的初速度，所以小球在空中的运动是平抛运动.

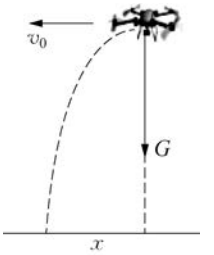


图 3－2

平抛运动竖直方向分运动为自由落体运动. 设小球下落的时间为 t，则有

$$h=\frac{1}{2}gt^2.$$

所以小球落地的时间为

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times11}{9.8}}\ \mathrm{s}\approx1.5\ \mathrm{s}.$$

平抛运动水平方向分运动为匀速直线运动，所以小球落地点与释放点之间的水平距离为

$$x=v_0t=2\times1.5\ \mathrm{m}=3.0\ \mathrm{m}.$$

因此，该同学应控制无人机向目标水平飞行，当无人机与目标点水平距离约 3 m 时释放小球才能命中目标.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
平抛运动	物理观念中“运动与相互作用观念”	能根据具体情境，结合平抛运动规律解决物体做平抛运动的实际问题. 达到水平二.
	科学思维中“科学论证”	能对物体做平抛运动的规律进行分析和推理，获得结论并作出解释. 达到水平三.

说明　建议在学生学会运用合成与分解的方法分析平抛运动后，将本示例作为课堂例题使用. 在教师点拨下，学生分析讨论，完成理论计算. 有无人机活动条件的学校，可在实践中加以检验. 本题着重培养在活动中运用物理知识解决实际问题的能力.

示例 2

在如图 3－3 所示某机械的传动装置中，内轮 a 和外轮 b 的转轴分别过各自圆心 O、O' 且垂直于纸面. 内轮 a 通过摩擦带动外轮 b 做无相对滑动的转动，则两轮转动方向_____（选填“相同”或“相反”），角速度大小关系为 ω_a_____ω_b.

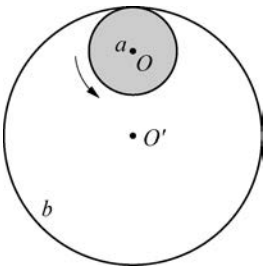


图 3－3

分析　本题涉及的情境是比较典型的传动装置，由图示可知内轮 a 为逆时针转动，根据其通过摩擦带动外轮 b 做无相对滑动的转动，可得出外轮 b 的转动方向也是逆时针的. 根据两者在传动中无相对滑动这一特性，可推得两轮边缘的线速度大小相等，再根据角速度与线速度的关系 $v=\omega r$，可得两轮的角速度 ω 与半径 r 成反比，因半径 $r_a<r_b$，得 $\omega_a>\omega_b$.

解答　相同　＞

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
线速度、角速度	物理观念中“运动与相互作用观念”	能根据具体情境，结合匀速圆周运动规律解决物体运动的实际问题. 达到水平二.
	科学思维中“模型建构”	能在问题情境中应用匀速圆周运动的物理模型，对传动装置进行分析和推理，得出结论. 达到水平二.

说明 本示例建议作为“线速度、角速度、周期”的课后作业使用，也可以作为相关内容的考查使用.

示例 3

如图 3－4 所示为按比例画出的上海赛车场水平赛道俯视图，某赛车行驶时，赛道各处能提供赛车转弯的最大向心力大小相等. 在赛道上 a、b、c 三个弯道中，赛车过弯极限速度的大小关系是(　　)

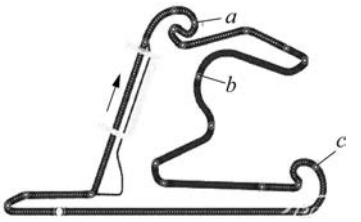


图 3－4

A. $v_a < v_b < v_c$　　B. $v_a < v_c < v_b$

C. $v_c < v_a < v_b$　　D. $v_b < v_c < v_a$

分析 本题首先要假设，赛车在各弯道行驶时可视为做相应的匀速圆周运动. 再根据题图得到赛道上 a、b、c 三个弯道处的半径大小，才能判断赛车过弯的速度大小关系. 因题中说明此上海赛车场赛道俯视图是按实际比例得出，所以可直接观察图中弯道的弯曲程度得出三处转弯半径的大小关系，有 $r_a < r_c < r_b$. 然后根据做匀速圆周运动向心力 F 与线速度 v 的关系式 $F = m\dfrac{v^2}{r}$ 可知，在向心力大小相等的前提下，半径越大，同一辆赛车的极限线速度大小越大，所以有 $v_a < v_c < v_b$，选项 B 正确.

解答 B

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
向心力	物理观念中“运动与相互作用观念”	能根据具体情境，结合匀速圆周运动规律解决物体运动的实际问题. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能在实际情境中应用匀速圆周运动的物理模型，对赛车的运动进行分析和推理，得出结论. 达到水平二.

说明 本示例建议作为“向心力、向心加速度”的课后作业使用，也可以作为相关内容的考查使用.

示例 4

如图 3－5 所示，是线操控模型飞机飞行表演的场景. 航模爱好者用长 $L = 10\,\text{m}$ 的操控线，拉着质量 $m = 2\,\text{kg}$，翼展 $l = 60\,\text{cm}$ 的线操控模型飞机，使飞机在水平面内绕操控者做匀速圆周飞行. 现测得操控线与水平面的夹角约为 30°，模型飞机每分钟飞行 10 圈. 求：(1)此时模型飞机飞行的线速度约有多大？(2)操控线承受的拉力约有多大？

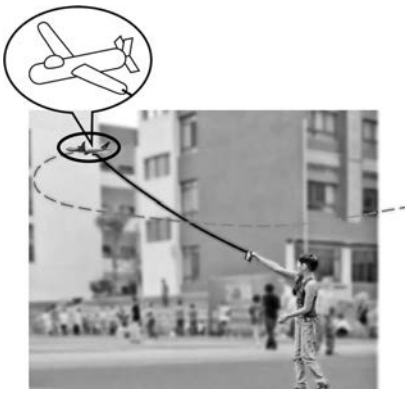


图 3－5

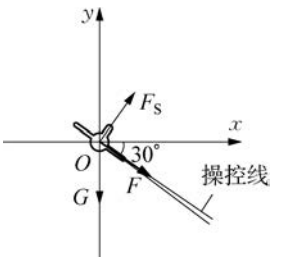


图 3-6

分析　模型飞机在水平面内做匀速圆周运动，运动轨迹的圆心在操控者头顶正上方，与模型飞机在同一水平面上. 根据实际情况，操控线固定在机翼端点，飞机重心在机身中央，所以飞机运动半径应考虑操控者手臂的长度和一个机翼的长度，设人手臂长 d 约为 0.8 m，则飞机运动半径为 $r=(L+\frac{l}{2}+d)\cos 30^\circ$. 模型飞机运动过程中共受五个力的作用，其中运动切线方向的飞机动力和空气阻力相互平衡，使飞机的线速度大小保持不变；飞机还受到重力 G、空气对它的升力 F_S（方向垂直于机翼平面）和操控线对它的拉力 F 的作用，这三个力的合力提供飞机做匀速圆周运动的向心力，水平指向运动轨迹的圆心（如图 3-6 所示）.

解答　(1) 模型飞机每分钟飞行 10 圈，其匀速圆周运动的周期

$$T=\frac{t}{n}=\frac{60}{10}=6\ \text{s}.$$

考虑操纵者手臂的长和机翼长，且飞机重心在机身中央，设人手臂长 d 约为 0.8 m，飞机做匀速圆周运动的半径

$$r=(L+\frac{l}{2}+d)\cos 30^\circ=(10+\frac{0.6}{2}+0.8)\times\cos 30^\circ\ \text{m}\approx 9.61\ \text{m}.$$

所以飞机的线速度大小约为

$$v=\frac{2\pi r}{T}=\frac{2\pi\times 9.61}{6}\ \text{m/s}\approx 10.1\ \text{m/s}.$$

(2) 模型飞机运动时，一般操控线与机翼在同一平面. 除飞行切线方向受到的动力和空气阻力（此二力平衡）以外，飞机还受到重力 G、空气对它的升力 F_S 和操控线对它的拉力 F，如图 3-6 所示.

建立直角坐标系，以指向匀速圆周运动轨迹的圆心方向为 x 轴正方向，以竖直向上为 y 轴正方向，运用正交分解法建立动力学方程：x 轴方向的合力提供向心力；y 轴方向合力为零

$$F\cos 30^\circ+F_S\sin 30^\circ=m\frac{v^2}{r},\quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\ ①$$

$$F_S\cos 30^\circ-F\sin 30^\circ-mg=0.\quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\ ②$$

代入数值，联立①②，可解得

$$F=\frac{m\frac{v^2}{r}\cos 30^\circ-mg\sin 30^\circ}{\cos^2 30^\circ+\sin^2 30^\circ}=\frac{2\times\frac{10.1^2}{9.61}\times\frac{\sqrt{3}}{2}-2\times 9.8\times\frac{1}{2}}{1}\ \text{N}\approx 8.6\ \text{N}.$$

所以，操控线承受的拉力约为 8.6 N.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
向心力、向心加速度	物理观念中“运动与相互作用观念”	能从物理学的视角解释模型飞机的运动情况，能应用匀速圆周运动的规律解决实际问题. 达到水平三.
	科学思维中“模型建构”	能根据模型飞机的运动情境，构建正确的物理模型，进行分析和推理，并获得结论. 达到水平三.

说明 本示例建议在学习“向心力、向心加速度”后作为课堂例题使用. 教师通过分析、讲解、示范，让学生了解运用牛顿第二定律研究匀速圆周运动问题的一般步骤和规范. 教师需要关注学生能否根据运动规律对物体进行受力分析，能否建立恰当的直角坐标系并列出方程进行求解. 本题着重培养在具体情境中构建物理模型并运用物理知识解决问题的能力.

示例 5

根据实际情况，估算下列两个事例中物体间的万有引力大小，并根据计算结果，分析比较物体间万有引力的应用领域. ①用长为 5 m 的轻绳拔河的两位小学生之间；②地球和月球之间(已知地球质量约为 5.98×10^{24} kg，月球质量约为地球质量的$\frac{1}{81}$，两者间的距离约为 3.84×10^{8} m).

分析 本题首先需要根据生活经验估测小学生的质量，计算他们的万有引力大小. 然后将计算结果与小学生的重力，以及他们受到的其他力(如拉力、摩擦力等)的大小进行比较并阐述应用理由.

在之前研究物体机械运动的两个单元中，为什么都不用考虑物体间的万有引力？这是学习了万有引力定律以后应进一步思考的问题. 而天体的运动主要由万有引力提供向心力，故研究天体运动时，万有引力不可忽略. 本题的分析与解释可视为基于经验事实构建物理模型的过程，是对客观事物进行正确的科学思维与论证的过程.

解答 设小学生的质量约为 30 kg，两人拔河时质心相距约为 5 m. 为粗略计算两人间的万有引力，忽略他们的形状和大小. 根据万有引力定律，两人间的万有引力大小约为

$$F_{万}=G\frac{m_1m_2}{r^2}=6.67\times10^{-11}\times\frac{30\times30}{5^2}\ \mathrm{N}\approx2.4\times10^{-9}\ \mathrm{N};$$

地球与月球间的万有引力大小为

$$F'_{万}=G\frac{m_{地}m_{月}}{R^2}=6.67\times10^{-11}\times\frac{5.98\times10^{24}\times\frac{1}{81}\times5.98\times10^{24}}{(3.84\times10^{8})^2}\ \mathrm{N}\approx2.0\times10^{20}\ \mathrm{N}.$$

可见，两人间的万有引力很小，远小于他们拔河时的拉力、摩擦力、重力等，所以我们研

究地面上物体的机械运动时完全可以忽略万有引力.

而在研究天体运动时,天体间的万有引力都很大,为天体提供做圆周运动的向心力.所以,万有引力定律的主要应用领域是天体运动.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
万有引力定律	物理观念中“运动与相互作用观念”	能从物理学的视角解释生活中的万有引力现象,能应用万有引力定律解决简单的实际问题.达到水平二.
	科学思维中“科学论证”	能在熟悉的问题情境中应用物理模型,能对生活中的万有引力现象进行分析和推理并获得结论,能用直接的证据表达自己的观点.达到水平二.

说明　本示例建议作为“万有引力定律”的课堂例题使用.教师指导学生通过计算获得结论,并让学生体会万有引力定律的主要应用领域.本示例着重培养基于事实证据和科学推理提出自己的观点和结论的能力.

示例 6

据报道:2003 年 10 月 15 日 9 时,我国“神舟五号”宇宙飞船(如图 3-7 所示)在酒泉卫星发射中心成功发射,把中国第一位航天员杨利伟送入太空.飞船发射升空经历一系列变轨后,于 9 时 10 分进入预定轨道,开始绕地球运行.飞船在轨运行 14 圈后于次日 6 时 23 分返回地求.

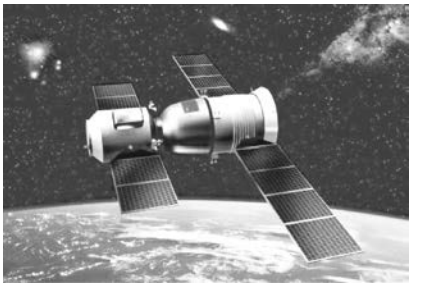


图 3-7

根据以上消息,飞船绕地球运行可看作匀速圆周运动.地球半径 $R=6.37\times10^{6}$ m.试估算“神舟五号”飞船运行时距地面的高度和速度的大小;比较估算获得的速度大小与地球“环绕速度”大小,并对比较结果进行阐述.

分析　本题需根据研究的问题,从“报道”中获取有用的信息.根据“神舟五号”的入轨时间与返回时间之差以及绕地运行的圈数,可计算飞船运行的周期.然后运用飞船受到地球的万有引力提供飞船做匀速圆周运动的向心力这一原理列出计算式求解.同时,本题地球质量 M 未知,可以根据 $g=\dfrac{GM}{R^{2}}$,用重力加速度 g 与地球半径 R 代换地球质量 M,然后求出飞船的高度和速度.最后的比较并阐述原因旨在使学生通过问题讨论,进一步理解“环绕速度”与人造地球卫星、飞船绕地运行速度之间的关系.

解答　由“报道”中所述的飞船入轨时间与返回时间之差可得到“神舟五号”运行的总时间 t 为 21 小时 13 分钟,则飞船绕地球运行的周期为

$$T=\frac{t}{n}=\frac{21\times 3\,600+13\times 60}{14}\ \mathrm{s}\approx 5.46\times 10^{3}\ \mathrm{s},$$

设地球和飞船的质量分别为M和m，飞船绕地球做匀速圆周运动的轨道距地面高为h. 根据万有引力提供向心力

$$G\frac{Mm}{(R+h)^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}(R+h),$$

又因为在地球表面，物体重力近似等于其受到地球的万有引力，即

$$mg=G\frac{Mm}{R^2},$$

上述两式消去GM，可得飞船距地面的高度

$$h=\sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}}-R=\left(\sqrt[3]{\frac{9.8\times(6.37\times10^6)^2\times(5.46\times10^3)^2}{4\times3.14^2}}-6.37\times10^6\right)\mathrm{m}$$
$$\approx 3.3\times10^5\ \mathrm{m}.$$

根据匀速圆周运动的速度公式，得“神舟五号”飞船运行的速度

$$v=\frac{2\pi(R+h)}{T}=\frac{2\times3.14\times(6.37\times10^6+3.3\times10^5)}{5.46\times10^3}\ \mathrm{m/s}\approx 7.7\times10^3\ \mathrm{m/s}.$$

所以，“神舟五号”飞船运行时距地面的高度为3.3×10^5 m，即在约为330 km高处运行；运行速度的大小约为7.7×10^3 m/s.

已知地球环绕速度$v_1=7.9\times10^3$ m/s，可见“神舟五号”飞船绕地球做匀速圆周运动的速度小于地球环绕速度.

分析讨论：根据万有引力提供向心力

$$G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r},$$

得物体绕地球运行的速度大小v与运行半径r的关系为

$$v^2\propto\frac{1}{r},$$

可见，物体绕地球运行速度大小的平方v^2与运行半径r成反比.

因为“神舟五号”飞船在地球上空运行，其运行半径一定大于地球半径. 我们又知道，环绕速度是物体在地面附近绕地球做匀速圆周运动的速度，运动半径近似等于地球半径. 所以，“神舟五号”飞船绕地球做匀速圆周运动的速度小于地球环绕速度.

通过本题我们可知，物体绕地球做匀速圆周运动的线速度大小随其运动半径的增大（运行轨道高度的升高）而减小.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
万有引力定律的应用	科学思维中“科学推理”	能在“报道”的情境中根据需要选用恰当的信息解决问题，能对神舟飞船的运动进行分析和推理，获得结论并作出解释. 达到水平三.
	科学探究中“证据”“解释”	能通过数据分析获得神舟飞船运行的规律，发现特点并形成结论，能用已有的物理知识进行解释. 达到水平四.

说明　本示例建议在学习“万有引力定律的应用、环绕速度”后作为课堂例题使用. 教师指导学生通过计算获得结论，可让学生提出质疑，并尝试用已掌握的知识作出解释. 本示例着重培养基于事实证据提出质疑的能力，以及用已有的物理知识进行科学推理并作出解释的能力.

第四单元　机械能及其守恒定律

一、单元概述

本单元参考《2017年版高中物理课标》必修2的“机械能及其守恒定律”主题，主要由功和功率、动能和动能定理、重力势能、机械能守恒定律等内容组成.功和能是本单元两个重要的基本概念，动能定理和机械能守恒定律是本单元两个重要的基本规律，是后续学习各种不同运动形式的能量转化规律的起点.本单元的内容是力学的重要组成部分，也是建立能量观念的起步.

在本单元学习中，学生在牛顿运动定律的基础上，运用演绎、类比的方法建立功、能等概念，通过实验及理论推导等方法，理解重力势能与重力做功的关系，理解动能定理和机械能守恒定律；在从机械能守恒与转化的视角解决问题的过程中，体会守恒的思想，感受物质世界的不断变化与紧密联系，形成初步的能量观念；从能量的角度进一步认识各类机械运动中相互作用与运动的关系，完善运动和相互作用观念，增强分析和解决问题的能力.

本单元为力学知识的最后一个单元，教学中要从功和能的角度帮助学生进一步理解各类机械运动，课程内容学习建议安排13课时.

二、内容要求

本单元对应《2017年版高中物理课标》必修2的“机械能及其守恒定律”主题，下表中的“标引”与《2017年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致.“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求示例”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

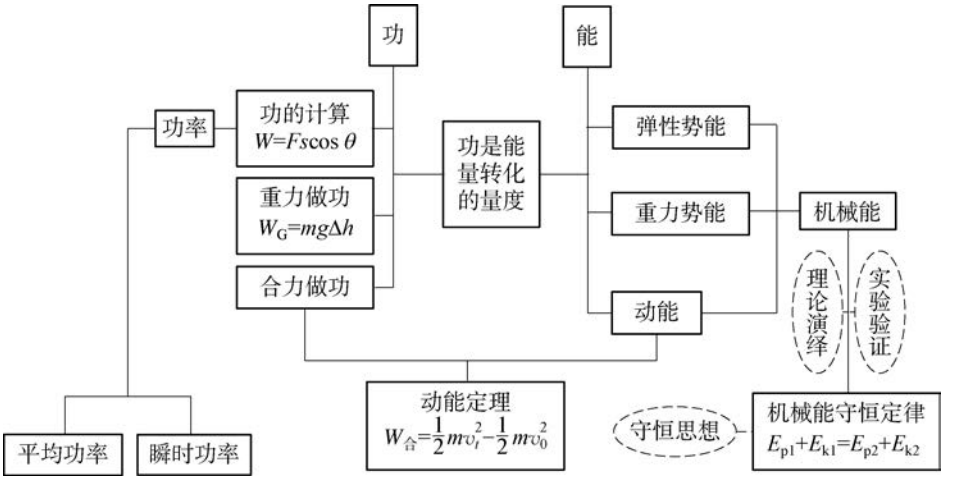
标引	内容	具体要求例举
2.1.1	功	**理解功.**能说出功的两个要素，能辨析力对物体是否做功；能说明正功、负功的物理意义；能计算恒力所做的功和几个力做功的总和.
	功率	**理解功率.**能说出功率的概念、符号和单位；能说出功率的不同计算式及其含义；能说出平均功率和瞬时功率的区别与联系，能说出额定功率和实际功率的区别与联系；了解生产生活中常见机械的功率大小并能说出其意义；能计算某个力或合力的功率；能用功率的计算式分析实际问题(如汽车发动机功率一定时牵引力与速度的关系).

续表

标引	内容	具体要求例举
2.1.2	动能	**理解动能.** 能说出动能的概念、表达式、符号和单位；能说出动能的标量、状态量等物理属性；能计算物体的动能.
	动能定理	**理解动能定理.** 能简述动能定理；能用动能定理解释生产生活中的现象，能用动能定理进行相关计算；能比较运用动能定理与运用牛顿运动定律解决问题的特点.
2.1.3	重力势能	**理解重力势能.** 能说出重力势能的概念、表达式、符号和单位；能说出零势能面的意义；能说出重力做功的特点；能计算物体的重力势能；能说出重力势能的变化与重力做功的关系.
	弹性势能	**了解弹性势能.** 能说出弹性势能产生的原因；能说出影响弹性势能大小的因素；能说出弹性势能与其他形式能量的转化.
2.1.4	机械能守恒定律	**理解机械能守恒定律.** 能说出机械能的概念；能简述机械能守恒定律的内容、表达式及其条件；能通过实验验证机械能守恒定律；能用机械能守恒定律进行相关计算；体会守恒观念对认识物理规律的重要性，能用机械能守恒定律分析生产生活中的有关问题.
	验证机械能守恒定律	**会用 DIS“验证机械能守恒定律”.** 能说出实验需要测量的物理量；会用所提供的实验装置完成实验；能解释实验图线的物理意义并获得实验结论，能根据要求完成实验报告.

三、教学指引

（一）内容结构导图



（二）任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017年版高中物理课标》的基础上，根据本主题的学业要求，确立本单元的核心任务.《2017年版高中物理课标》必修2的学业要求中明确提出“能用能量的观点分析和解释常见的有关机械运动问题”，这一要求直接反映出学生完成本单元学习后的综合能力表现，因此将单元的核心任务确定为“从机械能转化和守恒的视角分析、解释常见的机械运动问题”.在教学中单元核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表.

核心任务（问题）及其分解			教学内容	课时安排
从机械能转化和守恒的视角分析、解释常见的机械运动问题	研究如何定量计算力对物体做功的大小和快慢	计算各种常见运动中力对物体所做的功	功	2
		类比速度概念，描述力对物体做功的快慢	平均功率、瞬时功率	1
		分析汽车发动机输出功率一定时，牵引力与速度的关系		1
	研究力做功与能量变化的关系	研究力做功与物体动能的关系	动能、动能定理	3
		运用动能定理解决问题		
		推导重力做功与重力势能的关系	重力做功的特点、重力势能	1.5
		研究弹力做功与弹性势能变化的定性关系	弹性势能	0.5
	追寻守恒量	从功和能的视角描述小球在“伽利略理想斜面”上的运动	机械能	1
		基于动能定理，推导出机械能守恒的条件	机械能守恒定律	1
		通过实验验证机械能守恒定律		1
		从机械能转化和守恒的视角分析常见的力学问题		1

（三）重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称 追寻守恒量

活动资源 伽利略理想斜面实验的动画视频，验证摆锤机械能守恒的实验装置，验证机械能守恒定律的实验方案设计任务单及评价量表，涉及自由落体运动、平抛运动、匀速圆周运动等典型练习题的任务单.

活动系列

对应课时	活动过程	活动说明
第十课时	**交流讨论**　从功和能的视角描述小球在“伽利略理想斜面”上的运动.	要求学生先从运动和相互作用的视角描述小球的运动，再从重力做功、动能与重力势能的变化及相互转化的角度，分析小球在理想斜面上的运动. 进而思考理想情况下的一个事实：小球必定能到达出发时的高度，不会高也不会低，引导学生意识到某种“东西”在小球运动过程中是不变的，为机械能守恒定律的提出做铺垫.
第十一课时	**实例分析**　物体沿粗糙斜面加速下滑，重力势能减小，动能增大，机械能守恒吗？ **演绎推导**　基于动能定理，推导出机械能守恒的条件.	通过实例计算，引导学生认识到不是所有动能和重力势能相互转化的过程都遵循机械能守恒定律，机械能守恒是有条件的. 依据学生水平选择合适的情境和过程，从动能定理出发，联系重力和弹力做功的特点，演绎得出机械能守恒的条件.
第十二课时	**设计方案**　设计验证机械能守恒定律的实验方案. **实验验证**　验证摆锤摆动过程中机械能守恒.	根据学生已有的知识，引导学生提出多个可用来验证机械能守恒定律的运动过程，深化对机械能守恒条件的认识. 设计评价量表指导学生设计实验方案. 通过讨论先帮助学生明确：①摆锤摆动过程中只有重力做功；②本实验通过测量物体的速度和高度间接测量物体的动能和重力势能. 介绍实验装置、测量方法和操作步骤，指导学生完成实验、得出结论，交流、比较实验数据，反思实验过程.
第十三课时	**实例分析**　分析自由落体运动、平抛运动、匀速圆周运动中的有关能量的问题. **分析讨论**　将一小球从高处以某一初速度斜向上抛出，不计空气阻力. 小球落地时的速度大小与哪些因素有关？	要求学生从机械能转化和守恒的视角分析之前学习过的各类运动中的问题，深化对力和运动的认识，培养用能量的观点分析和解释常见的有关机械运动问题的能力. 让学生运用机械能守恒定律解决较为复杂运动的问题，帮助学生体会应用机械能守恒定律解决问题只需考虑运动的初、末状态，能解决一些用牛顿定律较难解决的问题.

设计意图　追寻守恒量，是物理学研究中的一种重要思想方法，而守恒量体现了千变万化的物理世界中的规律，即守恒定律. 机械能概念的提出，正是科学家追寻守恒量的例证. 机械能守恒定律，描述了在只有重力、弹力做功的系统内，尽管能量的转化、转移很复杂，但其总量不变. 以追寻守恒量为单元学习任务，引导学生感受物理研究中的守恒思想，在应用机械能守恒定律解决问题的过程中，学习从守恒的角度分析问题，增强分析和解决问题的能力，体会守恒定律为解决问题带来的便捷，初步形成能量观念.

2. 课时活动

活动 1　演绎恒力做功的计算式

活动资源　学习任务单(具体问题如下).

(1) 什么情况下我们说力对物体做了功？机械功的两个必要因素是什么？

(2) 物体受恒力 F 的作用沿直线运动，F 与物体的位移 s 成 θ 角. 求 F 对物体所做的功.

(3) 物体从一定的高度处以一定的初速度水平抛出，落到地面上，物体的位移 s 与竖直方向成 θ 角. 求物体所受重力 G 做的功.

活动过程

[交流回顾]　学生讨论，完成任务单上的问题(1)，复习回顾初中学习过的相关知识.

[演绎探究]　完成任务单上的问题(2)(3). 基于初中的认知“力对物体所做的功等于作用力与物体在力的方向上移动的距离的乘积”，以及矢量的合成与分解知识，研究当作用在物体上的力与物体的位移不在同一方向时，如何计算该力所做的功.

[讨论小结]　得出结论：恒力对物体所做的功等于恒力大小、位移大小、恒力与位移之间夹角的余弦三者的乘积，即 $W=Fs\cos\theta$.

活动说明　演绎探究活动可以安排学生 2 人一组，经讨论合作完成. 通过问题(2)的讨论，得出物体做直线运动时恒力做功的计算式；通过问题(3)的讨论，运用微元法得出物体做曲线运动时恒力做功的计算式；最后引导学生通过总结归纳得出恒力做功的计算式. 两个问题所选用的情境均为学生熟悉的运动，可降低学生演绎探究的难度.

设计意图　在初中学习时，学生对功的概念和计算式已经有了一定的认知基础. 通过设置恰当的问题情境，引导学生运用已有的知识，结合矢量合成与分解知识，学会计算恒力对物体所做的功，获得恒力做功的一般计算式. 学生通过思考、讨论和亲身经历，体会演绎探究的过程，为学会从机械能转化和守恒的视角分析、解释常见的机械运动问题奠定基础.

活动 2　研究力做功与物体动能变化的关系

活动资源　学习任务单(具体问题如下).

(1) 光滑水平面上有一个质量为 m 的物体，在水平力恒力 F 的作用下发生位移 s，物体速度的大小从 v_1 变化到 v_2。讨论以下情况中 F 做功的正、负以及物体动能的变化情况.

① F 与运动的方向一致；

② F 与运动的方向相反(分 $v_1>v_2$、$v_1<v_2$ 两种情况讨论).

(2) 粗糙水平桌面上有一个质量为 m 的物体，在水平力恒力 F 作用下向右做匀速直线运动，讨论物体所受各力做的功以及物体动能的变化量.

(3) 质量为 m 的物体，在多个力同时作用下，以大小为 a 的加速度做匀加速直线运动，经过的位移大小为 s，求合力做的功以及物体动能的变化量.

活动过程

[分析讨论]　讨论任务单上的问题(1)(2)，分析各种情境中力做功的情况以及物体动能的变化情况. 明确力做正功、负功与物体动能变化的关系，认识到正功和负功的效果可以抵消.

[演绎探究]　完成任务单上的问题(3),探究合力做功与物体动能变化量之间的关系,得出动能定理.

活动说明　在[分析讨论]环节中,学生讨论各种情况下力做功的正、负,以及相应过程中物体动能的增、减,明确正功、负功的物理意义;在[演绎探究]环节中,学生运用牛顿第二定律和匀变速直线运动的规律,用问题中的已知量分别表达合力做的功和物体动能的变化量,最终得到动能定理.[演绎探究]环节对学生的要求较高,教师可根据学生的水平和需要,适当给予帮助,或者带领学生一起完成演绎过程.

设计意图　功是为"能"这个更为广泛、更为重要的概念服务的.做功的过程反映了能量变化的过程.只有准确理解"功"才能更好地促进能量概念的构建.通过问题的设置,学生在解决问题的过程中,从理解正功、负功分别对应动能的增大、减小开始,到认识正功、负功可以抵消从而不改变物体的动能,再到通过演绎证明合力做功等于物体动能的变化量,经历层层递进的逻辑过程,基于分析、演绎最终获得动能定理,深化对力和运动关系的认识,初步形成对功能关系的认识.

活动3　推导机械能守恒条件

➢ **方案一**

活动资源　滑雪运动员从高处沿坡道下滑到坡底的视频.

活动过程

[观察思考]　观看视频,思考:运动员下滑过程中能否将其视为质点?运动员受到的摩擦力、空气阻力对运动员的影响是否可忽略不计?

[演绎探究]　提供给学生一个从视频中抽象出的物理过程:质量为 m 的运动员某一时刻在高度为 h_1 的位置,此刻他的速度大小为 v_1,经过一段时间后,他下落到高度为 h_2 的另一位置,这时他的速度大小为 v_2,不计空气阻力和摩擦力.学生依次完成下列任务:

(1) 根据动能定理,求出重力对他做的功;

(2) 根据重力做功与重力势能变化的关系,求出重力对他做的功;

(3) 根据以上过程,总结出机械能守恒的条件.

➢ **方案二**

活动资源　蹦极跳运动中蹦极者从高台跳下后下坠、反弹的视频.

活动过程

[观察思考]　观看视频,思考:蹦极者下坠过程中受到哪些力的作用?这些力做功的情况如何?

[演绎探究]　提供给学生一个从视频中抽象出的物理过程:蹦极者从某一高度处下坠到另一个高度的过程中,动能、系统势能的变化量分别为 ΔE_k、ΔE_p,重力做功为 W_G,弹力做功为 W_E,空气阻力等其他力做功为 W'.学生依次完成下列任务:

(1) 写出这一过程中动能定理的表达式;

(2) 写出这一过程中系统势能的变化量与力做功的关系式;

(3) 求出机械能的变化量与力做功的关系式;

(4) 根据以上过程,总结出机械能守恒的条件.

活动说明 方案一中抽象出的物理过程只有重力做功,学生经过推导发现这种情况下物体的机械能是守恒的,从而得出机械能守恒条件——只有重力做功. 教师需通过后续补充材料帮助学生理解机械能守恒的条件是只有重力或弹力做功. 方案二中抽象出的物理过程有多个力做功,学生推导得出机械能的变化量可以用除重力、弹力以外的其他力做功来量度,进而得出机械能守恒的条件——只有重力和弹力做功,其他力做功为 0. 相比较而言,方案一中学生经历的思维过程较简单、水平较低,所获得的探究体验也较少,教师可以根据学生的水平和能力,选择方案一或方案二.

设计意图 功是能量转化的量度. 基于动能定理演绎推导机械能守恒的条件,学生体会动能的变化量与合力做功的关系、重力势能的变化量与重力做功的关系,以及机械能的变化量与除重力、弹力外的其他力做功的关系,逐步完善对功和能量变化关系的认识,形成能量观念,进一步为从机械能转化和守恒的视角分析、解释常见的机械运动问题奠定基础.

活动 4 验证机械能守恒定律的实验方案设计

活动资源 方案设计的学习任务单、评价量表.

"验证机械能守恒定律的实验方案设计"学习任务单

小组成员	
研究对象	
实验原理	
实验装置草图	
待测物理量	
操作步骤	
数据处理方法	
实验结论表达	

"验证机械能守恒定律的实验方案设计"评价量表

环节	**表现性描述**	**表现水平**		
		优秀	**良好**	**一般**
小组讨论	能参与讨论并发言			
	能提出有效的建议			
	能认真倾听同伴发言			
	承担并完成一定的任务(例如填写任务单、画装置图、代表小组交流发言等)			

续表

环节	表现性描述	表现水平		
		优秀	良好	一般
设计方案	设计方案结构完整，包含装置图、待测物理量、测量工具、数据处理方法以及结论的表达方式等			
	运动物体可视为质点			
	运动过程符合机械能守恒的条件			
	装置图清晰、规范、美观，含必要的标记（如字母和尺寸）			
	测量工具选择合理、可行			
	数据处理方法正确			
	验证机械能守恒的原理正确			
交流展示	讲述条理清晰、表述明确、易于理解			
	能较好地解释其他同学提出的疑问或质疑			
	能虚心接受其他同学提出的合理建议			
	能对其他小组的方案提出质疑或建议			

活动过程

［发布任务］ 设计验证机械能守恒定律的实验方案.

［讨论交流］

（1）选择怎样的运动过程来验证机械能守恒？

（2）需要测量哪些物理量？用什么器材？如何测？

（3）如何处理数据？如何验证机械能守恒定律？

（4）画出实验装置的草图，并注明所使用测量仪器的名称.

［交流方案］ 各组将完成的任务单通过投影分享给全体同学，并接受其他同学的质疑和评价.

活动说明 教材提供了验证机械能守恒定律的一种实验方法. 根据学生已有的对运动的认识，引导学生经过讨论提出多种可以用来验证机械能守恒的运动过程，例如自由落体、平抛运动、沿光滑斜面下滑、细线悬挂小球的摆动等等. 通过对这些运动过程的讨论与选择，帮助学生明确机械能守恒条件在不同运动中的具体体现. 建议对学生设计方案的活动过程开展过程性评价. 用评价量表指导学生设计方案，明确要求和目标，保证学习活动顺利完成.

设计意图 通过理论演绎得出机械能守恒定律之后，再通过实验验证该规律，是科学探究的一般做法. 而设计实验与制订方案的能力是科学探究素养的重要组成部分. 设计验证机械能守恒定律的实验，学生需要根据实验目的选择合适的运动过程，确定待测物理量并设计可行的测量方案. 这一过程可以有效培养学生科学探究能力.

3. 学生实验

学生实验　验证机械能守恒定律

主要器材 摆锤（内置光电门传感器）、挡光片、连接杆、固定装置、底座、立柱等.

实验要点

(1) 测量速度大小的光电门随摆锤运动，多个挡光片固定于不同高度，因此摆锤一次下摆运动可获得多个位置的速度大小.

(2) 实验前，教师需告知学生挡光片的宽度 d 和摆锤的质量 m，由学生直接通过键盘输入.

(3) 挡光片的位置可调，可用螺栓固定在不同位置并由板上刻度读出对应的高度，此高度即摆锤经过该位置时光电门(正对挡光片上十字刻纹)的高度. 挡光片的高度可用键盘输入，第一个数据对应摆锤经过的第一个挡光片的高度.

(4) 实验图像从左到右所呈现出的数据变化规律与摆锤从高到低的运动过程相对应，因此图像的横坐标 h 轴的 0 刻度位于坐标轴的最右端，如图 4－1 所示.

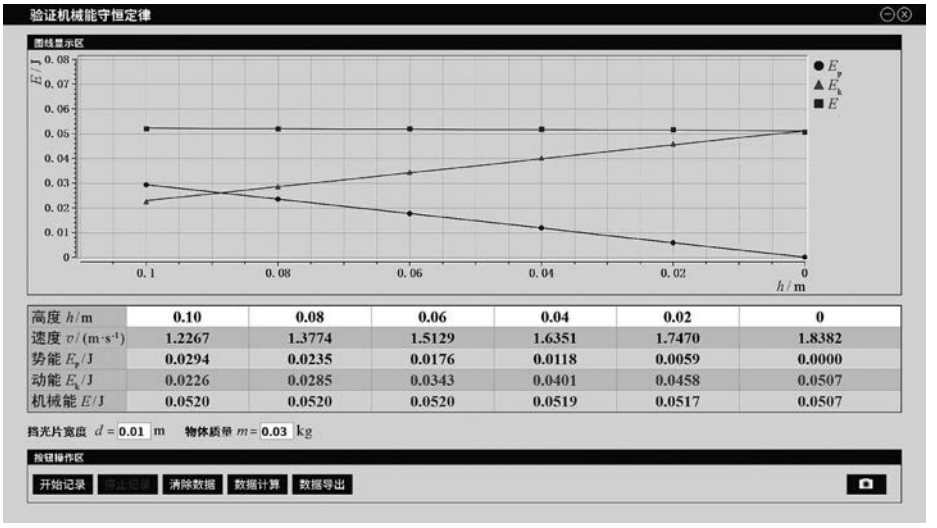


图 4－1

四、评价示例

本单元评价包括四个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价，例如对学生完成“验证机械能守恒定律的实验方案设计”的活动表现进行评价，建议针对活动的整个学习过程设计评价量表，开展学生自评. 二是日常作业评价，在完成本单元学习后，由学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价. 三是对“验证机械能守恒定律”学生实验的评价，可以要求学生在实验中提供数据处理过程的电脑截屏等证据，在实验后完成实验报告并提交，教师可以根据学生提供的证据完成对学生实验过程的评价，依据实验报告完成对学生实验结果的评价. 四是单元检测，由教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩. “教学指引”中给出了课堂活动评价的示例，以下给出了部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用.

示例 1

某海湾共占面积 $1.0\times10^6\ \mathrm{m}^2$，若利用这个海湾修建一座水坝，涨潮时水深20 m，此时关上水坝的闸门，可使水位保持 20 m 不变. 退潮时，坝外水位降至 18 m. 若利用此水坝建水力发电站，且重力势能转化为电能的效率是50%，将海湾内的水近似看作柱体，退潮时坝内外水位示意如图 4－2 所示，试估算该电站一次退潮能发多少电能.

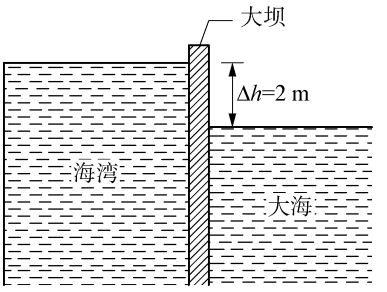


图 4－2

分析　本题需要将流出水坝的水作为研究对象，计算其水位降低过程中重力势能的减少，进而求出水电站发出的电能，同时还要考虑重力势能转化为电能的效率.

解答　一次退潮流出水坝的水的质量

$$m=\rho V=\rho S\Delta h=1.0\times10^3\times1.0\times10^6\times(20-18)\mathrm{kg}=2.0\times10^9\ \mathrm{kg},$$

以 18 m 的水面高度为零势能面，则海湾内水的平均落差 $h=1\ \mathrm{m}$，一共能发出电能

$$E=mgh\times50\%=2.0\times10^9\times9.8\times1\times50\%\ \mathrm{J}=9.8\times10^9\ \mathrm{J}.$$

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
重力势能	物理观念中“能量观念”	能在真实情境中，分析能量转化. 达到水平二.
	科学思维中“建构模型”“科学推理”	能将实际情境中蓄水发电中的能量问题转化为计算水的重力势能问题. 达到水平四. 能将真实情境抽象成模型，通过分析水进出水坝过程中重力势能的变化，计算获得结论. 达到水平三.
	科学态度与责任中“社会责任”	了解潮汐能这种清洁能源. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“重力势能”概念后作为知识应用的课后作业使用.

示例 2

某同学身高 1.8 m，在运动会上他参加跳高比赛，起跳后身体横着越过了 1.8 m 的横杆. 据此可以估算出他起跳时竖直向上的速度大约为(　　)

A. 2.5 m/s　　B. 4.2 m/s　　C. 6.5 m/s　　D. 8.5 m/s

分析　本题考查机械能守恒定律的应用，要求学生运用物理知识，通过建模、估算等方法解决生活实际中的问题. 先将人的重心作为研究对象，再将人起跳后在空中的运动近似地看作竖直上抛运动，即机械能守恒的过程(忽略空气阻力的影响)；然后确定人的重心初状态的高度近似为人身高的一半，即 $h_1=0.9\ \mathrm{m}$，横着越过横杆时即为末状态，此时速度近似为零，高度近似为 $h_2=1.8\ \mathrm{m}$；最后运用机械能守恒定律便可求出结果.

解答　$$mgh_1+\frac{1}{2}mv_1^2=mgh_2+0,$$

$$v_1=\sqrt{2g(h_2-h_1)}=\sqrt{2\times9.8\times(1.8-0.9)}\ \mathrm{m/s}=4.2\ \mathrm{m/s}.$$

故选 B.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
机械能守恒定律	物理观念中“能量观念”	能在真实情境中应用机械能守恒定律计算起跳时的速度大小. 达到水平二.
	科学思维中“建构模型”“科学推理”	能将人身体的运动近似地视为重心的运动，能将实际的跳高运动抽象为理想的竖直上抛运动. 达到水平四. 能针对竖直上抛运动过程进行分析和推理，通过计算获得结论. 达到水平二.

说明　本示例建议在完成单元学习后作为单元检测使用，完成时间约为 2 分钟.

示例 3

如图 4－3 所示，小球从静止开始自 A 点沿着光滑曲面轨道运动，已知 A、B 两点离水平面的高度 $h_1=0.60\ \mathrm{m}$，$h_2=0.15\ \mathrm{m}$. g 取 $10\ \mathrm{m/s^2}$，求：

(1) 小球经过 B 点时的速度大小为多少?

(2) 若小球经过 C 点时的动能是经过 B 点时的动能的 $\frac{1}{3}$，则 C 点离水平面的高度 h_3 为多少?

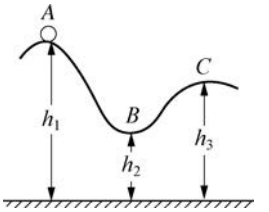


图 4－3

分析　小球沿光滑曲面轨道运动，只有重力做功，弹力不做功，机械能守恒. 可选择水平面为零势能面，分别列出小球在 A、B、C 三点的机械能表达式，写成等式，代入已知条件，即可求得未知量.

解答　(1) 曲面光滑，只有重力做功，所以小球运动过程中机械能守恒. 以水平面为零势能面.

小球在 A 点时，机械能

$$E_A=E_{kA}+E_{pA}=0+mgh_1;$$

小球在 B 点时，机械能

$$E_B=E_{kB}+E_{pB}=\frac{1}{2}mv_B^2+mgh_2;$$

根据机械能守恒有 $E_A=E_B$，即

$$0+mgh_1=\frac{1}{2}mv_B^2+mgh_2;$$

得到

$$v_B=\sqrt{2g(h_1-h_2)}.$$

将 $h_1=0.60\ \mathrm{m}$，$h_2=0.15\ \mathrm{m}$ 代入上式，可解得

$$v_B=\sqrt{2\times10\times(0.60-0.15)}\ \mathrm{m/s}=3\ \mathrm{m/s}.$$

(2) 小球在 B 点时与在 C 点时的机械能相等，即

$$\frac{1}{2}mv_B^2+mgh_2=\frac{1}{2}mv_C^2+mgh_3;$$

小球经过 C 点时的动能是经过 B 点时的动能的 $\frac{1}{3}$，则

$$\frac{1}{2}mv_C^2=\frac{1}{3}\times\frac{1}{2}mv_B^2;$$

得到

$$h_3=\frac{v_B^2}{3g}+h_2.$$

将 $v_B=3\ \mathrm{m/s}$，$h_2=0.15\ \mathrm{m}$ 代入上式，可解得 $h_3=\left(\frac{3^2}{3\times10}+0.15\right)\ \mathrm{m}=0.45\ \mathrm{m}$.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
机械能守恒定律	物理观念中“能量观念”	能在解决具体问题中应用机械能守恒定律. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能针对简单的物理过程进行推理和计算，获得结论. 达到水平二.

说明　本示例建议在学完“机械能守恒定律”后作为课堂例题使用. 教师通过本示例指导学生用机械能守恒定律解决问题.

示例 4

电动机通过一根质量不计的绳子吊起质量为 8 kg 的物体，绳能承受的最大拉力为 120 N，电动机的输出功率可调整，最大输出功率为 1 200 W. 要使此物体从静止起用最快的方式上升 90 m，且在到达此高度时恰能以最大速度匀速上升，则所需最短时间为多少？(g 取 $10\ \mathrm{m/s^2}$)

某同学的解法如下，请判断这种解法是否正确并说明理由，如果不正确请作出正确的解答.

将 8 kg 的重物提升 90 m，电动机需要克服重力做功

$$W=mgH=8\times10\times90\ \mathrm{J}=7\,200\ \mathrm{J}.$$

因为 $W=Pt$，要求时间最短，则电动机始终以最大输出功率工作：

$$t=\frac{W}{P_{\mathrm{m}}}=\frac{7\,200}{1\,200}\,\mathrm{s}=6\,\mathrm{s}.$$

分析 本示例是机械功率的综合应用题. 分析此类问题不能仅考虑机械做功及功率的规律，还必须联系物体运动过程中的速度、加速度以及受力情况等，即需要对运动物体做运动分析和受力分析. 物体的上升分为 3 个阶段.

第一阶段：物体从静止开始运动，速度从零开始逐步增大，为使时间最短，要用最大的拉力向上提物体，使物体做匀加速直线运动，此阶段功率随速率线性增大，直到功率增大为最大值.

第二阶段：功率保持最大不变，拉力大于重力，物体仍有向上的加速度，物体速度继续增大，拉力随之减小，直至拉力大小与重力大小相等.

第三阶段：物体不再有加速度，匀速上升，直至到达指定高度. 本题中，物体以最大速度匀速上升时恰好到达指定高度，所以整个运动就包括前两个阶段.

物体的上升过程可分为匀加速直线运动、加速度减小的变加速直线运动两个阶段，需要根据这两个阶段的运动规律分别求出时间，才能求出最短的总时间.

解答 该同学的解法是错误的. 他认为电动机对物体做的功等于物体克服重力所做的功. 而实际上物体从静止开始运动，一定先有速度逐渐增大的过程，物体上升过程中，电动机对物体做的功与物体克服重力做功的差，等于物体增大的动能. 另外，功率也并不能始终为最大值. 据此计算出来的时间是错误的. 正确的做法如下：

在物体匀加速上升阶段，受绳子恒定拉力 $F_{\mathrm{m}}=120\,\mathrm{N}$，设上升加速度为 a，根据牛顿第二定律有：

$$F_{\mathrm{m}}-mg=ma,$$

$$a=\frac{F_{\mathrm{m}}-mg}{m}=\frac{120-8\times10}{8}\,\mathrm{m/s^2}=5\,\mathrm{m/s^2}.$$

根据最大输出功率 $P_{\mathrm{m}}=F_{\mathrm{m}}v_1$ 可求出匀加速阶段的最大速度 v_1，

$$v_1=\frac{P_{\mathrm{m}}}{F_{\mathrm{m}}}=\frac{1\,200}{120}\,\mathrm{m/s}=10\,\mathrm{m/s}.$$

设匀加速阶段的时间为 t_1、上升高度为 h_1，则

$$t_1=\frac{v_1}{a}=\frac{10}{5}\,\mathrm{s}=2\,\mathrm{s},\ h_1=\frac{v_1^2}{2a}=\frac{10^2}{2\times5}\,\mathrm{m}=10\,\mathrm{m}.$$

接下来物体做加速度减小的加速运动，功率保持为 P_{m}，最终拉力等于物体重力，根据 $P_{\mathrm{m}}=Fv=mgv_2$，求出物体这一阶段的最大速度

$$v_2=\frac{P_{\mathrm{m}}}{mg}=\frac{1\,200}{8\times10}\,\mathrm{m/s}=15\,\mathrm{m/s}.$$

设第二阶段所用时间为 t_2，物体上升的位移为 $h_2=H-h_1=90\,\mathrm{m}-10\,\mathrm{m}=80\,\mathrm{m}$.
由动能定理可得

$$P_{\mathrm{m}}t_2-mgh_2=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2,$$

$$t_2=\frac{\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2+mgh_2}{P_{\mathrm{m}}}.$$

代入数据后可解得 $t_2=5.75\ \mathrm{s}$.

所以电动机做功使物体上升 90 m 的最短时间为

$$t_1+t_2=7.75\ \mathrm{s}.$$

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
动能定理	物理观念中“运动与相互作用观念”“能量观念”	能从运动和力的视角理解物体上升过程中的运动及其受力特点；能从功和能的视角分析机械做功的实际过程，综合应用动能定理、运动和力的规律解决实际问题. 达到水平四.
	科学思维中“科学推理”“质疑创新”	能对综合性的物理过程进行分析、推理和计算，并获得结论；能对已有的解法提出质疑，并能给出依据. 达到水平四.

说明　本示例建议在完成单元学习后作为单元检测使用，完成时间约为 10 分钟.

示例 5

请和同学组成小组，通过实验研究篮球自由下落后与地面不断地碰撞、反弹，最后趋于静止的运动过程. 要求：(1)分析并描述该过程中能量是怎样转化的，预测篮球从 10 m 高处下落的反弹高度，并与实际测量值作比较，分析误差存在的可能原因；(2)研究篮球每次反弹的高度随时间变化的关系，描述其中存在的规律；(3)制作用于交流的电子文档，要呈现每位成员在课题研究中主要承担的工作或作出的贡献，以及研究的过程与结果.

附：评价量表

评价内容	表 现 标 准	表现水平（参阅操作说明）	
		自评	他评
实验方案	能准确应用物理概念及规律		
	分析过程思路清晰、逻辑严密		
	器材选择与物理量匹配，实验步骤可操作、可实现		
实验过程	操作步骤和方案设计一致		
	实验数据收集翔实、处理方法恰当		
	具有误差分析的意识，误差分析有依据，能提出减小误差的切实可行的措施		

续表

评价内容	表 现 标 准	表现水平（参阅操作说明）	
		自评	他评
交流分享	能基于图片、视频、表格数据等证据，表达自己的观点		
	能用规范的物理语言、图表等交流研究过程		
研究态度	在合作中尊重他人、帮助他人		
	乐于承担任务，积极投入研究		
	研究过程中坚持实事求是		
操作说明：对照表现标准，根据符合程度进行表现水平评价，“5”表示完全符合，“4”表示大部分符合，“3”表示基本符合，“2”表示少量符合，“1”表示基本不符合			

分析 这是在完成本单元学习内容后布置给学生自主完成的长作业. 要求学生与同学合作完成项目研究. 布置作业时教师应将设计的评价量表一起下发，提示学生应该参考评价内容和表现标准进行研究，并按评价要求记录研究过程、实验数据等，提示学生进行必要的误差分析，同时思考如何改进研究过程等. 教师需要后续跟进，在学生实施研究一段时间后，利用课堂时间组织学生交流分享各小组的研究过程和结果，并严格按评价量表对学生的研究进行评价.

解答 略.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
动能定理、机械能守恒定律	物理观念中“能量观念”	能综合应用动能定理、机械能守恒定律、运动和力的规律分析篮球运动中各力做功及能量的变化. 达到水平四.
	科学思维中“模型建构”“科学推理”“科学论证”“质疑创新”	能对篮球能否被视为质点展开讨论，能选用恰当的运动模型描述篮球的运动. 达到水平四. 能使用证据表达自己的观点. 达到水平三. 能对已有的解法提出质疑，并能给出依据. 达到水平四. 能对他人的观点提出质疑，从不同角度思考物理问题. 达到水平三.
	科学探究中“证据”“解释”“交流”	能在教师帮助下制订研究方案，会使用基本的器材获得数据；能分析数据，发现规律，形成结论，尝试用已有的物理知识进行解释；用学过的物理术语、图表等交流研究过程和结果. 达到水平三.
	科学态度与责任中“科学态度”	能做到实事求是，在合作中能尊重他人. 达到水平三.

说明 本示例建议在学完单元新知识后作为知识应用的单元长作业使用，建议给学生2周时间完成.

第五单元　牛顿力学的局限性与相对论初步

一、单元概述

本单元参考《2017年版高中物理课标》必修2的“牛顿力学的局限性与相对论初步”主题，主要由牛顿力学的局限性、相对论时空观、宇宙起源和演化等内容组成.学生在学习牛顿力学的基础上，从时空观的角度重新审视经典力学理论，并结合相对论的基本内容，初步形成时空观念.

在本单元学习中，学生经历无法应用牛顿力学解释新发现的现象、理论与实验结果存在较大误差等困境，了解牛顿力学的适用范围与局限性，体会人类对自然界的探索是不断深入的；在建立相对论时空观的过程中，初步了解时间延缓、长度收缩和时空弯曲等效应，体会相对论时空观与牛顿时空观的差异；初步了解宇宙起源的大爆炸理论和典型的恒星演化过程，关注相关的天文研究进展，激发对宇宙奥秘的探索兴趣.

本单元课程内容学习建议安排4课时.

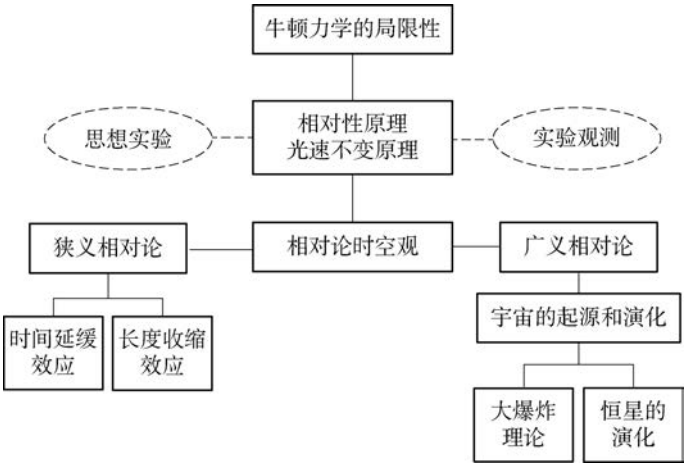
二、内容要求

本单元对应《2017年版高中物理课标》必修2的“牛顿力学的局限性与相对论初步”主题，下表中的“标引”与《2017年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致.“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求例举”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

标引	内容	具体要求例举
2.3.1	牛顿力学的局限性	**知道牛顿力学的局限性.** 能说出牛顿力学的适用范围，能识别牛顿力学不适用的物理情境；认识到人类对自然界的探索是不断深入的.
2.3.2	相对论时空观	**初步了解相对论时空观.** 能说出狭义相对论的主要观点，能说出时间延缓效应和长度收缩效应，能简述相对论时空观与经典力学时空观的区别；能说出物质与时空的关系，能列举狭义和广义相对论的主要观测证据，认识到物理理论需要接受实践的检验.
2.3.3	宇宙的起源和演化	**初步了解宇宙的起源和演化.** 能说出宇宙起源的大爆炸理论，能简述典型的恒星演化过程.

三、教学指引

(一) 内容结构导图



(二) 任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是:在研读《2017 年版高中物理课标》的基础上,发掘出学生完成本单元学习后能够处理的一项任务,将其作为本单元学习的核心任务.《2017 年版高中物理课标》必修 2"牛顿力学的局限性与相对论初步"主题的活动建议中有"(1)阅读有关相对论的科普书刊,在同学中举办小型讨论会."(2)观看有关宇宙起源的科教电视专题片,了解宇宙的演化.",它提供的活动形式与单元学习内容的特点和素养培育的侧重相适切.本单元的学习内容比较抽象,甚至与生活经验相悖;本单元的素养要求有两个重点,一是初步形成时空观念,二是体会人类对自然界的探索是不断深入的.核心活动的设计宜从理论的发展入手,以时空概念为线索,因此,将单元的核心任务确定为"撰写《时空简史》".在教学中核心任务还需要进一步分解,以利于逐步落实,具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表.

核心任务(问题)及其分解		教学内容	课时安排
撰写《时空简史》	梳理牛顿力学不适用的情况	牛顿力学的局限性	1
	比较牛顿和爱因斯坦的时空观	相对论时空观	2
	搜索宇宙起源和演化的相关资料	宇宙的起源与演化	1

(三) 重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称 撰写《时空简史》

活动资源 有关相对论的科普书目、有关宇宙起源与恒星演化的科普视频.

活动系列

对应课时	活动过程	活动说明
第一课时	**归纳总结**　牛顿力学的局限性是如何被科学家发现的？ **微型辩论**　牛顿力学到底是对是错？	学生对牛顿力学不适用的场景感到比较陌生，学习的重点是体会牛顿力学局限性的发现与新的观测证据或理论的出现密切相关. 通过辩论，学生学习如何有理有据地表达观点.
第二课时	**分析讨论**　同时的相对性、时间延缓效应和长度收缩效应如何改变人们对时间和空间的认识？	牛顿和爱因斯坦的时空观比较抽象，在初步了解相对论效应之后，学生分析比较二者的时空观时就有了一定的基础.
第三课时	**实例分析**　卫星定位系统中，狭义和广义相对论效应分别会对时钟精确同步产生什么影响？	将抽象的时空概念与生活中的时间和位置测量联系起来，感受时空观的变化对人类生活的影响.
第四课时	**分析讨论**　如果太阳从诞生到变成白矮星是一天，此刻大约是几点？	观看科普视频片段，以时间轴的方式记录太阳各个阶段所经历的时间，了解典型的恒星演化过程.

设计意图　时空是非常抽象的概念，学生生活中对时空的理解与物理学理论对时空的界定有所不同，而理论自身也经历了时空观念的转变. 本单元的学习活动以推演、思辨为主，以撰写《时空简史》为载体，教师引导学生通过课堂学习和课外资料查阅，让学生尝试将绝对时空观和相对论时空观的内容、时空观念转变的历程、理论与观测证据的关系等用科学的语言进行表达和交流.

2. 课时活动

活动 1　了解相对性原理和光速不变原理

活动资源　伽利略在《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》中借辛普利邱和萨尔维阿蒂讨论相对性原理的对话.

活动过程

[分析讨论]　回顾学习平抛运动时的示例，无论船静止还是匀速运动，从桅杆上静止释放一个小球，球都会落在同一位置. 讨论若船完全封闭，能否通过落体实验判断船是静止还是匀速运动. 展示辛普利邱和萨尔维阿蒂的对话，并将结论推广到力学规律，了解伽利略相对性原理.

[计算分析]　一辆列车以速度 v 匀速行驶，若在车厢内向前发出一束光，光速为 c，计算车厢内和地面上的观察者测得的光速. 学生根据生活经验进行计算，引出伽利略变换.

[微型辩论]　麦克斯韦的电磁理论指出真空光速在不同参考系中大小相等，并且得到了一系列实验验证. 组织学生针对应该选择伽利略变换还是麦克斯韦电磁理论展开辩论. 介绍不同科学家的选择，体会爱因斯坦的想象力和创造力.

活动说明 教师在提出每个问题后，可以根据学生的情况组织思考、讨论和交流. 在[分析讨论]环节，教师可再列举其他力学方法，供学生讨论，再推广到力学的一般规律. [计算分析]的问题符合学生的生活经验，此处计算的结果是[微型辩论]环节的基础，重点不在于学习伽利略变换的一般方法. 微型辩论时可先让学生分小组讨论，然后选出代表发言，辩论没有确定的答案，主要考虑陈述的逻辑性.

设计意图 相对性原理和光速不变原理是本单元的核心内容，但学生不易理解其含义，可能的原因是，一方面其中出现的“惯性系”“物理规律具有相同形式”等表述较为抽象，另一方面这两条原理与伽利略相对性原理、电磁理论密切相关，需建立关联. 本活动设计通过一系列问题，串联相对性原理、伽利略变换及其在电磁理论中遇到的困难，最后引出这两条原理.

四、评价示例

本单元评价包括三个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价，例如对学生第一课时参与“微型辩论”的活动表现进行评价，建议从参与的积极性、辩论过程中能否举出论据、论据与论点是否具有逻辑关系等角度肯定学生的优点，指出可改进之处. 二是日常作业评价，在完成本单元学习后，学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价；若完成单元长作业“撰写《时空简史》”，可根据提供的评价表进行评价. 三是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩. 以下给出了部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用.

示例 1

宇宙射线进入大气层后，会在大气层顶部产生 μ 子. μ 子是一种不稳定的粒子，会很快衰变. 在实验室中测得 μ 子静止时的平均寿命约为 2.2 μs. 大气层顶部产生的 μ 子以大约 0.999 4c 的速度飞行，地面上的观测者测得 μ 子的平均寿命约为 63.5 μs. 分析说明地面上测到 μ 子平均寿命增大的原因.

分析 在相对于 μ 子静止的参考系中测得的时间是固有时. 以地面为参考系时，μ 子相对于地面以接近光速的速度运动，地面上的观测者会观察到明显的时间延缓效应.

解答 以地面为参考系，μ 子相对于地面以接近光速的速度运动，出现时间延缓效应，因此在地面观测者看来 μ 子的平均寿命增加了.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
相对论时空观	物理观念中“运动与相互作用观念”	能在具体情境中，判断某一参考系中测得的时间与固有时的关系. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“时间延缓效应”后作为课堂反馈或课后作业使用，不要求运用公式计算，只需分析说明即可. 可根据学生情况进一步推理：若不考虑相对论效应，根据题设条件，μ 子发生衰变前在大气层中运动的平均距离约为 659.6 m，μ 子几乎不可能达到地面；而实际观测表明 μ 子能够在衰变前穿透大气到达地面. 观测结果与狭义相对论的理论计算相符，是狭义相对论的重要实验证据之一.

示例 2

（多选）有一艘从地球匀速飞向太空的宇宙飞船，地球上的观察者发现宇宙飞船上的钟比地球上的走得慢. 则宇宙飞船上的观察者（　　）.

A. 也认为自己的钟比地球上的走得慢

B. 发现飞船上钟的快慢与其在地球上时没有变化

C. 发现地球上的钟比飞船上的走得慢

D. 认为地球上观察者记录的时间不准确

分析　宇宙飞船中的观察者与宇宙飞船相对静止，测得的是固有时，与他静止在地球上测得的时间相同，因此 B 正确；而地球是相对于他运动的参考系，他会观察到地球上的钟比宇宙飞船里的走得慢，因此 A 错误、C 正确；两个参考系测量的时间对各自都是准确的，因此 D 错误.

解答　B、C

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
相对论时空观	物理观念中“运动与相互作用观念”	能在具体情境中，判断相对于自身静止和运动的两个参考系中所测时间的关系. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“时间延缓效应”后作为课后作业使用.

示例 3

如图 5－1，甲乘坐的飞船静止，乙乘坐的飞船以速度 v 向右匀速行驶. 某时刻两艘飞船齐平，甲、乙两人也齐平，此时甲右侧 A 点发出一束红光，左侧等距离的 B 点同时发出一束蓝光. 分析说明，在甲、乙看来两束光是否同时发出？

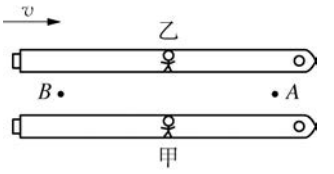


图 5－1

分析　本题与教材中的情境略有不同，但分析思路相同，既可以巩固所学知识，又可以检测学生是否理解了同时的相对性. 通过画出红光和蓝光分别到达甲、乙时两人的相对位置，判断两人接收到信号的先后，可知在甲、乙看来两束光是否同时发出.

解答　如图 5－2(b)所示，甲乘坐的飞船静止且 A、B 两点在甲两侧等距离处，因此两束光同时到达甲所在位置，即在甲看来两束光是同时发出的. 乙以速度 v 接近 A，远离 B，

根据光速不变原理可知，光源 A 发出的光将早于光源 B 发出的光被乙接收到，如图(a)所示. 所以在乙看来，两束光不是同时发出. 进一步分析可知，乙先于甲接收到红光，晚于甲接收到蓝光，如图(c)所示. 在甲看来同时发生的两个事件，对乙而言则变为先后发生的两个事件.

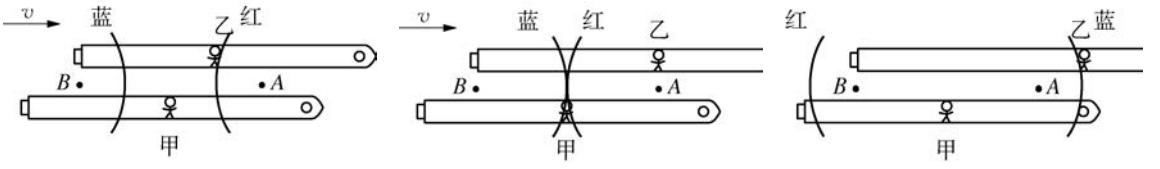


图 5－2

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
相对论时空观	物理观念中“运动与相互作用观念”	能在与应用示例相似的情境中分析两个事件在不同观察者视角中是否同时发生. 达到水平二.

说明 本示例建议在学习“同时的相对性”后作为课后作业使用.

示例 4

2016 年科学家首次宣布探测到引力波，引力波的发现成为了以下哪个理论的实验证据？(　　).

A. 牛顿运动定律　　B. 万有引力定律

C. 狭义相对论　　D. 广义相对论

分析 引力波的存在是广义相对论的推论之一，因此成功探测到引力波成为验证广义相对论的又一有力证据.

解答 D

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
相对论时空观	物理观念中“运动与相互作用观念”	能识别广义相对论的实验观测证据. 达到水平二.

说明 本示例建议在学习“相对论初步”后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约 1 分钟.

示例 5

根据本单元所学内容，搜集相关资料，撰写《时空简史》，简述人类对时间和空间认识的

发展历程.引用的资料应注明出处,杜绝抄袭.

附:评价量表

评价指标	表 现 描 述	评分
科学性	能使用准确的科学语言叙述;内容与逻辑方面无明显科学性问题	0□　1□　2□　3□　4□　5□
可读性	语言通顺浅白,无歧义;叙述生动有趣,能激发阅读兴趣	0□　1□　2□　3□　4□　5□
规范性	准确注明所引信息的出处;抄袭按零分计	0□　1□　2□　3□　4□　5□
丰富性	包含牛顿和爱因斯坦的时空观;能拓展到古代中国和西方对时空的认识,以及现代理论的最新发展	0□　1□　2□　3□　4□　5□

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
相对论时空观	物理观念中“运动与相互作用观念”	能阐述牛顿时空观和相对论时空观.达到水平二.

说明　本示例建议作为单元长作业,在单元第一课时发布任务,完成时间可定为1—2周.根据学校实际情况,可由学生独立完成或小组合作完成.作业的成果可以在班级中展示或利用数字平台交流.在布置作业的同时可提供评价量表,指出学生撰写时应注意的方面,评价可根据实际情况采用学生自评、互评、教师评价或组合评价的方式.

第六单元　静电场

一、单元概述

本单元参考《2017年版高中物理课标》必修3的“静电场”主题，主要由静电现象、电荷守恒定律、点电荷间相互作用规律、电场的概念、电场的力的性质的描述、电场的能的性质的描述、静电的利用与防护、带电粒子在电场中的运动及应用、电容器和电容等内容组成.本单元开启了高中阶段电学内容的学习，是学习电磁学的基础.

在本单元学习中，学生经历点电荷和电场线等物理模型的建立过程，感受以生活经验为基础，由具体到抽象建构理想模型的科学方法.经历电势能、电势、电势差、电容等概念的抽象概括过程，体会用物理量之比定义新的物理量的方法，感受类比的研究方法；经历库仑定律的探索历程，体会库仑扭秤实验设计的实验思想与方法；了解生产生活中静电的利用和防护，感悟事物的两面性，形成趋利避害的意识；了解电场中带电粒子运动在科学技术中的应用及电容器在家用电器中的应用等，体会电学知识对生产生活和科技的影响，激发对电学的好奇心与求知欲，培养责任意识.

本单元课程内容学习建议安排12课时.

二、内容要求

本单元对应《2017年版高中物理课标》必修3的“静电场”主题，下表中的“标引”与《2017年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致.“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求例举”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

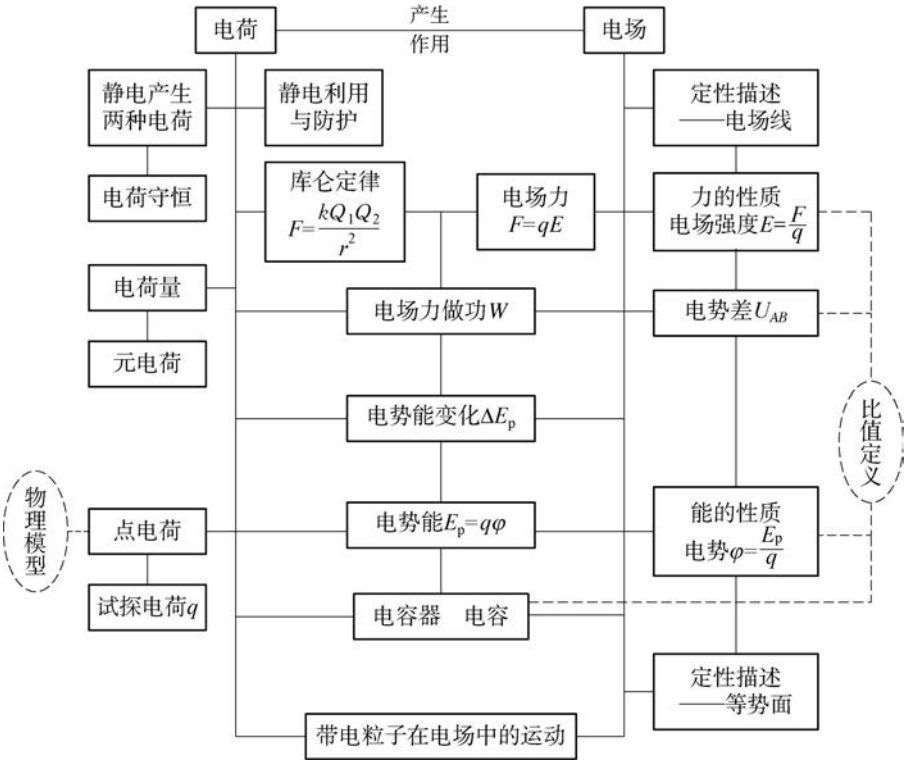
标引	内容	具体要求例举
3.1.1	静电现象	**了解静电现象**.能列举静电现象和静电产生的方式；能说出电荷量的概念，能说出元电荷的概念；能说出电荷守恒定律的内容，能用原子结构模型和电荷守恒的知识分析静电现象.

续表

标引	内容	具体要求例举
3.1.2	点电荷	**知道点电荷模型**.能说出点电荷模型,能类比质点模型说出将带电体抽象为点电荷的条件.
	点电荷间相互作用	**知道两个点电荷间相互作用的规律**.能说出静电力的概念,能说出电荷间的相互作用与电荷间的距离、电荷量之间的定性关系;能说出库仑扭秤实验,知道探究库仑定律的实验思想和方法;能说出库仑定律的内容,能说出静电力常量的大小和单位,能用库仑定律计算真空中两个静止点电荷间的作用力大小,能联系力学的相关知识用库仑定律分析点电荷之间的相互作用.
3.1.3	电场	**知道电场是一种物质**.能说出电场的概念,知道电场是物质存在的形式之一,知道电场对放入其中的电荷有力的作用.
	电场强度	**了解电场强度**.知道电场强度是描述电场的力的性质的物理量,能说出电场强度的概念,知道用物理量之比定义新物理量的方法;能计算真空中点电荷周围的电场强度;能说出电场的叠加原理.
	电场线	**会用电场线描述电场**.能说出电场线的概念,知道从具体到抽象构建理想模型的科学方法;能描述单个点电荷、两个等量点电荷周围和匀强电场的电场线分布,能根据电场线分析电场的强弱和方向;能说出匀强电场的概念.
3.1.4	静电的利用与防护	**了解生产生活中关于静电的利用与防护**.能列举生产生活中的静电现象,能列举静电的利用和防护的具体措施和事例.
3.1.5	电势能	**了解电势能**.知道电荷在静电场中具有电势能,能说出电势能的概念,知道电势能具有系统性和相对性;能说出电场力做功与电势能变化之间的关系,能用电场力做功与电势能变化之间的关系计算电荷在电场中的电势能.
	电势、电势差	**了解电势、电势差**.知道电势、电势差是描述电场的能的性质的物理量,能说出电势、电势差的概念;知道用物理量之比定义新物理量的方法;能说出电势与电势差的联系和区别.
	电势差与电场强度的关系	**知道匀强电场中电势差与电场强度的关系**.能说出匀强电场中电势差与电场强度的定量关系,能用关系式$U=Ed$进行计算.
	带电粒子在电场中的运动	**能分析带电粒子在电场中的运动情况**.能联系力学知识分析带电粒子在匀强电场中仅受电场力作用下的直线运动,能定性分析带电粒子在匀强电场中仅受电场力作用下的偏转,能解释相关的物理现象.
3.1.6	电容器、电容	**观察常见的电容器,了解电容器的电容**.知道电容是描述电容器存储电荷的本领,能说出电容的概念;知道用物理量之比定义新物理量的方法;能识别电容器的元件符号;知道额定电压和击穿电压的意义;能举例说明电容器的应用.
	观察电容器的充、放电现象	**会"观察电容器的充、放电现象"**.能说出实验目的,会选用实验器材连接电路,会观察电容器的充、放电现象,能描述电容器的充、放电现象.

三、教学指引

（一）内容结构导图



（二）任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017 年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生能够处理的一项任务，将其作为本单元学习的核心任务.《2017 年版高中物理课标》必修 3 的“静电场”主题的【内容要求】中有“3.1.1　通过实验，了解静电现象.”，考虑到学生学科素养水平需要根据学生在真实问题解决过程中的表现来确定，因此将单元的核心任务确定为利用身边的器材“制作一个与静电现象有关的实验装置”. 在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表.

核心任务(问题)及其分解			教学内容	课时安排
制作一个与静电现象有关的实验装置	制作简易的检测静电的装置	认识静电现象	静电产生、电荷量	1
		研究静电场的力的性质	电场、点电荷间相互作用、电场强度、电场线	3
	制作简易的储存静电的装置	研究静电场的能的性质	电势能、电势、电势差、电势差与电场强度的关系	3
		认识静电的储存	电容器、电容	2
	制作简易的利用静电的装置	了解静电场在科学技术中的应用	带电粒子在电场中的运动	1
		了解静电在生产生活中的利用与防护	静电的利用与防护	1
	制作一个与静电现象有关的实验装置(小组汇报交流)		解决问题	1

(三) 重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称　**制作一个与静电现象有关的实验装置**

活动资源　学生身边的器材(如铜丝、铜板、铝箔、有机玻璃板、泡沫塑料、塑料盒、塑料瓶、吸管、丝线等)、实验装置的实物、实验装置的制作参考图(见后面评价示例中的示例 2)等.

活动系列

对应课时	活动过程	活动说明
第一课时	**观察提问**　展示生活中静电现象的图片,列举生活中的静电现象,展示各种静电实验装置,同时演示静电实验. 在此基础上,引出单元学习的任务——制作一个与静电现象有关的实验装置. 提出问题:如何来检测静电?展示验电器等实验器材,引出分解任务——静电检测装置的制作.	从生活中静电现象入手,通过举例、演示、实验等引导学生观察、提出问题,引出本单元的学习任务,并将其作为本单元的长作业,明确长作业的具体要求,指导学生边学边做. 让学生学会观察物理现象,提出物理问题,能基于证据表达自己的观点,体会物理与生活的紧密联系.
第十二课时	**交流讨论**　分小组交流作品,介绍实验装置的使用说明、制作改进过程等,并对其他小组的作品加以肯定或提出问题. **总结评价**　教师总结作业情况,对各小组的作品进行评价,小组完成自评,小组间相互评价.	这是本单元的最后一节课,学生交流展示作品,要求学生做好 PPT 和实物展示. 意图让学生学会解释和交流,能基于证据表达自己的观点,能进行自我反思并做出评价. 课前教师对学生的作品或成果有全面的了解,及时提供帮助.

设计意图　以制作一个与静电现象有关的实验装置的任务驱动完成本单元的学习,主要考虑到以下几个方面:该任务能够提高学生动手制作技能,有助于学生了解静电现象和理解静电场知识;通过制作体验,学生体会宏观现象与微观本质间是紧密联系的;通过自主开发实验,学生产生新的疑惑,主动释疑,培养科学探究意识,提升解决问题的能力.

任务具体要求：利用身边的器材，制作一个与静电现象有关的实验装置. 请写出它的使用说明，并与其他组的同学讨论交流制作经验，进行改进等.

为完成制作任务，学生需要学习相关的物理知识，包括静电的检测、静电的储存、静电的利用三个内容板块，因此也可以分阶段布置任务，如制作简易的检测静电的装置、制作简易的储存静电的装置和制作简易的利用静电的装置. 学生边学边做. 可以将此活动作为单元的长作业，让学生以学习小组形式完成一个简易实验装置的制作.

任务完成情况检查：可在整个单元学习结束时，让学生在课堂中展示实物成果，简单介绍装置、制作方法和使用说明，交流学习体会等，也可以让学生在物理实验室或学科教室等地展示实物等.

2. 课时活动

活动 1　形成“电场强度”的概念

活动资源　小球、静电高压起电机.

活动过程

［观察讨论］　教师演示带电小球靠近静电高压起电机周围，用控制变量法，分别演示同一试探电荷在不同位置和不同试探电荷在同一位置的情况. 学生仔细观察，提出物理问题，通过摆起角度的大小来判断电场力的强弱，通过摆起的方向来判断电场力的方向，同时建立试探电荷模型.

［交流分析］　学生观察现象，描述电场力的大小、方向与试探电荷位置的关系，感受电场有强弱和方向. 学生根据实验现象，运用库仑定律讨论试探电荷放入点电荷电场的受力情况，发现不同试探电荷所受的电场力与其电荷量的比值，与试探电荷的电荷量无关，引出用比值定义新物理量的方法.

［实验验证］　再次演示实验验证，引出电场强度的概念.

活动说明　教学中可以采用问题导学的方式，引导学生分步完成：先认识电场存在强弱，然后确定电场强度的方向. 要强调异中求同是常用的一种思维方式. 让学生经历“先观察实验，对一般情境作出猜想与假设，再举例点电荷电场，对特殊情境进行理论分析、论证，再对一般情境进行实验验证”的科学探究过程后，最后引入电场强度的概念.

设计意图　电场强度概念的建立是本单元的重点之一，也是难点之一，是描述电场的核心概念，是帮助学生对看不见摸不着的场形成定量认识的首个概念. 电场强度概念很抽象，学生经历比较、概括和抽象的思维过程，体会用物理量之比定义电场强度的方法，这种定义方法也是后面建立电势、电容等概念的方法. 建立概念的过程蕴含了“猜想和假设”“基于证据得出结论”等科学探究过程，因此本活动注重实验和科学推理相结合，尤其关注理论探究过程.

活动 2　引入电容器的学习

活动资源　常见的电容器图片和实物，用钢盆、保鲜膜等自制的电容器等.

活动过程

［观察思考］　呈现各种常用电容器的图片和实物，以手机的指纹传感器等常见电容器

为例引出问题.学生观察生活中的电容器,思考:这些元件有什么作用?它们内部的构造是怎样的?它们是怎样“装进”和“倒出”电荷的呢?水可以用容器储存起来,与之类似,电荷也可以用一个“容器”储存起来,由此引出电容器的学习.

[实践体验]　将两只钢盆隔一层保鲜膜摞在一起,制成电容器.几位学生站在讲台旁,手拉手成一排,第一位学生用空出的手托住下面钢盆的底,使上面的钢盆带电,然后让最后一位学生用空出的手去拿上面的钢盆.

活动说明　课堂游戏可以请多位学生参与.在观察生活中常见的电容器时,可以让学生分组选择不同的电容器进行研究,然后让学生进行交流讨论,归纳共性,从而为电容器构造的学习做好铺垫.

设计意图　电容器是一种重要的电学元件,有着广泛的应用.因此本活动联系生活实际,引出电容器的学习,再用类比水容器的方法引出电容器的构造和功能.

3. 学生实验

学生实验　观察电容器的充、放电现象

主要器材　电容器、直流电源、电流计(或电流传感器)、电压表(或电压传感器)、电阻、单刀双掷开关等.

实验要点

(1) 实验时,根据电流计的读数,判断充电、放电电路电流大小和流向变化情况.根据电压表的读数,判断在充电、放电过程中电容器两极板电势差的变化情况.实验中根据电流计偏向判断电流方向,可以进一步推断电荷量变化,建议实验前先检验电流计偏向与电流流向的对应关系.

(2) 实验时合理选择电源电动势、电容和电阻,既能使充电、放电过程中的电流、电压保持在电流计和电压表的量程范围内,又能明显呈现电流计和电压表的读数大小变化,同时具有恰当的充电和放电时间.电压表选内阻较大的,以防止快速放电时读数迅速减小.电流计选指针指在中央、双向偏转的.电容器选电容较大的,串联电阻也选较大的,使充、放电过程缓慢,容易观察.

(3) 实验过程中引导学生细致观察,引起认知冲突:充电过程中出现电压与电流反步调变化.启发学生作出猜想假设、推理判断,并尝试解释.

(4) 电压表和电解电容器正、负极不能接反,以免损坏.连接电路时,开关要断开,避免短路.

(5) 有条件的学校可以用电流传感器和电压传感器进行实验,显示充电和放电过程的电流与电压随时间变化的图像.

四、评价示例

本单元评价包括四个部分:一是日常课堂活动评价,可以选择本单元的一些活动进行评

价. 课堂上引入概念时，采用问答的方式，让学生学会表达，如示例 3，要求学生对已有的观点进行论证. 二是日常作业评价，教师可根据素养要求，布置不同的作业，如示例 1，同一气球情境，依据不同的素养要素和水平要求编制问题. 三是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩，如示例 4 和示例 5. 四是学生实验评价，如示例 2. 以下给出了部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用.

示例 1

如图 6－1 所示，请完成下列实验，并回答下面问题.

步骤 1：将两只气球吹气后用细线扎紧，然后在气球上系上相同长度的细线，细线长约 0.5 m.

步骤 2：用衣服来回摩擦一只气球，重复 6—8 次，使它带电.

步骤 3：再用胶带将细线粘贴在壁橱、桌子或其他支撑物上.

步骤 4：用同样的办法摩擦第二只气球，然后用细线将它悬挂起来.

步骤 5：慢慢地将第二只气球向第一只气球靠近. 观察此时会发生什么情况.

步骤 6：用胶带粘住第二只气球的细线，将它悬挂在第一只气球的旁边.



图 6－1

问题 1

(1) 当两只气球彼此靠近时，你观察到了什么现象？

(2) 生活中有没有与此类似的现象？请举例.

分析 这是研究静电现象和电荷间的相互作用的问题. 要求先完成实验再回答问题，问题来源于真实的实验情境. 问题的设置一是让学生动动手，二是让学生观察物理现象，提出物理问题. 实验器材获取方便，可行性较强.

解答

(1) 靠近时，两只气球排斥，且距离越近，细线偏离竖直方向的角度越大，排斥得越厉害.

(2) 在干燥的天气梳头发时，头发经过摩擦带上同种电荷，头发之间因相互排斥而飞起来.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
静电现象、电荷间的相互作用	物理观念中“运动与相互作用观念”	能从物理学视角观察并解释静电现象. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能对比较简单的静电问题进行分析推理，获得结论. 达到水平二.
	科学探究中“问题”“解释”	观察现象，提出物理问题，能用已有的静电知识分析并得到结论. 达到水平二.

说明　根据真实的实验提出问题，重在“问题”和“解释”等素养的培养. 学习“静电产生”和“点电荷间相互作用”时，此问题可作为课堂讨论或课后作业使用.

问题 2

(1) 能估测两带电气球之间的静电力的大小吗？如果不能，请简述理由；如果能，请写出估测方案.

(2) 能否知道每个气球所带的电荷量？请说明理由.

分析　估测静电力的大小，有两条思路，一是用库仑定律直接求静电力的大小，二是结合力学知识求解. 库仑定律的适用对象是两个点电荷，且要知道两个点电荷的电荷量，显然气球所带电荷量未知，气球上电荷分布并不均匀，无法确定距离. 因此我们尝试结合前面学过的物体的平衡条件来分析. 这是一个真实情境的问题，比较复杂，需要先建立模型，如图 6－2 所示，因两个气球上的电荷不是均匀分布的，电荷中心与质心未必重合，两个气球的静电力并不一定作用在气球质心的连线上. 为简化问题，将两气球之间的电荷相互作用等效为两点电荷之间的相互作用力，并将气球的受力情况当作共点力处理，使整个问题简化为共点力平衡问题. 然后利用物体的平衡条件，列方程求解.

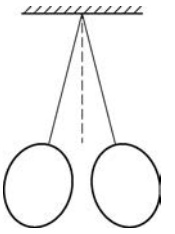


图 6－2

解答

(1) 假设两只气球形状、大小、质量完全相同，细线等长，处于如图 6－3 所示的静止状态，两细线与竖直方向夹角相同. 以左边气球为研究对象，对其进行受力分析，它受到重力 G、细线对它的斜向上的拉力 $F_{弹}$、右边气球对它的水平向左的静电力 $F_{静}$、空气对它的浮力 $F_{浮}$.

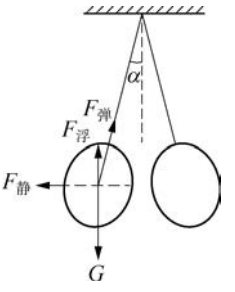


图 6－3

对力进行合成或分解，设细线与竖直方向的夹角为 α，根据平衡条件，得到水平方向 $F_{静}=F_{弹}\sin\alpha$，竖直方向 $F_{浮}+F_{弹}\cos\alpha=G$. 以下为两种估测方案示例.

方案①：根据水平方向 $F_{静}=F_{弹}\sin\alpha$，测得细线的拉力和细线与竖直方向的夹角，就可以求出 $F_{静}$.

方案②：根据竖直方向 $F_{浮}+F_{弹}\cos\alpha=G$，得到 $F_{弹}=\dfrac{G-F_{浮}}{\cos\alpha}$，则 $F_{静}=\dfrac{(G-F_{浮})\sin\alpha}{\cos\alpha}=(G-F_{浮})\tan\alpha$，为测得 $G-F_{浮}$，需要测出气球未带电情况下细线竖直时的拉力，还需测出细线与竖直方向的夹角，据此可求出 $F_{静}$.

(2) 不能. 根据库仑定律可知，两个静止的点电荷之间的相互作用力大小与两点电荷之间的距离的平方成反比，与两电荷的电量的乘积成正比. 因为不能把气球看成点电荷，距离无法确定，且假如是两个点电荷，在带电量都未知的情况下，即使知道静电力大小，一般也不能计算出每个点电荷的带电量.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
点电荷、电荷间的相互作用	物理观念中“运动与相互作用观念”	能用已有的物理知识分析、解释静电现象. 达到水平二.
	科学思维中“模型建构”“科学推理”	能在熟悉的问题情境中判断能否将物体看成点电荷，能对比较简单的静电问题从不同视角进行分析推理，能基于直接的证据表达自己的观点. 达到水平二.

说明 此问题重“模型建构”素养的培养，让学生学会从不同视角分析问题，同时帮助学生理解库仑定律的适用范围，进一步形成相互作用的观念. 学习“点电荷间相互作用”时，此题可作为课堂讨论使用.

问题 3

如图 6－4 为两只带电气球处于静止状态时的照片，用微力传感器测得细线的拉力为 0.021 N. 请根据照片，估测静电力的大小.



图 6－4

分析 已用力传感器测得了拉力的大小，根据照片比例来估测静电力的大小.

解答 假设两只气球形状大小质量完全相同，细线等长，处于如图 6－5 所示的静止状态，两细线与竖直方向夹角相等. 以左边气球为研究对象，对其进行受力分析，它受到重力 G、细线对它斜向上的拉力 $F_{弹}$、右边气球对它的静电力 $F_{静}$ 和空气对它的浮力 $F_{浮}$.

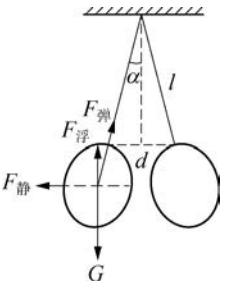


图 6－5

对力进行合成或分解，设细线与竖直方向的夹角为 α，根据平衡条件，得到水平方向 $F_{静} = F_{弹}\sin\alpha$.

利用刻度尺在照片上量得线长 l 约为 2.2 cm，两气球扎结点距离 d 约为 1 cm，假设两细线与竖直方向夹角相等，得到

$$\sin\alpha = \frac{d}{2l} = \frac{1}{4.4}.$$

则静电力的大小

$$F_{静} = F_{弹}\sin\alpha = 0.021 \times \frac{1}{4.4}\ \mathrm{N} \approx 4.8 \times 10^{-3}\ \mathrm{N}.$$

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
点电荷间相互作用	物理观念中“运动与相互作用观念”	能运用力的平衡条件和力的分解求静电力. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能从不同角度思考比较简单的问题. 达到水平二.
	科学探究中“证据”	使用基本的器材获取数据，能分析数据，形成结论. 达到水平二.
	科学态度中“科学态度”	在估测中能做到实事求是. 达到水平二.

说明　此问题重在“证据”和“科学态度”等素养的培养. 学习“点电荷间相互作用”时，此题可作为课堂讨论或课后作业使用.

示例 2

利用身边的器材，制作一个与静电现象有关的实验装置，可以是检测静电、储存静电或利用静电的装置，也可以是集几种功能于一体的实验装置. 请写出它的使用说明，并与其他组的同学讨论交流制作经验，进行改进等.

附：评价量表

评价内容包括实验装置、制作过程和分享交流三方面，每方面的评价内容又包括具体的表现标准. 关注过程性评价，采用小组自评和他评结合. 以满分 100 分为例，进行评分.

评价内容	表 现 标 准	评分	
		自评	他评
实验装置（30 分）	A. 科学合理(10 分) B. 操作方便(10 分) C. 富有创意(10 分)		
制作过程（40 分）	A. 团队精神(10 分) B. 方法得当(10 分) C. 主动释疑(10 分) D. 修正改进(10 分)		
分享交流（30 分）	A. 积极参与(10 分) B. 证据详实(10 分) C. 表述清晰(10 分)		
合计			

分析　利用学生在生活中容易找到的器材，完成制作. 下面提供的实验装置仅作参考.

解答　（仅作参考）

(1) 制作简易的检测静电的装置[1]

举例 1：制作铝箔验电器

制作方法：按图 6－6，将两片铝箔挂在铜板的铜丝上，再将铜板安装在有机玻璃架上，制成开放型铝箔验电器.

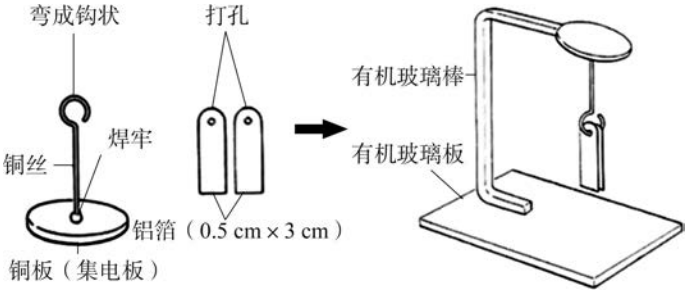


图 6－6

[1] [日]近角聪信，豊田博慈. 图解实验观察大全(修订版). 物理[M]. 北京：人民教育出版社，2009.

提示：按图 6－6，在铝箔上打孔时，要将孔打得比铜丝的直径略大，以便铝箔能够轻轻转动. 尽量缩短铝箔上端与孔的距离，可先打好孔再剪铝箔. 挂钩钩环的直径约为 5 mm.

使用说明：用于检验物体的带电情况. 这种验电器容易放电，所以不能使箔片长时间张开. 最好在干燥的室内使用.

举例 2：制作电摆

制作方法：按图 6－7，用丝线把小铝球挂在有机玻璃棒上.

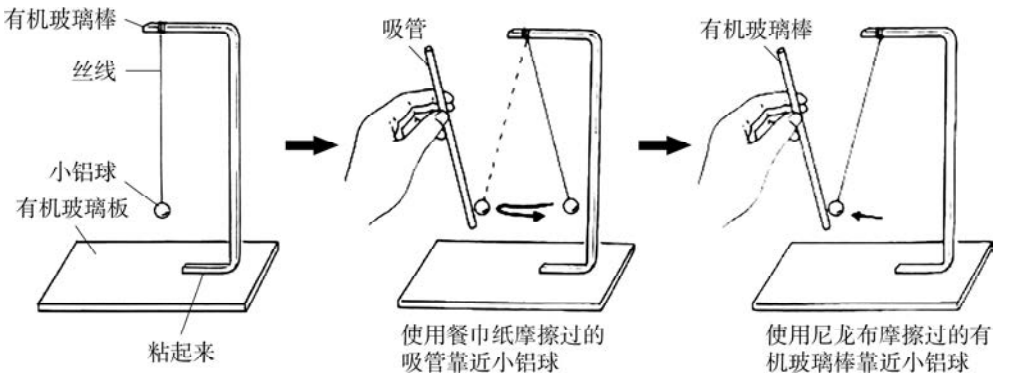


图 6－7

提示：有机玻璃棒粗细最好是 4 mm 左右，慢慢加热后，有机玻璃棒很容易折弯. 可将铝箔剪成边长 1 cm 左右的方块，再揉成团，做成小铝球.

使用说明：用于验证同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引. 可以用餐巾纸摩擦的吸管靠近小铝球，小铝球被吸管吸住，之后便与吸管带同种电荷，继而又被排斥而返回；再用尼龙布摩擦过的有机玻璃棒靠近小铝球，小铝球会被有机玻璃棒吸住，但是，小铝球同有机玻璃棒接触之后，便会带上与有机玻璃棒相同的电荷，所以之后又相互排斥. 用有机玻璃棒比用玻璃棒的效果好.

举例 3：制作吸管验电器

制作方法：按图 6－8，在泡沫塑料或木块上，距离吸管顶端 $\frac{1}{3}$ 处固定吸管.

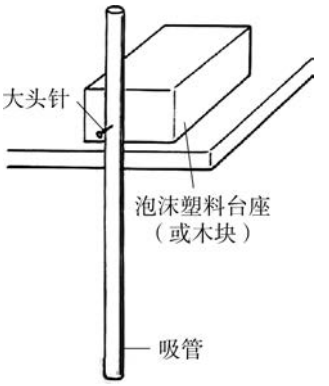


图 6－8

提示：用针穿孔之后，用牙签等物将孔扩大，这样，穿上大头针之后吸管才能轻轻摇动.

使用说明：用于研究吸管上的电荷. 用餐巾纸摩擦吸管，使吸管带电. 再用毛皮摩擦过的胶木棒接近吸管，吸管被排斥，可以推断吸管也带负电. 或用丝绸摩擦过的有机玻璃棒靠近吸管，吸管被吸引，说明吸管带负电.

（2）制作简易的储存电荷的装置

举例：制作空盒电容器

制作方法：按图 6－9，在耐压且绝缘性强的塑料盒内外侧都贴上铝箔，放入数十个小铝球，小铝球可以用铝箔制作.

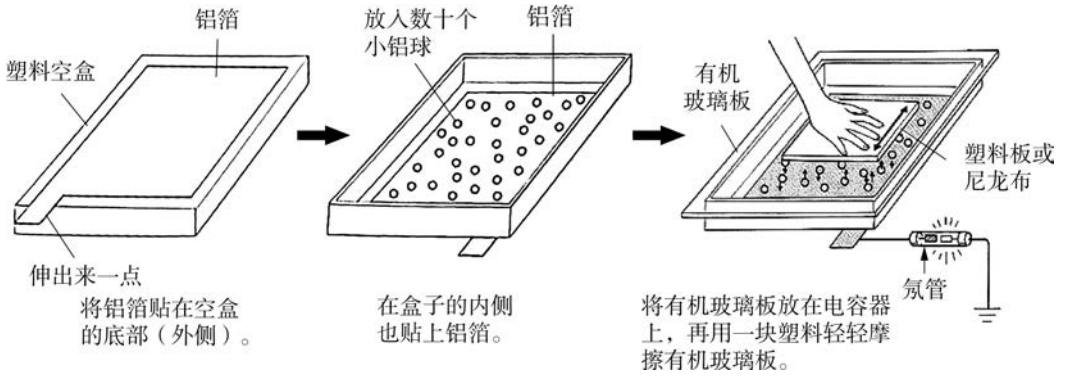


图 6－9

使用说明：盒子底部的一极要接地. 将有机玻璃板放在电容器上，再放上塑料板，用塑料板或尼龙布轻轻摩擦有机玻璃板，小铝球会剧烈地跳动并将带电体的电荷转移到铝箔上，从而使铝箔储存正电荷. 如果将塑料板放在下面，用有机玻璃板摩擦，铝箔则储存负电荷. 为了了解铝箔的带电情况，可以事先在伸出端接上氖管. 用一端接地的铜丝靠近电容器，会引起放电.

(3) 制作简易的利用静电的装置

举例：制作静电除尘装置

制作方法：按图 6－10，将一根铜丝穿过塑料瓶盖中心，沿中心轴线伸入瓶中，在瓶子外部将一根铜丝绕成螺线状，露出一个接头.

使用说明：打开瓶盖，点燃蚊香，让烟雾充满瓶中. 盖上瓶盖，外部螺线状铜丝接头接感应起电机负极，瓶盖上铜丝接感应起电机正极. 起电时，烟雾即刻消失.

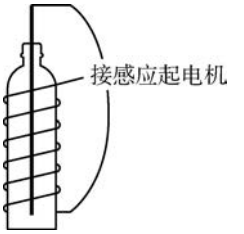


图 6－10

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
静电现象、点电荷间相互作用、电势能、电容器、电容、静电的利用与防护	物理观念中“运动与相互作用观念”	能用静电知识解决实际问题. 达到水平三.
	科学思维中“科学推理”“质疑创新”	通过制作有关静电的装置，能对常见的静电现象进行分析和推理，能以实验结果为证据表达自己的观点，获得结论并作出解释；能对已有的装置提出质疑，从不同角度思考问题；通过自主动手制作装置，培养创新意识. 达到水平三.
	科学探究中“问题”“证据”“解释”“交流”	通过自主动手制作装置，产生新的疑惑，能提出问题，主动释疑，培养独立探究的意识. 达到水平三.
	科学态度与责任中“科学态度”	通过小制作，激发学习物理的兴趣. 达到水平二.

说明　本示例可作为单元长作业使用.

示例 3

下列说法对吗？请简述理由.

(1) 电荷量很小的电荷就是元电荷.

(2) 物体所带的电荷量可以是任意的.

(3) 电场线就是带电粒子在电场中运动的轨迹.

(4) 两条电场线在空间可以相交.

分析 (1)(2)涉及元电荷的概念;(3)考查带电粒子的轨迹,需要从力和运动的关系来说明;对于(4),电场线能否相交,可以从电场线的物理意义去考虑,用反证法来说明.

解答

(1) 这种说法是错误的. 物体所带电荷的电荷量不是任意的,而是某个最小电荷量的整数倍. 人们把最小电荷量称为元电荷.

(2) 这种说法是错误的. 一般情况下,自然界中物体所带电荷量均为元电荷的整数倍,不是任意的.

(3) 这种说法是错误的. 即使电场线是直线,当带电粒子的速度方向与电场线成一夹角时,即速度方向与电场力方向不在同一直线上,带电粒子做曲线运动,因此电场线并不一定是带电粒子在电场中运动的轨迹.

(4) 这种说法是错误的. 假如两条电场线在空间相交,那么在交点处两条电场线有各自的切线方向,而电场线上某点的切线方向表示该点的场强方向,即交点处有两个场强方向,这与电场中确定点的场强唯一的事实不符.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
元电荷、电场线	物理观念中“运动与相互作用观念”	形成元电荷和电场线的概念. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能对比较简单的物理问题进行分析和推理,获得结论. 达到水平二.

说明 本示例中的 4 个小问题可以分开使用,可以在构建“元电荷”“电场线”概念时作为课堂讨论使用,也可以作为课后作业使用,以进一步理解“元电荷”“电场线”概念.

示例 4

如图 6-11，A、B 是某个点电荷电场中同一条电场线上的两点,把电荷量为 10^{-9} C 的正试探电荷 q_1 从无穷远处移到 A 点,电场力做的功为 2×10^{-8} J. 把电荷量为 2×10^{-9} C 的负试探电荷 q_2 从无穷远处移到 B 点,克服电场力做的功为 3×10^{-8} J. 取无穷远处的电势为零. 请判断:场源电荷是正电荷还是负电荷？场源电荷的位置是在 A、B 的左边还是右边？请简述理由.

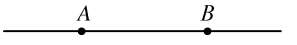


图 6-11

分析 电荷在电场中某点的电势能等于把它从这点移到零势能位置的过程中电场力所

做的功，据此求出电势能，然后根据电势的定义式求出电势，再判断电势高低和电场线的方向.

解答　取无穷远处O的电势为零，电荷在电场中某点的电势能，等于把它从这点移到零势能位置的过程中电场力所做的功，则有

$$E_{pA}=W_{AO}=-W_{OA}=-2\times10^{-8}\ \text{J},\ \varphi_A=\frac{E_{pA}}{q_1}=\frac{-2\times10^{-8}}{10^{-9}}\text{V}=-20\ \text{V};$$

$$E_{pB}=W_{BO}=-W_{OB}=3\times10^{-8}\ \text{J},\ \varphi_B=\frac{E_{pB}}{q_2}=\frac{3\times10^{-8}}{-2\times10^{-9}}\text{V}=-15\ \text{V}.$$

$\varphi_A<\varphi_B<0$，故电场线方向从B指向A，场源电荷周围电势小于零，故场源电荷为负电荷，其位置在A点的左边.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
电场力做功与电势能变化的关系、电势、电场线	物理观念中“运动与相互作用观念”“能量观念”	形成物理观念. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能对比较简单的物理问题进行分析和推理，获得结论. 达到水平二.

说明　本示例可在学习“电势”后作为课后作业或单元检测使用. 若作为单元检测使用，完成时间为4分钟.

示例5

图6-12为观察电容器的充、放电现象的实验电路图. 当把开关S拨到1后电容器充电，两极板的电荷量逐渐增加直至稳定，其判断依据是_____；开关S拨到2后电容器放电，两极板的电荷量逐渐减小至0，其判断依据是_____.（从电流计和电压表的示数变化说明）

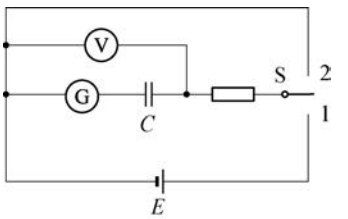


图6-12

分析　实验时，根据电流计的读数，判断充电、放电电路电流流向和大小变化情况. 根据电压表的读数，判断电容器两极板电势差在充电、放电过程中的变化情况.

解答　电压表示数迅速增大，随后逐渐稳定在某一数值，电流计的示数从某一个数值逐渐减小至0　电压表示数逐渐减小至0，电流计反向偏转且示数逐渐减小至0

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
观察电容器的充、放电现象的实验	科学探究中“证据”	能观察现象，基于数据得到结论. 达到水平二.

说明 本示例可以作为单元检测使用，完成时间约 1 分钟. 评分参考(以总分 4 分、每空 2 分为例)如下.

附：评价量表

题号	答案/可能原因	评分
第 1 空	电流计和电压表的示数都有说明且正确	得 2 分
	电流计和电压表的示数都有说明但有一个不正确，或只有一个电表的示数说明且正确	得 1 分
	电流计或电压表的示数有说明但都不正确	得 0 分
第 2 空	电流计和电压表的示数都有说明且正确	得 2 分
	电流计和电压表的示数都有说明但有一个不正确，或只有一个电表的示数说明且正确	得 1 分
	电流计或电压表的示数有说明但都不正确	得 0 分

示例 6

某些肿瘤可以用“质子疗法”进行治疗. 在这种疗法中，质子先被加速到具有较高的能量，然后被引向轰击肿瘤，杀死细胞. 若质子的加速距离为 4.0 m，要使质子由静止被加速到 1.0×10^7 m/s，则匀强电场的电场强度应是_____N/C.

分析 质子在匀强电场中做初速度为零的匀加速直线运动. 方法一：运用运动学公式求出加速度，再运用牛顿第二定律和公式 $F=qE$ 求出电场强度. 方法二：运用动能定理来解决问题. 计算中需要知道质子所带的电荷量和质量.

解答 1.3×10^5

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
带电粒子在电场中的运动	物理观念中“运动与相互作用观念”“能量观念”	综合运用力学和电场知识解决简单的实际问题. 达到水平三.
	科学思维中“科学推理”	能对简单的物理问题进行分析和推理，获得结论. 达到水平二.

说明 本示例可以作为课堂例题或课后作业使用.

第七单元　电路及其应用

一、单元概述

本单元参考《2017年版高中物理课标》必修3的“电路及其应用”主题，主要由电路元器件与电阻率，串、并联组合电路，闭合电路欧姆定律，电功和电功率，焦耳定律等内容组成.这部分内容在初中所学电路相关物理量和部分电路欧姆定律的基础上，将电路研究对象扩展为全电路，帮助学生结合电场相关知识形成初步的能量观念，为后续磁场和电磁感应的学习做好知识储备.

在本单元学习中，学生将观察常见电路元器件实物并了解其作用，学会使用多用电表测量电学中的物理量；通过实验探究金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系，建立电阻定律和电阻率的概念，体会控制变量方法的作用，学会选择合适的工具测量长度，学会测量金属丝的电阻率；了解串、并联电路电阻的特点，感受等效替代思想对简化电路的作用；通过实验探究，建立闭合电路欧姆定律，体会物理实验在物理学研究中的作用，学会测量电源的电动势和内阻，了解间接测量的一般方法；在形成电功和电功率概念的过程中，学会用焦耳定律分析电路中的能量转化问题，体会电路中的能量转化与守恒；经历分析和解决家庭电路中的简单问题的过程，践行安全用电和节约用电；在电路及其应用的学习过程中，体会科技进步对人类生活和社会发展的影响，认识科学·技术·社会·环境的关系，树立节约能源、促进可持续发展的责任感和使命感.

本单元课程内容学习建议安排12课时.

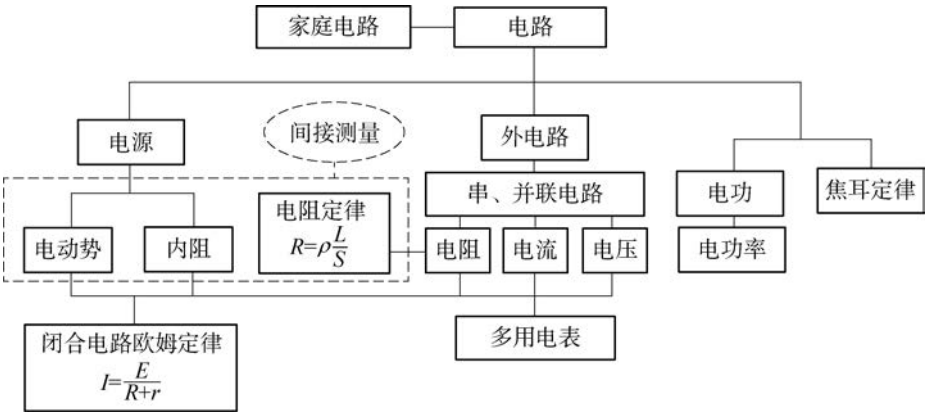
二、内容要求

本单元对应《2017年版高中物理课标》必修3的“电路及其应用”主题，下表中的“标引”与《2017年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致.“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求例举”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

标引	内容	具体要求例举
3.2.1	电路元器件	**了解常见的电路元器件.** 能识别电路中的电源、电阻、开关、电灯、电动机等常见元器件及其符号；能说出元器件在电路中的作用.
	多用电表	**会“用多用电表测量电学中的物理量”.** 会利用多用电表测量电压、电流和电阻，会选择合适的挡位和量程.
3.2.2	金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系	**了解金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系.** 能说出金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系，能说出电阻率的概念；能说出温度对金属导体电阻率的影响.
	测量金属丝的电阻率（包含长度的测量及其测量工具的选用）	**会“测量金属丝的电阻率”.** 能说出需要测量的物理量；会选用合适的长度测量工具，会用刻度尺测量金属丝的长度；会用螺旋测微器测量金属丝的直径；会用伏安法测量金属丝的电阻.
3.2.3	串、并联电路	**了解串、并联电路电阻的特点.** 能简述电流的形成过程；能说出串、并联电路的电压、电流分配原则；能计算等效电阻；能分析简单的串、并联电路.
3.2.4	闭合电路欧姆定律	**理解闭合电路欧姆定律.** 能说出电动势的概念，能说出内阻的概念，能比较电动势和电压；能说出闭合电路欧姆定律的内容；能用闭合电路欧姆定律解决简单的电路问题.
	测量电源的电动势和内阻	**会用 DIS“测量电源的电动势和内阻”.** 能应用闭合电路欧姆定律制订实验方案；会根据实验方案独立完成电路连接、数据测量和记录；会根据实验数据画出 $U-I$ 图像，能根据图像求得电源的电动势和内阻；能分析实验误差的来源，能列举减小误差的方法；能用物理术语撰写实验报告.
3.2.5	电功	**理解电功.** 能说出电功的概念；能计算电功.
	电功率	**理解电功率.** 能说出电功率的概念；能计算电功率；能比较额定功率与实际功率；能在简单的组合电路中运用电功率的分配规律进行相关计算.
	焦耳定律	**理解焦耳定律.** 能比较电功与电热；能用焦耳定律分析电路中的能量转化问题，解释生产生活中的电热现象.
3.2.6	家庭电路	**能分析和解决家庭电路中的简单问题.** 能说出家用电路中电表、保险丝、用电器的连接方式，能读出电表示数并说出其意义；能分析家用电路中的常见故障；能将安全用电和节约用电的知识应用于生活实际，能列举安全用电和节约用电的举措.

三、教学指引

（一）内容结构导图



（二）任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017 年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生完成本单元学习后能够处理的一项任务，将其作为本单元学习的核心任务.《2017 年版高中物理课标》必修 3 的教学提示中有“努力创设激发学生探究欲望的问题情境”“内容与生产生活、科技进步、社会发展密切相关”.学生在完成本单元学习后，应当能解决日常生活中与电路相关的问题，因此，围绕常见的电源（干电池、土豆或水果电池、移动电源）和常见的电路（照明电路），将单元的核心任务确定为“使用不同类型的电源设计照明电路”.在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务、相关的教学内容及课时安排详见下表.

核心任务（问题）及其分解			教学内容	课时安排
使用不同类型的电源设计照明电路	设计简单的照明电路	分析教室中电灯的连接方式	电路元器件，串、并联电路	1
		研究影响小灯泡电阻大小的因素	金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系	2
		设计满足不同规格小灯泡正常工作的电路	串、并联电路，多用电表	2

续表

核心任务(问题)及其分解			教学内容	课时安排
	研究常见电源的性能	研究原电池端电压与内电压的关系	闭合电路欧姆定律	3
		测量干电池的电动势和内阻	测量电源的电动势和内阻	1
		研究移动电源的储能和充放电过程的能量转化	电功、电功率、焦耳定律	2
	研究家庭电路用电安全常识背后的物理原理		家庭电路	1

(三) 重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称 设计简单的照明电路

活动资源 学生实验和演示实验器材,教室照明电路图,常见电路元器件铭牌照片或规格信息,家用电器能效标识照片等.

活动系列

对应课时	活动过程	活动说明
第一课时	**实例分析** 教室的电灯是如何连接的?画出电路图. **实例计算** 用4个不同规格的小灯泡连接一个混联电路,在电源电压恒定的情况下,计算干路电流、总电阻、各灯上的电流和电压.	根据教室电灯开关控制及某个灯坏了之后其他灯仍能工作等信息,推测教室电灯的连接方式,画出电路图并与实际情况进行比较. 运用串、并联规律分析简单的混联电路.完成计算后,可用电压表和电流表检验结果,为下一课时研究灯泡的电阻做铺垫.
第二课时	**实验探究** 探究影响金属丝电阻的因素.	介绍小灯泡的结构,猜想影响金属丝电阻的因素,设计实验验证,得出金属丝电阻与长度、横截面积的定量关系.
第三课时	**实例分析** 了解滑动变阻器的外观,分析其工作原理.	滑动变阻器是设计电路时常用到的重要元器件,其工作原理基于电阻定律;对其外观和工作原理进行分析,为电路设计做铺垫.
第四课时	**实例计算** 要使4个不同规格的小灯泡均能以额定电压工作,应该如何设计电路?	提供的小灯泡额定电压不能超过电源电压,电源电压不宜高过6 V.设计电路时应先进行理论计算.
第五课时	**实验测量** 如何比较快捷地确定各个小灯泡是否以额定电压工作?此时的电阻是否与参考值相等?	在理论计算的基础上,完成电路连接.学生在解决实际问题的过程中学习使用多用电表.

设计意图 电路与生活经验联系较为紧密,为设计以问题解决为导向的任务提供了基础.而小灯泡是物理学习中比较常见的电路元器件,其本身涉及电阻定律和电阻率等核心内

容.简单照明电路以恒定电压电源为前提,电路设计的过程既需要认识和使用常见的电路元器件,又需要熟练运用串、并联电路中电压、电流和电阻的关系,在调整和检测电路时还可练习使用多用电表.

2. 课时活动

活动 1　探究影响金属导体电阻的因素

活动资源　不同规格的金属丝、学生电源、电压表、电流表、小灯泡、酒精灯、开关、导线等.

活动过程

[观察猜想]　展示不同规格小灯泡电阻的数据,介绍小灯泡的结构,建立灯丝的结构模型.猜想小灯泡的电阻可能与灯丝的材料、长度和横截面积有关.

[实验研究]　分组运用控制变量方法设计实验方案.观察演示实验结果,记录数据,归纳得出电阻定律,引入电阻率的概念.

[观察解释]　将两个小灯泡串联接入电路,闭合开关,用酒精灯加热其中一个小灯泡(去掉玻璃壳)的灯丝,观察另一个小灯泡的明暗变化情况,得出灯丝电阻率与温度的关系.

[分析推理]　猜想当灯丝温度非常低时,电阻是否可能变为零.介绍超导现象与高温超导的研究进展.

活动说明　白炽灯在日常生活中已经不太使用,学生一般只在实验室中才会接触到,课堂上可提供不同规格的白炽灯供学生观察.根据教学时间安排,可选择以学生实验或演示实验的方式完成,若选择演示实验的方式,学生活动侧重于数据记录、处理与归纳结论.

设计意图　本活动以研究灯泡灯丝的电阻为线索串联金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系,电阻率及其与温度的关系,超导现象三部分内容.学生在活动中将经历观察—猜想—验证、观察—归纳—外推等探究环节.

活动 2　设计满足不同规格小灯泡正常工作的电路

活动资源　不同规格小灯泡 4 个(1 个额定电压 6 V,1 个额定电压 1.5 V,2 个额定电压 3 V,其他规格信息相同),学生电源(6 V),滑动变阻器,开关,导线等.

活动过程

[提出任务]　设计电路,使 4 个规格不同的灯泡接在恒定为 6 V 的电源两端时,都能以额定电压工作.实验中可使用若干滑动变阻器.

[分析交流]　分组设计电路,画出电路图,计算滑动变阻器接入电路的阻值.各小组交流方案并修正.

[实验操作]　分组完成电路连接.讨论如何确保滑动变阻器接入电路的阻值与计算要求一致.学习使用多用电表测量电阻.

[任务检测]　学习使用多用电表测量电压和电流,确保各灯泡已经达到额定电压和额定电流.

活动说明　根据学生的学习情况,可将提供的小灯泡减少为 3 个,以降低难度,或将额

定电压为3 V的2个小灯泡换成额定功率不同的2个灯泡，以增加难度. 在学习完“电功率”后，可引导学生从能耗的角度分析哪组电路设计更节能.

设计意图 通过实际电路的设计，运用串、并联电路电压、电流和电阻的关系，将理论计算转化为实际电路操作. 在实验操作时，学生根据实际需要学习使用多用电表测量电学量，达到边学习边使用，边使用边检验的效果.

活动3 测量干电池的电动势和内阻

活动资源 待测干电池、DIS(电压传感器、电流传感器)、滑动变阻器、开关、导线等.

活动过程

[提出问题] 如何测量一节干电池的电动势和内阻?

[方案设计] 教师介绍实验器材，学生分组讨论实验方案，明确测量原理(待测量及待测量之间的关系)，画出实验电路图，确定简要的测量步骤. 完成后各小组交流，完善方案.

[实验操作] 分组连接电路，测量并记录数据. 利用图像法处理数据，获得干电池的电动势和内阻. 各组交流结果，完成实验报告.

[分析讨论] 生活中如何快速估测一节干电池的电动势和内阻?

活动说明 待测干电池可有不同的选择，部分组使用较新的干电池，部分组使用旧电池，并在交流结果时做对比. 在数据处理的过程中，可比较计算法和图像法，体会图像法能够降低或消除异常数据的影响. 讨论快速估测电动势和内阻的方法，这样既能端正对“电池没电”一词的理解，又能加深学生对图像截距意义的理解.

设计意图 本活动围绕学生实验“测量电源的电动势和内阻”展开，学生根据闭合电路欧姆定律，利用指定的DIS实验系统(电压传感器和电流传感器)，用伏安法间接测量一节干电池的电动势和内阻. 本实验作为必修课程的最后一个必做实验，学生应当经历完整的科学探究过程，并将重点落在实验设计和数据处理两个方面.

活动4 研究移动电源的储能和充放电过程的能量转化

活动资源 不同规格移动电源(俗称充电宝)外壳的照片(包含相关电学量信息)、民航对充电宝的相关规定.

活动过程

[情境引入] 民航规定，充电宝额定能量不超过100 W·h，无需航空公司批准；额定能量超过100 W·h但不超过160 W·h，经航空公司批准后方可携带，但每名旅客不得携带超过两个充电宝；额定能量超过160 W·h的充电宝严禁携带. 提供一个充电宝的信息，分析能否携该充电宝登机.

[实例计算] 在教师引导下先厘清W·h、mA·h等单位所代表的物理量，回顾电功、电功率的概念. 分组讨论计算，可将能量单位转化为国际单位制单位J后进行比较. 判断能否携充电宝登机.

[分析讨论] 充电宝上一般不会直接标识额定能量. 若你是机场安检员，如何快速判断乘客的充电宝能否带上飞机? 教师提示，在实际情境中以mA·h为单位更便捷.

［讨论交流］ 充电宝存在哪些安全隐患？分析充电宝在充、放电过程中的能量转化，估算充电宝内部电路短路情况下短时释放的能量，了解其存在爆炸、着火等危险.

活动说明 可根据学生的情况对问题的开放性进行限定，引入情境时可仅提供相关数据，减少无关信息的干扰. 有兴趣的同学可在课后研究充电宝的充、放电时间是否与理论计算一致.

设计意图 充电宝是生活中常见的电源，同时具备充电和放电的功能. 在其外壳上一般都标有充、放电的电压和电流，储存的电荷量等信息，学生在研究移动电源的储能和充、放电过程时要运用电功、电功率、焦耳定律进行简单的计算.

3. 学生实验

学生实验 1　长度的测量及其测量工具的选用

主要器材 不同规格的金属丝、刻度尺、数字显示螺旋测微器.

实验要点

(1) 在测量金属丝直径时，可由学生尝试用刻度尺进行测量，将金属丝密绕在笔杆或其他圆柱体上，测量出多匝金属丝的总宽度，除以匝数，得到直径. 比较两种方法，体会选用合适的测量工具能够实现测量目的、减小测量误差.

(2) 实验中使用的是数字显示螺旋测微器，读数比较简单. 但仍需要注意操作规范，如测量前，应在测砧与测微螺杆接触时调零. 测量时，当测砧即将夹紧金属丝时，应改旋微调旋钮使测砧夹紧金属丝.

(3) 本实验最好与学生实验“测量金属丝的电阻率”一起完成.

学生实验 2　测量金属丝的电阻率

主要器材 学生稳压电源、DIS(电压传感器、电流传感器)、滑动变阻器、待测金属丝、开关、导线等.

实验要点

(1) 教材中采用的是限流式接法，因此在选择器材时，滑动变阻器最大阻值应与待测电阻阻值差不多或略小一些，这样提供的电压调节范围基本能满足实验要求. 可由学生根据给定器材设计实验电路，培养制订方案的能力.

(2) 实验用图像处理数据，通过计算 $U-I$ 图像的斜率得到金属丝电阻. 采集的多组数据应尽量分散一些.

(3) 实验中通入金属丝的电流不宜过大，避免因持续大量发热引起金属丝的阻值明显增大.

(4) 本实验采用伏安法测量金属丝的电阻. 用电压传感器和电流传感器进行测量，可将传感器视为理想电表. 若选用电压表和电流表，则需要根据待测金属丝的阻值与电流、电压表内阻的大小关系确定用电流表内接法还是外接法.

学生实验 3　用多用电表测量电学中的物理量

主要器材 数字式多用电表、干电池、定值电阻、开关、导线等.

实验要点

(1) 本实验采用数字式多用电表，使用前无需调零，测量结果可从显示屏上直接读出. 打开开关后，显示屏若无法正常工作，可能需要更换电池.

(2) 虽然数字式多用电表示数可正可负，红黑表笔反接不会损坏多用电表，但仍建议测量时令示数为正. 因此，测量电压时应将红色表笔接在高电势处，测量电流时，应使电流从红色表笔流入.

学生实验 4　用 DIS“测量电源的电动势和内阻”

主要器材　待测干电池、滑动变阻器、定值电阻、DIS(电压传感器、电流传感器)、导线、开关等.

实验要点

(1) 本实验根据闭合电路欧姆定律，采用伏安法测量电源电动势和内阻. 可由学生设计实验电路并确定实验步骤，在设计电路时可根据学生的掌握程度选择给定或不给定器材.

(2) 实验用图像法处理数据，实验时需要测量至少 6 组电流、电压数据. 若某组数据与其他数据偏离较大，应在拟合前剔除. 可比较计算法和图像法两种数据处理方法，体会图像法能够减小偏差较大的数据带来的影响.

(3) 实验操作难度不大，实验重点应放在对拟合图线的分析上，要让学生理解该图线的意义，其函数表达式以及截距和斜率的含义等.

四、评价示例

本单元评价包括四个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价，例如对学生“探究影响金属导体电阻的因素”这一活动表现进行评价，在“实验研究”环节，可以根据学生是否运用控制变量法设计出较为完整的方案进行评价；在“观察解释”环节，可以要求学生书面或口头记录观察结果和解释，并根据观察的准确性和解释的合理性进行评价. 二是日常作业评价，在学习完本单元后，学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价. 三是对四个学生实验的评价，实验过程中学生可以根据实际情况，拍摄所连电路的照片、数据记录和处理的界面截屏等，实验后将它们与完成的实验报告一并提交，教师根据这些资料进行评价；也可以提出课后思考题，根据学生作答情况评价. 四是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩. “教学指引”中给出了课堂活动评价的示例，以下给出了部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用.

示例 1

根据测量金属丝电阻率的实验方案，在不破坏滑动变阻器的前提下，测量滑动变阻器电

阻丝的电阻率.写出实验器材及主要步骤.

分析　可用累加法,先测量多匝金属丝的总宽度,再用总宽度除以匝数,得到电阻丝直径;电阻丝长度可根据电阻丝绕筒直径或周长计算得到,滑动变阻器的最大电阻可由铭牌或标签读取.

解答　略.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
测量金属丝的电阻率	科学探究中“证据”	能根据测量金属丝电阻率的实验方案,测量滑动变阻器的电阻率.达到水平二.

说明　本示例建议在完成“测量金属丝的电阻率”实验后作为课后作业使用.任务评价可由教师完成,重在评价是否完成各项要求,以及方案是否具有可行性,评价指标与具体描述如下表所示.

附:评价量表

评价指标	具 体 描 述	评分
完成度	写出必要的实验器材	是□　否□
	写出主要的实验步骤	是□　否□
科学性	能够依据所写器材和步骤完成测量	是□　否□

示例 2

将一个灯泡接入电路,流过灯泡的电流随两端电压的变化如图 7-1 所示.

(1) 计算灯泡两端电压为 4 V 时的电阻值;

(2) 灯泡两端电压为 4 V 时灯丝电阻率为 $3.0\times10^{-7}\ \Omega\cdot m$,灯丝半径为 $40\ \mu m$,计算灯丝的长度;

(3) 当两个相同的灯泡并联接在电压恒定的电源两端时,干路电流为 0.2 A,计算电源电压和每个灯泡的功率.

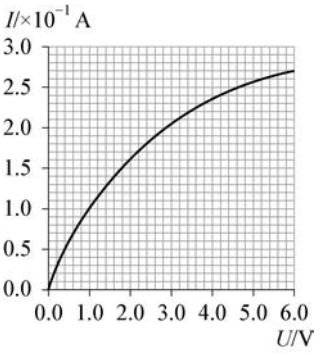


图 7-1

分析　题中给出了流过灯泡的电流随两端电压的变化图线,电阻值由电压与电流的比值得到,再根据金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系可得到灯丝的长度.当灯泡并联在电压恒定的电源两端时,干路电流等于两个灯泡上电流之和,因此流过每个灯泡的电流为 0.1 A,可在图像中找到对应的电压值,即为电源电压,并根据电功率的计算式得到每个灯的功率.

解答

(1) 由图像可知,当灯泡两端电压为 4 V 时,流过灯泡的电流约为 0.235 A,此时灯泡的电阻

$$R=\frac{U}{I}=\frac{4}{0.235}\ \Omega\approx 17.0\ \Omega.$$

(2) 根据电阻定律可知,灯泡的灯丝长度

$$L=\frac{RS}{\rho}=\frac{R\pi r^2}{\rho}=\frac{17.0\times\pi\times(40\times10^{-6})^2}{3.0\times10^{-7}}\ \mathrm{m}\approx 0.28\ \mathrm{m}.$$

(3) 两个灯泡并联在电源两端,流过每个灯泡的电流相等

$$I_{\mathrm{L}}=\frac{1}{2}I=0.1\ \mathrm{A}.$$

根据图像可知,每个灯泡两端的电压为 1 V,电源电压也等于 1 V.

每个灯泡的功率 $P=UI=1\times0.1\ \mathrm{W}=0.1\ \mathrm{W}$.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系	科学思维中“科学推理”	能用金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系计算金属导体长度. 达到水平二.
电功率	科学思维中“科学推理”	能在简单的串、并联电路中分析电功率的分配规律. 达到水平二.

说明 本示例建议在完成单元学习后作为单元检测使用,完成时间约为 5 分钟. 可根据学生学习情况,将第(3)题改为内阻不可忽略的电源.

示例 3

在如图 7-2 所示的电路中,$R_1=10\ \Omega$,$R_2=20\ \Omega$,$R_3=30\ \Omega$,接在电源上时,它们的电功率分别为 P_1、P_2、P_3,则 $P_1:P_2:P_3=$_____.

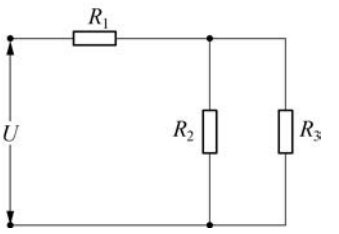


图 7-2

分析 该电路中,R_2 与 R_3 并联,然后与 R_1 串联. 因为 $R_2:R_3=2:3$,所以 $I_2:I_3=3:2$,进而可以得到 $I_1:I_2:I_3=5:3:2$;根据 $P=I^2R$,可以得到 $P_1:P_2:P_3=(I_1^2R_1):(I_2^2R_2):(I_3^2R_3)=25:18:12$.

解答 25 : 18 : 12

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
电功率	科学思维中“科学推理”	能在简单的串、并联电路中分析电功率的分配规律. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“电功率”后作为课堂反馈使用.

示例 4

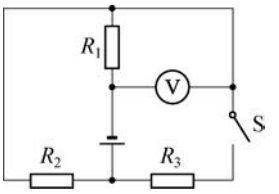


图 7－3

如图 7－3 所示,电路中 $R_1=R_2=R_3=1\ \Omega$. 闭合开关 S 时,电压表的读数为 1 V;断开开关 S 时,电压表的读数为 0.8 V. 求电源的电动势和内阻.

分析　首先要弄清电路中各电阻的连接方式以及电表所测的物理量. 为此,对于不能直接看出连接方式的电路,要先画出等效电路. 本示例中开关闭合和断开分别对应两种不同的等效电路,应分别画出. 然后将电动势和内阻设为未知数,针对两个不同的电路,运用闭合电路欧姆定律分别列出方程,并联立求解.

解答　当开关 S 闭合时,可把电路简化成如图 7－4 所示. 电路中的总电流

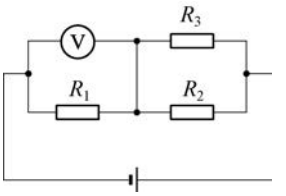


图 7－4

$$I=\frac{U_1}{R_1}=\frac{1}{1}\ \mathrm{A}=1\ \mathrm{A}.$$

R_2 和 R_3 的并联电阻

$$R_{23}=0.5\ \Omega.$$

根据欧姆定律有

$$U_{23}=IR_{23}=1\times 0.5\ \mathrm{V}=0.5\ \mathrm{V}.$$

路端电压

$$U=U_1+U_{23}=(1+0.5)\ \mathrm{V}=1.5\ \mathrm{V}.$$

根据闭合电路欧姆定律列出方程

$$E=U+Ir=1.5+r. \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\ ①$$

当断开开关 S 时,可把电路简化成图 7－5 所示电路. 电路中的总电流

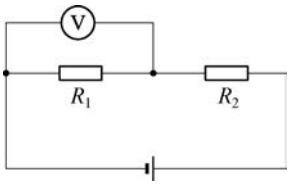


图 7－5

$$I'=\frac{U_1'}{R_1}=0.8\ \mathrm{A}.$$

因为 $R_1=R_2$,所以

$$U_2'=U_1'=0.8\ \mathrm{V}.$$

得

$$U'=U_1'+U_2'=1.6\ \mathrm{V}.$$

根据闭合电路欧姆定律列出方程

$$E=U'+I'r=1.6+0.8r. \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\ ②$$

联立①②,解得 $E=2\ \mathrm{V}$, $r=0.5\ \Omega$.

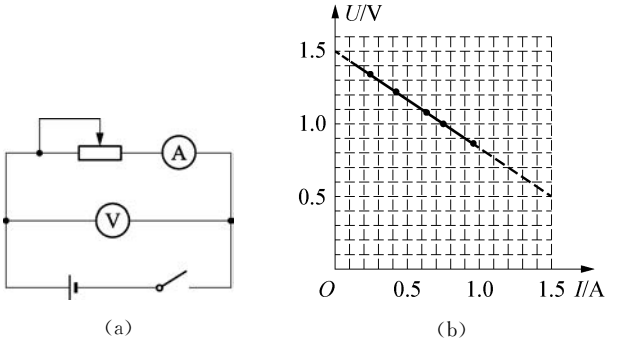
属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
闭合电路欧姆定律	科学思维中“科学推理”	能分析简单的电路，运用闭合电路欧姆定律计算电源电动势和内阻. 达到水平二.

说明 本示例建议在学习“闭合电路欧姆定律”后作为课堂例题使用.

示例 5

某同学利用如图 7－6(a)所示电路来测量一节干电池的电动势和内阻，实验时共记录 5 组电压表和电流表的示数(电表均视为理想电表)，并绘得如图 7－6(b)所示的 $U-I$ 图像.



(a) (b)

图 7－6

(1) 由图线可知该干电池的电动势 $E=$_____V、内阻 $r=$_____Ω；

(2) 该同学选用的滑动变阻器标明“10 Ω 2.5 A”，实验时将滑片从左端缓缓向右移动，记录第 1 组数据时滑片大约移动了(　　).

A. $\frac{1}{4}$长度　　B. $\frac{1}{3}$长度

C. $\frac{1}{2}$长度　　D. $\frac{2}{3}$长度

分析 (1) 题中给出了干电池的 $U-I$ 图像，在该图中，图线的纵轴截距表示电动势，因此电动势 $E=1.5\ \mathrm{V}$. 图线斜率的绝对值表示内阻，在图线上取两组数据 $I_1=0\ \mathrm{A}$、$U_1=1.5\ \mathrm{V}$ 和 $I_2=1.5\ \mathrm{A}$、$U_2=0.5\ \mathrm{V}$，可得内阻

$$r=\left|\frac{\Delta U}{\Delta I}\right|=\left|\frac{1.5-0.5}{0-1.5}\right|\Omega\approx 0.67\ \Omega.$$

(2) 根据电路图可知，滑动变阻器滑片从左端缓缓向右移动的过程中，滑动变阻器接入电路的电阻值减小，根据闭合电路欧姆定律，电路的总电流将增大. 因此记录的第 1 组数据为总电流最小的一组，即图中最左侧数据点 $I_3=0.26\ \mathrm{A}$、$U_3=1.32\ \mathrm{V}$. 可知此时闭合电路的外电阻，即滑动变阻器接入电路的电阻值

$$R=\frac{U_3}{I_3}=\frac{1.32}{0.26}\Omega\approx 5.1\,\Omega,$$

滑动变阻器接入电路的电阻值与滑片滑过的长度成正比，滑动变阻器的总电阻为 10 Ω，因此滑片滑过的长度约为总长度的$\frac{1}{2}$.

解答　(1) 1.5　0.67　(2) C

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
金属导体的电阻与材料、长度和横截面积的定量关系	科学思维中“科学推理”	能根据滑动变阻器接入电路的电阻值，判断其接入电路的长度. 达到水平二.
闭合电路欧姆定律	科学思维中“科学推理”	能在简单的串联电路中，运用闭合电路欧姆定律计算滑动变阻器接入电路的电阻值. 达到水平二.
测量电源的电动势和内阻	科学探究中“解释”	能分析实验得到的 $U-I$ 图像，得到电源电动势和内阻. 达到水平二.

说明　本示例建议在完成单元学习后作为单元检测使用，完成时间约为 4 分钟.

示例 6

家用电器上贴有能效标识，如图 7－7 所示. 我国能效等级分为 5 级. 268 升的家用电冰箱，能效 1 级的比 5 级的每天节省约 0.7 度电，则每年能节约电能_____J；节约的电能可供 15 W 节能灯工作_____小时.

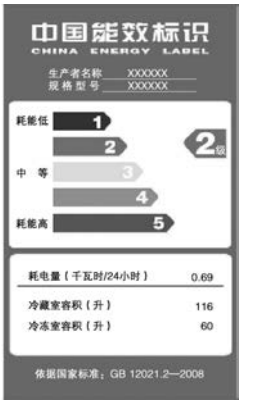


图 7－7

分析　1 度电等于 1 kW·h，即 3.6×10^6 J. 一年按 365 天计算，则每年节约的电能

$$E=0.7\times3.6\times10^6\times365\,\mathrm{J}\approx9.2\times10^8\,\mathrm{J}.$$

可供 15 W 的节能灯工作

$$t=\frac{E}{P}=\frac{\frac{9.2\times10^8}{15}}{3\,600}\,\mathrm{h}\approx1.7\times10^4\,\mathrm{h}.$$

解答　9.2×10^8　1.7×10^4

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
家庭电路	科学思维中“科学推理”	能将度换算为焦耳. 达到水平二.
电功率	科学思维中“科学推理”	能根据电功率和能量计算时间. 达到水平二.

说明 本示例建议在学习“家庭电路”后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约为 2 分钟.

示例 7

研究土豆电池用于家庭照明的可行性. 分组搜集资料、开展调查或实验探究，从土豆电池能否达成家庭照明需求、土豆电池的续航时间、原料采集与经济成本等角度，撰写土豆电池用于家庭照明的可行性报告.

附：评价量表

评价指标	表 现 描 述	评　　分
结论明确	报告中提出了明确的研究结论	1□　2□　3□　4□　5□
证据可信	引用的数据或信息来源可靠，标明出处	1□　2□　3□　4□　5□
	调查或实验保留原始数据	1□　2□　3□　4□　5□
论证严密	证据能够支持结论；能从多个角度论证	1□　2□　3□　4□　5□

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
电功率、家庭电路	科学思维中“科学论证”	能使用间接的证据，通过推理，论证自己的观点. 达到水平三.
	科学探究中“交流反思”	能撰写简单的报告陈述调查或研究过程. 达到水平二.

说明 本示例建议作为单元长作业使用，完成时间 2—3 周，该活动综合性较强，可开展跨学科研究. 物理学科方面主要是将研究干电池和移动电源的方法迁移到研究土豆电池上，同时结合家庭电路的相关知识开展研究. 对报告的要求可根据学生的学习情况有所调整. 可行性报告的开放性比较强，可从实验报告的角度对其内容进行评价，从是否提出明确的结论、报告中的证据是否可信、是否通过严密的论证关联证据与结论三个方面入手. 若安排展示交流环节，则还可以增加现场陈述表现的评价指标.

第八单元　电磁场与电磁波初步

一、单元概述

本单元参考《2017年版高中物理课标》必修3的“电磁场与电磁波初步”主题，主要由磁场及其描述、电磁感应现象、电磁场与电磁波等内容组成.本单元与第六单元中电场的性质相呼应，帮助学生建立对电磁场的基本认识，形成初步的物质观，是学习选择性必修课程中法拉第电磁感应定律、交流电等的基础.

在本单元学习中，学生通过了解我国古代磁学研究成果以及磁学在生活生产中的应用示例，体会科学知识对人类文明的推动作用；通过实验认识磁场，了解磁场是一种物质，拓展对物质的认识；通过类比电场线，引入磁感线，学会用磁感线描绘典型磁体和电流周围的磁场；通过类比电场强度，建立磁感应强度的概念，进一步感受比值定义物理量的方法，体会类比思想在科学研究中的作用；建立磁通量的概念，通过实验了解电磁感应现象和产生感应电流的条件，体会“电生磁、磁生电”的对称思想在科学研究中的作用；通过实验了解电磁波的产生、传播和接收，知道电磁场的物质性，进一步拓展对物质的认识；在电磁场及电磁波初步的学习过程中，感受科学知识在生活生产中的应用，体会科学·技术·社会·环境的关系.

本单元课程内容学习建议安排6课时.

二、内容要求

本单元对应《2017年版高中物理课标》必修3的“电磁场与电磁波初步”主题，下表中的“标引”与《2017年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致.“内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求例举”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

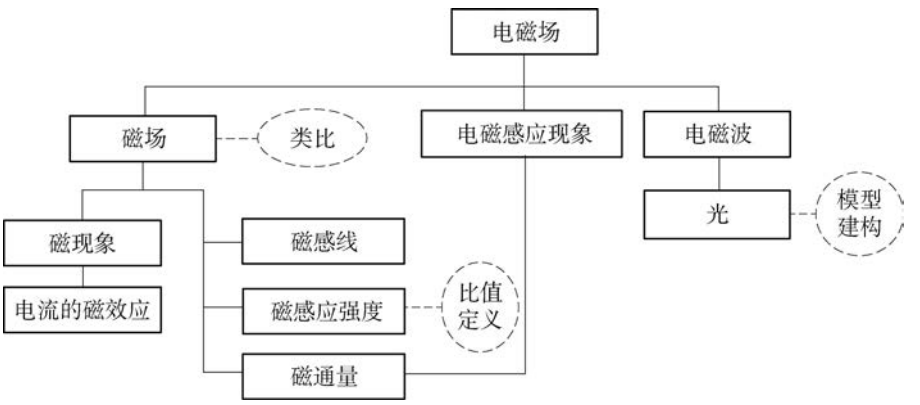
标引	内容	具体要求例举
3.3.1	磁现象	**了解磁现象.** 能列举磁现象在生产生活中的应用；能列举中国古代磁学研究成果和与磁相关的现代技术发展，能说出其对人类文明的影响.

续表

标引	内容	具体要求例举
3.3.2	磁场	**认识磁场.** 能说出磁场是一种物质，能判断磁极和通电导线周围存在磁场.
	磁感应强度	**了解磁感应强度.** 能说出磁场对处于磁场中的电流有力的作用，能说出磁感应强度的概念.
	磁感线	**了解磁感线.** 能说出磁感线的特点；能用磁感线分析通电直导线和通电线圈周围磁场分布，能用右手螺旋定则判断通电直导线和通电线圈周围磁场的方向；能比较电场线和磁感线.
3.3.3	磁通量	**知道磁通量.** 能说出磁通量的概念.
	电磁感应现象	**了解电磁感应现象.** 能简述电磁感应现象；能说出产生感应电流的条件；能在实际问题中判断是否有感应电流产生，能解释相关现象；知道电磁感应现象的应用及其对现代社会的影响，能列举电磁感应现象在生活中的应用.
3.3.4	电磁波	**了解电磁波.** 能说出电磁场具有物质性；能简述电磁波的产生、传播和接收.
3.3.5	电磁波的应用	**了解电磁波的应用.** 能列举电磁波在生活中的应用及其带来的影响.
3.3.6	光	**初步了解光的“波粒二象性”.** 知道光是一种电磁波，能说出光具有波动性；能说出在真空中光速与电磁波传播的速度相等；知道光的能量是不连续的，能说出光子的概念.

三、教学指引

（一）内容结构导图



（二）任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017年版高中物理课标》的基础上，发掘出学生完成本单元学习后能够处理的一项任务，将其作为本单元学习的核心任务.《2017年版高中物理课标》必修3的学业要求中指出本单元要培养学生“在分析和论证过程中，能使用证据说明自己的观点”“体会科技进步对人类生活和社会发展的影响”.因此，以生活中学生时常听到但对其物理意义不甚清晰的“电磁辐射”为切入点，串联磁场、电磁感应和电磁波等内容，将本单元核心任务确定为“设计海报，对变电站周围的‘电磁辐射’进行科普宣传”.在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务、相关的教学内容及课时安排详见下表.

核心任务（问题）及其分解		教学内容	课时安排
设计海报，对变电站周围的“电磁辐射”进行科普宣传	探寻变电站周围磁场的来源	磁现象、磁场、磁感线	1
	研究变电站周围磁场的强弱	磁感应强度、磁通量	2
	重走法拉第研究电磁感应之路	电磁感应现象	2
	研究生活中的“电磁辐射”	电磁场、电磁波、光	1

（三）重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称　设计海报，对变电站周围的“电磁辐射”进行科普宣传

活动资源　工作人员实地测量变电站周围电磁场的报道视频、用小磁针和铁屑研究通电直导线和通电螺线管周围磁场的演示实验器材.

活动系列

对应课时	活动过程	活动说明
第一课时	**分析讨论**　根据初中所学知识，讨论哪些工具或器材可以检测空间中是否存在磁场. **实验验证**　用小磁针验证通电直导线周围存在磁场.	介绍变电站周围磁场来源于站内的通电导线，学生在回顾小磁针“指南”的原理后，将其作为检测工具，验证通电直导线周围存在磁场.
第三课时	**实例计算**　国家标准规定，50 Hz变电站的公众曝露控制限制为磁感应强度100 μT，假设该磁场为匀强磁场： (1) 若将长为10 cm、通有1 A电流的直导线置于该环境中，通电直导线与磁场垂直，计算通电直导线所受磁场力的大小. (2) 若将边长为10 cm的闭合线圈置于该环境中，线圈平面垂直于磁场方向，计算通过线圈的磁通量. **分析讨论**　能否通过测量一段通电导线所受的磁场力大小来测量磁感应强度？	根据磁感应强度和磁通量的定义，在简单问题中计算相应物理量. 讨论利用磁感应强度的定义测量磁场强弱的可行性，介绍测量磁场强弱的工具.

续表

对应课时	活动过程	活动说明
第五课时	**分析讨论** 变电站中电流的大小和方向都在不断变化，若在其中一段通电直导线附近放置一个闭合线圈，线圈中能否产生感应电流？	在具体情境中运用感应电流产生的条件判断是否会产生感应电流. 线圈放置的方式不同，结果不同，可根据学生的掌握程度设置问题的开放度.
第六课时	**分析讨论** 变电站周围是否存在“电磁辐射”？	辨析电磁辐射与电磁场、电磁波三个概念. 教师介绍变电站周围电场和磁场的特点，学生根据提供的信息，结合电磁波的产生与传播，分析出变电站周围几乎不存在电磁波.

设计意图 围绕对变电站周围的“电磁辐射”进行科普宣传这一任务，学生的学习沿两条主线展开：一是弄清“电磁辐射”的准确物理意义，逐步建立磁场、电磁场、电磁波的概念，再运用所学知识描述变电站周围电磁场这一具体情境；二是从电磁理论与技术的关联出发，在探测磁场中定义磁感应强度和磁通量，了解电磁感应现象，探究产生感应电流的条件，随后发现身边常见的电磁辐射及其作用与可能的危害. 这两条主线最终在科普海报中交汇呈现.

2. 课时活动

活动 1 引入磁感应强度概念

活动资源 用 DIS 探究影响磁场力大小的因素实验装置.

活动过程

［类比猜想］ 类比电场强度的定义，从磁场力的角度定义用来描述磁场强弱的物理量，猜想影响磁场力大小的因素.

［观察讨论］ 观察磁场力的大小与通电导线和磁场方向的夹角之间的关系. 教师将磁场中的通电导线（线框的一边）转动一周，观察磁场力的大小变化，重点关注磁场力最大和磁场力为零时通电导线的位置，明确通电导线垂直于磁场放置时所受的磁场力可以反映磁场强弱.

［实验探究］ 探究磁场力的大小与通电导线长度、电流大小的关系. 教师介绍实验装置并操作，学生根据实验结果归纳结论，定义磁感应强度.

活动说明 磁场和电场都比较抽象，特别是磁场力大小，它与通电导线的空间取向有关，是学生比较难理解的内容，可通过实验现象帮助学生形成感性认识. 学生在观察演示实验的过程中，主要关注实验结论的归纳，无需进行复杂的数据处理. 本活动可根据实际情况，选用 DIS 实验或传统实验，若选用传统实验，则学生需要记录实验结果.

设计意图 本活动通过类比电场强度，引出用磁场力与某些物理量的比值定义用来描述磁场强弱的物理量. 通过演示实验，探究磁场力的大小与通电导线长度、电流大小、通电导线与磁场方向的夹角三个因素的关系，最后引入磁感应强度.

活动 2 重走法拉第研究电磁感应之路

活动资源 原、副线圈，灵敏电流计，学生电源，滑动变阻器，开关，导线等.

活动过程

［历史回溯］　介绍法拉第研究电磁感应现象的历史过程，引入电磁感应现象和感应电流的概念. 法拉第将两个线圈绕在一个圆环铁芯上，线圈 A 与电源、开关组成回路，线圈 B 与电流计组成回路. 在接通或断开开关的瞬间，发现电流计的指针发生振荡，最后又回到原位，如图 8－1 所示.

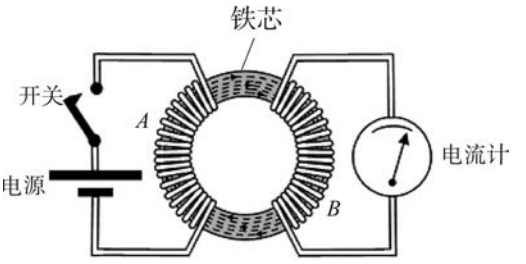


图 8－1

［作出猜想］　学生用提供的实验器材，分组重复法拉第的研究，再根据实验结果，猜想感应电流产生的条件.

［实验验证］　学生分组讨论，设计实验方案，验证猜想. 教师根据学生的方案提供必要的器材（如滑动变阻器等）. 学生分组完成实验，归纳感应电流产生的条件.

活动说明　在条件许可的情况下，本活动可作为自主活动由学生分组完成. 本活动重点关注［作出猜想］和［实验验证］两个环节.

本活动中，以法拉第的研究历程为线索，他发现线圈通电或断电时另一个线圈会产生感应电流. 为了便于学生借鉴，略去了原本用条形磁铁产生感应电流的环节.

设计意图　本活动通过回溯法拉第研究电磁感应现象的历史，引导学生用提供的器材重走大师之路，通过实验探究感应电流产生的条件. 活动中学生将经历猜想—验证的探究过程，并通过合作与交流完成探究.

四、评价示例

本单元评价包括三个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价，例如可以对学生参与“重走法拉第研究电磁感应之路”的活动表现进行评价，建议在［实验验证］环节，根据电路连接的正确性和结果记录的完整性进行评价. 二是日常作业评价，在学习完本单元后，学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价；如果学生完成单元长作业“设计海报，对变电站周围的‘电磁辐射’进行科普宣传”，则可根据提供的评价表对海报进行评价. 三是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩. 以下给出了部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用.

示例 1

如图 8－2 所示，一根长为 $\Delta l=0.2\ \mathrm{m}$ 的直导线水平放置在一足够大的匀强磁场中，导线与磁场方向相互垂直. 当导线内通以大小为 $I=3\ \mathrm{A}$ 的电流时，导线受到的磁场力大小为 $F=6\times10^{-2}\ \mathrm{N}$，则匀强磁场的

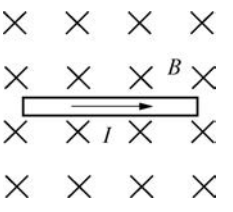


图 8－2

磁感应强度大小为 $B=$_____T；当导线位置保持不变、长度缩短为原来的一半，磁场的磁感应强度大小为 $B=$_____T.

分析 根据磁感应强度的定义式，可计算磁场中某处的磁感应强度大小：

$$B=\frac{F}{I\Delta l}=\frac{6\times10^{-2}}{3\times0.2}\,\mathrm{T}=0.1\,\mathrm{T}.$$

磁感应强度是用来描述磁场的强弱和方向的物理量，其大小和方向都由磁场本身决定，与放入其中的通电导线长度、电流大小无关.

解答 0.1　0.1

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
磁感应强度	物理观念中“运动与相互作用观念”	能指出磁感应强度是描述磁场本身性质的物理量，与放入其中的通电导线无关. 达到水平二.
	科学思维中“科学推理”	能在简单的情境中计算磁感应强度大小. 达到水平二.

说明 本示例建议在学习“磁感应强度”概念后作为课堂反馈或课后作业使用.

示例 2

如图 8-3 所示，匀强磁场中有一个正方形金属线框 $abcd$，判断下列几种情况下，线框中是否产生感应电流：

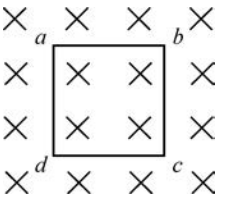


图 8-3

(1) 保持线框平面与磁场方向垂直，线框向右平动；

(2) 保持线框平面与磁场方向垂直，线框向纸面外平动；

(3) 线框绕通过 ab 中点与 dc 中点的轴转动；

(4) 保持线框平面与磁场方向垂直，将线框拉成圆形.

分析 感应电流产生的条件有两个：一是闭合回路，二是通过闭合回路的磁通量发生变化. 本题中的磁场为匀强磁场，因此只有当线框在垂直磁场方向上的投影面积发生变化时，闭合回路的磁通量才会变化. 而投影面积的变化又有两种可能：一是线框自身的面积发生变化，即情况(4)，二是线框平面与磁场方向的夹角发生变化，即情况(3).

解答 (1)(2)中线框不产生感应电流，(3)(4)中线框能产生感应电流.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
电磁感应现象	科学思维中“科学推理”	能根据感应电流产生的条件，在简单的情境中判断是否产生感应电流. 达到水平二.

说明 本示例建议在学习“感应电流产生的条件”后作为课堂反馈使用.

示例 3

如图 8－4 所示是一种门铃的工作原理图：

(1) 说明门铃的工作过程；

(2) 观察身边事物，发掘这个装置的至少一项其他用途，并简要说明工作过程.

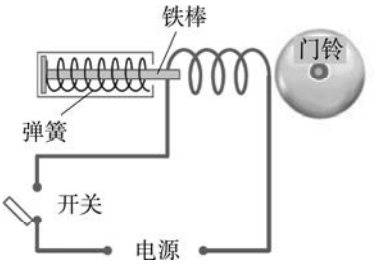


图 8－4

分析　对于装置的工作原理可遵循从结构到功能的顺序进行分析. 图 8－4 所示门铃的核心结构是电磁铁. 分析电磁铁通电前后铁棒的运动，即可说清门铃的工作原理. 难点在于分析弹簧的作用，即让铁棒在断电后回到原来的位置.

解答

(1) 当开关闭合，螺线管通电，成为电磁铁，铁棒受到通电螺线管的吸引，带动弹簧向右运动，铁棒敲击门铃，使门铃发出声响，此时铁棒周围的弹簧处于压缩状态. 当开关断开，铁棒不再受磁场力，在弹簧弹力的作用下回到原来的位置.

(2) 略(如电磁起重机、电磁阀等与电磁铁直接相关的装置，或与磁现象间接相关的装置均可).

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
磁现象	科学思维中“模型建构”“科学推理”	能在熟悉的问题情境中应用电磁铁模型，能分析生活中常见的与磁现象相关的装置的工作原理. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“磁现象”后作为课后作业使用；第(2)题可作为长作业，引导学生通过观察身边事物或搜集资料等方式，发现隐藏在装置背后的磁现象.

示例 4

某同学通过实验研究两根平行通电直导线间的相互作用力方向，实验装置及结果如图 8－5，虚线为导线通电后的位置：

(1) 分析说明两根平行通电直导线之间的相互作用力是如何作用的；

(2) 猜想左侧通电直导线所受磁场力方向与其电流方向和右侧通电直导线产生的磁场方向的关系，并说明理由.

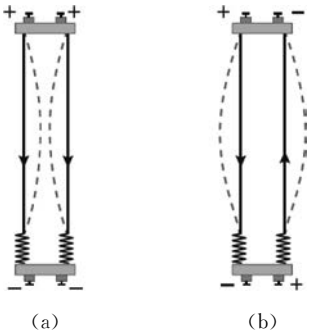


图 8－5

分析　第(1)题运用磁场对置于其中的通电导线有力的作用，分别分析一侧通电直导线产生的磁场对另一侧通电直导线施加了力的作用. 并且可以归纳出电流方向与力的方向有关. 第(2)题进一步运用右手螺旋定则判断右侧通电直导线产生的磁场方向，结合电流和磁场力的方向，作出猜想.

解答

(1) 左侧通电直导线在空间中产生磁场,右侧通电直导线在磁场中受到了力的作用;当两根直导线通以同向电流时相互吸引,通以反向电流时相互排斥.

(2) 略(回答合理即可. 要点有三:一是根据实验结果确定左侧通电直导线的电流方向和受力方向;二是用右手螺旋定则分析右侧通电直导线产生的磁场方向;三是根据直接现象或理论分析作出猜想).

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
磁场	科学思维中“科学推理”	能在具体的情境中,根据磁场及其特性,分析通电导线之间的相互作用力. 达到水平二.
	科学探究中“问题”	能根据实验现象,提出物理问题,并结合推理作出合理的猜想. 达到水平三.

说明 本示例建议在学习“电流的磁效应”后作为课后作业使用. 本示例不要求知道左手定则,主要为学生提供根据现象提出问题、作出假设的机会.

示例 5

麦克斯韦认为光是一种电磁波的主要依据是_____,爱因斯坦提出光子说的主要实验依据是_____.

分析 光的波粒二象性只需要初步了解. 麦克斯韦根据真空中电磁波和光的传播速度而将二者联系在一起;而光电效应现象引发了电磁理论的危机,爱因斯坦提出的光子说成功解释了这一现象.

解答 电磁波在真空中的传播速度等于光在真空中的传播速度　光电效应现象

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
光	物理观念中“物质观念”	能说出光的波粒二象性的理论和实验依据. 达到水平二

说明 本示例建议在学习本单元后作为单元检测使用,完成时间约为 1 分钟.

示例 6

如图 8-6 所示,一个线圈固定放置,线圈中心有一个可以自由转动的小磁针. 当线圈通以顺时针电流 I 时,小磁针将(　　).

A. N 极向纸外、S 极向纸内

B. N 极向纸内、S 极向纸外

C. 顺时针转动

D. 逆时针转动

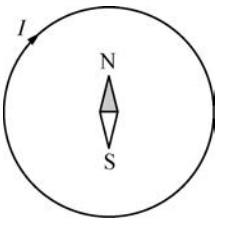


图 8-6

分析　根据右手螺旋定则可以判断出，通电线圈内部的磁场垂直纸面向内. 由于小磁针静止时 N 极的指向为磁场方向，可判断出小磁针 N 极将指向纸内.

解答　B

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
磁场	科学思维中“科学推理”	能用右手螺旋定则判断通电线圈中心处的磁场方向. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“电流的磁效应”后作为课后作业使用，或在完成单元学习后作为单元检测使用，完成时间约为 1 分钟.

示例 7

如图 8－7 所示，在一足够大的匀强磁场中，有一面积为 $4\times10^{-2}\ \mathrm{m}^2$ 的正方形导线框，当导线框平面与磁场垂直时，穿过线框的磁通量为 2.4×10^{-2} Wb，则磁场的磁感应强度 $B=$_____T. 若将这导线框以其中一边为轴转过 90°，则此时穿过导线框平面的磁通量变为_____Wb.

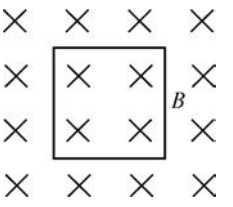


图 8－7

分析　当导线框平面与磁场垂直时，根据磁通量的计算式 $\Phi=BS$ 可知，该匀强磁场的磁感应强度

$$B=\frac{\Phi}{S}=\frac{2.4\times10^{-2}}{4\times10^{-2}}\ \mathrm{T}=0.6\ \mathrm{T}.$$

当导线框以任何一条边为轴转过 90°后，导线框平面与磁场平行，根据磁通量的定义，此时穿过导线框平面的磁通量变为 0.

解答　0.6　0

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
磁通量	科学思维中“科学推理”	能在简单的具体问题中，根据磁通量的计算式，计算磁感应强度；能根据磁通量的定义，判断导线框与磁场平行时磁通量为 0. 达到水平二.

说明　本示例建议在学习“磁通量”后作为课后作业使用，或作为单元检测使用，完成时间约为 2 分钟.

示例 8

日常生活中，人们常常谈“辐射”色变. 无论是身边的家用电器、电子产品，还是周边的变

电站和高压线，人们总是担心其产生的“电磁辐射”会对健康产生不利的影响.

在一次宣传活动中，市辐射环境监督站专家带领市民来到变电站外现场监测辐射强度. 两台黄色检测仪器上的测量值显示，变电站产生的电场的电场强度在 0.1—0.2 V/m 之间波动、产生的磁场的磁感应强度也维持在 0.6 μT 左右.

国家标准(GB 8702—2014)规定，50 Hz 变电站和高压线的公众曝露控制限值为电场强度 4 000 V/m、磁感应强度 100 μT，世界卫生组织推荐的标准限值为电场强度 5 000 V/m、磁感应强度 200 μT. 测量值均远低于标准.

根据本单元所学知识，查阅相关资料，设计海报，对变电站周围的“电磁辐射”进行科普宣传.

附：评价量表

评价指标	具 体 描 述	评分
覆盖面	至少包含对“电磁辐射”概念的说明，变电站周围电场和磁场的国家标准及相关测量数据；拓展介绍电磁辐射的危害与防范	1□ 2□ 3□ 4□ 5□
科学性	宣传内容无科学性错误；提出的观点有合理可信的证据支持	1□ 2□ 3□ 4□ 5□
趣味性	科普海报设计美观，有创意；内容形式生动，能引起公众的兴趣	1□ 2□ 3□ 4□ 5□

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
电磁波	物理观念中“物质观念”“能量观念”	能辨析电磁波、电磁场和电磁辐射的含义. 达到水平二.
	科学思维中“科学论证”	能通过搜集实测数据，对标国家标准，阐述变电站的电磁波对人体无危害. 达到水平二.
	科学态度与责任中“社会责任”	能意识到科学与技术的应用需要考虑人类的健康与安全. 达到水平二.

说明 本示例建议作为单元长作业使用，完成时间 2 周. 在本单元学习开始时布置，建议由小组合作完成. 布置任务的同时下发评价表，主要为学生制作海报提供参考方向. 可从覆盖面、科学性、趣味性等方面展开评价，建议采用学生自评和同伴互评的方式，可根据实际条件组织学生以社会实践的方式，向家长、社区进行宣讲，并收集反馈信息.

第九单元　能源利用

一、单元概述

本单元参考《2017 年版高中物理课标》必修 3 的“能源与可持续发展”主题，主要由新能源的开发利用、能量转化的规律、能源利用对环境的影响等内容组成. 学生在机械能及其守恒定律、电势能与动能的转化、闭合电路中电能与其他形式能的转化和守恒的基础上，学习更多的能量形式，进一步了解能量转化的规律，形成较为完整的能量观念.

在本单元学习中，学生了解利用水能、风能、太阳能、核能的方式，认识能源对于人类生活的价值，体会开发新能源的重要意义；通过对能量转化的实例分析，知道能量守恒定律是最普遍的自然规律之一，理解能量的自发转化具有方向性，在转化过程中能量的可利用价值会降低从而引发能源危机，认识节约能源的必要性和紧迫性，形成正确的能量观念；通过查阅资料、交流讨论等活动，了解生产生活中能量的来源，了解能源的开发和利用过程中所带来的环境污染问题及其危害，了解科学・技术・社会・环境协调发展的关系，知道能源的开发和利用要适度，树立节约能源、保护环境、推动可持续发展的社会责任感.

本单元是必修课程的最后一部分学习内容，可以结合之前单元内容对能量问题进行综合分析，但不涉及复杂推理和运算，课程内容学习建议安排 3 课时.

二、内容要求

本单元对应《2017 年版高中物理课标》必修 3 的“能源与可持续发展”主题，下表中的“标引”与《2017 年版高中物理课标》【内容要求】下的序号一致. “内容”是根据【内容要求】提炼出的单元主要内容，“具体要求例举”是针对主要内容给出的表现性要求的示例.

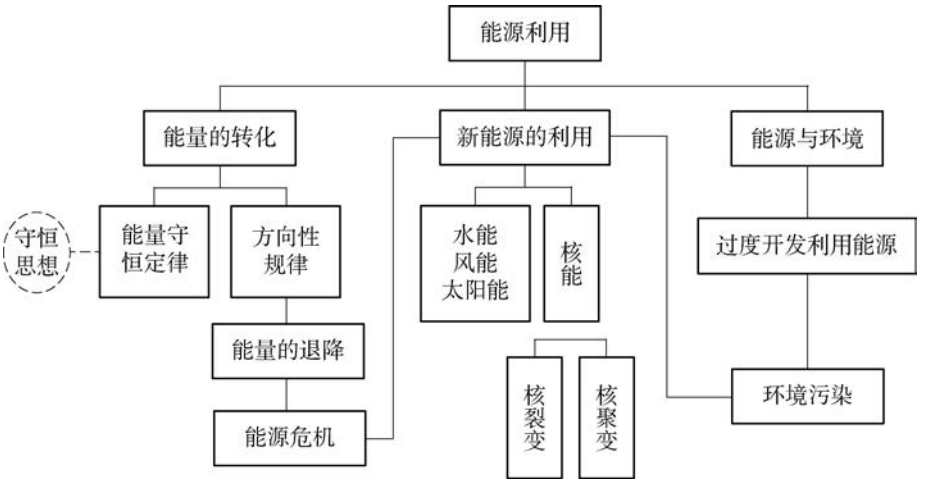
标引	内容	具体要求例举
3.4.1	利用新能源的方式	**了解利用水能、风能、太阳能、核能的方式.** 能说出利用水能、风能、太阳能、核能的方式，能列举在生产生活中利用水能、风能、太阳能、核能的实例，初步认识开发新能源的重要意义.

续表

标引	内容	具体要求例举
	核裂变与核聚变	**初步了解核裂变与核聚变.** 能说出核裂变、核聚变的含义.
3.4.2	能量的转化	**知道不同形式的能量可互相转化，在转化过程中能量总量保持不变，能量转化是有方向性的.** 能说出能量的各种表现形式，能列举在生产生活中不同形式能量互相转化的实例；能简述能量守恒定律，能列举能量转化或转移具有方向性的实例，认识节约能源的必要性和紧迫性，形成正确的能量观.
3.4.3	能源的分类、能源与环境	**了解可再生能源和不可再生能源的分类，认识能源的过度开发和利用对环境的影响.** 能区分可再生能源和不可再生能源；知道能源的过度开发和利用对环境的影响，初步认识到节约能源及促进可持续发展的重要意义.
3.4.4	环境污染	**认识环境污染的危害，了解科学·技术·社会·环境协调发展的重要性，具有保护环境的意识和行为.** 能说出生产生活中环境污染现象的危害；能列举在生活中预防污染的措施，体会科学·技术·社会·环境协调发展的重要性，激发社会责任感，形成环境保护的意识和行为.

三、教学指引

（一）内容结构导图



（二）任务设计举隅

本单元的任务设计思考路径是：在研读《2017年版高中物理课标》的基础上，结合教材的学习内容，发掘出一个能引领整个单元学习的核心任务.《2017年版高中物理课标》必修3“能源与可持续发展”主题的【内容要求】中有“例1　讨论家庭生活中一天所用的能量哪些来自可再生能源，哪些来自不可再生能源.”“例2　讨论在生活中可采取哪些方式节能.”“例4

收集资料，从能源的角度讨论为什么要对垃圾进行分类.”，活动建议中有“(4)调查家庭中与热有关的器具的使用情况，讨论如何使用才能节约能源.”.这些内容引导学生将本单元知识的学习与家庭生活联系起来.为了让学生在熟悉的真实情境中，基于生活经验和亲身感受思考、分析、解决问题，在学习过程中建立正确的能量观，形成严谨认真的科学态度，因此将单元核心任务确定为“追寻家庭生活中能量的踪迹”.在教学中核心任务还需要进一步分解，以利于逐步落实，具体的任务分解、相关的教学内容及课时安排详见下表.

核心任务(问题)及其分解		教学内容	课时安排
追寻家庭生活中能量的踪迹	寻找能量的来源	能量、能源	1
	了解新能源的利用方式	水能、风能、太阳能、核能，核裂变、核聚变	
	认识能量转化的规律	能量守恒定律、方向性规律、能量的退降、能源危机	1
	讨论能源与环境的关系	过度开发利用能源、环境污染	1

(三) 重点活动举隅

1. 单元活动

活动名称　**追寻家庭生活中能量的踪迹**

活动系列

对应课时	活动过程	活动说明
第一课时	**例举交流**　家庭生活中所用能量来自哪里？哪些来自可再生能源，哪些来自不可再生能源？ **观点交流**　上海能否通过利用新能源自主提供所有生产生活所需能量？	在认识了自然界各种能量形式的基础上，引导学生联系家庭生活思考能量的来源和分类. 在了解利用新能源的基础上，引导学生根据上海的地域特点思考上海面临的能源利用现状.
第二课时	**例举交流**　家庭生活中的各种器具在工作时发生了哪些能量转化？能量在转化过程中是否会越来越少？ **讨论交流**：了解家庭中与热有关的器具的使用现状，思考如何使用才能节约能源.	围绕学生熟悉的家用器具展开能量转化的讨论，理解能量守恒定律，理解能量的退降. 引导学生思考节约能源如何从我做起.
第三课时	**讨论交流**　家庭生活中是否会产生环境污染？从能源与环境的角度分析为什么要进行垃圾分类.你做到垃圾分类了吗？	引导学生体会人类生活与环境之间的紧密联系，理解国家提倡的垃圾分类对节约能源和保护环境的重要意义.

活动说明　本活动系列需要学生关注家庭生活中用到了哪些能量，并思考其来源；关注家庭生活中使用了哪些器具，并思考其工作时发生的能量转化；寻找家庭生活中可能产生的环境污染.教师应提前布置相关任务，让学生通过实地考察收集信息并作出解释.课堂教学

中教师可展示一些家庭生活真实场景的图片或视频，促进学生观察和思考，引导学生全方位认识家庭生活中涉及的能量问题，发现不合理因素，寻求解决方法，增强节约能源从我做起的责任意识，形成正确的价值观和必备品格.

设计意图 本单元学习内容围绕能源的利用展开，从开发能源，获得能量，到能量被使用，发生转化，能量总量虽然守恒但品质会退降，进而引发能源危机，能源过度开发和利用会产生环境污染. 人类以往较多关注的是从哪里获得能量来满足生产生活的需求，而对能量的最终去向所引发的自然效应关注不够，从而导致全球的环境问题越来越严重. 本单元核心任务旨在让学生通过本单元学习了解能量的来龙去脉，认识目前面临的能源与环境问题及其成因，理解科学·技术·社会·环境的关系，理解开发利用新能源的意义和价值，形成正确的能量观，形成应有的科学态度和社会责任感.

2. 课时活动

活动名称 讨论能源与环境的关系

活动资源 历史上世界各地出现的关于环境污染的视频、图片或文字资料，关于垃圾分类的相关视频、图片或文字资料.

活动过程

［分析交流］ 历史上曾经出现过哪些环境污染问题？上海遇到过哪些环境污染问题？通过图片或文字资料举例展现各种环境污染问题，分析产生环境污染的原因.

［引导讨论］ 各类能源的利用会对环境产生怎样的影响？引导学生关注各种新能源的利用前景.

家庭生活中是否会产生环境污染？引导学生体会家庭生活与社会环境密切相关，家庭承担着一定的社会责任.

为什么要进行垃圾分类？你做到了吗？引导学生从能源与环境的角度分析，建立正确的能量观和价值观，积极反思自己的行为，增强社会责任感.

活动说明 本课时活动需要学生在课外上网查阅资料或通过咨询的方式获得相关信息和证据，认真思考发生在自己身边的能源与环境问题，教师应提前布置相关任务，为学生留出充足的思考和准备时间. 在课堂讨论过程中教师应促进学生之间的交流互动，启发学生对能源利用过程中产生的问题进行思考，提出自己的见解，特别是涉及家庭生活中的环境污染问题、节约能源的方法，应鼓励学生充分讨论，增强保护环境的社会责任感和意识，并积极付诸行动，落实学科立德树人的教育功能.

评价要点

评价内容	评 价 标 准	表现水平		
		优秀	良好	一般
收集证据	事先准备了丰富的证据材料			
观点表述	能清晰表达自己的观点			
解释说明	有充分的证据支持自己的观点			

续表

评价内容	评 价 标 准	表现水平		
		优秀	良好	一般
交流互动	能对其他同学的回答提出质疑，并说明理由			
操作说明：学生对照评价标准，根据符合程度对自己进行表现水平评价，“优秀”表示完全符合，“良好”表示基本符合，“一般”表示不符合				

设计意图　本课时通过一系列的讨论交流活动，引导学生思考能源与环境的关系，使学生认识环境污染产生的原因、与人类活动的关系，认识环境污染的危害、对人类生活环境的不良影响，了解科学·技术·社会·环境的关系，认识科学本质，理解开发利用新能源等预防污染措施的重要性，形成发展的能量观、实事求是的科学态度、保护环境的社会责任感，实现立德树人的育人价值.

四、评价示例

本单元评价包括三个部分：一是日常课堂活动评价，可以选择本单元的重点活动进行评价，例如对学生“讨论能源与环境的关系”的活动表现进行评价，建议对学生课前收集证据的情况、课堂上表达观点的情况、与同学进行互动交流的情况进行评价. 二是日常作业评价，在学完本单元后，学生或教师根据作业的正确率、订正率等情况，完成本单元的日常作业评价. 三是单元检测，教师根据学生在规定的时间内完成本单元检测的情况给出测试的成绩. “教学指引”中给出了课堂活动评价的示例，以下给出部分课堂例题、课后作业及单元检测的示例，供教师参考使用.

示例 1

某汽车以 80 km/h 的速度匀速行驶时，每 10 km 消耗汽油约 1 L，此时汽车消耗的功率约为 70 kW，各部分功率分配比例如图 9－1 所示. 问：

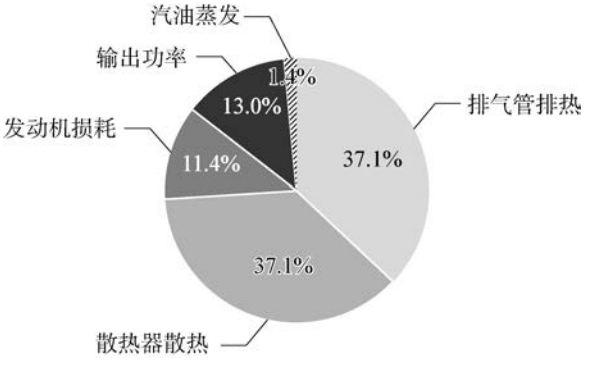


图 9－1

(1) 汽车行驶过程中发生了哪些能量转化?

(2) 此时汽车受到的阻力约为多大?

(3) 写出汽车行驶过程中产生了哪些环境污染,可以采取哪些节约能源、减轻污染的措施.

分析 汽车行驶过程中发生的能量转化从功率分配图上可以分析得出;汽车匀速行驶时,受到的阻力等于牵引力,再根据发动机的输出功率与牵引力、速度的关系,即可求出阻力;环境污染可以从各部分功率的用途分析得出,并寻找相应的节能减污措施.

解答

(1) 汽油的化学能转化为汽车的机械能和汽车及环境的内能.

(2) 从汽车的各部分功率分配比例图可以读出:

汽车的输出功率

$$P_{出}=13\%\times P_{总}=13\%\times 70\,\mathrm{kW}=9.1\,\mathrm{kW}.$$

当汽车匀速行驶时受到的阻力

$$F_{f}=F_{牵}.$$

$P_{出}$与$F_{牵}$、v的关系是

$$P_{出}=F_{牵}\cdot v.$$

综合以上各式可得

$$F_{f}=F_{牵}=\frac{P_{出}}{v}=\frac{9\,100}{\frac{80}{3.6}}\,\mathrm{N}=409.5\,\mathrm{N}.$$

(3) 蒸发的汽油分散到大气中,会变成化学污染源;排气管排出的废气的主要成分是CO_2和水,CO_2的排放会加剧温室效应,导致全球变暖;废气中还含有CO、NO、NO_2以及未燃烧的碳氢化合物等有毒有害物质.

从节约能源的角度来看,应该进行汽车动力系统的技术改进,尽量减少系统的各种能量损耗,想办法收集利用排气管排出的废热和散热器散失的热量;从减轻污染的角度来看,应该用清洁能源代替汽油,例如氢燃料电池、充电电池等,可实现汽车行驶过程中零排放.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
能量的转化	物理观念中“能量观念”	能从能量转化的视角解释简单的物理现象. 达到水平二.
功率	科学思维中“科学推理”	能运用功率的知识对简单的物理现象进行分析和推理,获得结论. 达到水平二.
能源与环境	物理观念中“运用观念”	能从能源与环境的视角解释自然现象,能应用节能减污的知识解决实际问题. 达到水平二.
	科学态度与责任中“社会责任”	认识到人类在保护环境和促进可持续发展方面的责任. 达到水平三.

说明　本示例提供了一个真实的问题情境，涉及的是学生日常生活中非常熟悉的交通工具，用文字和图形相结合的方式呈现，可以同时培养学生的阅读能力和获取信息的能力. 本示例涉及能量转化、汽车的功率、产生的环境污染和节能减污的措施，有助于培养学生综合分析、解决问题的能力，培养学生辩证地看待问题，认识科技的本质，引发对环境保护的思考，树立社会责任感. 建议将本示例放在本单元第三课时，作为课堂例题使用.

示例 2

某学校有 30 个班级，每个教室有 12 盏“220 V　40 W”的日光灯，一台多媒体一体机（工作功率为 500 W，待机功率为 0.5 W）.

（1）若将教室里的日光灯都换成 LED 灯，同样条件下可节能 80%，按每天开灯 8 h，则每天学校能因此节约多少电能？

（2）若每班每天有一节课（40 分钟）不在教室上，多媒体一体机却仍处于工作状态而非待机状态，则每天学校会因此浪费多少电能？

（3）根据自己教室内的用电设备使用情况，设计一份简单的节能方案.

分析　用电器消耗的电能等于电流做的功，根据电功与电功率、时间的关系，可求出用电器消耗的电能. 浪费的电能应为工作时消耗的电能与待机时消耗的电能之差.

解答

（1）所有教室日光灯开灯 8 h 消耗的电能为

$$E_0 = P_0 t_0 = (30 \times 12 \times 0.04 \times 8)\text{kW} \cdot \text{h} = 115.2\ \text{kW} \cdot \text{h}.$$

则每天学校能因此节约电能

$$E_{省} = 80\% E_0 = 80\% \times 115.2\ \text{kW} \cdot \text{h} = 92.16\ \text{kW} \cdot \text{h}.$$

（2）在一节课的时间内，所有教室多媒体一体机处于工作状态时消耗的电能为

$$E = Pt = \left(30 \times 0.5 \times \frac{40}{60}\right)\text{kW} \cdot \text{h} = 10\ \text{kW} \cdot \text{h}.$$

处于待机状态时消耗的电能为

$$E' = P't = \left(30 \times 0.000\,5 \times \frac{40}{60}\right)\text{kW} \cdot \text{h} = 0.01\ \text{kW} \cdot \text{h}.$$

则每天学校会因此浪费电能

$$E_{费} = E - E' = (10 - 0.01)\text{kW} \cdot \text{h} = 9.99\ \text{kW} \cdot \text{h}.$$

（3）略.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
电功、电功率	科学思维中“科学推理”	能运用电功和电功率的知识对简单的物理现象进行分析和推理，获得结论. 达到水平二.
能源与环境	科学态度与责任中“社会责任”	认识到人类在保护环境和促进可持续发展方面的责任. 达到水平三.

说明 本示例取材于学生身边的真实情境，从知识层面上来看问题不难，只要学生理解题意找对信息就能顺利解答，但从素养角度来看，能引导学生从节能的角度去思考问题，培养节能的意识和社会责任感，促进学生将节能付诸实际行动. 建议将本示例放在本单元第三课时，作为课堂反馈使用.

示例 3

如图 9－2 所示，将一小铁块绑在橡皮筋中部，并让橡皮筋穿过圆罐，使其两端分别固定在罐盖和罐底上，将此装置从不太陡的斜面上释放，会观察到什么现象？请从能量转化与守恒的角度加以解释. 请你动手做一做，验证并完善你的想法.

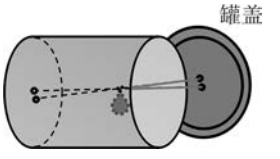


图 9－2

附：评价量表

评价内容	评 价 标 准	表现水平	
		自评	他评
装置制作	能完全按照要求完成装置制作		
实验效果	装置能在斜面上完成一个来回的滚动		
观点表述	能清晰科学地表述将会观察到的现象		
推理解释	能从能量转化与守恒的角度正确解释观点		
完善观点	能对自己原先的观点进行必要的完善		
操作说明：学生和教师对照表现标准，根据符合程度进行表现水平评价，“2”表示完全符合，“1”表示部分符合，“0”表示不符合，满分 10 分			

分析 以圆罐整体为研究对象，当圆罐在斜面上滚动时，橡皮筋会发生扭曲形变，产生弹力，弹力的大小会随着橡皮筋形变程度的不断变化而变化，圆罐在重力和弹力的作用下产生相应的运动.

解答 将此装置从不太陡的斜面上释放，会观察到：圆罐先从斜面上滚下来，然后又会沿斜面滚上去，再滚下来……形成往复运动. 原因是：圆罐在重力的作用下沿斜面向下滚动，重力势能逐渐减小，动能先增大后减小，橡皮筋的弹性势能增大；到达最低点后在橡皮筋的弹力作用下圆罐又开始沿斜面向上滚动，弹性势能逐渐减小，动能先增大后减小，重力势能增大，直至到达最高点. 根据能量守恒定律，若空气阻力可以忽略不计，则只有重力和橡皮筋

的弹力做功，系统的机械能守恒，圆罐可以回到原来的位置.

实践结果表明，圆罐可以从斜面上滚下来再滚上去，但是并不能回到原来的高度，因为在此过程中系统的机械能并不守恒，装置内部不断释放内能，消耗了一部分机械能.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
能量的转化	物理观念中“能量观念”	能从能量转化与守恒的视角描述和解释物理现象. 达到水平三.
	科学探究中“证据”	能根据已有的科学探究方案，使用基本的器材完成实验. 达到水平二.

说明　本示例是一个集理论分析解释、小制作、小实验为一体的综合题，至少给学生 1 周的时间进行实践. 学生在完成作业的过程中，不仅能加强理论知识的应用能力，而且能习得课本上没有的实践知识，可以促进学生整体学科素养的提升. 建议在完成本单元第二课时后，将本示例作为长作业使用，同时发放评价量表.

示例 4

下列关于能量转化的说法中正确的是(　　).

A. 因为能量守恒，所以“永动机”是存在的

B. 摩擦生热的过程是不可逆过程

C. 空调既能制热又能制冷，说明热传递不存在方向性

D. 由于能的转化过程符合能量守恒定律，所以不会发生能源危机

分析　任何机器对外界做功都要消耗能量，不可能制造出不消耗能量就能源源不断对外做功的“永动机”. 热传递、摩擦生热的过程都具有方向性，是不可逆过程. 在能源被利用的过程中，能量的总值虽然保持不变，但是能量中可被利用的部分却越来越少，从而引发能源危机.

解答　B

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
能量的转化	物理观念中“能量观念”	能从能量转化的视角解释自然现象. 达到水平二.

说明　本示例建议作为阶段检测使用，完成时间约为 1 分钟.

示例 5

在一篇研究地球的能量资源的文章中，提供了每秒到达地球表面太阳辐射能的几个主要去向的数据，如下表所示：

直接反射 (E_1)	以内能方式 离开地球(E_2)	水循环 (E_3)	大气流动 (E_4)	光合作用 (E_5)
5.0×10^{13} kJ	8.0×10^{13} kJ	4.0×10^{13} kJ	4.0×10^{11} kJ	5.0×10^{10} kJ

根据表中信息可知：

(1) 到达地球表面的太阳辐射能主要转化的能量形式为_____；

(2) 地球每年通过光合作用获得的太阳能为_____kJ；

(3) 地球对太阳能的利用率为_____%；

(4) 请写出一种提高太阳能利用率的方法：_____.

分析 水循环和大气流动是太阳辐射能作用于地球上的水和大气，使水和大气产生的机械运动；地球对太阳能的利用率是指地球获得的太阳能在太阳辐射能中的占比；从表格中列出的太阳辐射能的主要去向中寻求提高太阳能利用率的方法.

解答

(1) 到达地球表面的太阳辐射能主要转化为内能、机械能和化学能；

(2) 根据表格中数据 E_5 可求得，地球每年通过光合作用获得的太阳能

$$E=E_5\cdot t=5.0\times10^{10}\times365\times24\times3\,600\,\text{kJ}=1.58\times10^{18}\ \text{kJ};$$

(3) 地球对太阳能的利用率

$$\begin{aligned}\eta&=\frac{E_3+E_4+E_5}{E_1+E_2+E_3+E_4+E_5}\times100\%\\&=\frac{(4.0\times10^{13}+4.0\times10^{11}+5.0\times10^{10})\,\text{kJ}}{(5.0\times10^{13}+8.0\times10^{13}+4.0\times10^{13}+4.0\times10^{11}+5.0\times10^{10})\,\text{kJ}}\times100\%\\&\approx23.7\%;\end{aligned}$$

(4) 增加利用太阳能的设备，增加地球表面的绿色植物种植数量等.

属性表

内容	涉及的主要素养	质量水平分析
能量的转化	物理观念中“能量观念”	能从能量转化的视角解释自然现象，能应用能量转化知识解决实际问题. 达到水平三.
	科学思维中“科学推理”	能对常见的物理现象进行分析和推理，并获得结论. 达到水平三.

说明 建议根据学生情况将本示例作为课堂例题使用，或作为阶段检测使用，完成时间约为 5 分钟.

新课程
新教材

经上海市中小学教材审查委员会审查
准予试验用　准用号Ⅱ-GP-2021005

高级中学
上海市高中物理学科
教学基本要求
（试验本）

上海市教育委员会教学研究室　编

华东师范大学出版社出版
（上海市中山北路 3663 号　邮政编码 200062）
江苏句容市排印厂印刷　上海新华书店发行

开本 787×1092　1/16　印张 8　字数 190 千字
2021 年 8 月第 1 版
2021 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5760-1964-3

定价：18.00 元

全国物价举报电话:12315

此书如有印、装质量问题，请径向本社调换
华东师范大学出版社电话：60821711

绿色印刷产品

ISBN 978-7-5760-1964-3