# 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 年版高申物理课标》【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）． |
| 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绪论，能根据要求完成实验报告． |

## 三、教学指引

### （一）内容结构导图

功

能

弹性势能

重力势能

动能

机械能

功率

平均功率

瞬时功率

功的计算

*W* = *Fs*cos*θ*

重力做功

*W*G = *mg*Δ*h*

合力做功

功是能

量转化

的量度

动能定理

*W*合 = *mv*t2 − *mv*02

机械能守恒定律

*E*p1 + *E*k1 = *E*p2 + *E*k2

### （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摆锤摆功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，学习从寄恒的角度分析问题，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*θ*．

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，以大小为以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 Δ*E*k、Δ*E*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、圆装置图、代表小组交流发言等） |  |  |  |
| 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，通过对这些远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．

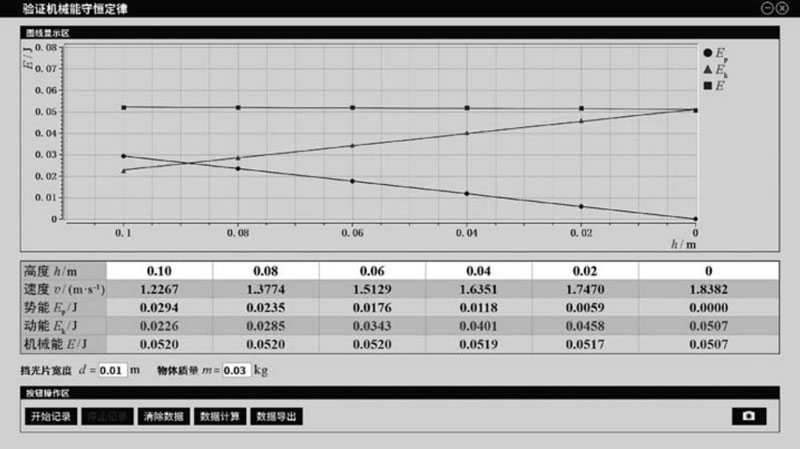
实验要点

（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．

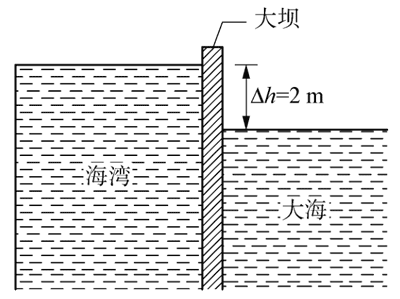
（4）实验图像从左到右所呈现出的数据变化规律与摆锤从高到低的运动过程相对应，因此图像的横坐标 *h* 轴的 0 刻度位于坐标轴的最右端，如图 4-1 所示．



## 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图等证据，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 1.0×106 m3，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．

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* = *ρV* = *ρS*Δ*h* = 1.0×103×1.0×106×（20 − 18）kg = 2.0×109 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 m，一共能发出电能

*E* = *mgh*×50% = 2.0×109×9.8×1×50% J = 9.8×109 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 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 m；最后运用机械能守恒定律便可求出结果．

解答 *mgh*1 + *mv*12 = *mgh*2 + 0

*v*1 = = m/s = 4.2 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．  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． |
| 科学思维中“建构模型”“科学推理” | 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 m，*h*2 = 0.15 m．*g* 取 10 m/s2，求：

*h*1

*h*3

*h*2

C

A

B

（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 ，则 C 点离水平面的高度 *h*3 为多少？

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 = *Ek*B + *E*pB = *mv*B2 + *mgh*2；

根据机械能守恒有 *E*A = *E*B，即

0 + *mgh*1 = *mv*B2 + *mgh*2；

得到

*v*B = ．

将 *h*1 = 0.60 m，*h*2 = 0.15 m 代入上式，可解得

*v*B = m/s =3 m/s．

（2）小球在 B 点时与在 C 点时的机械能相等，即

*mv*B2 + *mgh*2 = *mv*C2 + *mgh*3；

小球经过 C 点时的动能是经过 B 点时的动能的 ，则

*mv*C2 = × *mv*B2；

得到

*h*3 = + *h*2．

将  *v*B = 3 m/s，*h*2 =0.15 m 代入上式，可解得 *h*3 = m = 0.45 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 m/s2）

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* = 8×10×90 J =7 200J．

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* = = s =6 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*m =120 N，设上升加速度为 *a*，根据牛顿第二定律有：

*F*m − *mg* = *ma*，

*a* = = m/s2 = 5 m/s2．

根据最大输出功率 *P*m = *F*m*v*1 可求出匀加速阶段的最大速度 *v*1，

*v*1 = = m/s = 10 m/s．

设匀加速阶段的时间为 *t*1、上升高度为 *h*1，则

*t*1 = = s = 2 s，*h*1 = = m = 10 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*m = *Fv* = *mgv*2，求出物体这一阶段的最大速度

*v*2 = = m/s = 15 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 m – 10 m = 80 m．由动能定理可得

*P*m*t*2 – *mgh*2 = *mv*22 − *mv*12，

*t*2 = ．

代入数据后可解得 *t*2 = 5.75 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 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）** | |
| 实验方案 | 能准确应用物理概念及规律 | **自评** | **他评** |
| 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 |  |  |
| 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．