# 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有法；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”．能说出探兖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． |
| 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

力

常见的力

重力

弹力

摩擦力

重心

胡克定律

滑动摩擦力

静摩擦力

力的运算

力的合成与分解

平行四边形定则

维持物体运动

不需要力

伽利略斜面

理想实验

共点力及其

作用效果

共点力平衡

条件 *F*合 = 0

力的作用

力是运动状态

改变的原因

运动状态改变

快慢 —— *a*

惯性

力学单位制

作用力与反作用力

惯性大小的量度

—— *m*

力的作用是

相互的

牛顿第二

定律 *F* = *ma*

牛顿第一

定律

牛顿运动

定律

牛顿第三

定律

### （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 |
| 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． |
| 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井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、能否对其他同学所怍的图像提出质疑等．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．



（4）如图2–4（a）所示为家用便携拉杆车．现用它运送质量为研的桶装水，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．



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



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⊥*F*f，得

………………③列出方程求解

所以扶梯对推车的弹力大小为*mg*cos*θ*，方向垂直于扶梯向上；摩擦力大小为*mg*sin*θ*，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． |
| 科学思雏中“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．

（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⊥*G*，得

*F*N = *F*tan*θ* = *G*tan*θ*，*F*T = =

所以墙壁对足球的弹力为*G*tan*θ*，悬绳对足球的拉力为．若仅加长网兜上面的绳的长度，球重不改变，*θ*减小，cos*θ*增大，tan*θ*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，用测力计或为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．



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？



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/s2）

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* = *at*2，得到赛车和赛车手的加速度

*a* = = m/s2 ≈33.1 m/s2．

根据牛顿第二定律，赛车手受到的水平合力

*F*合 = *ma* = 68×33.1 m/s2 = 2 250.8 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* = *at*2，得到

*a* = = m/s2 ≈33.1 m/s2．

根据匀变速直线运动的速度公式，赛车末速度为

*v* = *at* = 33.1×4.93 m/s≈163.2 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 *θ* = 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/s2，sin37° = 0.6，cos37° = 0.8。另一人的拉力为多大？

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扶态分析，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* = *at*2，得到

*a* = = m/s2 = 1 m/s2

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*θ*，竖直方向的分力为*F*2 = *F*sin*θ*．

*F*f

*F*N

*F*

*G*

*θ*

*F*1

*F*2

水平方向上，根据牛顿第二定律得

*F*cos*θ* – *F*f = *ma*．………………………①

竖直方向上，根据平衡条件得

*F*sin*θ* + *F*N = *G*．……………………②

滑动摩擦力公式

*F*f = *μF*N………………………………………③

联立①②③，得到

*F* = = N≈62 N．

答：另一人的拉力约为62 N．

属性表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容** | **涉及的主要素养** | **质量水平分析** |
| 牛顿第二定律 | 物理观念中“运动与相互作用观念” | 能结合运动学知识用牛顿第二定律解决简单的实际问题．达到水平三． |
| 科学思维中“模型建构”“科学推理” | 能建构质点模型，能受力分析，能用牛顿第二定律根据运动情况分析推理受力情况，并获得结论．达到水平三． |

说明 本示例建议作为“牛顿第二定律”的课堂例题使用．

### 示例7

探究任务：寻找各种各样的鞋，要求鞋底材料不同（如橡胶底、真皮底、布底等），或同样的材料花纹不同，或同款鞋新旧程度不同，选用身边的器材，研究不同鞋底在水泥地上的防滑性能．

某同学提出一个方案：把一根橡皮筋系在不同鞋上，再把鞋放在水平地面上，用手去拉橡皮筋，如果某只鞋更不容易拉动，那么它的防滑性能就较好．

请你对这个方案进行讨论和评估，若可行，请你选择两种不同的鞋底，完成实验操作得出结论；若不完善，请你提出修正方案，或重新设计方案．

分析 该同学利用比较法来研究．因为各种鞋的质量不同，其对水平地面的压力不同，所以此方案还不够完善，需要修正，也可以通过测量动摩擦因数来判断两个物体间的防滑特性，把鞋子放在水平水泥地上匀速拉动，根据滑动摩擦力的公式*F*f = *μF*N，只要测出压力的大小和滑动摩擦力的大小，就可以求出动摩擦因数，压力的大小等于重力的大小，滑动摩擦力的大小等于拉力的大小．而重力的大小和拉力的大小可以分别通过悬挂的方法和匀速拉动的方法，用橡皮筋的伸长量来反映．

解答

方案修正：采用控制变量法．如在轻的鞋子中塞入物体，用弹簧测力计测出其重力，调整几只鞋子的塞入物使鞋的重力大小彼此相等，然后再来完成上述实验．

方案重新设计：测量各种鞋底和水泥地面之间的动摩擦因数，实验器材、实验步骤如下．

［实验器材］各种鞋底的鞋子、橡皮筋．

［实验步骤］

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Δ*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Δ*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*μ* = = ．

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．评价内容包含评价巳有实验方案、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．

2.0

1.0

*F*/N

*O*

2

1.5

*a*/m·s-2

0.5

1

3

4

5

（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，请完成下列问题：

小车

钩码

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

*a*/ m·s-2

*m*/ kg

*O*

0.40

0.20

0.10

0.30

0.50

0.40

0.30

0.20

0.10

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

（2）实验中测得了下表所示的五组数据，并已在坐标平面上画出部分数据点，在图中画出第四组数据对应的数据点，然后作出*a*-*m*的关系图像；

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

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

2.0

1.0

*F*/N

0

2

1.5

*a*/m·s-2

0.5

1

3

4

5

②正

（2）①C

②

*a*/ m·s-2

*m*/ kg

*O*

0.40

0.20

0.10

0.30

0.50

0.40

0.30

0.20

0.10

③

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．