

课标本

教材完全解读

王后雄学案

总策划：熊辉



高中物理 必修2

配鲁科版

丛书主编：王后雄

本册主编：王国金



中国青年出版社

新课标完全解读

课标本

教材完全解读

王后雄学案

高中物理 必修2

配鲁科版

丛书主编：王后雄
本册主编：王国金
编委：吴元清 冯海泉
汪建军 包卫华
孙贤 陈传启
林玲 熊勇
樊淑南 陈志江
汪泉 林靖



中国青年出版社

(京)新登字083号

图书在版编目(CIP)数据

教材完全解读:鲁科版.高中物理.2:必修/王后雄主编.

—3版.—北京:中国青年出版社,2009

ISBN 978-7-5006-7592-1

I.教... II.王... III.物理课—高中—教学参考资料 IV.G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第112003号

总策划:熊辉

责任编辑:李扬

封面设计:木头羊

教材完全解读

高中物理

必修2

中国青年出版社 出版发行

社址:北京东四12条21号 邮政编码:100708

网址: www.cyp.com.cn

编辑部电话:(010)64034328

读者服务热线:(027)61883306

咸宁市海岳印务有限公司印制 新华书店经销

889×1194 1/16 12.5印张 334千字

2009年10月北京第3版 2009年10月湖北第3次印刷

印数:10001—15000册

定价:21.70元

本书如有任何印装质量问题,请与承印厂联系调换

联系电话:(027)61883355

教辅大师、特级教师王后雄教授科学超前的体例设置，帮您赢在学习起点，成就人生夙愿。

—— 题记

最新5年高考名题诠释

【考题1】 天空有近似等高的薄云层。为了测量云层的高度，在水平地面上与观测者的距离为 $d=3.0\text{ km}$ 处进行一次爆炸，观测者听到由空气直接传来的爆炸声和由云层反射来的爆炸声时间上相差 $\Delta t=0.6\text{ s}$ 。试估算云层下表面的高度。

已知空气中的声速 $v=\frac{1}{3}\text{ km/s}$ 。

【解析】 如图1-3-18所示，A表示爆炸处。

单元知识梳理与能力整合

这是物理学中常用的一种方法。在研究具体问题时，为了研究的方便，抓住主要因素，忽略次要因素，从而从实际问题中抽象出理想化模型，把实际复杂的问题简化处理。如质点模型、匀速直线运动模型、匀变速直线运动模型等，又经过学习列更多。

知识能力同步测控

(测试时间:90分钟 测试满分:120分)

第I卷(选择题 共40分)

一、选择题(本大题共10小题，每小题4分，共40分。有的小题只有一个选项正确，有的小题有多个选项正确)

1. 下列说法，符合实际的是()。

A. 火车停驶后挂挂的是列车时刻表

B. 打点计时器是一种测量长度的仪器

C. 出租车按位移的大小收费

D. “万米”赛跑，指的是路程一万米

2. 甲、乙两人同时观察同一个物体的运动，甲说：“它是静止的。”乙说：“它做匀速运动。”下列说法中正确的是()。

A. 研究小车的翻倒过程

B. 讨论地球的公转

C. 比赛时，运动员分析百米赛跑的运动

期中测试卷

(测试时间:90分钟 测试满分:120分)

第I卷(选择题 共40分)

一、选择题(本大题共10小题，每小题4分，共40分。有的小题只有一个选项正确，有的小题有多个选项正确)

1. 下列各种情况，可以把研究对象(加点的)看成质点的是

第II卷(非选择题 共80分)

一、简答题(共4题，每题10分，共40分)

1. 下面关于力的说法中正确的是()。

A. 只有直接接触的物体之间才会有力的作用

B. 力的大小可以用天平来测量

C. 力的作用效果是使物体发生形变或使物体的运动状态发生改变

D. 力是不能离开施力物体和受力物体单独存在的

教材学业水平考试试题

(测试时间:90分钟 测试满分:120分)

第I卷(选择题 共40分)

一、选择题(共10题，每题4分，共40分)

1. 下列关于力的说法中正确的是()。

A. 只有直接接触的物体之间才会有力的作用

B. 力的大小可以用天平来测量

C. 力的作用效果是使物体发生形变或使物体的运动状态发生改变

D. 力是不能离开施力物体和受力物体单独存在的

答案与提示

能力素质设计

★ 题后反思

1. C、D 【解析】 A中研究对象地球绕太阳公转时，可将地球看作质点。若研究有

关于质点结构的问题时，就不能把质点看成质点。A错；B中研究火车通过路旁的一根电线杆的时间时，因电线杆的粗细比火车的长度小得多，

最新5年高考名题诠释

汇集高考名题，讲解细致入微，教纲、考纲，双向例释；练习、考试，讲解透彻；多学、精练，效果显著。

单元知识整合

单元知识与方法网络化，帮助您将本单元所学教材内容系统化，形成对考点知识的二次提炼与升华，全面提高学习效率。

考试高分保障

精心选编涵盖本章节或阶段性知识和能力要求的检测试题，梯度合理、层次分明，与同步考试接轨，利于您同步自我测评，查缺补漏。

与经典题思路

试题皆提供详细的解题步骤和思路点拨，鼓励一题多解。不但知其然，且知其所以然，帮助您养成良好规范的答题习惯。

小熊图书 最新教辅

讲 《中考完全解读》 复习讲解—紧扼中考的脉搏

练 《中考完全学案》 难点突破—挑战思维的极限



讲 《高考完全解读》 精湛解析—把握高考的方向

练 《高考完全学案》 阶段测试—进入实践的演练

讲 《教材完全解读》 细致讲解—汲取教材的精髓

例 《课标导航·基础知识手册》 透析题型—掌握知识的法宝

练 《教材完全学案》 夯实基础—奠定能力的基石



伴随着新的课程标准问世及新版教材的推广，经过多年的锤炼与优化，数次的修订与改版，如今的“小熊图书”以精益求精的质量、独具匠心的创意，已成为备受广大读者青睐的品牌图书。今天，我们已形成了高效、实用的同步练习与应试复习丛书体系，如果您能结合自身的实际情况配套使用，一定能取得立竿见影的效果。

全书知识结构图解·名师学法指津	1
-----------------------	---

第1章 功和功率	4
----------------	---

第1节 机械功	4
---------------	---

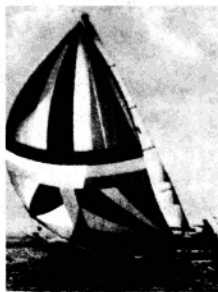
第2节 功和能	13
---------------	----

第3节 功率	18
--------------	----

第4节 人与机械	25
----------------	----

◆单元知识梳理与能力整合	29
--------------------	----

◆知识与能力同步测控题	32
-------------------	----



第2章 能的转化与守恒	34
-------------------	----



第1节 动能的改变	34
-----------------	----

第2节 势能的变化	42
-----------------	----

第3节 能量守恒定律	47
------------------	----

第4节 能源与可持续发展	58
--------------------	----

◆单元知识梳理与能力整合	63
--------------------	----

◆知识与能力同步测控题	66
-------------------	----

第3章 抛体运动	68
----------------	----

第1节 运动的合成与分解	68
--------------------	----

第2节 竖直方向上的抛体运动	77
----------------------	----

第3节 平抛运动	82
----------------	----

第4节 斜抛运动	91
----------------	----

◆单元知识梳理与能力整合	96
--------------------	----

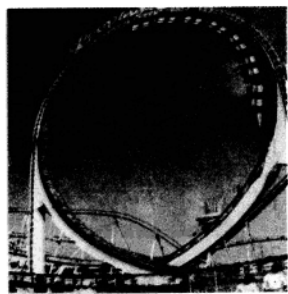
◆知识与能力同步测控题	99
-------------------	----



目

录

第4章 匀速圆周运动 101



第1节 匀速圆周运动快慢的描述 101

第2节 向心力与向心加速度 107

第3节 向心力的实例分析 114

第4节 离心运动 122

◆ 单元知识梳理与能力整合 128

◆ 知识与能力同步测控题 131

第5章 万有引力定律及其应用 133

第1节 万有引力定律及引力常量的测定 133

第2节 万有引力定律的应用 143

第3节 人类对太空的不懈追求 152

◆ 单元知识梳理与能力整合 158

◆ 知识与能力同步测控题 161



第6章 相对论与量子论初步 163

第1节 高速世界 163

第2节 量子世界 167

教材学业水平考试试题 170

答案与提示 172

知识与方法

阅读索引

第1章 功和功率

第1节 机械功

- 1. 功的概念 4
- 2. 功的正负 5
- 3. 对功的进一步理解 5
- 4. 常见力做功的特点 8
- 5. 一对作用力和反作用力做功的特点 9
- 6. 理解摩擦力做功 10

第2节 功和能

- 1. 机械功的原理 13
- 2. 能的概念 14
- 3. 功和能之间的关系 14
- 4. 功和能的区别与联系 15
- 5. 对能量守恒的认识 15
- 6. 判断力是否对物体做功的方法 15

第3节 功率

- 1. 功率 18
- 2. 平均功率和瞬时功率 18
- 3. 额定功率和实际功率 19
- 4. 平均功率与瞬时功率的计算 19
- 5. 机车启动的两种过程 20
- 6. 利用 $W = Pt$ 求变力做功问题 22
- 7. 流体做功的功率问题 22

第4节 人与机械

- 1. 机械效率 25
- 2. 功率与机械效率 25
- 3. 使用机械的目的 26
- 4. 使用任何机械都不省功, 根据实际需要可以设计省力或省距离的机械 26
- 5. 计算机械效率的方法 26
- 6. 高智能机器人 27

第2章 能的转化与守恒

第1节 动能的改变

- 1. 动能 34
- 2. 动能定理 34
- 3. 应用动能定理解题时的一般步骤及注意点 35
- 4. 动能定理的应用技巧 36
- 5. 有关功、动能及动能的变化三个物理量的概念及其之间的区别 38
- 6. 应用动能定理求变力做功 38

第2节 势能的变化

- 1. 势能 42
- 2. 重力势能 42
- 3. 重力做功与重力势能的变化 43
- 4. 弹性势能 43
- 5. 重力势能的相对性与重力势能变化的绝对性 43
- 6. 弹性势能的确定 44
- 7. 重力做功和重力势能间的区别与联系 44
- 8. 保守力和耗散力 44

第3节 能量守恒定律

- 1. 机械能 47

- 2. 机械能守恒定律 47
- 3. 能量转化与守恒定律 48
- 4. 应用机械能守恒定律解题的步骤 48
- 5. 动能和重力势能的转化和守恒实验与探究 49
- 6. 判断机械能守恒的两种方法 50
- 7. 机械能守恒定律应用的基本方法 50
- 8. 对能的转化与守恒定律的理解 50
- 9. 功能关系的总结 51
- 10. 机械能守恒定律与动能定理的比较 51
- 11. 应用机械能守恒定律求解变力做功问题 52
- 12. 传送带问题 53

第4节 能源与可持续发展

- 1. 能量转化和守恒定律 58
- 2. 能量转化和转移的方向性 58
- 3. 第二类永动机 58
- 4. 热机的效率 η 59
- 5. 能源和环境是两个全球所关注的问题, 能源是现代生活的重要物质基础, 而常规能源的有限储藏量与人类的需求存在矛盾, 同时大量消耗常规能源带来了环境问题, 正确地协调和解决这一矛盾和问题是生活在地球上每一个人的职责 59
- 6. 绿色能源的开发和利用 59
- 7. 太阳能 60

第3章 抛体运动

第1节 运动的合成与分解

- 1. 曲线运动 68
- 2. 几种不同运动规律的比较 68
- 3. 运动的合成与分解 68
- 4. 合运动与分运动的关系 69
- 5. 运动的合成与分解遵循平行四边形定则 69
- 6. 运动的性质和轨迹 69
- 7. 小船渡河问题 70
- 8. “关联”速度的分解 71
- 9. 运动的合成与分解和力的合成与分解同样遵循平行四边形定则 73
- 10. 用相对运动规律来处理运动的合成与分解 73

第2节 竖直方向上的抛体运动

- 1. 竖直下抛运动 77
- 2. 竖直上抛运动 77
- 3. 竖直上抛运动的处理方法 78
- 4. 竖直下抛运动和竖直上抛运动的比较 79
- 5. 物体的下落运动受哪些因素影响 79

第3节 平抛运动

- 1. 平抛运动的特点 82
- 2. 平抛运动的规律 82
- 3. 平抛运动的研究 83
- 4. 研究平抛运动的规律时, 应用的方法和原理 83
- 5. 利用平抛运动的轨迹解题 84
- 6. 应用平抛运动的规律进行分析计算, 可得到下面几个有用的结论 85
- 7. 类平抛运动的问题 86
- 8. 解平抛运动问题应注意的问题 86

9. 排球不触网且不越界的条件	87
第4节 斜抛运动	
1. 斜抛运动的特点	91
2. 斜抛运动的研究方法	91
3. 斜抛运动物体的射高和射程	91
4. 斜抛运动的规律	92
5. 探究射高和射程与初速度和抛射角的关系	92
6. 实际斜抛运动	93
7. 运动分解的两种方法	93

第4章 匀速圆周运动

第1节 匀速圆周运动快慢的描述	
1. 匀速圆周运动	101
2. 描述匀速圆周运动快慢的物理量	101
3. 线速度、角速度、周期之间的关系	102
4. 匀速圆周运动的性质	102
5. 对三种转动方式的讨论	103
6. 圆周运动的周期性引起的多解问题	103
7. 匀速圆周运动中线速度、角速度、周期、频率的关系	104
第2节 向心力与向心加速度	
1. 向心力	107
2. 向心加速度 a_n	108
3. 对匀速圆周运动的进一步理解	109
4. 控制变量法	109
5. 向心力来源分析	109
6. 应用向心力公式解题的思路	111
7. 向心力公式实质上就是牛顿第二定律的具体应用,形式上有相似之处	111
8. 匀速圆周运动的动态分析	111
第3节 向心力的实例分析	
1. 解圆周运动问题的基本方法	114
2. 火车转弯	115
3. 汽车过桥问题	116
4. 圆锥摆	117
5. 竖直平面内的圆周运动的临界问题	117
6. 水平面内的圆周运动的临界问题	118
7. 向心力和向心加速度公式也适用于变速圆周运动,变速圆周运动中,物体在特殊点(如竖直平面内的圆周的最高点和最低点)的向心力和向心加速度是由物体在该点所受的合外力提供的	118
8. 解圆周运动问题的基本步骤	118
9. 圆周运动与机械能守恒相结合的问题	118
10. 圆周运动与动能定理结合	119
第4节 离心运动	
1. 离心运动	122
2. 离心运动的原因	122
3. 对离心现象的理解应注意弄清的问题	123
4. 离心运动的应用	123
5. 离心运动的危害及其防止	123
6. 离心运动是由“离心力”引起的吗	124
7. 医学上常用离心分离器加速血液的沉淀,试分析说明:为什么“离心沉淀”比“重力沉淀”快	124

8. 是该急刹车,还是该急转弯	125
-----------------------	-----

第5章 万有引力定律及其应用

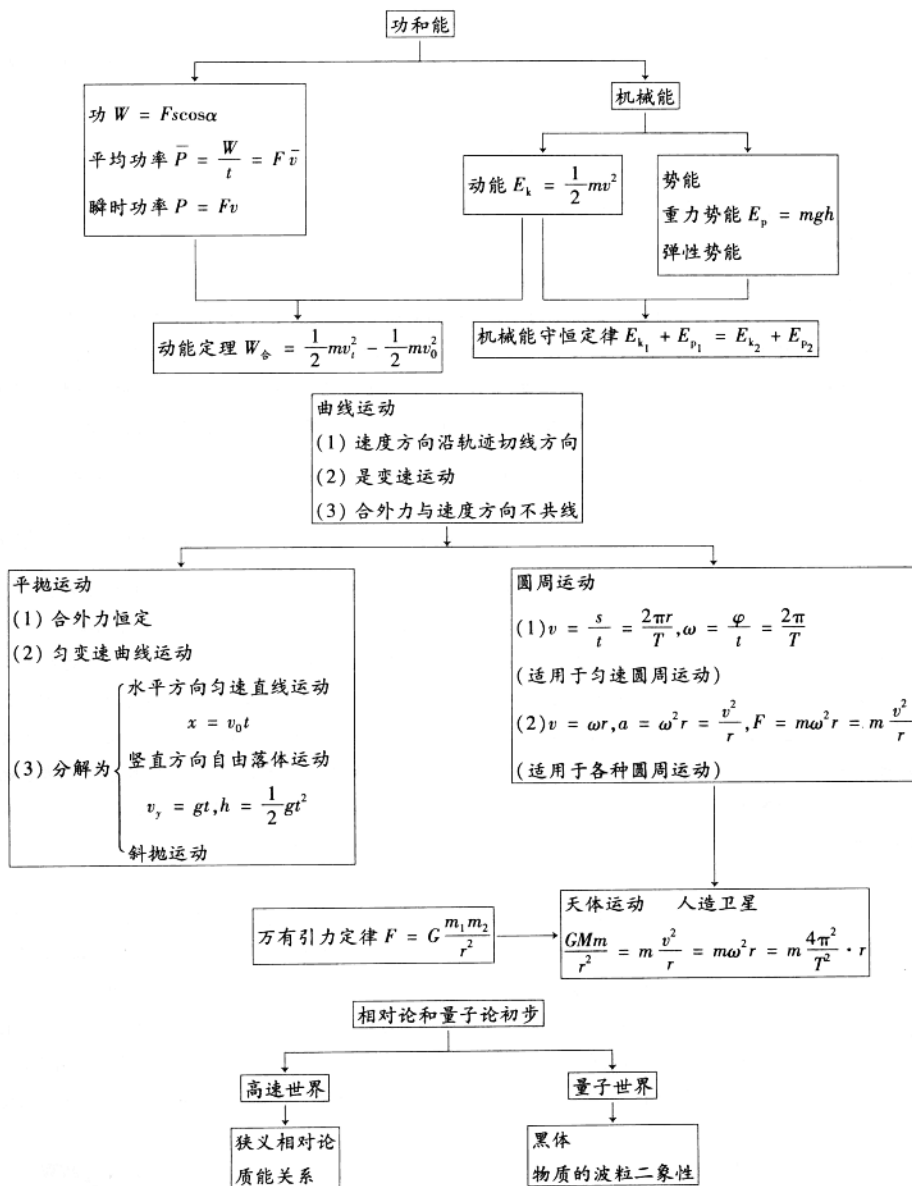
第1节 万有引力定律及引力常量的测定	
1. 开普勒三定律	133
2. 万有引力定律	134
3. 卡文迪许与引力常量的测定	135
4. 天体运动各物理量间的关系	136
5. 天体质量计算的几种方法	136
6. 天体密度的计算	137
7. 重力加速度的基本计算方法	137
8. 对重力和万有引力的认识	138
9. 物体在赤道上失重的四个重要规律	138
10. 填补法	139
11. 关于“多星”的分析	140
第2节 万有引力定律的应用	
1. 人造地球卫星	143
2. 三种宇宙速度	143
3. 预测未知天体	144
4. 人造地球卫星的动力学特征与运动学特征	145
5. 人造卫星的超重与失重	146
6. 人造卫星的加速度	146
7. 人造地球卫星的种类	146
8. “黄金代换”	148
9. 几种状况下卫星特征对比	149
10. 黑洞问题	149
第3节 人类对太空的不懈追求	
1. 地心说	152
2. 日心说	152
3. 开普勒对行星运动的描述	152
4. 牛顿的大综合	153
5. 对太空的探索	153
6. “神舟”飞船与物理学	153
7. “神舟”飞船知识了解	155

第6章 相对论与量子论初步

第1节 高速世界	
1. 狭义相对论的两个基本原理	163
2. 时间延缓效应	163
3. 长度收缩效应	163
4. 质速关系	164
5. 质能关系	164
6. 时空弯曲	164
7. 时间间隔的相对性的理解	164
8. 高速世界	165
第2节 量子世界	
1. 黑体	167
2. 不连续的能量	167
3. 物质的波粒二象性	168
4. 光的波动性与粒子性的统一	168
5. 涉及发光的能量问题的计算方法	168
6. 有关物质波选择判断问题应从以下几个方面思考	168

全书知识结构图解·名师学法指津

一、全书知识结构图解



二、名师学法指津

亲爱的同学们,经过高一上学期物理(必修1)的学习,我们对力和牛顿运动定律的研究和学习的方法有了初步的了解,同时也掌握了一些学习物理的方法,知道了物理知识在认识自然现象、改造自然和生活生产技术上的应用等方面的重要意义。如:力的作用、牛顿三大定律、超重与失重现象、物体平衡等知识的应用。为了提高和加紧对世界的认识,我们还需要进一步学习物理学。那么,如何学好本册中的物理知识呢?



1. 本册物理知识内容

功和能、曲线运动、万有引力、相对论和量子论初步等. 特别是功和能是高中物理的主动脉, 贯穿整个高中物理的始终. 曲线运动是运动和力的深入, 是物理的基础. 万有引力定律的应用是天体运动和航天事业研究的基础和核心. 本册知识是高中物理的重点和难点内容, 也是物理学的基础内容.

2. 学好本册物理的具体方法

(1) 认真阅读课本

课本里讲的是前人长期积累下来的最基础的知识. 要理解并运用这些知识, 首先要认真阅读课本, 对物理概念、规律具有正确的理解, 对物理现象有清楚的认识.

例如: 关于人造近地卫星和地球同步卫星, 下列几种说法正确的是().

- A. 近地卫星可以在通过北京地理纬度图所决定的平面上做匀速圆周运动
- B. 近地卫星可以在与地球赤道平面有一定倾角且经过北京上空的平面上运行
- C. 近地卫星或地球同步卫星上的物体因“完全失重”, 它的重力加速度为零
- D. 地球同步卫星可以在地球赤道平面上的不同高度运行

解析: 物体做匀速圆周运动的必备条件之一是所受的合力必须指向圆心. 人造卫星只受到地球对卫星的万有引力作用, 力的方向指向地心, 并不指向纬度平面与地轴相交的轴心上. 因此, 选项 A 错. 选项 B 所述的卫星具备上述条件, 可以以适当的速度成功发射此类卫星. 对于选项 C, “完全失重”是一种物理现象, 表现为物体对支持物(如磅秤)的压力(或对悬挂物的拉力)为零, 不是按字面直译为失去重力. 虽然重力仅指物体所受地球吸引的力, 但由于人造卫星仍受地球引力作用, 那么重力加速度 $g = a = \frac{F_{\text{引}}}{m} = \frac{GM}{r^2} \neq 0$. 本现象中重力加速度就是做圆周运动的向心加速度, 因此, 选项 C 错误. 对于选项 D, 因为地球同步卫星的运行周期

和地球自转周期相同, 地球的质量是确定值. 卫星运行轨道半径 r 和周期 T 、地球质量 M 有定量的制约关系: $\frac{GM}{r^2} = \frac{4\pi^2}{T_0^2} r$. 因此轨道半径 r 是确定值, 所以 D 项错误. 因此本题正确答案只有 B 选项. 以上说明要正确解答题, 必须正确理解人造近地卫星正常运行的条件和特征, 以及“完全失重”的含义, 才能正确认识所述现象内部的相互关系及制约关系, 准确判断各选项的正误.

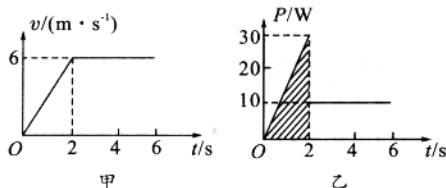
通过认真阅读课本, 还可以培养和提高自学能力. 有了自学能力, 就可以通过课外阅读, 学到课本里没有的东西, 知识就丰富了, 眼界也开阔了. 这对于活跃我们的思想, 提高我们的科学思维能力是大有好处的. 通过阅读课本, 除了学习物理知识之外, 还要注意学习物理学中研究问题的方法. 如: 研究物体的运动, 从匀速直线运动开始, 再一步步研究非匀速运动和曲线运动; 研究功和能的关系时, 先研究物体做功的条件和物体做功的实质, 再利用动能定理、机械能守恒定律、能的转化和守恒定律等规律, 得出相应的关系. 物理学中常用的研究方法: 观察实验法、理想化模型法、数学法、假设猜想法、极限法、等效法、控制变量法等, 这些方法在课本中多次反复出现, 阅读课本时应该多留心, 多揣摩, 逐步加深对物理研究方法的领会.

(2) 认真听讲

我们在自己的物理知识还不够全面的时候, 要想学好物理知识, 掌握研究方法, 提高自己的能力, 都离不开老师的传授和指导. 在课堂上, 老师系统地讲解物理概念和规律, 指导我们做实验, 组织我们讨论探索新知识, 纠正我们常犯的错误, 解答我们的疑问, 指明学习重点, 还经常点拨思路, 在科学方法的运用上做出良好的示范. 因此, 认真听课是我们学习中少走弯路, 顺利学好物理的保证. 在听课中, 也跟阅读时一样, 不仅要弄清基本知识, 同时还要学习解决物理问题的思路和方法. 从某种意义上讲, 提高思维能力, 掌握研究问题的科学方法, 比掌握知识更重要. 能力提高了之后, 会善于思考和研究问题, 就能灵活运用学过的知识去解决各种实际问题, 这正是我们学习的目的所在. 因此, 在听课时, 不要只是消极地接受老师讲授的知识, 重要的是要积极开动脑筋, 拓展思维, 把精力集中在理解上而不仅是在记忆上.

例如: 物体在水平地面上受到水平力 F 的作用, 在 6s 内的 $v-t$ 图线与 F 做功的 $P-t$ 图线分别如图甲、乙所示, 则物体的质量为 _____ kg, 物体和地面间的动摩擦因数为 _____ (g 取 10m/s^2), 在前 2s 内水平力 F 做的功为 _____ J.

解析: 本题借助两个标图来反映物体在水平地面上的运动过程, 乍一看, 这两个图之间并没有什么联系, 再仔细体会, 我们不难发现: 在 $0\text{s} \sim 2\text{s}$ 内, 从



$v-t$ 图象中得知物体正以 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 3 \text{ m/s}^2$ 做匀加速运动而 $P = F \cdot v = (f + ma)v$, 因为 a 恒定, F 恒定, $P \propto v$, 所以 P 也随着增大, 在

$t = 2 \text{ s}$ 时有: $v = 6 \text{ m/s}$, $P = 30 \text{ W}$, 所以 $f + 3m = 5$. ①

在 $2 \text{ s} \sim 6 \text{ s}$ 内由 $v-t$ 图象知, 物体做匀速运动, 则 $F = f = \frac{P}{v}$, 由 $P-t$ 图象知 $P = 10 \text{ W}$, 则又有

$$F = f = \frac{10}{6} \text{ N} = \frac{5}{3} \text{ N}. \quad \text{②}$$

联立①②可得 $m = \frac{10}{9} \text{ kg}$, $\mu = 0.15$.

水平力 F 做的功我们可以用 $F \cdot s$ 来解. 因为 $F = 5 \text{ N}$, $s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 4 = 6 \text{ (m)}$, 则做功为 30 J . 实际上在 $P-t$ 图象中, 图线与时间轴所围的面积也是表示力 F 做的功, 所以不难看出前 2 s 内做功 (图中画斜线部分) 为 30 J .

由此题可以看出, 有一些题目, 解题时所需的条件有一部分是通过用物理图象的方式直接给出或隐含给出的, 那么就必须从图线的斜率、与轴的交点、与轴所围面积、图线变化趋势等多方面去体会其物理含义. 不同的图象其含义不同, 因此我们不能只死记, 而应重在理解.

(3) 做好笔记

上课以听讲为主, 另外还要做好笔记. 老师总是有许多对课本的补充知识, 但天才也不可能将老师所补充的内容全记住. 请你记住: “看三遍不如读一遍, 读三遍不如写一遍.” 课后还要整理笔记. 一方面是为了“消化好”, 另一方面还要对笔记做好补充. 笔记本不只是记上课时老师讲的, 还要做一些读书摘记. 自己在作业中发现的好题, 好的解法也要记在笔记本上. 就是同学们常说的“好题本”. 辛辛苦苦建立起来的笔记本要进行编号, 以后要经常学、看, 要做到爱不释手, 终生保存.

(4) 规范练习

做练习是学习物理的一个重要环节, 不仅可以加深理解物理概念和规律, 还可以提高思考问题、分析问题和解决问题的能力. 做练习贵在精不在多, 力求弄懂弄通. 做练习时要弄清物理情境, 学会具体问题具体分析, 要有严密的推理过程. 做练习时要思路清晰, 要确定研究对象、建立物理模型、分析物理过程、选择适当物理规律和解法方法.

(5) 做好总结

适时总结, 可以使学过的知识和方法系统化, 而且总结本身也是一种方法训练和能力培养. 每学完一章, 都要进行归纳总结, 建立知识网络, 并逐步体会各知识点的地位、作用, 有利于形成记忆. 每做完一单元练习, 要进行分类总结, 特别是典型问题的解决方法 and 解题心得的总结, 有助于形成解题思路和提高解题技能.

最后, 真诚地希望各位同学通过自己的努力和上述方法的指导, 学好物理这门课.



第1章 功和功率

第1节 机械功

课标三维目标

1. 理解功的概念,会计算功.
2. 通过功的概念及其公式导出的过程,认识物理模型和数学工具在物理学发展过程中的作用.

知识依据

名题诠释

1. 知识·能力聚焦

1. 功的概念

(1) 功的定义:

如果一个物体受到力的作用,并在力的方向上发生了一段位移,我们就说这个力对物体做了功.

(2) 做功的两个因素:力和在力的方向上的位移.

注意:两个因素对于功而言,缺一不可.因为有力不一定有位移;有位移也不一定有力.特别明确说明:力是在位移方向上的力;位移是在力的方向上的位移.如物体在光滑水平面上匀速运动,重力和支持力的方向均与位移垂直,这两个力并不做功.

(3) 功的计算公式: $W = F s \cos \alpha$.

①式中 F 必须是恒力,若是变力,高中阶段一般不用上式求功.

②式中的 s 是物体运动的位移, α 是 F 方向与位移 s 方向的夹角.

③力对物体做功只与 F 、 s 、 α 三者有关,与物体的运动状态及运动形式等因素无关.

④功的单位是焦耳,符号为“J”.

意义:大小为 1N 的力作用在物体上,如果在力的方向上发生的位移为 1m,则该力对物体做了 1J 的功.

注意:功的单位不能写成 $N \cdot m$.虽然在量纲上 $1J = 1N \cdot m$,但它们分别是功和力矩的单位.

(4)功是一个过程量,功所描述的是力在物体沿力的方向发生位移的过程中的积累效应,也可以说是力的空间积累效应.

(5)功是标量,只有大小没有方向,因此合外力的功等于其各力做功的代数和:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$$

(6)物理学中的“做功”与日常生活中的“工作”含义不同.

例如:课本上所说的一位果农把苹果筐挑起来站立不动,则该果农没有做功.当果农挑着苹果筐行走时(不考虑担子重心的上下移动),他没有对苹果筐做功;而在他向高处走时,就对苹果筐做了功.所以力对物体做功必须具备两个要素:力和在力的方向上的位移.

◆【例题1】下列现象中,哪些力做了功().

- A. 人推墙而墙不动时人的推力
- B. 在平直公路上行驶的汽车所受的重力
- C. 马拉车而拉不动时马的拉力
- D. 起重机向上吊起重物时悬绳的拉力

●●● 基础题 ●●● 2009 年广西 ●

【解析】由做功的两要素可知,A 中人有推力但墙没有推力方向上的位移;B 中汽车在重力方向上无位移;C 中马的拉力方向上车无位移;D 中重物在悬绳的拉力方向上通过位移,符合做功的两要素.

【答案】D

◆【点评】力和物体在力的方向上发生的位移是做功的两个不可缺少的因素,有一个条件没满足,物体就没有做功.

◆【例题2】如图 1-1-15 所示,拉力 F 使质量为 m 的物体匀速地沿着长为 L 倾角为 α 的固定斜面的一端向上滑动到另一端,物体与斜面间的动摩擦因数为 μ ,分别求作用在物体上的各力对物体所做的功.

●●● 中等题 ●●● 2009 年大连 ● 图 1-1-15

【解析】(1)拉力 F 对物体所做的功为:

$$W_F = FL$$

由于物体做匀速运动,故:

$$F = mg \sin \alpha + F_2 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha,$$

所以 $W_F = mgL(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$.

即拉力 F 对物体做正功.此拉力 F 一般称为动力或牵引力.

(2)重力 mg 对物体所做的功为:

$$W_G = mgL \cos(90^\circ + \alpha) = -mgL \sin \alpha.$$

重力对物体做负功,即物体克服重力所做的功为 $mgL \sin \alpha$.

(3)摩擦力对物体所做的功为:

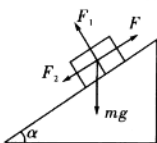
$$W_2 = F_2 L \cos(180^\circ + \alpha) = -F_2 L = -\mu mgL \cos \alpha,$$

即摩擦力对物体做负功.也可以说是物体克服摩擦力做了功 $\mu mgL \cos \alpha$.

(4)弹力 F_1 对物体所做的功为: $W_1 = F_1 L \cos 90^\circ = 0$.

即弹力对物体不做功.

◆【点评】读题时必须分清是哪个力做的功,在解题时一定要注意题目中是求哪个力做的功,正确找出力 F 、位移 s 和夹角 α 的关系.



2. 功的正负

力对物体做正功还是负功,由 F 和 s 方向间的夹角大小来决定.

根据 $W = Fscos\alpha$ 知:

(1) 当 $90^\circ > \alpha \geq 0^\circ$ 时, $cos\alpha > 0$, $W > 0$, 表示动力 F 对物体做正功.

(2) 当 $\alpha = 90^\circ$ 时, $cos\alpha = 0$, $W = 0$, 表示力对物体不做功.

(3) 当 $180^\circ \geq \alpha > 90^\circ$ 时, $cos\alpha < 0$, $W < 0$, 表示阻力 F 对物体做负功. 也可以叫物体克服阻力 F 做功.

一个力对物体做负功,通常说成物体克服这个力做功(取绝对值),两种说法在意义上是相同的,例如质量为 0.5 kg 的物体在做竖直上抛运动,向上运动了 3 m 的过程中,重力对它做功 $mghcos180^\circ = 0.5 \times 10 \times 3cos180^\circ = -15\text{ J}$,可说成物体克服重力做功 15 J (不能说物体克服重力做功 -15 J).

2 方法·技巧平台

3. 对功的进一步理解

(1) 对功的计算公式的理解

功是标量,而力和位移都是矢量,力和位移都可以按矢量法则进行分解,若将 s 沿力的方向和垂直力的方向分解,如图 1-1-1 所示,这时功等于力与位移在力的方向上分量 $s_{\parallel} = scos\alpha$ 的乘积,即 $W = F \cdot scos\alpha$;若将 F 沿位移方向和垂直位移方向分解,如图 1-1-2 所示,这时功等于力在位移方向上的分量 $Fcos\alpha$ 与位移的乘积,即 $W = Fcos\alpha \cdot s$. 不论采用哪种方法,其结果相同.

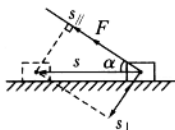


图 1-1-1

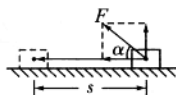


图 1-1-2

① 对作用力 F 的理解:

a. 公式 $W = Fscos\alpha$ 中的力 F 必须是恒力而不能是变力,如果是变力做功则要先求出力的平均值,再用公式求功.

b. 公式 $W = Fscos\alpha$ 中的力 F 指的是被研究的做功的力,不一定指合力,但必须是恒力.

c. 力 F 必须是在所求功的整个过程中始终作用在物体上的力.

② 对物体位移 s 的理解:

a. 位移 s 一般是指物体的位移,有时也指力的作用点的位移(此点对滑轮问题尤为重要).

b. 位移 s 是指物体相对地面的位移(有时也要用到物体之间的相对位移).

c. 对于摩擦力、空气阻力等做的功, s 指的是路程.

③ 对夹角 α 的理解:

a. 夹角 α 是力 F 与位移 s 之间的夹角.

b. 夹角 α 的值在力 F 做功的过程中必须不变.

(2) 功的正负的意义

① 功是标量,所以功的正负不表示方向,也不表示功的

◆【例题 3】如图 1-1-16 所示,一个质量为 m 的木块,放在倾角为 α 的斜面体上,当斜面体与木块保持相对静止沿水平方向向右匀速直线运动距离 s 时,作用在木块上的各个力分别做功多少? 合力的功是多少?

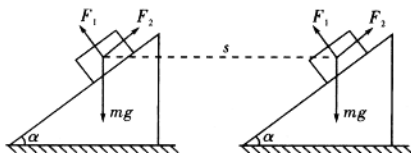


图 1-1-16

●●● 中考试题 ●●● ● 2009 年广东 ●

【解析】木块在水平运动的过程中,作用在木块上共有三个力,重力 mg 、支持力 F_1 、静摩擦力 F_2 ,沿斜面建立直角坐标系将重力正交分解,由于物体相对斜面静止而在水平面上做匀速直线运动,根据力的平衡条件可得

斜面对木块的支持力 $F_1 = mgcos\alpha$,

斜面对木块的静摩擦力 $F_2 = mgsin\alpha$.

支持力 F_1 与位移 s 间的夹角为 $90^\circ + \alpha$,则支持力做的功

$$W_1 = F_1 s cos(90^\circ + \alpha) = -mgscos\alpha sin\alpha,$$

摩擦力 F_2 与位移的夹角为 α ,则摩擦力 F_2 做的功

$$W_2 = F_2 s cos\alpha = mgssin\alpha cos\alpha,$$

重力与位移的夹角为 90° ,则重力做的功

$$W_G = mgscos90^\circ = 0,$$

合力做的功等于各个力做功的代数和,即

$$W = W_1 + W_2 + W_G = -mgscos\alpha sin\alpha + mgssin\alpha cos\alpha + 0 = 0.$$

●【点评】求合力的功时,可以先求合力 $F_{\text{合}}$,再利用 $W = F_{\text{合}} scos\alpha$ 求合力的功,该题中因物体匀速向右运动,故合外力为零,因此 $W_{\text{合}} = 0$.

◆【例题 4】如图 1-1-17 所示,带有斜面的物体 B 放在水平地面上,斜面底端有一重 $G = 2\text{ N}$ 的金属块 A ,斜面高 $h = 15\sqrt{3}\text{ cm}$,倾角 $\alpha = 60^\circ$,用一水平力 F 推 A ,在将 A 从底端推到顶端的过程中, A 和 B 都做匀速运动,且 B 运动的距离 $L = 30\text{ cm}$,求此过程中力 F 所做的功和金属块克服斜面支持力所做的功. 斜面光滑,地面粗糙.

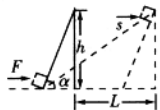


图 1-1-17

●●● 能力题 ●●● ● 2009 年长春 ●

【解析】此题先求出两个力的大小,再由公式 $W = Fscos\alpha$ 求解.

$$F = Gtan\alpha = 2tan60^\circ = 2\sqrt{3}\text{ N}, F_N = G/cos\alpha = 2\text{ N}/cos60^\circ = 4\text{ N}.$$

斜面的水平宽度 $l = h \cdot cot\alpha = 15\sqrt{3}cot60^\circ\text{ cm} = 15\text{ cm}$,由勾股定理得 F 的作用点的位移 $s = \sqrt{h^2 + (l+L)^2} = 30\sqrt{3}\text{ cm}$, F 与 s

的夹角设为 α_2 ,则 $tan\alpha_2 = \frac{h}{L+l} = \frac{\sqrt{3}}{3}$,知 $\alpha_2 = 30^\circ$,知力 F 做的功 $W_1 = Fscos\alpha_2 = 2\sqrt{3} \times 30\sqrt{3} \times 10^{-2} \times cos30^\circ\text{ J} = 1.56\text{ J}$. 而 F_N 与 s 的夹角 $\alpha_1 = 90^\circ + (\alpha - \alpha_2) = 90^\circ + (60^\circ - 30^\circ) = 120^\circ$,故力 F_N 做的功 $W_2 = F_N s cos120^\circ = 4 \times 30\sqrt{3} \times 10^{-2} \times cos120^\circ\text{ J} = -1.04\text{ J}$.

说明金属块克服支持力做的功为 1.04 J .



大小,比较功的大小时,要看功的绝对值,绝对值大的做功多,绝对值小的做功少。例如: -15J 的功比 5J 的功大。

②正负功的含义

a. 正功: 做功的力对物体的运动起推动作用, 做功的效果是使物体的能量增加。

b. 负功: 做功的力对物体的运动起阻碍作用, 做功的效果是使物体的能量减少。

(3)判断某力对物体是否做功的方法

判断一个力对物体是否做功, 可根据该力和物体位移方向的夹角是否为 90° , 或力与物体速度方向的夹角是否总是 90° 来确定。例如, 如图 1-1-3 所示, 斜面体 a 放在光滑水平桌面上, 物体 b 由光滑斜面的顶端从静止开始滑下, 由题意可知物体 b 下滑的同时, 斜面体 a 将沿桌面向右运动; 由图可知, 物体 b 所受斜面的弹力 N 虽然垂直斜面, 但它与物体 b 的位移 s 的夹角大于 90° , 所以弹力 N 对物体 b 做负功。

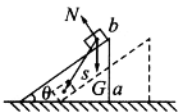


图 1-1-3

(4)几个力的总功的求法

总功的求法: 对物体在几个力的共同作用下发生一段位移 s 时, 若这几个力分别做的功为 $W_1, W_2, W_3 \dots$ 这几个力的合力为 $F_{\text{合}}$, 则求这几个力的总功 $W_{\text{总}}$ 有两种方法:

①总功等于每个力做功的代数和, 即 $W_{\text{总}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$ (注意各个力的功的正负)。

②总功等于合力所做的功, 即 $W_{\text{总}} = F_{\text{合}} s \cos \alpha$ 。

(5)功的计算

①恒力做功的计算

对于恒力做的功, 通常利用功的公式 $W = F s \cos \alpha$ 进行计算。例如计算拉力 F 对沿水平面做直线运动的物体所做的功。

②求变力做功的方法: 把位移分段成足够小, 每小段上变力可当作恒力, 把力在各小段上所做的功加在一起, 就等于变力在整个过程中所做的功。

方法 1: 如果力的大小随位移是线性变化的力, 则 $W = \bar{F} s \cos \alpha$, $\bar{F} = \frac{F_1 + F_2}{2}$, 而 F_1, F_2 分别为初、末状态的力。

方法 2: 将变力做功转换成恒力做功 (转换研究对象的方法)。

【例题】某人利用图 1-1-4 所示的装置, 用 100N 的恒力 F 作用于不计质量的细绳的一端, 将物体从水平面上的 A 点移到 B 点。已知 $\alpha_1 = 30^\circ, \alpha_2 = 37^\circ, h = 1.5\text{m}$ 。不计滑轮质量及绳与滑轮间的摩擦, 求绳的拉力对物体所做的功。

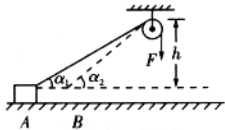


图 1-1-4

【解析】绳对物体的拉力虽然大小不变, 但方向不断变化, 所以, 不能直接根据 $W = F s \cos \alpha$ 求绳的拉力对物体做的功。由于不计绳与滑轮的质量及摩擦, 所以恒力 F 做的功和绳的拉力对物体做的功相等。本题可以通过求恒力 F 所做的功求绳的拉力对物体所做的功。由于恒力 F 作用在绳的端点, 需先求出绳的端点的位移 s , 再求恒力 F 的功。由几何关系知, 绳的端点的位移为:

【点评】功的计算公式中的位移 s 应为力的作用点的实际位移, 应根据实际情况分析, 且在此题中, 金属块的位移应是相对于地面的位移, 斜面对物体的支持力与位移并不垂直。

◆【例题 5】如图 1-1-18 所示, 滑轮和绳的质量及摩擦力不计, 用力 F 开始提升原来静止的质量为 $m = 10\text{kg}$ 的物体, 使其以大小为 $a = 2\text{m/s}^2$ 的加速度匀加速上升, 求前 3s 内力 F 做的功 (g 取 10m/s^2)。

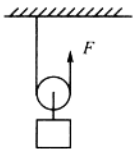


图 1-1-18

●●●能力题●●●

● 2009 年天津 ●

【解析】物体受到两个力的作用, 拉力 F'

和重力 mg , 由牛顿第二定律得, $F' - mg = ma$,

所以 $F' = ma + mg = (10 \times 2 + 10 \times 10)\text{N} = 120\text{N}$ 。

则力 $F = \frac{1}{2} F' = \frac{1}{2} \times 120\text{N} = 60\text{N}$ 。

物体在上升后的 3s 内的位移为

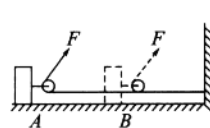
$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2\text{m} = 9\text{m}。$$

力 F 的作用点为绳的端点, 而在物体发生 9m 的位移过程中, 绳的端点位移为 $2s = 18\text{m}$ 。

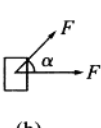
因此, 力 F 做的功为 $W = F \cdot 2s = 60 \times 18\text{J} = 1\ 080\text{J}$ 。

【点评】利用 $W = F \cdot s$ 求滑轮组中力 F 做的功时, 要注意其中 s 必须是 F 作用点的位移。

◆【例题 6】质量为 m 的物体放在光滑的水平面上, 绳子经滑轮与水平方向成 α 角、大小为 F 的力拉物块, 如图 1-1-19 所示, 将物体由 A 点拉至 B 点, 前进 s , 求外力对物体所做的总功。



(a)



(b)

图 1-1-19

图 1-1-20

●●●能力题●●●

● 2009 年上海 ●

【解析】当物体在水平方向移动 s 时, 则力 F 需将绳拉过 s 长度, 力 F 的作用点既有水平方向位移, 又有沿绳方向的位移, 其合位移 $s_{\text{合}}$ 方向由 C 指向 D , 如图 1-1-20(a) 所示, $s_{\text{合}} = 2s \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$, 由功的定义式得 $W = F s_{\text{合}} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = F s (1 + \cos \alpha)$, 或者画出物体的等效受力图如图 1-1-20(b) 所示, 由合力的功等于各分力功的代数和得

$$W = F \cdot s + F \cdot s \cos \alpha = F \cdot s (1 + \cos \alpha)。$$

【点评】当牵引动滑轮的两根细绳不平时, 若将此二力合成一个恒力再计算这个恒力的功, 则计算过程较复杂。但若等效为两个恒力功的代数和, 将使计算过程变得非常简便。

◆【例题 7】一立方体木块, 边长 0.2m , 放在水池中, 恰有一半浮出水面且处于静止状态, 若池深 1m , 用力将木块慢慢推至池底, 在这一过程中必须对木块做多少功?

●●●能力题●●●

● 2009 年桂林 ●

【解析】将木块推至池底的过程可分为两个阶段。



$$s = \frac{h}{\sin 30^\circ} - \frac{h}{\sin 37^\circ} = 2h - \frac{5}{3}h = \frac{1}{3}h = 0.5 \text{ m}.$$

在物体从 A 移到 B 的过程中,恒力 F 做的功为

$$W = Fs = 100 \times 0.5 \text{ J} = 50 \text{ J}.$$

所以,绳的拉力对物体做的功为 50J.

方法 3:微元法求变力功

对于变力做功,不能直接用 $W = Fscos\alpha$ 进行计算,但是我们可以把运动过程分成很多小段,每一小段内可认为 F 是恒力,用 $W = Fscos\alpha$ 求出每一小段内力 F 所做的功,然后累加起来就得到整个过程中变力所做的功.这种处理问题的方法称为微元法,这种方法具有普遍的适用性.但在高中阶段主要用于解决大小不变、方向与运动方向相同或相反的变力的做功问题.

③能量转化类功的计算

对于能量转化类功的计算,通常利用功能转化关系式进行计算.例如计算人抛出石块所做的功(在后面会学到).

值得说明的是,功是过程量,功的数值通常与具体的过程有关,过程不同,功的数值也不相同.

④利用力—位移图象可求功.如图 1-1-5 所示表示恒力的力—位移图象,纵坐标表示力 F 在位移 s 方向上的分量,功 W 的数值等于直线下方画有斜线部分的面积.如图 1-1-6 所示表示变力的力—位移图象,曲线下方画有斜线部分的面积就表示变力所做的功.

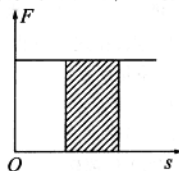


图 1-1-5

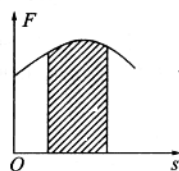


图 1-1-6

【例题】用质量为 5kg 的均匀铁索从 10m 深的井中吊起一质量为 20kg 的物体,在这个过程中至少要做多少功?(g 取 10 m/s^2)

【解析】“至少要做多少功”的含义是作用在物体上的拉力等于物体的重力,使重物上升,如果不计铁索的重力,那么问题就容易解决.

$$W = Mgh = 20 \times 10 \times 10 \text{ J} = 2000 \text{ J}.$$

但是现在还要计铁索的重力,作用在物体和铁索上的力至少应等于物体和铁索的重力,但在拉吊过程中,铁索长度逐渐缩短.因此,拉力也在逐渐缩小,即拉力是一个随距离变化的变力,以物体在井底开始算起,我们可以写出拉力随深度 h 变化的关系:

$$F = Mg + \frac{mg}{10}(10 - h) = 250 - 5h, 0 \leq h \leq 10.$$

即力随距离线性变化,这是一个变力的功的问题,利用 F-h 图求解.

画拉力的 F-h 图象如图 1-1-7 所示,拉力的功用图中梯形面积来表示.

$$W = \frac{200 + 250}{2} \times 10 \text{ J} = 2250 \text{ J}.$$

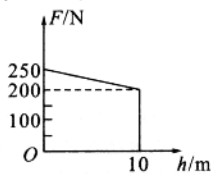


图 1-1-7

第一阶段:将木块全部压入水中,这一过程由于浮力变化,因而所施的力也是变化的,这是变力做功过程,所施外力由 0 随深度线性增大到 $\rho gV - G$ (式中 ρ 为水的密度),由题意知 $G = \rho g \frac{V}{2}$,所以 $\rho gV - G = 2G - G = G$,这一段位移为 0.1m,可以写出关系式 $F_1 = \rho gSx (0 \leq x \leq 0.1 \text{ m})$.

第二阶段:由于水对木块浮力保持不变,因此所施的力也保持 G 值不变,这是一个恒力做功的过程,这一段的位移为 0.8m.

$$\text{木块的重力 } G = \rho g \frac{V}{2} = 1 \times$$

$$10^3 \times 10 \times \frac{0.2^3}{2} \text{ N} = 40 \text{ N}.$$

作出整个过程的 F-x 图象,

如图 1-1-21 所示,梯形面积即为变力做的功

$$W = \frac{0.8 + 0.9}{2} \times 40 \text{ J} = 34 \text{ J}.$$

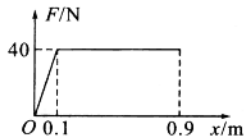


图 1-1-21

【点评】利用图象法求变力做功的关键是分析力与位移的关系,作出 F-s 图象,求其所围面积.

【例题 8】如图 1-1-22 所示,一辆拖车通过光滑的定滑轮将一重力为 G 的物体匀速提升,当拖车从 A 点水平移动到 B 点时,位移为 s,绳子由竖直变为与竖直方向成 θ 的角度,求拖车对重物所做的功.

●●●基础题●●● 2009 年江苏

【解析】在该题中,求拖车对物体所做的功,实质上就是求拖车对绳子所做的功,而绳子对重物做功,绳子拉重物的位移的大小等于后来绳长 OB 减开始时的绳长 OA,即:

$$l = \frac{s}{\sin\theta} - s \cos\theta = \frac{(1 - \cos\theta)s}{\sin\theta}.$$

以重物为研究对象,由于重物在整个过程中做匀速运动,所以绳子的拉力 $T = G$,所以拖车对重物所做的功为:

$$W = \frac{Gs(1 - \cos\theta)}{\sin\theta}.$$

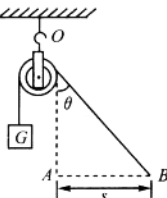


图 1-1-22

【点评】若用功的定义式 $W = Fscos\theta$ 时,s 是指物体的位移,当 F 的大小和方向不变时可以直接利用该式进行计算,但是在该题中,拖车的作用力和物体位移的夹角不断发生变化,不属于恒力做功的情况,显然不能直接利用定义式来求.可以利用等效替代法转化为恒力做功的情况.

【例题 9】用水平拉力,拉着滑块沿半径为 R 的水平圆轨道运动一周,如图 1-1-23 所示,已知物块与轨道间动摩擦因数为 μ ,物块质量为 m,求此过程中摩擦力做的功.

●●●能力题●●● 2009 年湖北

【解析】由题意知,物体受的摩擦力在整个过程中大小 $F = \mu mg$ 不变、方向时刻变化,是变力.但是我们把圆周分为无数个小微元段,每一小段可近似成小直线,从而摩擦力在每一小段上方向不变,每一小段上可用恒力做功的公式计算,然后各段累加起来,便可求得结果.把圆轨道分成 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ 等小微元段,摩擦力在每一段上为恒力,则在每一

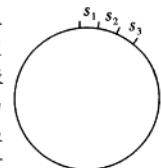


图 1-1-23