

国家级示范高中



启东中学内部讲义 理科综合教程



江苏省启东中学是国家级示范高中，近年来，全校高考成绩始终在全省乃至全国处于领先地位。在2001年高考中，全校理科生平均分为597.12，文科生平均分为593.40，分列江苏省第三和第一位；全校本科上线率达99.6%，重点大学的上线率达96.9%，列江苏省第一位；学校的一个班中，有12名同学考取清华大学，3名同学考取北京大学，该班高考平均分高达646分，列全国第一；全校有39人列入教育部公布的2001年保送生名单，遥遥领先于全国所有重点中学。

丛书主编 / 启东中学校长 王生

奥林匹克



中国大百科全书出版社

江南大学图书馆



90877039

启东中学内部讲义

理科综合教程

Li Ke Zong He Jiao Cheng

《启东中学内部讲义》编委会

丛书主编:王生 (江苏省启东中学校长兼党总支书记、特级教师、教育管理博士)

丛书副主编:王安平 (江苏省启东中学党总支副书记)

黄炳勋 (江苏省启东中学副校长)

钱宏达 (江苏省启东中学副校长)

徐慕家 (江苏省启东中学党总支副书记)

丛书执行主编:张国声 (江苏省启东中学教育科学研究室副主任)

丛书编委:王生 王安平 黄炳勋 钱宏达 徐慕家 杨正杰 陈杰 陈仲刘

黄菊 卢卫忠 黄祥 范小辉 沈平 陆斌 汤宏赫 张国声

顾云松 邢正贤 邢标 吴伟丰 陈允飞 谢光明 邱志明 曹瑞彬

本册主编:钱宏达 范小辉 王建忠 陈允飞

本册副主编:李云辉 赵绩殊

本册编委:钱宏达 范小辉 王建忠 陈允飞 李云辉 赵绩殊

(以上作者分别为江苏省启东中学各学科特高级教师及奥赛金牌教练)

* * * * *

丛书总编:毛文凤 (华东师范大学哲学博士)

中国大百科全书出版社

图书在版编目(CIP)数据

启东中学内部讲义·理科综合教程/王生主编. -北京:中国大百科全书出版社,2002. 1

ISBN 7-5000-6515-9

I. 理… II. 王… III. 理科(教育)-课程-高中-升学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 082067 号

责任编辑:林建敏

封面设计:可 一

启东中学内部讲义
理科综合教程

*

中国大百科全书出版社出版发行

<http://www.ecph.com.cn>

(北京阜成门北大街 17 号 邮编:100037)

安徽芜湖金桥印刷有限责任公司印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 17.5 字数 260 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

印数:1-10,000 册

ISBN 7-5000-6515-9/G·413

定 价:19.50 元

“3+X”是我国高校招生考试制度改革的重要举措，这一举措在考试内容上突出了对学生能力和综合素质的考查。这一改革的根本目的是为了全面推进以德育为核心，以创新精神和实践能力培养为重点的素质教育，从而减轻学生过重负担，提高教学质量和效果。

教学质量是怎么来的？教学质量是在教学过程中产生的，备课、上课、作业、辅导、复习、考查等若干教学环节，环环相扣组成教学单元；若干教学单元首尾相接组成一定的教学周期；若干教学周期循环往复，螺旋上升，构成完整的教学过程。我们这套高考复习资料就是从如何进一步地提高教学质量入手，配以我校广大教师对新高考模式的深入研究编写的，因而具有极强的针对性、指导性、实战性。

近几年来，江苏省启东中学全面贯彻党的教育方针，把“坚持全面发展，培养特色人才，为学生的终身发展奠基”作为自己的办学理念，积极实施素质教育，教育教学工作一年一个新台阶，创造出一个又一个让世人瞩目、使国人鼓舞的辉煌业绩。学校连续多年在全国数、理、化、生等学科竞赛中独占鳌头，高考本科上线率接近100%，其中重点大学上线率超过95%。继去年我校创造了一个班有10名同学考取清华大学的奇迹后，2001届高三取得的成绩更是令人惊叹不已：一个班有12名同学考取清华大学，3名同学考取北京大学，班高考平均分达646分；在教育部公布的今年符合保送条件的学生名单中，我校以39人遥遥领先于全国所有重点中学；2001届全校理科均分597.12，文科均分593.40，比省平均线高出97.12分和113.4分，分别列全省第三、第一，本科上线率达99.6%，其中重点大学上线率达96.9%。

2001年7月上旬，从土耳其安塔利亚市和美国华盛顿分别传来喜讯，在刚刚结束的第32届国际中学生物理奥林匹克竞赛和第42届国际中学生数学奥林匹克竞赛中，我校高三学生施陈博和陈建鑫双双夺得金牌；这是我校继毛蔚、陈宇翱、蔡凯华、周璐同学在国际中学生学科竞赛中夺得两金两银之后，在素质教育中取得的又一丰硕成果，三年取得“四金二银”的优秀成绩，为我校教育创下新的辉煌。

在实行高校招生制度改革的过程中，更新教学资料、改革教学方法、探索教学模式、提高教学质量是摆在广大教育工作者面前的一项重要而紧迫的工作。为此，我们组织学校一线教师系统整理编写了这套高考一、二、三轮复习资料，该套资料全面总结了我校近几年来高三一线教师教学方面的智力成果，较好地应答了在新的高考形势下，如何提高学生的知识水平、能力水平和素质水平。总结这些经验，将会使名校的教育资源在更大范围内得以推广和利用，同时也方便了很多一直向我校索要试卷及资料的其他兄弟学校。因此，这套丛书的编写工作，我觉得很有意义。

全套资料按高三的教学和复习进度，分成一、二、三轮，其中每轮又分语文、数学、英语、政治、历史、地理、物理、生物、化学、文科综合、理科综合和文理大综合等分册。各册编写教师经过不断推敲，反复斟酌，认真梳理，努力使各分册从形式到内容都适应高考的要求。全套资料从培养学生创新能力和实践能力出发，精编、精选、精析了大量试题，其中包括了我们学校这么多年来之所以取得骄人战绩的“内部原创题”，现在我们把这些经验和“秘笈”毫无保留地奉献出来，希望它们能成为广大考生叩开大学之门的成功法宝。

最后，我们由衷地企盼这套由我们学校第一次正式出面组织编写的高考复习资料能对广大备考师生有所裨益，同时也希望广大师生多提宝贵意见和建议，我们将及时修订改正，推陈出新，奉献社会。

(作者系江苏省启东中学校长兼党总支书记、特级教师、教育管理博士)

编写说明

从20世纪50年代开始,世界各国都在进行课程改革,出现了跨学科开设综合课程的趋势,努力改变以学科为中心的课程设置。20世纪70年代,美国出现了跨学科的综合课程——“科学—技术—社会”(STS)。20世纪80年代,英国、美国、韩国相继开设自然科学、社会研究和语言艺术等综合性课程。我国在20世纪80年代初也开始了STS教育的理论和实践研究,2001年8月教育部在《中国全民教育发展国家报告》中进一步强调开设综合课程、开展综合主题活动和学科的淡化,构建综合性课程体系,以培养综合型人才、创新型人才。

在这样一种国内外宏观背景下,2002年全国各省市自治区高考将全部进入“3+X”模式,这一举措突出了对学生综合能力和综合素质的考查,强调教育目标由单一性(知识型或智能型)向综合性(注重整体素质)方向发展。

为了适应这一变化,我们编写《启东中学内部讲义·理科综合教程》一书,该书涵盖了物理、化学、生物、历史、地理、思想政治等6门学科,着眼于加强学科内容与现实生活的联系,提高学生运用基础知识分析与解决问题的能力。

应该说,该书对广大高中学生参加文理大综合的考试及在推进中学开展研究性学习活动方面提供了一套较好的教学参考资料。

由于我们水平有限,本书中定有许多不足和疏漏之处,恳请广大读者提出批评和修改意见。



目 录

第一章 物理学科与理科综合训练	/1
专题一 力学与理科综合训练	/2
专题二 电学与理科综合训练	/14
专题三 热学与理科综合训练	/26
专题四 光学与理科综合训练	/37
专题五 原子物理学与理科综合训练	/50
第二章 化学学科与理科综合训练	/63
专题六 基本概念、基础理论与理科综合训练	/64
专题七 元素及其化合物与理科综合训练	/75
专题八 有机化学与理科综合训练	/86
专题九 化学实验与理科综合训练	/98
专题十 化学计算与理科综合训练	/111
第三章 生物学科与理科综合训练	/122
专题十一 生物的基本结构(细胞)与理科综合训练	/123
专题十二 生物体新陈代谢与理科综合训练	/135
专题十三 生殖、发育和生命活动调节与理科综合训练	/153
专题十四 遗传变异和生物进化与理科综合训练	/167
专题十五 生态学与理科综合训练	/183
第四章 “理科综合”测试题的解题方法	/199
第五章 加强建模训练 提高综合能力	/202
第六章 高考理科综合能力测试模拟试卷	/207
第一套 高考理科综合能力测试模拟试卷(一)	/207
第二套 高考理科综合能力测试模拟试卷(二)	/213
第三套 高考理科综合能力测试模拟试卷(三)	/220
第四套 高考理科综合能力测试模拟试卷(四)	/226
第五套 高考理科综合能力测试模拟试卷(五)	/232
第六套 高考理科综合能力测试模拟试卷(六)	/239
参考答案与解题提示	/245



第一章 物理学科与理科综合训练

【本章导言】

理科综合题以科学问题、自然现象、社会发展的热点与焦点为出发点,以中学所学的理、化、生等内容为知识载体,将多学科知识点渗透、交叉、综合而成的一种新型题。它强调自然科学知识间的纵横联系,强调理论与实际的结合,学以致用;强调人与自然、社会协调发展的现代意识;拓展学生的知识面,注重对学生现代意识、综合能力的培养;以知识立意和能力立意,转变传统的封闭的学科观念,更有利于中学实施素质教育,引导学生全面掌握中学阶段相应的基础知识、基本技能,并形成较强的综合分析能力。

物理学科是一门重要的基础学科,物理学科内的综合试题多以现实生产、生活、科学技术中的物理问题立意命题,其热点有:动力关系中牛顿定律的应用、能量关系与动量关系、万有引力与宇宙探测、光的传播与光纤、激光、电磁原理与实际应用、静电超导与高新材料、原子理论与核技术应用、近代物理与高新技术应用、自然现象与日常生活问题(如闪电、台风、音响、辐射)等。这样的命题有助于引导学生用书本知识分析实际问题,提高实践能力,开拓学生的科技视野,全面提高学生的综合素质。

物理与化学的渗透与融合,主要体现在:自然现象与环境保护、电学与电化学(联系点是电子得失、电解、电镀)、能量转换与热化学(做功、热传递等)、气体性质与气体反应(联系点是压强、温度、体积)、力学原理与化学现象、原子结构与性质、放射性在化学中的应用、温室效应与人类生存、物质的物理性质与化学性质、现代科技中物理与化学间的联系(如液晶原理中有机分子在通电加热时伴有独特的光现象、激光影响化学反应、红外线紫外线的应用、新能源与新材料)等。

物理与生物学的渗透与融合,主要体现在:体育杂技与人体功能、生物电与人体辐射、地磁场对生物体的影响、B超和CT等医学手段、血压功率与生理机能、放射性示踪原子与生物效应、仿生学与宇宙生物学原理、生理运动及光合作用中的能量转化、视觉效应与生物间的信息传递等。

自然界是一个统一体,因此自然科学的分科不是绝对的,而是互相联系、互相渗透的。各科课程之间又应互相联系、互相配合和互相渗透。物理学的许多重要研究方法(如:模拟等效法、整体隔离法、分解合成法、临界分析法、假设推理法和图像探究法等)具有通用性和普遍性,可以迁移到理科综合题的分析中,对理科综合题的求解起重要的借鉴作用;以物理方法入手,联系其他学科知识,有利于培养学生分析和解决理科综合题的能力。

专题一 力学与理科综合训练

一、力学与其他学科知识考点的渗透、综合点

表一

本专题知识考点	跨学科渗透契合点	示 例
受力分析, 物体的平衡, 直线运动的研究, 牛顿运动定律, 动力关系的分析研究, 力矩	人体骨骼、肌肉结构中的力学原理, 体育运动与生理过程; 化学现象中的力学原理	各种体育运动项目分析, 喷泉原理, 血沉计算
曲线运动, 万有引力与天体运动, 碰撞中的动量守恒, 动量定理的应用, 平抛运动	天体运动的分析, 宇宙探索及天体组成成分研究, 宇宙生物学问题研究, 彗星与星球的碰撞, 航天器的运动	天体运动, 卫星的发射与回收, 超失重现象, 太阳日计算, 黑洞求解
功和功率, 动能定理, 机械能守恒, 重力做功与重力势能的变化, 能量转换关系分析	机械能与其它能的转化分析, 生物现象与化学变化中能量关系研究, 生物能、化学能与机械能、内能间的相互转化	动物的动能, 心脏功率, 生理过程中的能量转化
振动现象的分析, 波动研究, 波的干涉和衍射, 受迫振动与共振现象, 声波的特殊应用	生物体的振动曲线分析, 噪音, 超声波与次声波的应用, 仿生学中的物理与生物原理	B超, 噪声的危害与防治, 仿生学问题, 心电图

二、学习方法指导

力学是整个物理学的基础,也是整个自然科学的基础。力学的重要规律有:力的独立作用原理,牛顿运动定律,物体的平衡条件,直线运动与曲线运动的规律,振动与波动的规律,动能定理与功能关系,动量定理与动量守恒定律,机械能守恒等。力学的重要研究方法有:选取理想化模型和过程,隔离法和整体法,矢量运算和图像法,探索解析法及寻求守恒量等。物体的运动状态决定于力的作用效果,可从瞬时效果、时间累积效果和空间累积效果三个角度研究,分别应用动力关系、功能关系及动量与冲量关系三方面的规律求解。对力学部分的理科综合问题,要明确以牛顿运动定律为核心的知识整体结构,深刻理解以力、速度、加速度、质量、动量、动能等为主干的重要概念,掌握各力学规律间的区别和内在联系;要注意从力的角度研究牛顿定律和动量定律的应用,从能的角度研究动能定理和机械能守恒定律的应用,从研究对象、适用范围、成立条件、矢量化等方面加深对相关知识的理解;要理论联系实际从多角度考虑问题,分析力学知识在化学、生物学中的应用,训练发散思维,灵活应用所学知识求解相关实际问题。

三、综合例释

(一)学科内综合例释

【例1】逆风行船与风能利用问题:当风迎着船前进的方向吹来时,可以采用锯齿形的路线(图1-1a)使船逆风前进。1975年《科学美国人》杂志上报导了S. Matin 研制成的模型船(图1-1b),船上装有一个直径20cm的多叶螺旋桨(风车),直接带动直径为2.5cm的水中螺旋桨。船体是用两部分并联的双体船,轴用滚珠轴承支撑,与水平面成大约 22° 角。当用一般家用电扇的风迎面去吹这只船时,风车便开始转动并带动船逆风运动起来。

- (1)对图1-1a简要说明其原理。
- (2)上述方法虽然理论上可行,实际效率是很低的,说明其原因。

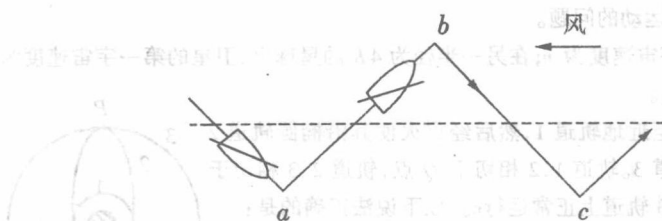


图 1-1a

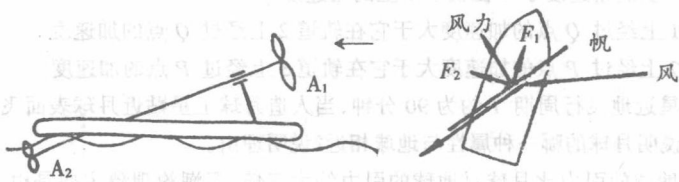


图 1-1b

图 1-1c

(3) 对图 1-1b 模型, 设船质量为 M , 原来静止, 受风吹后在 Δt 时间内获得速度 v , 且每秒吹在风车上的风量为 m_1 , 风经过风车后, 速度由 v_1 降到 v_1' ; 原来静止的水在螺旋桨搅动下, 每秒排出的水量 m_2 , 速度 v_2 。(水的密度比空气大, $m_2 \gg m_1$)。

试应用动量守恒和能量守恒原理对此模型作一简单的分析, 并说明逆风行船的条件。

【解析】(1) 这主要是力的分解问题, 吹向帆面的风力产生一个垂直于帆面的压力 (图 1-1c), 它沿船身方向及垂直船身方向的分力分别是 F_1 及 F_2 , F_1 使船前进, F_2 使船横向漂移, 但由于船的横向阻力很大, 这个力只产生很小的漂移。船只要在 a 、 b 、 c 各点改变方向, 同时转动帆的方位, 便可沿锯齿形路线前进了。

(2) 上述方法中用锯齿形路线使运行时间加长, 而且还要不断地在转折点改变船身及帆的方位 (难以把握), 船的质量 (惯性) 一般较大, 在各转折点较难及时地改变运行方向, 故这种方法的实际意义是不大的。

(3) 图 1-1b 讨论的是风吹船, 船又浮在水面上, 水参与了这一系统的相互作用, 这是逆风行船的关键。风使风车转动, 带动水下的桨叶转动, 桨叶将水推向后方, 使船获得一前进的反作用力。

由动量守恒定律, Δt 内船获得的总动量为

$$Mv = m_2 v_2 \Delta t - m_1 (v_1 - v_1') \Delta t \quad (1)$$

只要水带走的动量比风失去的动量大, 船便可以逆风前进。

再分析在满足动量守恒的条件下, 能否满足能量守恒的条件? 即要求船和水增加的动能等于或小于风所失去的动能

$$Mv^2/2 + m_2 v_2^2 \Delta t / 2 \leq m_1 v_1^2 \Delta t / 2 - m_1 v_1'^2 \Delta t / 2$$

为了保证上式成立, 起码应该使水获得的动能小于风所失去的动能, 即

$$m_2 v_2^2 < m_1 (v_1^2 - v_1'^2) \quad (2)$$

从上两式可以看出, m_2 和 v_2 增大可以使动量条件容易满足, 但使能量条件不容易满足。在动量条件中 m_2 和 v_2 都是以一次方出现的, 在能量条件中, m_2 是以一次方, v_2 是以 2 次方出现的, 如果明显加大 m_2 , 适当减小 v_2 , 水带走的动量增加了, 而水带走的能量并不增加, 这就使得动量条件和能量条件得以同时满足。由于 m_2 比 m_1 大得多, 而桨叶排水的速度却不一定很快, 这正是这种逆风行船符合力学原理的关键。可以设想: 用风螺旋桨带动车轮的转动, 轮子通过摩擦力和地面作用, 也可以使车子顶风前进。

【答案】见解析。

【评述】本题分析在逆风条件下如何应用风能使船前进这一实际问题, 必须弄清题述两类模型的区别及影响船前进的本质因素, 对图 1-1b 模型要挖掘题中的隐含条件, 构思清晰的物理情景, 充分应用能量条件和动量条件来求解。

【例2】分析下列有关地球卫星和天体运动的问题。

(1) 已知地球半径为 R , 其卫星第一宇宙速度为 v ; 在另一半径为 $4R$ 的星球上, 卫星的第一宇宙速度为 $2v$, 则地球密度与该星球密度之比为_____。

(2) 发射同步卫星时, 先将卫星发射至近地轨道 1, 然后经点火使其沿椭圆轨道 2 运行, 最后再次点火, 将卫星送入同步轨道 3。轨道 1、2 相切于 Q 点, 轨道 2、3 相切于 P 点, 如图 1-2 所示。当卫星分别在 1、2、3 轨道上正常运行时, 以下说法正确的是:

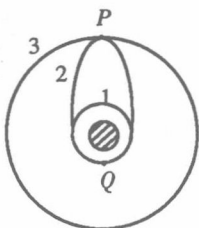


图 1-2

- A. 卫星在轨道 3 上的速率大于在轨道 1 上的速率
 B. 卫星在轨道 3 上的角速度小于在轨道 1 上的角速度
 C. 卫星在轨道 1 上经过 Q 点的加速度大于它在轨道 2 上经过 Q 点的加速度
 D. 卫星在轨道 2 上经过 P 点的加速度大于它在轨道 3 上经过 P 点的加速度

(3) 人造地球卫星近地飞行周期 T 约为 90 分钟, 当人造月球卫星贴近月球表面飞行时, 其周期 T' 与 T 相差不多, 上述结论说明月球的哪一种属性与地球相近? 说明理由。

(4) 已知太阳对地球的引力比月球对地球的引力约大三倍, 但潮汐现象主要是由于月球的作用而非太阳的作用, 说明其中的道理。

(5) 人造地球卫星、宇宙飞船、航天飞机进入轨道后, 其中的人和物将处于失重状态, 设想一下人类能够利用失重的条件做些什么呢?

(6) 1999 年 11 月 20 日, 我国发射了“神舟号”载人飞船, 次日, 载人舱着陆, 实验获得成功。载人舱在将要着陆之前, 由于空气阻力作用有一段匀速下落过程, 若空气阻力与速度的平方成正比, 比例系数为 K , 载人舱的质量为 M , 则此过程中载人舱的速度为_____。

【解析】(1) 由牛顿定律: $GMm/R^2 = mv^2/R$ 得第一宇宙速度与行星密度及星球半径的关系式为:

$$v^2 = GM/R \approx RR^2 \text{ 再利用比例式}$$

$$v^2/(2v)^2 = RR^2/R'(4R)^2$$

得密度之比为 $R/R' = 4/1$ 。

(2) 卫星在 1、3 轨道上作圆周运动, 由 $GMm/R^2 = mv^2/R$ 可知速度 $v_3 < v_1$, 根据 $v = \omega R$ 易得角速度 $\omega_3 < \omega_1$, 无论卫星沿轨道 1 经过 Q 点, 还是沿轨道 2 经过 Q 点, 因它们离地球的距离相等, 故在 Q 点的万有引力相等, 由牛顿第二定律可知, 卫星在两种轨道上经过 Q 点时的加速度相等。同理, 卫星在轨道 2 上经过 P 点时的加速度等于在轨道 3 上经过 P 点时的加速度。正确答案为 B。

(3) 当卫星绕天体近地飞行时, 由 $GMm/R^2 = 4\pi^2 R/T^2$, 得密度 $\rho = 3\pi/GT^2$; 由此可知月球的密度与地球相近。

(4) 潮汐现象主要是由于天体(月球)对整个地球及对地球表面物体(水)分别产生的加速度差 Δa 形成的, 设天体质量为 M , 距地球中心为 r , 地球半径为 R , 则: $\Delta a = GM/(r-R)^2 - GM/r^2$ 计算表明, 由月球产生的 Δa 比由太阳产生的 Δa 约大三倍。

(5) 在失重条件下, 融化了的金属液滴, 形状绝对呈球形, 冷却后可能成为理想的滚珠。玻璃纤维(一种很细的玻璃丝, 直径为几十微米)是现代光纤通信的主要部件, 在地面上不可能制造很长的玻璃纤维, 因为没等到液态的玻璃丝凝固, 由于它受到重力, 将被拉成小段, 而在太空的轨道上, 将可以制造出几百米长的玻璃纤维。在太空的轨道上, 可以制成一种新的泡沫材料——泡沫金属。失重条件下, 在液态的金属中通以气体, 气泡将不“上浮”, 也不“下沉”, 而是均匀地分布在液态金属中, 凝固后就成为泡沫金属, 这样可以制成轻得像软木塞似的泡沫钢, 用它作机翼, 又轻又结实; 同样的道理, 在失重条件下, 混合物可以均匀地混合, 由此可以制成特种合金。

(6) 载人舱将要着陆之前是在作匀速运动, 且它只受重力和空气阻力(与速度的平方成正比)两个力作用, 由平衡力的性质得: $Mg = f = Kv^2$, 由此求得运动速度 v 。

【答案】(1)4:1(2)B(3)密度(4)、(5)见解析(6) $\sqrt{Mg/K}$

【评述】地球卫星与天体运动的分析是人类认识宇宙、探测宇宙的第一步。解题时必须正确应用万有引力定律和牛顿第二运动定律,研究各物理量间的相关因素,并充分应用比例关系分析求解。本题第(4)、(5)小题为开放式问题,要求学生能综合应用所学知识,分析潮汐现象的成因,研究失重现象的应用。

【例3】如图1-3a所示,一质量为 M 、长为 L 带薄挡板 P 的木板,静止在水平的地面上,设木板与地面间的静摩擦系数与滑动摩擦系数相等,皆为 μ 。质量为 m 的人从木板的一端由静止开始相对于地面匀加速地向前走向另一端,到达另一端时便骤然抓住挡板 P 而停在木板上。已知人与木板间的静摩擦系数足够大,人在木板上不滑动。问:在什么条件下,最后可使木板向后方移动的距离达到最大?其值等于多少?

【解析】在人从木板的一端向另一端运动的过程中,先讨论木板发生向后运动的情形,以 t 表示人开始运动到刚抵达另一端尚未停下这段过程中所用的时间,设 x_1 为木板向后移动的距离,如图1-3b所示。以 f 表示人与木板间的静摩擦力,以 F 表示地面作用于木板的摩擦力,以 a_1 和 a_2 分别表示人和木板的加速度,则

$$f = ma_1 \quad (1)$$

$$L - x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 \quad (2)$$

$$f - F = Ma_2 \quad (3)$$

$$x_1 = \frac{1}{2} a_2 t^2 \quad (4)$$

解以上四式,得

$$t = \sqrt{\frac{2LMm}{Mf + m(f - F)}} \quad (5)$$

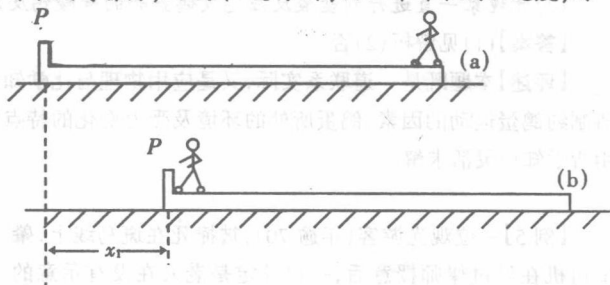


图 1-3

对人和木板组成的系统,人在木板另一端骤然停下后,两者的总动量等于从开始到此时地面的摩擦力 F 的冲量,忽略人骤然停下那段极短的时间,则有

$$Ft = (M + m)v \quad (6)$$

v 为人在木板另一端刚停下时两者一起运动的速度。设人在木板另一端停下后两者一起向前移动的距离为 x_2 ,地面的滑动摩擦系数为 μ ,则有

$$\frac{1}{2}(M + m)v^2 = \mu(M + m)gx_2 \quad (7)$$

木板向前移动的净距离为

$$x = x_2 - x_1 \quad (8)$$

由以上各式得

$$x = \frac{1}{\mu g} \left(\frac{F}{M + m} \right)^2 \left(\frac{LMm}{(M + m)(f - F) + MF} \right) - (f - F) \left(\frac{2LMm}{Mf + m(f - F)} \right)$$

由此式可知,欲使木板向前移动的距离 x 为最大,应有

$$f = F \quad (9)$$

即

$$f = F_{\max} = \mu(M + m)g \quad (10)$$

即木板向前移动的距离为最大的条件是:人作用于木板的静摩擦力等于地面作用于木板的滑动摩擦力。

移动的最大距离

$$x_{\max} = \frac{m}{M + m}L \quad (11)$$

由上可见,在设木板发生向后运动,即 $f \geq F$ 的情况下, $f = F$ 时, x 有极大值,也就是说,在时间 $0 \sim t$ 内,木板刚刚不动的条件下 x 有极大值。

再来讨论木板不动即 $f < F$ 的情况,那时,因为 $f < F$,所以人积累的动能和碰后的总动能都将变小,从而前进的距离 x 也变小,即小于上述的 x_{\max} 。

(二) 学科间综合例释

【例4】如图1-4,在一个大量筒内放有水和一个鸽蛋,此时鸽蛋沉在量筒底部。现用长颈漏斗向量筒注入稀盐酸后,发现鸽蛋在水中慢慢地上浮,当浮出水面后,鸽蛋又慢慢地下沉。如此往复可运动多次。

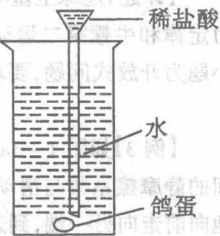


图1-4

(1)请解释此现象。

(2)此现象能否一直进行下去,为什么?

【解析】(1)鸽蛋的密度大于水而小于盐酸。未注入盐酸时,蛋沉在量筒底部,当注入稀盐酸后,到达筒底处的盐酸与鸽蛋表面的碳酸钙发生化学反应,生成 CO_2 气体,同时蛋将上浮起来。鸽蛋进入上方的水层将作减速运动,直至浮出水面后又慢慢地加速下沉。当蛋进入盐酸层后,一方面减速下沉,同时又与盐酸发生化学反应,到达最底点后,又将开始上浮,如此往复可运动多次。

(2)此现象一直进行到盐酸反应完或鸽蛋壳的碳酸钙反应完为止,而不能永远运动下去。

【答案】(1)见解析(2)否

【评述】本题既是一道联系实际,又是应用物理与化学知识的综合试题。在分析观察实验现象时,必须弄清制约鸽蛋运动的因素,鸽蛋所处的环境及受力变化的特点等等。解题时要正确分析题给背景材料,综合运用所学知识灵活求解。

【例5】一位观光游客(年逾70),被撞死在斑马线上,肇事司机在经过律师授意后,一口咬定是老人在没有示意的情况下突然快速地走出安全岛1.3m,但警方通过调查取证以后发现:一目击者证实说老人是一直向北而行的,这到底是怎么回事?

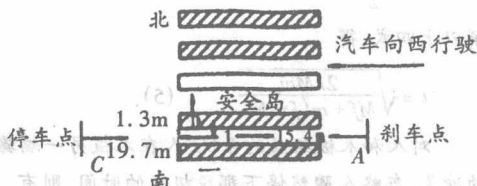


图1-5

事故现场如图1-5所示。

为了明晰事故责任,首先让我们来计算一下汽车司机是否超速行驶:警方派一警车以法定最高时速 50km/h (13.9m/s)行驶在同一马路的同一地段,在肇事汽车的起始制动点紧急刹车,警车在经过 13.0m 后停下来,试分析说明下列问题:

(1)肇事汽车刹车时初速度、加速度多大?是否超速行驶?

(2)如何断定老人是向安全岛匀速走去,还是由安全岛匀速走出?(老人步行速度范围为 $1.1\text{m/s} \sim 1.3\text{m/s}$,司机的反应时间为 $0.7\text{s} \sim 1.3\text{s}$)

(3)交警用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 检查肇事汽车司机是否酒后驾车,原理是什么?写出在硫酸酸性作用下, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 氧化乙醇的化学方程式(已知 Cr^{6+} 的还原产物为 Cr^{3+})。

【解析】(1)刹车后,警车作匀减速运动,由运动学公式可知, $a = v_0^2 / 2S = 7.43\text{m/s}^2$,因为上述警车行驶条件与肇事汽车相同,故肇事汽车的加速度也为 7.43m/s^2 ,而肇事汽车的初速度(制动点速度为)

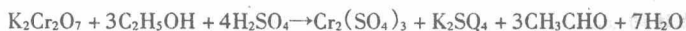
$$v_0 = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \times 7.43 \times (15.4 + 19.7)} = 22.8(\text{m/s}) > 13.9\text{m/s}$$

故可判定超速行驶;另外可以通过肇事汽车刹车后滑行距离 $(15.4 + 19.7)\text{m} > 13.0\text{m}$,判定已超速行驶。

(2)如果老人是从安全岛走出,他走到出事点(D点)的时间为 $(1 \sim 1.18\text{s})$ 内,而汽车在 1s 内向前滑行的距离 $L = 22.8 \times 0.7 + 22.8 \times 0.3 - (1/2)7.43 \times 0.3^2 = 22.47\text{m} > 15.4\text{m}$ 。

显然如果老人从安全岛走出,老人与汽车是不会相遇的,故可判定老人是向安全岛走去。

(3)用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 可以检查司机是否饮酒,因为橙红色 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 具有强氧化性,它的还原产物是 Cr^{3+} ,颜色呈绿色或蓝绿色,用硅胶吸附 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 颗粒后,并用嘴对其吹气,若变为绿色表示有酒精蒸气吹入,表明此司机酒后驾车。方程为:



【答案】(1)22.8m/s;已超速(2)、(3)见解析

【评述】本题模拟现实——处理交通事故,考查学生运用跨学科知识,多层面分析问题的能力。求解本题时要正确分析题给背景材料,研究事故现场的特点,分别应用匀变速运动规律及相关化学知识处理。本题3个小题各具独立性,要抓住主要因素,忽略次要因素,建立起正确的模型,使问题顺利求解。

【例6】某同学在跳绳比赛中,1min跳120次,若每次起跳中 $\frac{2}{5}$ 时间腾空,该同学体重50kg。

(1)计算他起跳时最大高度为多少?

(2)他在跳绳过程中克服重力做功的平均功率为多少?(g 取 10m/s^2)

(3)运动过程中测得他的心跳为140次/min,血压平均为 $3 \times 10^4\text{Pa}$,已知心跳一次约输送 10^{-4}m^3 的血液,而平时心脏正常工作的平均功率约为1.5W,分析他跳绳时心脏工作的平均功率提高了多少倍?

(4)人在剧烈运动时,处于暂时相对缺氧状态的骨骼肌,可通过无氧呼吸来获得少量能量,剧烈运动时,体内糖分解的产物是

- A. CO_2 、水和乳酸 B. CO_2 和酒精
C. CO_2 和水 D. 乳酸

【解析】(1)跳绳时每次跳跃时间 $\Delta t = 0.5\text{s}$,腾空时间为 $\Delta t_{\text{空}} = 0.2\text{s}$,最大升高 $H = g(\Delta t_{\text{空}}/2)^2/2 = 0.05\text{m}$ 。

(2)克服重力做功 $W = mgH = 25\text{J}$,平均功率为:

$$P = W/\Delta t = 50\text{W}$$

(3)心脏每次泵血做功 $W' = FL = P\Delta v = 3\text{J}$,平均功率 $P' = W'/t' = 7\text{W}$,是平常的4.7倍。

(4)由 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \xrightarrow{\text{酶}} 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + \text{能量}$

本题正确选项为B。

【答案】见解析。

【评述】本题以常见的人体运动的生活实例为背景,综合了中学生物、物理两学科的知识内容,涉及理解、推理、分析和解决实际问题等多方面能力的综合应用,这对学生综合应用理科知识,分析自然现象提出了较高的要求。

【例7】(1)请你想象一下动物之间的信息传递方式;除了声音外,动物之间的信息传递还可能有哪些方式?

(2)声纳是利用超声波的什么特性而制成的装置_____ ;视觉很不发达的蝙蝠,它的定位系统只有几分之一克,但它确定目标方位角的灵敏度及抗干扰能力等,都远优于现代的无线电定位器;水中生活的海豚,也有类似的探测系统,使它能在混浊的水中,准确地确定远处小鱼的位置,它主要靠_____ 来发现目标,确定飞行方向。

【解析】(1)动物之间的信息传递方式,除了声音之外,还可能如下几种方式:

①利用光电信号传递信息——“光电通信”;②发射电磁波(红外线)传递信息——“电磁通信”;③“化学通信”,在低等动物中,如昆虫等还能分泌化学物质用作种群个体间的通信工具。如棉铃虫的性引诱剂就是这种物质,人工合成的棉铃虫引诱剂就是专门用于诱捕这种棉花害虫的绿色农用化学品。

(2)超声波的波长非常短,可以定向发射,它在水中传播的距离比光波和无线电波远得多,声纳就是利用超声波的这种特性而制成的,这类动物主要靠发出超声波并接收其回声来发现目标,确定飞行方向。

【答案】见解析。

【评述】动物的“信息传递”是自然界最重要的现象之一,本题以动物间的“信息传递”作为问题的切入点,解题涉及物理、化学、生物等多学科知识,主要考查学生综合分析的能力。它所涉及的知识点是自然科学中十分重要的内容,也是要求较高的内容。

【例8】水是世界上分布最广的资源,江、海、河、湖、地下水 and 大气中的云、雾、雨、雪等统称为天然水,水对人类的生活起着十分重要的作用。

(1)人体内的水,约占人体总重的_____,统称为_____,除一部分存在于人体细胞内液中外,其余的分别存在于_____、_____和_____等细胞外液内。

(2)水在人体中的主要生理作用是什么?在医院里注射时所用的生理盐水浓度为多少?为什么?

(3)推行节水工程的转动喷水“龙头”距地面高为 h ,其喷灌半径可达 $10h$ 远,每分钟喷水质量为 m ,所用的水从地面下 $4h$ 深的水层抽取,设水以相同的速率喷出,且水泵效率为 η (图 1-6),与上述喷水龙头配套的电动机的功率至少为多大?

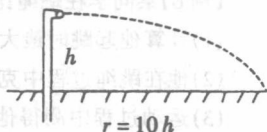


图 1-6

(4)在水下深处由爆炸产生一气泡,以周期 $T = KP^a \rho^b E^c$ 振动,其中 K 为无单位的常数, P 是静压强, ρ 是水的密度, E 是爆炸的总能量,求 a, b, c 的值。

(5)下列对于水与生物关系的叙述中,正确的是 ()

- A. 冰的密度低于液态水,对于生物是至关重要的
- B. 水分子的极性使水成为最好的溶剂,水是生命系统中化学反应的理想介质
- C. 水分子间的氢键使水的比热和蒸发热高,有利于细胞的温度和代谢速率的稳定
- D. 水解离为游离的 H^+ , pH 值是以 mol/L 为单位的氢离子浓度的对数值

【解析】(1)由生物学知识,易知本小题的答案依次为:65%,体液,血浆,淋巴,组织液。

(2)水在人体中主要的生理作用是极少数结合水为细胞的组成部分,绝大多数自由水一部分作为体内各种代谢的良好溶剂,一部分有助于人体对物质的吸收、运输和排泄,还有一部分直接参与各种生化反应,生理盐水浓度为 0.9% NaCl 溶液,作用是与红细胞等渗透。

(3)先由平抛运动的知识求得水喷出时的速度为 $v = 5\sqrt{2gh}$,再由能量关系知电动机在单位时间内做的有用功等于水的动能和势能的增量,易求得电动机的功率为 $P = mgh/2\eta$ 。

(4)本小题的求解要用量纲分析法,先将各物理量化到基本物理量: $[T] = t, [P] = m/Lt^2, [\rho] = m/L^3, [E] = mL^2/t^2$,再根据 $[T] = [P]^a [\rho]^b [E]^c$,由两端指数对应相等得分别得: $a + b + c = 0, a + 3b - 2c = 0, 2a + 2c = -1$,从而依次求出 a, b, c 的值为:

$$a = -5/6, b = 1/2, c = 1/3$$

(5)①冰的密度比液态水低,结冰总是自上而下进行的,冰层以下的水温是暖的,这对水域生态系统来说是非常重要的,特别是寒冷地区中的生物,水的这一特性为这些地区的生物度过寒冷季节创造了基本的生存条件,所以 A 是对的;

②水是极性分子,它的熔点和沸点间的温度范围适合于生物的生存,水不仅是生命活动的介质,同时也是生命活动的直接参与者,许多重要的生物化学反应都有水分子参与,如光合作用,呼吸作用等,所以 B 也是对的;

③水的比热在自然界中最高,其原因是水分子之间能以氢键连接起来,形成一个比较大的由许多水分子组成的缔合水分子,氢键的形成或破坏都需要释放或吸收能量。温度低时形成的氢键多,缔合水分子就大,释放的能量就多,使水温不致降得过多;温度高时部分氢键断裂,缔合水分子变小,吸收热量,使水温升高缓慢。这些都有利于细胞内温度和代谢的稳定,所以 C 也是对的;

④水是极性分子,能发生极微弱的电离, H_2O 电离出 H^+ 和 OH^- , pH 值是以 mol/L 单位的氢离子浓度的

负对数来表示的。

【答案】见解析。

【评述】这是一道有关水的物理性质和化学性质与生命活动的关系的题目，要求学生不仅掌握水的基本性质，也要求学生理解在生命起源过程中生命选择水作为介质的原因。第(3)、(4)小题分别应用了平抛运动的知识、能量关系的分析及基本物理量间的单位关系的换算，本题的求解涉及理、化、生三门学科，要求学生能综合应用所学知识，弄清各问题的本质因素。

四、综合测试

(一) 学科内综合测试

1. 如图 1-7，质量为 M 的小车置于光滑水平面上。

(1) 长为 L 的悬线系小木块(质量为 m)，原先车静止，悬线水平，当木块从静止释放，下摆至悬线与竖直方向夹角为 α 时，车的速度为 v ，则此过程中，线对木块做功为_____。(图 1-7a)

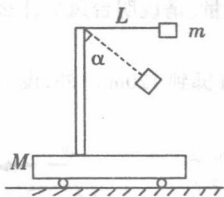


图 1-7a

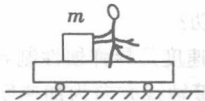


图 1-7b

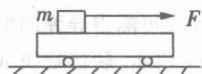


图 1-8

(2) 将木块放在小车上，木块与车表面间的动摩擦因数为 μ 。现一质量也为 m 的猴子站在车上推木块，开始时系统均静止，当猴子前进 S 时，木块速度为 v (S 和 v 均对地而言)，设 $M=2m$ ，猴子与车表面刚好不打滑，则猴子所受车表面的摩擦力为_____。(图 1-7b)

(3) 设小车质量 $M=2\text{kg}$ ，木块质量 $m=1\text{kg}$ 。现将木块放在小车上，木块与车间的动摩擦因数为 $\mu=0.1$ ，为使木块 m 相对 M 前进 $S=1\text{m}$ ，将水平力 $F=2\text{N}$ 作用于 m 上，求力 F 做的功。(图 1-8)

(4) 第(3)小题中为使水平力 F 做的功最小，求 F 的值。

2. 分析下列问题。

(1) 长为 L 的匀质链条质量为 M ，盘放于光滑水平面上，现用恒力 F 将其一端竖直向上提起，当其另一端离地时速度为 v ，则 F 的值为_____ ()

- A. 等于 $Mv^2/2L$ B. 等于 $Mv^2/2L + Mg/2$
C. 大于 $Mv^2/2L + Mg/2$ D. 小于 $Mv^2/2L + Mg/2$

(2) 如图 1-9a 所示， A 、 B 分别为竖直光滑圆轨道的最低点和最高点，已知小球通过 A 点的速度为 25m/s ，则小球通过 B 点的速度不可能是_____ ()

- A. 4m/s B. 5m/s C. 2m/s D. 1.8m/s

(3) 物体受 F_1 和 F_2 两个大小不变的力作用， $F_1 > F_2$ ，则它们的合力 F 与 F_1 之间的最大夹角 θ 为_____。

(4) 如图 1-9b 所示竖直光滑圆环半径为 R ，其上套有小球 m ，当球由静止从最高点 A 滑到最低点 B 的过程中，环对球的冲量为_____ ()

- A. $2m\sqrt{gR}$ B. 0
C. 大于 $2m\sqrt{gR}$ D. 小于 $2m\sqrt{gR}$

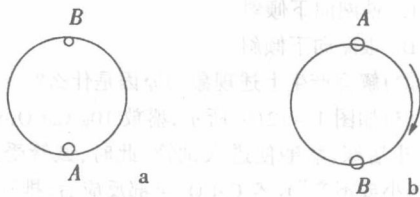


图 1-9

(5)如图 1-10 所示 AB 为斜面, BC 为水平面, 从 A 点以速度 v 向右平抛一小球, 其落点与 A 的水平距离为 S_1 ; 若以速度 $2v$ 平抛, 落点与 A 的水平距离为 S_2 , 不计阻力, $S_1 : S_2$ 可能为 ()

- A. 1:2 B. 1:3 C. 1:4 D. 1:56

(6)四个相同小球从同一高度处, A 球自由下落, B 球竖直上抛, C 球平抛, D 球竖直下抛, B 、 C 、 D 三球初速度大小相等, 运动过程中不计空气阻力, 则四球落地时有 ()

- A. 动能相等 B. 动量增量相等
C. 机械能增量相等 D. 落地前动量变化率相等

3. 一次台风的平均能量大约是 $1.1 \times 10^{13} \text{J}$, 它可以与五次最大地震相匹敌。台风登陆以后, 由于和地面的摩擦, 引起能量的消耗, 这个能量的消耗大约为 $1.1 \times 10^{13} \text{J/s}$ 。伴随着台风的暴雨, 是由水蒸气凝结而成的, 每 1g 水蒸气凝结成雨水时大约放出 2268J 的热量。

(1)如果台风不从外界补充能量, 台风平均应在 _____ 时间地消失。

(2)实际上台风在运动中不断地得到能量, 以补充它不断消耗的巨大能量。请说明台风从什么地方不断地得到了能量? 这个能量是由什么能量转化而来的?

(3)1956 年 9 月 24 日, 龙卷风袭击上海, 把一个重 $1.1 \times 10^5 \text{kg}$ 的大油罐掷到 120m 以外, 设大油罐最高被“举”到 45m 高处, 龙卷风对大油罐做了多少功?

4. 利用加速度仪可测得导弹的加速度。加速度是导弹惯性制导系统的重要物理量, 如图 1-11 所示, 联接物块 A 的两弹簧轴线方向为加速度仪的敏感光轴, 该轴与导弹运行方向相同, 设输入电压为 U_0 , A 的质量为 m , 两弹簧的倔强系数均为 K , 电阻器长度为 L , 电阻均匀分布。

(1)写出加速度与输出电压 U 的关系式。

(2)一枚 ICBM 导弹从 100km 高度垂直下落, 初速度为 $3.6 \times 10^4 \text{km/h}$, 正下方一枚 ABM 导弹同时以 $2.4 \times 10^4 \text{km/h}$ 的初速度向上拦截, 问经过多少时间在离地多高处拦截到第一枚导弹? (设导弹无动力装置, g 取 10m/s^2)

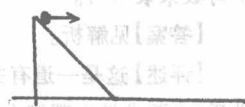


图 1-10

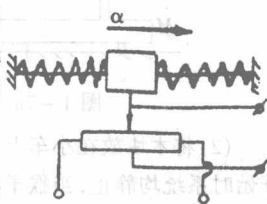


图 1-11

(二) 学科间综合测试

5. 如图 1-12(a) 所示的装置, 在盛有水的烧杯中, 铁圈和银圈的连接处吊着一根绝缘的细线, 使之平衡, 小心地从烧杯中央滴入 CuSO_4 溶液。

(1)对悬吊的金属圈而言, 片刻后可观察到现象是 ()

- A. 铁圈和银圈左右摇摆不定
B. 保持平衡状态不变
C. 铁圈向下倾斜
D. 银圈向下倾斜

(2)解释产生上述现象的原因是什么?

(3)如图 1-12(b) 所示, 盛放 10g CaCO_3 的试管竖直飘浮在水中, 当打开分液漏斗活塞, 盐酸便进入试管, 此时, 试管受到的浮力将逐渐 _____ (填“增大, 减小或不变”)。若 CaCO_3 全部反应后, 排开水的质量变化了 _____ g 。

6. 为了测定某辆轿车在平直路上起动时的加速度 (轿车起动时的运动可近似看作匀加速运动), 某人拍摄了一张在同一底片上多次曝光的照片。如果拍摄每隔 2s 曝光一次, 轿车车身总长为 4.5m (图 1-13)。

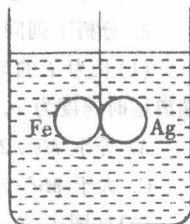


图 1-12(a)

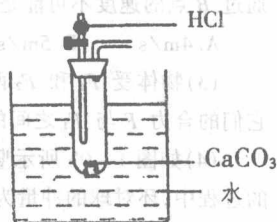


图 1-12(b)

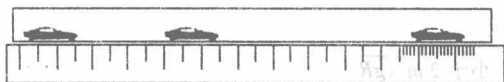


图 1-13