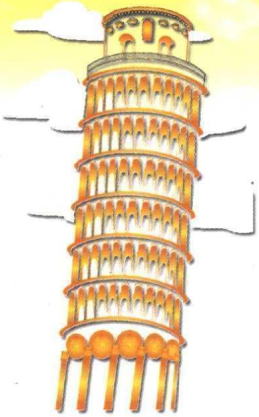
研究性学习

高中物理研究性学习

龙门专题

主编 盛焕华

本册主编 储仲明



龍門書局

高中物理研究性学习

龙门专题

主　编　盛焕华
本册主编　储仲明
编　者　储仲明　季红平
陈增娥　邹文渊

龍門書局
北京

版权所有　翻印必究

本书封面贴有科学出版社、龙门书局激光防伪标志，凡无此标志者均为非法出版物。

举报电话：(010)64034160　13501151303（打假办）

邮购电话：(010)64000246

图书在版编目(CIP)数据

高中物理研究性学习/盛焕华主编；储仲明本册主编. —北京：龙门书局，2003

（龙门专题）

ISBN 7-80160-781-3

Ⅰ. 高…　Ⅱ. ①盛…②储…　Ⅲ. 物理课-高中-教学参考资料　Ⅳ. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 082468 号

责任编辑：王　敏　韩　博　/　封面设计：郭　建

龙　门　书　局　出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

北京人卫印刷厂印刷

科学出版社总发行　各地书店经销

*

2003 年 1 月第　一　版　开本：A5(890×1240)

2003 年 1 月第一次印刷　印张：8

印数：1－20 000　字数：313 000

定　价：9.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

前　言

参考书几乎是每一位学生在学习过程中必不可少的。如何发挥一本参考书的长效作用，使学生阅读后，能更透彻、迅速地明晰重点、难点，在掌握基本的解题思路和方法的基础上，举一反三、触类旁通，这是教参编者和读者共同关心的问题。这套《龙门专题》就是龙门书局本着以上原则组织编写的。它包括数学、物理、化学、生物四个学科共计55种，其中初中数学12种，高中数学12种，初中物理5种，高中物理7种，初中化学4种，高中化学10种，高中生物5种。应广大读者的要求，2002年又新增地理4种，研究性学习5种，初中语文8种。

本套书在栏目设置上，主要体现了循序渐进的特点。每本书内容分为两篇——“基础篇”和“综合应用篇”（高中为“3 + X”综合应用篇）。“基础篇”中的每节又分为“知识点精析与应用”、“视野拓展”两个栏目。其中“**知识点精析与应用**”着眼于把基础知识讲透、讲细，帮助学生捋清知识脉络，牢固掌握知识点，为将成绩提高到一个新的层次奠定扎实的基础。**“视野拓展”**则是在牢固掌握基础知识的前提下，为使学生成绩“更上一层楼”而准备的。需要强调的是，这部分虽然名为“拓展”，但仍然立足于教材本身，主要针对教材中因受篇幅所限言之不详，但却是高（中）考必考内容的知识点（这类知识点，虽然不一定都很难，但却一直是学生在考试中最易丢分的内容），另外还包括了一些不易掌握、失分率较高的内容。纵观近年来高（中）考形势，综合题与应用题越来越多，试行“3 + X”高考模式以后，这一趋势更加明显。“综合应用篇”正是为顺应这种形势而设，旨在提高学生的综合能力与应用能力，使学生面对纷繁多样的试题，能够随机应变，胸有成竹。

古人云：授人以鱼，只供一饭之需；授人以渔，则一生受用无穷。这也是我们编写这套书的宗旨。作为龙门书局最新推出的《龙门专题》，有以下几个特点：

1. 以“专”为先　本套书共计72种，你尽可以根据自己的需要从中选择最实用、最可获益的几种。因为每一种都是对某一个专题由浅入深、由表及里的诠释，读过一本后，可以说对这个专题的知识就能够完全把握了。

2. 讲解细致完备　由于本套书是就某一专题进行集中、全面的剖析，对知识点的讲解自然更细致。一些问题及例题、习题后的特殊点评标识，能使学生对本专题的知识掌握起来难度更小，更易于理解和记忆。

3. 省时增效　由于“专题”内容集中，每一本书字数相对较少，学生可以有针对性地选择，以实现在较短时间里对某一整块知识学透、练透的愿望。

4. 局限性小　与教材“同步”与“不同步”相结合。“同步”是指教材中涉及的知识点本套书都涉及，并分别自成一册；“不同步”是指本套书不一定完全按教材的章节顺序编排，而是把一个知识块作为一个体系来加以归纳。如归纳高中立体几何中的知识为四个方面、六个问题，即“点、线、面、体”和“平行、垂直、成角、距离、面积、体积”。让学生真正掌握各个知识点间的相互联系，从而自然地连点成线，从“专题”中体味“万变不离其宗”的含义，以减小其随教材变动的局限性。

5. 主次分明　每种书的前面都列出了本部分内容近几年在高考中所占分数的比例，使学生能够根据自己的情况，权衡轻重，提高效率。

本套书的另一特点是充分体现“减负”的精神。“减负”的根本目的在于培养新一代有知识又有能力的复合型人才，它是实施素质教育的重要环节。就各科教学而言，只有提高教学质量，提高效率，才能真正达到减轻学生负担的目的。而本套书中每本书重点突出，讲、练到位，对于提高学生对某一专题学习的相对效率，大有裨益。这也是本书刻意追求的重点。

鉴于本书立意的新颖，编写难度很大，又受作者水平所限，书中难免有疏漏之处，敬请不吝指正。

编　者

2002年11月

编委会（研究性学习）

总策划　龙门书局

主　编　盛焕华

编　委　曹瑞彬　施　华
徐红玲　储仲明
张　杰　陆德平
韩小进　季红平
邹文渊

执行编委　王　敏

目　录

编者前言 ……(1)

第一篇　物理学科研究性学习的课程理论 ……(2)

一　物理课程研究性学习的目标、内容、特点、体系的构建 ……(2)

二　物理研究性学习的方式、选题 ……(5)

三　研究性学习的实施概况 ……(10)

四　研究性学习的实施 ……(13)

第二篇　物理学科研究性学习的方法与思路 ……(16)

一　物理学科研究性学习科学的思想方法 ……(16)

二　物理学科研究性学习方法 ……(28)

第三篇　物理学科研究性学习的主题与探究 ……(35)

主题一　力与生活 ……(35)

课题 1　游乐场上的物理学 ……(35)

课题 2　菜刀上的力学知识 ……(43)

课题 3　体育运动中的力学知识 ……(48)

课题 4　现代汽车的安全装置 ……(57)

课题 5　桥梁与物理 ……(67)

主题二　电的应用 ……(75)

课题 1　电器在你家中 ……(75)

课题 2　两种输电方式的研究 ……(84)

课题 3　走进核电站 ……(92)

课题 4　静电的研究 ……(100)

课题 5　其他能源转化为电能的研究 ……(110)

主题三　物理与新材料、新技术 ……(121)
课题1　超导应用的调查与研究 ……(121)
课题2　光导纤维与通讯 ……(125)
课题3　纳米技术……(132)
课题4　激光的特性及其应用的研究……(138)
课题5　电磁波的利用……(144)
课题6　认识传感器……(152)
课题7　新型交通工具——磁悬浮列车 ……(162)
主题四　地球与人类 ……(169)
课题1　对地磁场的分析与讨论 ……(169)
课题2　地球大气层的调查……(177)
课题3　黑洞 ……(184)
课题4　环境污染中的物理污染 ……(192)
课题5　重力加速度的研究……(202)
课题6　航天技术的发展……(210)
第四篇　研究性学习实例报告……(222)
案例1　研究弹簧振子的周期与小球质量、弹簧劲度系数的关系 ……(222)
案例2　温室效应 ……(225)
案例3　传感器的研究 ……(228)
案例4　用激光笔做光学实验 ……(233)
案例5　灶具的演变 ……(236)
案例6　饮水鸟的奥秘 ……(239)
案例7　考察研究测量仪表及装置 ……(241)

编者前言

研究性学习作为一种全新的学习方式，有其自身的一些特点和功能.各种不同层次的学校都在进行这方面的探索，以便在指导学生进行研究性学习的过程中，能充分利用这种学习的形式，提高学生参与学习的主动性，张扬学生的个性，培养学生把知识应用于实践的能力，让学生体会学习的过程，获取知识，培养他们与人合作与人分享的团队精神，并在学习的过程中充分了解人与自然、人与社会的和谐统一是社会发展的主旋律.但是，如何指导学生去做？大家都在摸索之中，我们把我们在实施研究性学习的过程中的一些想法和做法汇编成册，和同行一起商榷，给同学们做以参考.由于自己的水平有限，时间仓促，疏漏和不完整之处在所难免，请给予谅解，并多提出宝贵意见.

本书分为四大部分：

第一部分，简单地阐述了研究性学习的课程的理论，从学习的特点、内容、选题、评价、可行性、与高考的关系等多方面进行了讨论，以提高对研究性学习意义的认识；

第二部分，概括了物理学科的主要的思想方法，如：图象法、整体分析法、隔离法、等效代换法、建立理想化模型法等等；还归纳了进行研究性学习的一些常用的方法和手段，以提高学生利用科学的思想方法进行研究性学习的自觉性；

第三部分，列举了一些与物理学科关系密切的研究性学习的主题，并寻找了一些主课题下的子课题，以便达到提供一种学习的模式，让同学在进行研究性学习时参考，同时也扩大学生的知识面，拓展学生的学习空间；

第四部分，提供了一些研究性学习的专题的报告，这些专题的报告对同学们进行研究性学习会起到很好的启发作用.

第一篇　物理学科研究性学习的课程理论

一　物理课程研究性学习的目标、内容、特点、体系的构建



（一）研究性学习的目标

研究性学习的目标是多元化、整体性的，其主要的目标应是坚持学习的自主选择与主动探究，为学生的个性和潜能的发展提供充分的条件，让他们有必要的、合理的发展空间．因为研究性学习的选题是在教师的指导下，由学生对自己感兴趣的问题进行探究，学生处于自主和核心的地位．例如，男生对航天和航空的发展史、通讯工具的变化过程等富有挑战性的课题感兴趣，女生则对一些与人文精神有关的课题感兴趣，他们（她们）根据自己的特长，去寻找有价值的课题，在完成课题的过程中自己的特长和个性得到了张扬．教师的作用在于引导学生学会发现问题，并逐步形成分析问题和解决问题的能力．

坚持面向学生的生活世界和社会实践，提供机会让学生在研究性学习的过程中充分体验生活，在体验生活的过程中培养协作精神，并寻找和发现知识转化为生产力的媒体，从而深化了学习的过程．要克服当前的教育内容脱离学生自身生活环境的倾向，引导学生关注生活、关注社会热点、关注生存环境，使他们在关注的过程中，逐步树立正确、健全的社会责任感，引导学生正确地认识社会、热爱生活．我们可以选择一些社会调查的课题．如本地旅游资源开发的可行性调查，让学生充分了解本地的人文环境、资源状况，有充分与社区的人们交流的机会．学生在这样的一些过程中，会逐步成熟起来，正确地认识知识和能力的关系．

通过研究性学习，推进了学生对社会与自然之间的整体认识与体验．研究性学习的重要媒体来自于社会，要通过自我的选题、策划、具体的分工、收集相关的资料等一系列的工作，再进行综合，整理报告，进行交流．使思想认识上升到一个新的层次，在这一过程中的每一步，学生都要不断调节与合作者之间的关系，达到一种和谐的统一，使参与者逐步对社会、对合作者、对自然和人文环境有完整的认识．例如，当地环境污染的主要的因素与对策，如何利用当地的地产资源优势发展地区经济等问题．学生在做这些研究性的课题时要充分与人们进行交流，通过调

查研究，接触了解社会，逐步认识到只有人与社会的发展和谐同步起来才能有持续发展的可能，从而激起学生热爱社会，保护自然生态环境的热情.

通过研究性学习，可以有机会让一些学有余力的学生深化课堂教学所学的内容.由于学生学习能力有差异，形象思维的能力、抽象思维的能力发展有先后.因此，研究性学习可提供一些机会，让一些思维能力强的学生，做一些延伸课堂学习内容的课题.例如，学习了万有引力和人造地球卫星的运动后，选卫星与未来人们的生活为课题进行探究性学习，也可以选择超导体与未来的交通与输电为课题进行探究性学习.学生在这样的一些的活动中，利用原有的知识，再进行有关书籍资料的查阅，深化了教科书上的知识的学习，逐步形成初步的独立的研究推理分析的能力.

(二)研究性学习的载体(内容)

研究性学习以什么为载体呢？就物理学科而言，应有物理本学科的特点.可以有本学科内的研究性学习的专题，也有跨学科的研究性学习的专题，还有综合性实践活动，这些都是研究性学习的载体.

本学科内的研究性学习的载体有很多，可以和教材的内容相结合，成为课堂教学的延伸和补充.例如，研究弹簧的伸长与外力的关系，研究不同材料的保温性能和导电的性能，超导材料在现代科技中的应用等等一些.这些课题是教科书内容的延伸，有利于拓展学生的视野.也可以选择与物理学发展史有关的知识课题为载体，例如，通信的发展史话，交通工具的发展历程等等.这样的课题要求学生查找和收集有关的资料，从而达到对某一个问题有比较深刻的理解.也可以利用学生写小论文进行小制作为载体进行探究性学习，例如无摩擦力的世界；如何在月球上生活等等；这样的课题，学生通过充分发挥自己的想像能力来拓展思维能力.进行一些小制作也是研究性学习的好的方式，学生通过自己的体验会逐步形成实事求是的科学态度.

跨学科的研究性学习的载体也有很多，如环境的污染及治理，地球的生态环境所面临的问题，电磁学的发展对历史发展的作用等等，这些问题有的与化学和生物学科的知识紧密联系，有的与地理学科的知识有较多的联系，有的与社会生产力发展的历史相联系.因此学生在选择这样的一些课题进行研究性学习时，有利于对事物进行完整、全面的认识，有利于培养学生综合运用各学科知识解决问题的能力.

综合实践性活动更是研究性学习的好的载体，例如，根据某一问题进行一些社会调查，根据本地的情况进行资源分布和提高资源利用率的调查，家庭用电情况的调查，桥梁建筑风格的演变的调查等等.这样的一些课题涉及的知识面广，进行的过程中还要与人们进行交流.选择这样的课题，要有充分的时间，要有较多的

学生参与，要有一定的组织.组织内的成员还要有一定的分工.因此，有利于培养学生的合作精神，提高他们的社会活动能力和交际的能力.

总之，研究性学习的载体，要根据学生本人的兴趣和爱好合理地选择，也要根据学校和本地的社会的条件和环境进行考虑，还要注意社会的热点和焦点问题.没有统一的模式，只要自己认为，通过活动能使自己的能力得到提高，自己的个性得到了张扬，自己的特长得到发挥，自己真正体会到了学习的过程等等，就达到了研究性学习的目的.

（三）研究性学习的特点

研究性学习作为一种学习的方式，与传承性和接受式学习的方式相比有其自己的特点.

研究性学习是围绕着问题展开的学习，传承性和接受式学习的方式是以知识为线索进而展开的学习，对知识的产生和发展过程研究和讨论不多.而研究性学习，首先是发现问题，选择有关的问题作为研究的问题，围绕解决问题进行一些必要的知识准备和一些必要的资料收集，再进行研究讨论，得到结论.例如菜刀上的力学知识，就是以人们所熟悉的菜刀作为问题的中心，结合力的合成和力的分解的知识，进行一些讨论，再根据力矩的一些知识进行一些研究，从而把所学的知识和实践生活中的问题相结合起来.形成理论联系实际的作风.深化了课堂学习的过程.

研究性学习是一种开放性的学习，在以问题为中心的探究过程中，一定伴随着查阅书本，到图书馆或到网上去查阅资料的过程，也伴随着到工厂到社区去进行调查的过程，这些活动无一不是一种学习活动，而这种学习活动的效果是潜移默化的，隐含不能显化的.这种学习方式就是开放的学习方式，拓展了学生的学习时空，有利于更新学生的学习观念，提升学生的学习理念.修正那种认为只有在课堂听老师讲课才是学习的陈腐观念.有利于学生形成终身学习的好习惯.现代社会呼唤具有不断学习能力的人.

研究性学习充分发挥了学生的主体作用，因为在研究性学习的过程中，由学生自己组织选题，自主组织研究性学习的小组，自主进行分工和规划，自主地写出报告，教师在其中进行一些引导，因此这样的学习方式一改传承性学习中学生被动接受知识的情况，学生的学习积极性会得到大大地激发，这时的学习才是有效学习.由于学生的选择受到了尊重，他们才得以在自己特长的项目上做出成绩，从而使他们逐步提高自信，个性也在自主学习过程中得到张扬.

研究性学习不仅重视结果，更重视过程，以及在实施过程中的体验和感悟.因为研究性学习不是直接学习的知识，不能用知识是否被掌握来衡量.由于研究性

学习选择的问题是多样化的，有知识延伸，社会调查类，有查阅有关资料类，也有科普小论文类等等．不同类型的课题具有不同的结果，有的成果是以总结呈现，有的以调查报告呈现．而对同一个问题，应该允许有不同意见，所以往往对结果的评选是次要的，重视的是在过程中，是不是学会了一些科学的态度，一些实事求是的精神，学会了和人合作共事的方式，学会了与人交流的能力，学会了进行实验活动的必要的步骤等等．而这些能力是当今社会发展过程中，人们所必须具备的能力．

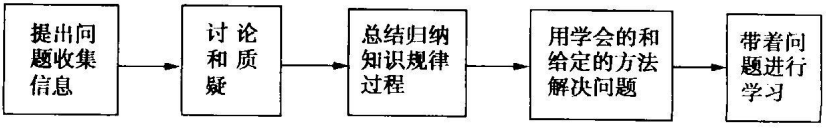
二　物理研究性学习的方式、选题

（一）在课堂教学中渗透研究性学习

研究性学习不仅仅是课程，更重要的是一种学习方法，这种学习方法同接受式学习方法不同，更能发挥学生的主观能动性，激发学生的参与意识，拓展学生的学习空间，更新学习观念，使学生通过学习实践，培养学生的质疑能力、批判精神，自我评价能力和创新意识．

那么如何来培养学生的研究性学习的能力呢？利用研究性学习的课程来培养能力固然很重要，利用学科教学来培养学生的研究性学习能力更是必不可少．只有各学科教学渗透研究性学习方法的指导，才能和研究性学习的课程互为弥补、互相促进，从根本上改变学生的学习观念，变被动的接受式学习方式，为主动参与的探索的研究性学习．在这个问题上，可能存在着以下两个认识误区：(1)仅仅成立了若干个小组，进行一些社会调查、统计等研究性学习，并没有全体学生参加；(2)在开设的研究型课程时间内进行研究性学习，而在其余的学科教学时间内仍指导学生进行被动的接受性学习，把学科教学和研究性学习互相割裂．以上两种做法有悖研究性课程设计的初衷，不能充分发挥全体学生的主体作用，不能从本质上来改变学生的学习观念，不利于有效培养学生的质疑能力、创新意识和实践能力．

课堂是学生学习的主要阵地，对象是全体学生，因此要在课堂教学中渗透研究性学习的方法．物理课堂教学的过程可用方框图表示：



如何在物理课堂教学各个环节中培养学生的研究性学习的方法呢？

1. 指导学生在收集信息过程中研究性学习

信息化的社会，人们依赖各种现代化的通讯传媒手段把世界的各个角落都联系在一起了，无论人们工作在什么岗位上，要想事业有所发展，必须善于收集对自身发展有利的信息. 在收集信息的过程中才会发现问题，提出问题，激发起去研究问题的积极性和热情. 因此，收集信息的能力是人们生存和发展的基本能力之一. 教师应有意识地提供素材让学生逐步学会采撷信息. 课堂教学中要提出讨论的议题，让学生围绕问题收集信息. 教材本身就是一个素材库，要让学生充分地到教材中去收集、挖掘信息. 例如，高中物理教材“物体共点力作用下平衡”一节，就可让学生收集有关平衡的状态的含义，平衡的条件，实际生活中物理平衡的例子等等有关信息，让学生在收集中学会研究的方法，了解知识的发生发展过程.

学习应有一个过程，在这个过程中必须有一些媒体让学生进行尝试，从书本收集信息是其中的一种. 围绕解决某一问题，提供丰富的背景资料，让学生去做也是一种. 以学生的生活空间为素材去收集也是种好方法. 例如，学习电功率一节后，调查家用电器的铭牌并进行对比，让学生通过活动接触社会了解生活，获得更多的有关于电功率等方面的知识，充分利用图书馆、资料室让学生完成收集某方面的信息更是拓展学生学习时空的一种好的方法. 例如，讲速度一节前，可布置收集航空或通讯发展的简史，并让学生对交通工具或通讯联系的速度变化有一定的了解. 当然电视、广播、网络技术更为学生收集有关的信息提供了最为广阔的空间. 教师在这个过程中设计符合学生心理和知识状况的有关问题，如讲到导体的导电性时，布置学生通过网络收集超导及其最新应用等等. 教师应认真策划设计，让学生有思考的空间，有学会收集的载体，逐步学会在收集信息过程中自主学习.

2. 指导学生在讨论和质疑中研究性学习

心理学和教育学的知识告诉我们，只有通过实践的知识才能被真正掌握，学生在有限时间内不可能对每一个知识都去进行验证，或亲身实践一下，那么使学生学会获取知识和能力的一种有效途径就是指导学生学会讨论和质疑. 质疑能力和批判的精神是创新必备的基本能力. 课堂教学中，往往缺乏讨论的气氛. 教师在教学过程中，以教学的任务重，讨论的时间不易控制为由，不留给学生充分的讨论时间，课堂上缺乏民主. 这样学生处于被动地学习，无自主性. 接受的知识不通过讨论根本不能转化和升华为自己的，从而不能领悟新知识. 因此，讨论是学习的一种好方法，学生不会质疑就不会独立思考，就不能发现问题. 因此教学中要制造一定的氛围，鼓励学生发表意见，提出质疑. 如学习超重和失重一节时，可讨论超重、失重时举重问题、物理规律是否适用、物理仪器能否使用等等. 通过讨论辨明规律，采用一题多问、一题多变、一题多解的方法是培养学生利用讨论和质疑，学会学习的好方法. 教师在这个过程中要精选讨论的主题并进行适当的点拨启发. 让

学生在这个过程中主动、积极地掌握学习方法.

3. 指导学生在总结归纳知识规律过程中的研究性学习

教育规律指出,散乱的不成系统的知识不利于掌握.要指导学生善于对通过收集信息、讨论、质疑获取的知识及规律进行归纳总结,并能用简洁规范的科学语言来表述.这也是研究性学习方法要培养的主要能力之一.社会分工的细化,决定了人们从事社会的工作必须要与他人进行合作.在合作的过程中,必须要进行交流,而交流的最主要手段是语言交流.因此,在课堂教学的过程中,要充分制造机会、设置情景,对学生进行训练培养,可以让学生对某一节、某一章的知识进行概括性陈述,教师在这个过程对学生进行适当的鼓励,并进行点拨矫正,使语言表述更加准确、规范、符合学科特点等等.也可以让学生对某一专题的知识及规律进行概括总结表述,如高一物理复习时,可以由学生总结摩擦力产生的条件、大小、作用在物体上的特点.学生在这个过程中,逐步对知识消化、吸收,并重组,深化了学习的过程,同时也训练了表达的能力.

4. 指导学生在用学会的和给定的方法解决问题中研究性学习

社会科学技术在飞速发展,解决问题的新思维新方法层出不穷,学生在有限的学习时间内,学会的方法有限,仅能用学会的方法解决问题,已不能满足社会对人才的需求,要指导学生学会用给定的方法来解决问题,就像一台复杂的机器给你说明书后要能使用.因此教学中要给予学生一定的时间,训练用课本上学会的方法解决问题,使学生先掌握用学会的方法解决问题,而后,再训练学生利用给定的方法来解决问题.例如,高一物理教学中,告诉学生开普勒三定律,让学生确定地球卫星在近地点、远地点的速度,告诉学生地球对物体引力势能的公式,确定人造卫星运动的机械能,讨论发射高空轨道还是低空轨道容易等等,来训练学生针对问题提出懦种方法,解决一定的问题,以培养学生解决问题的能力.教师在这个过程中,要精选问题让学生进行适当的训练,尤其要精选一些条件、信息、方法的问题,拓展学生思路,为适应社会科学技术不断更新而做准备.

5. 指导学生学会带着问题进行研究性学习

学生在课堂上的学习时间内,只能学到少量的知识、方法,要把课堂进行延伸,拓展学生的学习时空,这就要求教师利用课堂教学的主阵地做好课堂延伸的准备,指导学生学会带着问题进行自学和带着问题进行研究性学习.这样做也充分发挥学生的主体作用,逐步形成终身学习的好习惯.课堂教学中,教师应提出问题,再创设情景,让学生根据提出的问题,在丰富的情景中,利用收集的有用信息和同学讨论或自己查找有关资料等方法找到解决问题的方法,新课教学中,设计学生预习提纲,学生根据提纲可以自学,从课本中、资料中和与同学交流讨论、质疑的过程中获得解决问题的方法,也可以根据教材的安排和学校实际情况,设计

一些开放性的问题，让学生通过查阅有关资料解决.当然也可以对某些专题进行专门的研究性学习.例如调查常见交通工具的功率，变速自行车的传动问题等等.这些问题学生必须通过自己的调查获取数据、统计、写出报告等，获取直接经验，逐步培养学生的实践能力.

总之，培养学生研究性学习的能力不是一朝一夕能完成的.除了利用研究型学习课程来培养外，课堂教学也是培养学生研究性学习能力的重要途径.因此，课堂教学必须以学生为主体，让学生主动参与到教学过程中去，学生在收集信息、讨论、质疑、归纳总结中，用给定方法解决问题，带着问题去实践和探究，学会学习.学生只有学会了研究性学习的方法，才能有勇于实践、不怕挫折、敢于创新的意识.

(二)组织研究性学习小组进行研究性学习

研究性学习的形式，除了在课堂学习中渗透研究性学习外，另外一个重要的组织形式是组织成学习小组进行研究性学习.

根据研究性学习的内容进行科学合理地选题.有的课题可以由一个学生个体单独来完成.例如，小资料论文“没有摩擦力的世界”、“利用完全失重的环境能做些什么”等等的写作，这样的课题涉及的知识面较小，往往只要通过自己从报纸、网上等媒体查阅相关的资料就能完成.这样的学习方式能充分调动个人的积极性，培养做事耐心的习惯，有利于充分发挥自己的想像力，提出自己的观点，培养了独立思考、独立解决问题的能力.有的课题必须要多个人组成一个小组，分工配合协作，共同努力才能完成.这样的小组一般应有3~6人组成，学生自己推选出组织、研究和协调能力较强的同学为组长，聘请有一定专长的成人(本校教师、校外人士)作为指导教师.研究的过程中，课题组的成员有分工有合作，各人显示出自己的特长和才能，协作互补.小组所做的课题一般可以大一些.如“本地旅游资源的合理开发”就首先要对本地旅游资源进行调查，对资源的开发现状进行统计，再提出或找到制约开发的一些主要因素.然后，预计提高开发利用率以后带来的服务行业、餐饮业是否满足要求等等问题.还有就是开发过程中，如何保护自然的生态环境，达到人与自然的高度协调统一.这样的选题靠一个人是做不好的，必须成立小组进行.

组织学习小组进行研究性学习，有着它自身的优势.首先是加强了同学之间的交流，交流的能力也是现代人生存的最基本能力之一.同学们在互相交流中获得双赢，双方受益，共同提高.其次是加强了合作精神的培养.要做好一个较大的课题，几个同学之间合作是必不可少的.人们在一定的社会政治和经济结构中生活，自己处在一定的位置，和他人共同构成合作关系，从小培养这种合作的精神，有利于今后在工作中合理的接受分工，形成合作共事的良好习惯.

原书缺页

总之，选择的课题，一定要符合学生的知识和能力的水平，一定要与学生的生活空间和环境紧密相联，要与社会的焦点问题和社会热点问题有关，要与学生所关心的问题相关，一定要有足够的素材让同学们在研究性学习的过程中真正受益.

三　研究性学习的实施概况



研究性学习作为一种学习的方式，可以利用课题作为媒体来实施研究性学习，也要利用课堂学习的过程中进行研究性学习，作为一种课程的研究性学习实施的情况，各不同层次不同规模的学校，实施的情况大不相同.这中间主要有下列几个问题.

（一）教师和学生对研究性学习的认识问题

实施研究性学习的主体是学生，但是，学生的学习时间要根据学校的合理安排而获得.教师如何提供一定的时空让学生有一定的时间完成任务？有些教师怀疑研究性学习的开展是否对学生升入高一级学校有所帮助.因此，要顺利地开展研究性学习，对教师而言面临的第一个问题就是要提高自己的认识，认识到研究性学习对学生终身学习的作用，更新陈旧的学习的观念，留有充足的时间让学生自主选题，自主研究，教师在这个过程中起指导、参谋的作用.正确认识研究性学习与高考是显性相关的.2000年和2001年上海的高考卷中都有关于研究性学习的试题，有关于太空背景黑色的原因的开放性试题，有给材料自拟实行研究性学习的计划书.只有提高了教师的认识，实行研究性学习才没有阻力.

学生是实施研究性学习的主体，但是对于这一种全新的学习方式，虽然更富有挑战性，但由于有纲无本，学生往往感到不着边际，对进行研究性学习的重要性缺乏必要的认识，往往为完成任务而作不深入和不踏实的研究，研究性学习只停留在比较肤浅的层次，实施研究性学习的效果不佳.也有一部分同学认为，研究性学习只是学习成绩较好的同学的事，与自己无关，从而达不到全员参加的目的.还有一部分同学往往在学习的活动中存在惰性，总感到只有在学校听老师上课，自己才感到充实，感到学到了知识，其实这也是一种狭隘的学习观念的反映.更多的一部分人则认为研究性学习对参加高考没什么帮助，不利于提高高考的成绩等等.要解决学生思想中的以上不正确的想法，首先要组织学生学习，更新学习的观念，建立合理的人才观念，提高学生对学习内涵的认识，认识到学习的最终目标是对人的终身发展有利.其次学校要进行全面的精心组织，要做到有组织、有主题、有计划、有场所、有总结、有评价，让每一个学生在有序地开展活动中获得效益，提

高信心.再次就是适当地把课题研究和教材的内容相结合,加深对教材的理解,同时提高学生对应用知识能力的培养.如此种种,只有全体学生的积极参与,教师的悉心指导,研究性学习才能健康地开展,才能真正逐步改变学生的学习方式,提高学生的创新精神和实践能力.

(二)研究性学习的可行性

研究性学习作为一个学习的方式在现阶段的中学教学中是否可以实现呢?我们可以从以下几个方面稍作分析,会发现具有进行研究性学习的土壤.

从时间方面来看,学生除了在课堂学习的时间内渗透研究性学习的方式外,还可利用双休日、课外活动的时间、活动课时间、暑假和寒假,只不过这要做好合理的安排和计划.

从学生方面来说,每一个同学都具有发展的潜能,学生可以根据自己的爱好和兴趣选择课题.有的学习项目和课题可以由个人单独利用课余的时间来独立完成,不受组织形式有限制.这给学生进行研究性学习带来了便利.有些选题需由有共同兴趣爱好的同学参加的兴趣小组来完成,由于他们有共同的兴趣和爱好,所以他们做自己感兴趣的事就会有积极性,这就是学生进行研究性学习的内驱力.

从现在学校的条件来看,现在学校的硬软件的条件都比较好.首先有大量的教师,这些教师就是一个很大的资源库,要发动教师用自己的专长知识来指导学生的研究性学习.使得学生进行研究性学习有取之不竭的素材(课题);其次可充分利用图书馆、上网获取进行研究性学习的素材,进行资料收集,整理分类,写出活动报告.

从社会的大环境来说,也有利于研究性学习的实施.高考制度的不断改革和深化,对现行的传承性学习的方式提出了新的挑战.对考生的能力要求也放到了第一位.上海市2001年高考试卷中含有研究性学习的试题,又把研究性学习和高考相联系起来,这就使得家长和社会对研究性学习多了一份理解,也将形成推进学校进行研究性学习的外力.

综合以上情况,只要充分调动教师的积极性,开发教师指导学生进行研究性学习的热情;充分发挥学生的自主性,让学生从生活中感兴趣的问题中找到有价值的研究性学习的课题;开放学校的实验室、图书馆、电教室、计算机房等等,让学生有多个获取信息的渠道;对学生进行合理的组织和安排,使得他们在紧张有序的学习环境中,有充分发展自己学习潜能的机会,现在学校让学生进行研究性学习是完全可行的.

(三)研究性学习与高考的关系

高考是选拔性的考试,要比较全面地考查学生的能力.近几年来的高考试卷

中集中体现了以下几种能力，而这些能力是进行研究性学习所必须要培养的主要能力.

(1)收集信息的能力. 近几年来的物理试卷，尤其是上海卷在这方面做了很多尝试，提供了大量的背景材料，让学生在背景材料中获取解决问题的方法. 如2001年物理试卷第23题是全球降水的问题，2002年江苏的大综合试卷中第1～3题，根据树的年轮图的信息解决一些问题等等，这样的例子很多，这说明在信息社会里，信息的传播渠道很多，收集有用信息为自己所用的能力就显得尤其重要. 而研究性学习中如果选择社会调查一类的课题，就必须要做收集信息、问卷调查一类的工作. 这样进行研究性学习有利于学生提高收集信息的能力.

(2)语言的表达能力. 一个社会化的人必须和他人交流、合作共事，而做到这一切的首要条件是要能把自己的想法、意见准确、简洁地表达出来. 近年来的高考题目中尤其突出了对学生语言表达能力的要求，如语文课中的作文增加为60分，在物理试题中还增加了一些说理题和证明题等等. 而研究性学习的课题中，必须要写出学习的实验报告，并要作相应的交流达到共同的提高，这正是培养学生语言表达能力的好机会，因此研究性学习培养学生的语言表达能力有助于学生在高考中获得好的成绩.

(3)开放性思维的能力. 开放性思维的能力，有利于学生获得创新的灵感，是培养创新人才的基础. 近年来的高考试题中有一系列的问题要求学生具有创新思维的能力. 如给一幅宇航员在外太空拍到的照片，提出两个物理问题；在失重的环境中人类可以做些什么等这样一些问题. 这些共同特征是并没有标准的答案，只要答案合理就行. 而现在的研究性学习就是提倡开放性学习的模式，从选题、组织到实施，都没有统一的标准，重视学习过程的体验，而并不是要达到一个统一的结论. 因此研究性学习有利于开放性思维能力的培养.

(4)关注社会的热点、焦点问题. 近年来的高考均体现了关注社会的热点和焦点. 如西部的大开发的意义，南水北调，沙尘暴的形成及治理措施，能源的利用和开发，环境的污染及治理等等，这就要求我们引导学生关注生活、关注环境、关注人与自然生态环境的和谐发展，而在选取的研究性学习的课题中，有一部分的选题就是社会的热点和焦点. 这样在高考过程中就会取得好的成绩.

(5)体现理论联系实际. 理论联系实际是永恒的话题. 只有理论联系实际，这种理论才会有生命力. 近年来的高考题在体现理论联系实际方面做了大量的工作. 数学中有一系列的应用题理论联系实际. 物理上也很多. 近年在高考卷中出现的有“在北半球的飞机飞行哪一端机翼电势高”，定点的通讯卫星覆盖的地球的面

积，核电厂一年要用多少核原料，家用电器的合理连接，运动员跳水、跳高的问题等等，这些问题要根据所学的知识来解决实际的问题，而在研究性学习中，有很多的选择来自生活和生产的实践中，体现了理论联系实际的精神．因此进行研究性学习有助于形成理论应用于实践的好的思维方式，对提高自己的能力和高考成绩有很大的帮助．

通过以上分析容易看出，进行研究性学习绝对不会对高考产生冲击，在研究性学习过程中获得的能力会在高考的过程中对提高自己的成绩有所帮助，绝对不会因为进行了研究性学习而冲击了高考．因为高考中能力是决定性因素，而有些能力培养的最好媒体，就是进行研究性学习．

四　研究性学习的实施



（一）组织的形式

研究性学习由于所选择的课题不同，进行学习时，会有以下几种不同的形式：

（1）个体独立进行的研究性学习．有的研究性学习选题比较小，依靠个体的能力进行选题、计划、调查、查询资料总结，能写出实验的报告．如学生进行小论文的写作、小实验的探讨等都属于这一类．做这一类课题，学生可在课余的时间内或者是自习课上完成．

（2）组织小组进行研究性的学习．这种情况下所选择的课题比较大，涉及的知识面较广，所收集的资料也比较多．因此往往要有一个组织和协调能力较强的同学担任组长，统一协调、制定出课题学习的计划，并对实施所做的每一步的工作在全体成员中进行明确的分工，有负责资料收集的，有负责撰写报告的，有负责进行社会调查的等等．同时，还要聘请有一定专长的教师担任指导老师．指导老师在学生进行研究性学习的过程中，对学习的方向性问题和宏观的研究方向提出自己的建议．这样完备的组织形式（如图 1-4-1）有利于学生健康顺利地完成课题的研究．做这样的课题一般在双休日，学生经过努力可以完成．

（3）组织班级全体同学进行研究性学习．这种情况下是选择了一个综合性强，涉及的学科多，和社会的生活和生产联系比较广的课题．例如，“利用不同波的电滋波特点做成的仪器调查”，这样的课题靠几个人组成的小组是无法完成的．因此，要由班级的班委会组织牵头，组成一个总课题组织协调小组，下面分多个子课题小组，每一个小组承担一个学科，或某一方面的任务．每一个小组的成员都有一定的分工．用方框图1-4-2表示为

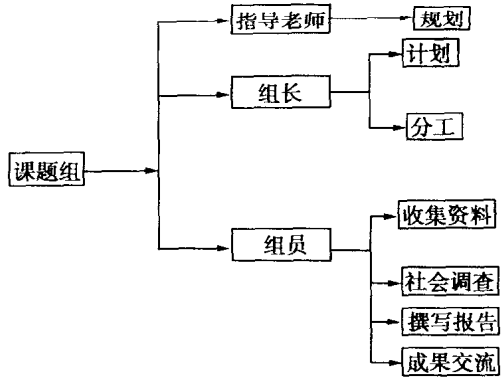


图 1-4-1

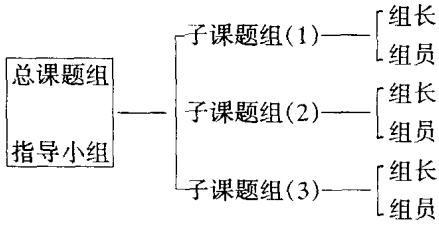


图 1-4-2

同样,这样的课题组还需一名或多名教师为指导老师,以提供一些有关课题的知识和经验.这样的课题通常在寒暑假内进行.因为这一阶段的时间比较充裕.

因此,研究性学习的组织形式,可以有多种多样,不要拘泥于什么格式,要根据选择的课题的内容来进行组织,从而达到有利于完成课题研究的目的.

(二)开展研究性学习的一般的程序

研究性学习的实施一般可以分为三个阶段:收集问题、合理科学地选题阶段;选题后进行计划、研究、撰写报告阶段;最后是报告交流和研讨的阶段.

指导学生做某一个课题研究的一般程序:

(1)开设讲座,让学生交流讨论,发现社会的热点、焦点问题,发现物理知识与实际生活和生产相联系的问题,从中选取符合自己兴趣和爱好的、与自己的知识和能力相匹配的、素材比较丰富和容易找到的问题作为研究性学习的课题,如"照明用具演变的报告""制冷设备的调查"等,这些问题的切入口小,较容易实施并完成.

(2)组织课题组,制定研究计划.课题确定以后,课题组应采用学生自由组合,教师适当调节的做法,使得课题组内成员的能力搭配合理和协调.制定计划的过

程中，一定要做到目标明确、清晰、具体，研究的具体做法要合理可行，工作的程序要规范，不能粗糙.计划制定后应聘请指导教师对计划进行可行性的论证，并及时修证和完善.这样做会对课题研究的顺利开展起到有益的作用.

(3)组织设施.在实施课题研究时可能涉及学校社区和其他有关部门.学校要创造条件让学生方便地实施计划，如到图书馆查资料，到实验室进行小实验，到电教室通过互联网收寻有关信息等等.学校也要根据学生研究的需求和社区及有关的单位进行联系，为他们的研究性学习创造便利，尽量减少学生在实施计划过程中的困难.学生在实施计划的过程中，要根据研究目的做好详细的记录，记下自己的感受体会.

(4)处理结果，撰写报告.对一个研究性学习的课题经过计划和实施了研究的过程后，获得了一系列的信息或资料、体会，要根据研究性学习的目的，对这些第一手资料进行处理.处理的方法很多，有图表法、归纳法、综合法等等.不论采用什么方法，一定要坚持实事求是的原则，要善于去伪存真、去粗取精，合理取舍.使得经过处理加工的资料能够比较全面地反映所研究课题的真实面目.

(5)组织进行研究性学习成果报告会.通过一系列的工作，每一个小组都写出了研究性课题学习的报告.不论报告的形式和内容如何，都凝聚了每一个参与的学生的心血，一定要给予机会让他们展示他们的研究成果，切不可选几个小组作一下报告就结束.因为在报告的过程中，学生之间还会对报告做出自己的评判，并进行一定的研讨.在研讨的过程中，各种不同思想方法会进行碰撞，学生在这个过程还会学会宽容和理解，会客观辩证地对自己的研究性学习工作做出思考，以利于今后的研究性学习继续开展.

以上只是研究性学习的一般程序，具体实施时只要能有利于调动学生的积极性，有利于学生体验学习和研究的过程，有利于学生对自己的工作做出客观公正的评判，有利于学生各种能力的培养，就是一种合理有效的程序.

第二篇　物理学科研究性学习的方法与思路

高中物理研究性学习课程是源于课本又高于课本的一种自主性学习课程，物理的研究性学习，可以以“课题研究”的形式开展，也可以穿插在课堂教学的过程中，其目的是改变学生单纯地接受知识传输的学习方式，帮助学生形成一种对知识主动探求，并重视解决实际问题的积极的学习方式.

在物理研究性学习过程中，必然要用到物理学科的一些特有的学习研究方法，而这些具体的研究学习方法，可分为两大类：一类是物理学研究的思想方法；另一类是物理学科研究性学习的具体方法.

一　物理学科研究性学习科学的思想方法



物理学科的思想方法是指研究和处理物理问题时，采取一系列的手段、措施和策略对物理问题进行归纳、总结、近似、代换、分析等等，以便将复杂的问题简单化、模糊的问题明朗化、物理的问题数学化、定性的问题定量化等，从而较方便地解决问题.物理作为一门独立的学科，学习的思想方法很多，以下几个是最常用的方法.

（一）理想化模型法

1. 什么是理想化模型

理想化模型是采用科学抽象的形式把物体本身或物体所处的条件理想化.其目的就是把错综复杂的事物归纳为一些简单的理想化的问题，但却又不失典型性和普遍性，如质点、点电荷、理想气体、简谐振动等，都是源于实际而又高于实际的理想化模型，是对实际物体进行去伪存真，去粗取精的抽象，这就是物理学科的理想化模型方法.

2. 理想化模型的分类

(1)物理研究对象理想化

忽略物体在问题中本身的一些次要因素，突出主要矛盾，便于研究问题，这样的物理对象在高中物理中有很多，如质点、单摆、弹簧振子、点电荷、理想气体、刚

体、点光源、薄透镜、无限长直导线、原子核式结构模型、玻尔的氢原子模型、无限大平行板电容器等等，都是将实际物体进行近似与抽象.

(2)物理条件的理想化

就是将物体所处的实际外部条件进行抽象.如力学中，接触面光滑、轻质物体、无空气阻力、不计细线伸长、趋向于无穷远、不计能量损失等；热学中的绝热、真空等；电学中的理想电表、理想变压器等这些都是把物体所处的条件理想化.

(3)物理过程的理想化

力学中的匀速运动、匀变速运动、简谐运动、自由落体运动、匀速圆周运动、等温变化、等容变化、等压变化等，这些物理过程在现实情况下，含有许多复杂的偶然的因素，如匀变速运动，在实际运动中，几乎每一个做加速运动的物体都不可能或不容易使它的速度随时间均匀的变化.

3. 理想化模型方法的应用

[例 1] 如图 2-1-1 所示，光滑圆形轨道置于竖直平面内，其半径为 $R=10\text{m}$，在容器内离最低点 5cm 处，有一小滑块由静止开始下滑，求滑块由静止滑到最低点所需的时间 $t(g=10\text{m/s}^2)$.

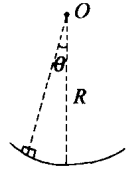


图 2-1-1

分析 滑块在容器内做复杂的曲线运动，应用牛顿第二定律和运动学公式难以解决问题.

小球在容器内受力情况与单摆完全相同，且可以证明到 $\theta<5°$，所以滑块可作为单摆模型：

$$t=\frac{1}{4}\times 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}=1.57\text{s}$$

(二)整体分析法

在中学物理中，有一些物理问题是研究两个物体间的相互作用，或者讨论物体的物理量的变化(如动量、动能、速度等)，根据问题的不同，可以将整体法与隔离法配合使用.整体法在解决静力学、动力学、电路等方面都有着广泛的应用.

1. 什么叫整体分析法

整体法是相对于隔离法而言的，就是把所研究的系统中的两个(或多个)物体作为一个整体，想像把它们作为一个物体，研究时不需考虑其中的相互作用，这样的方法叫整体分析法.而隔离分析法则是指研究系统中的局部，想像将这一块局部划分出来，单独进行研究的方法.

2. 整体分析法的应用

一般来说，在考虑单个研究对象的受力、状态或各类参量时，只能使用隔离分析法.例如，静力学中研究一个物体的受力情况时，先将物体假想为与周围的物体隔离开来，按重力、弹力、摩擦力、电场力、分子力和磁场力的顺序分析受力，再用

共点力的平衡条件求出其中的某个力.但一些物理问题,若用隔离法分析研究对象则比较复杂,甚至难以进行下去,而用整体法却十分简单.

[例 2] 如图 2-1-2,有质量均为 m 的两个等量异种点电荷,被两根绝缘丝线悬吊着,当加水平向右的电场后两点电荷最终会达到什么状态?

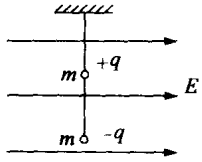


图 2-1-2

分析 此题要分析两点电荷的最终会达到什么状态,实质上是分析两丝线的方位,即拉力的方向,要分析点电荷所受的拉力方向,分两步分析:

第一步,以下面的点电荷 $-q$ 为研究对象,用隔离法分析受力情况,如图 2-1-3,$-q$ 受重力和水平向左的电场力作用,根据平衡条件,得出丝线对 $-q$ 的拉力 T_1 必向着重力和电场力合力的反方向,从而得出下面的丝线是向左偏折的;

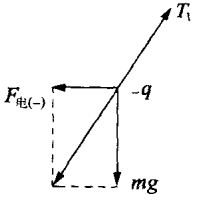


图 2-1-3

第二步,以整体,即两点电荷为研究对象,分析受力情况,如图 2-1-4,受 $2mg$ 的重力,由平衡条件知道,上面的丝线必竖直.

由以上的分析可能得出,最终系统所处的状态为如图 2-1-5 所示.

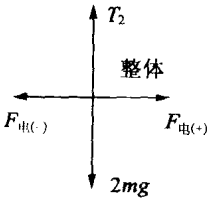


图 2-1-4

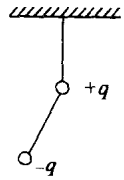


图 2-1-5

有些物理问题,可以对整个过程进行分析.

[例 3] 一个物体从 2-1-6 图示位置竖直上抛,空气阻力 $f=kmg$,恒定不变,物体和地面作用无动能损失,讨论物体从上抛开始到速度为零共通过了多少距离?

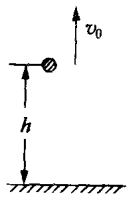


图 2-1-6

分析 从物体的整个过程来看,运用动能定理:$mgh-kmgs=0-\frac{mv_0^2}{2}$ 得出物体到停止运动共通过的距离为 $s=\frac{(v_0^2+2gh)}{2kg}$.

整体法的使用,使我们在局部分析的基础上,找出各个组成部分或各个过程之间的联系,从而对这一物理现象或物理过程在整体或全局上获得了全面、完整的认识,在高中物理中,静力学中研究叠加体求摩擦力 f、动力学中

研究用力 F 推 n 个相同的物体求加速度 a，或较复杂的碰撞、爆炸、反冲等问题中应用动量守恒定律，单个物体机械能不守恒而整体的机械能却守恒的时候，热学中常把气缸、活塞和水银看成一个整体研究受力求压强，另外在电磁场中也经常用整体分析法分析问题.

3. 应用整体分析法应注意的问题

整体分析法的应用会给我们的分析研究带来极大的方便，但是整体分析法的应用要注意一些问题：

第一，在对某一加速度相同的整体进行受力分析时，不能把整体的内力也分析进去；

第二，在研究物体的内力的时候，若还使用整体分析法，则无法求出内力的大小，此时应该用隔离法加以配合使用；

第三，在使用动能定理来解决整体的问题时，整体的动能是否发生变化与内力做功的代数和有一定的关系. 比如，一对相互作用的滑动摩擦力所做的功的代数和总是小于零，它会使得整体的总动能发生变化；

第四，在应用整体分析法对整个运动过程进行分析时，要注意全过程的变化动态，否则，会导致错误的结果.

[例 4] 如图 2-1-7，机车拉着拖车，以 v_0 的速度匀速运动，已知机车的质量为 m_1，拖车的质量为 m_2，阻力与车重成正比，某时刻机车和拖车脱钩，脱钩后经过 ts 拖车停下，求此时机车的速度.

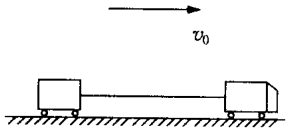


图 2-1-7

分析 应用整体分析法，以整体为研究对象，脱钩前后整体的 $F_{合}$ 不变，都为零，应用动量定理：

$$(m_1 + m_2)v_0 = m_1 v \qquad 得 \quad v = \frac{(m_1 + m_2)v_0}{m_1}$$

但当拖车停止运动后，整体受力情况发生了变化，整体的受力不再为零，不能用动量守恒定律运算 Δt 后的机车的速度，应单独隔离机车进行分析.

（三）等效转换法

等效转换法是物理学研究中一种重要的思想方法. 它把复杂的物理模型和复杂的物理过程用一种非常巧妙的方法代换成比较浅显的模型，或简单明了的物理过程，但又不改变原意，从而快捷地解决问题. 在高中物理的许多方面，都可以用这种等效转换法.

1. 等效研究对象

对问题中所涉及的研究对象进行等效转换，即更换研究对象进行分析.

[例 5] 如图2-1-8(a)、(b)，一两端封闭的试管中装满水水平放置，内有一气

泡，今将整个试管向右加速运动，则试管中的气泡将移向试管的哪一头？

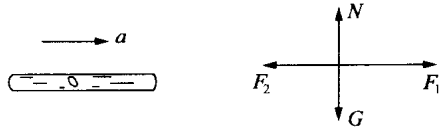


图 2-1-8

分析 若考虑以气泡为研究对象，气泡两侧水对气泡的压力大小相等方向相反，所受合力为零，但试管加速向右运动时，气泡由于惯性将移向试管的左侧.

其实这样的结论是完全错误的，事实上，气泡是空气组成的，它的质量几乎为零，故由惯性而得出的结论是站不住脚的.此问题如果更换研究对象，以所有的水为研究对象，与气泡等效的水走向试管的左侧，那么气泡只能移向试管的右侧.

2. 等效研究过程

将研究过程进行等效，问题会变得简单易解决，比如，质点匀减速运动直至速度为零的情况，在应用运动学公式时，必须要运用到初速度的大小，而用不到等于零的已知的末速度，而且加速度的负值也会给我们带来不便.如果将这种运动等效地看成逆过来的初速度为零的匀加速运动，于是初速为零的匀加速运动的所有规律及推论都可以应用，问题就变得简单了.

3. 等效变换研究情景

如果研究的物理情景很复杂，还用已往的方法来解决问题会不容易或根本无法下手，此时，如果将物理情景进行一下等效变换，改变一下情景物理量，用原来的思路解题则会很轻松.

比如，研究物体在光滑斜面上做单摆运动或带电体在重力场和电场的复合场中做摆动时，如图 2-1-9(a)所示，可以求出单摆在摆动中的等效场.在研究的过程中，单摆的模型没有变化，只是物理情景发生了变化.物体在光滑斜面上做摆动时，好像重力场的方向变成了沿斜面向下，等效重力加速度 g 大小变成了 $g\sin\theta$，

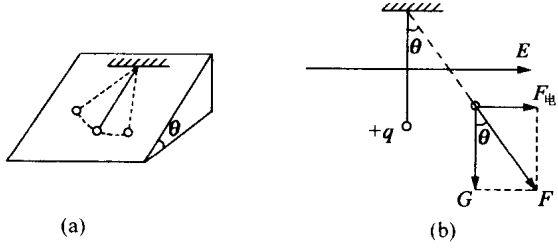


图 2-1-9

单摆的周期公式中的 g 将变成等效重力加速度 $g\sin\theta$，即 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g\sin\theta}}$；带电体在电场 E 和重力场 G 中好像是在复合场 F 中作单摆，F 的方向和大小由电场力和重力的合力决定，等效重力加速度为 $g=\frac{\sqrt{F_{电}^2+G^2}}{m}$，方向与竖直方向成 $\tan\theta=\frac{F_{电}}{G}$.

4. 等效变换研究内容

无论是力学，还是电学、光学，涉及间接研究的内容很多，这类问题大多是用直接研究的方法难以解决，或用高中数学知识无法解决的，若在研究时，利用物理规律或原理更换研究内容，则可方便地得出结论.

[**例 6**] 用 $I=Ft$ 和 $W=Fs\cos\theta$ 来计算某力冲量和做功时，若 t 和 s 未知，或 F 为变力，又无平均值，我们是无法得出结论的，如果采用动量定理和功能原理变换一下研究的内容，研究动量变化量和能量变化量就很快地解决问题了. 又如，线圈在磁场中转动时，通过求磁通量变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 的最大值，可以改求电动势的最大值除以线圈的匝数对照求出. 这就好比让我们测出一杯水的体积时，可以改测这杯水的质量，然后再用 $V=\frac{m}{\rho}$ 求出这杯水的体积一样.

（四）用图象处理物理问题的方法

图象是表达物理量之间变化关系的一种常用方法，它具有形象、直观、动态过程清楚等特点，在解答物理问题方面起到一定的作用.

1. 理解图象的物理意义

高中物理图象中，都有自己的特定意义，它反映了某一条件下，研究对象的一个物理量随另一物理量的变化规律，如何根据图线确定研究对象所遵循的规律呢?

首先，要理解坐标轴所代表的物理量，其次理解坐标、截距、斜率和面积的含义，第三，结合所学过的知识，对物理问题作出分析和判断.

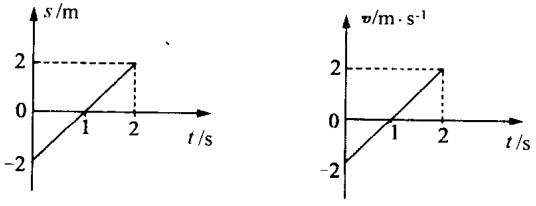


图 2-1-10

[例 7] 两个质点在某一直线上的运动情况如图 2-1-10,请判断两质点分别作什么运动? 分析讨论质点运动的性质、初速度、加速度、不同时刻的质点运动方向等等.

分析 两质点的运动图象看似相同,但要判断质点的运动情况,首先观察坐标轴所代表的物理量,两个图象其一的纵轴表示质点的位移 s,另一的纵轴则表示质点的运动速度 v,故两质点的运动完全不同;其次观察截距,一个是描述质点从位移为 $-2m$ 处向 $+2m$ 处作匀速运动,当 $t=1s$ 时,质点到达 $s=0$ 处,另一个则是描述质点以 2m/s 的速度向负方向开始匀减速直线运动,$t=1s$ 时减速到零,接着向正方向作匀加速直线运动,$t=2s$ 时质点为 2m/s.

2. 图象处理方法的运用

运用图象解决问题时,主要运用图象的截距、斜率和面积.

(1)运用物理图象的截距

[例 8] 有两节不同的电池,用相同的电路测量得到的结果如图 2-1-11 线甲、乙表示,则 ( )

A. $E_{甲}<E_{乙}$ $r_{甲}>r_{乙}$

B. $E_{甲}=E_{乙}$ $r_{甲}>r_{乙}$

C. $E_{甲}>E_{乙}$ $r_{甲}<r_{乙}$

D. $E_{甲}=E_{乙}$ $r_{甲}<r_{乙}$

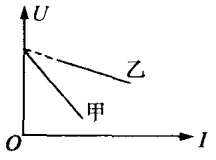


图 2-1-11

分析 由 $U=E-Ir$ 可知,$U_{端}$—I 纵轴截距为电源电动势,故 $E_{甲}=E_{乙}$,横轴截距为短路电流 $I_{短}=\frac{E}{r_{内}}$,故 $r_{内}=\frac{E}{I_{短}}$,得出 $r_{甲}>r_{乙}$,由此知道应选 B.

(2)运用物理图象的斜率

[例 9] 一列简谐波沿直线传播,在传播方向上有一质点 A 的振动图象如图 2-1-12 所示,则质点在 $t=0\sim0.1s$ 内、$t=0.1\sim0.2s$ 内、$t=0.2\sim0.3s$ 内、$t=0.3\sim0.4s$ 内的速度分别怎样变化?

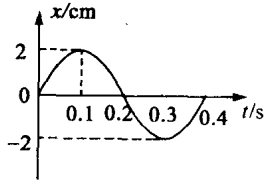


图 2-1-12

分析 在位移随时间变化的图象中,图象的斜率直接反映了质点运动的速度.在 $t=0\sim0.1s$ 内图线的斜率为正,且逐渐变小到零,故质点向正方向减速运动直至速度为零;在 $t=0.1\sim0.2s$ 内,图线的斜率为负,且逐渐增大,质点向负方向作初速为零的加速运动,到 0.2s 末速度最大;在 $t=0.2\sim0.3s$ 内,图线的斜率依然为负,但逐渐变小至零,则质点向负方向作减速运动至速度为零;在 $t=0.3\sim0.4s$ 内,图线的斜率改为正,又逐渐变大,故质点向正方向作初速度为零的加速运动.

类似的还有正弦交流电的变化规律，电磁振荡的振荡电流的变化规律等等.

有时如果遇到某个陌生的图象时，利用物理规律可以推导出图象的斜率所代表的物理意义.

[例 10] 某平行板电容器所带电量 Q 随两极板的电压的变化规律如图 2-1-13 所示，当用此电容器与一自感系数为 L_0 的自感线圈组成 LC 回路时，则此回路中产生的振荡电流的周期为多少？

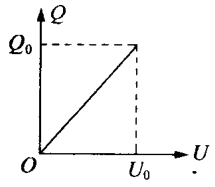


图 2-1-13

分析 由规律 $Q=CU$ 得出，$Q-U$ 图象的斜率为电容器的电容，因此由图象可得 $C=\dfrac{Q_0}{U_0}$，又因为 $T=2\pi\sqrt{LC}$，所以此回路的振荡周期为 $T=2\pi\sqrt{L_0\dfrac{Q_0}{U_0}}=2\pi\sqrt{\dfrac{L_0Q_0}{U_0}}$

(3)运用物理图象的面积

[例 11] 在竖直平面内有一光滑圆环，甲、乙两小球以相同大小的速度出发，到 C 点时所用时间分别为 $t_{甲}$ 和 $t_{乙}$，试比较 $t_{甲}$ 和 $t_{乙}$ 的大小.

分析 由于圆环光滑，故两小球机械能守恒，到达 C 时两球速度大小仍相等且都等于刚出发时的速度大小，但两者运动过程中速度大小变化情况不同，而运动路程却相等，用 v-t 图象表示出来，如图 2-1-14 所示，即图象面积相等，根据这些能直接得出结论：$t_{甲}>t_{乙}$.

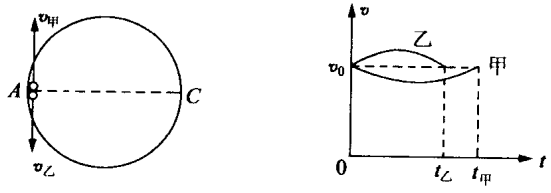


图 2-1-14

与斜率的运用一样，当遇到陌生的图象时，不妨结合有关物理规律思考一下，图象的面积有无实际意义，是否找到意想不到的捷径，特别是牵涉到某力做功时，比如出现力随位移变化的 F-s 图象时，注意到由公式 $W=Fs$；出现气体或液体的压强随体积变化的 p-V 图象时，注意到公式 $W=Fs$ 可以推导成 $W=Fs=pS_0s=p\cdot\Delta V$；出现功随时间变化的 P-t 图象时，注意到公式 $W=Pt$. 由微元法可以推导出这些图象的面积都表示了某力所做的功.

总之，用图象来处理物理问题，是学习和研究物理学的一种常用而可行的方法之一.

(五)类比法

在物理学研究史上,类比分析法是非常重要的物理研究方法之一,不少科学家采用类比分析的方法获得过许多重大的发现.所谓类比分析法是由于两个(或几个)不同研究对象的部分特征或规律具有某种相似、相近或相反性,从而推出它们的其他的特点或规律也可能有相似、相近或相反性,运用这种逻辑推理分析问题的方法叫做类比分析法.

1. 类比分析法的种类

物理学中要用到的类比分析法最常见的有两种,一种是横向类比分析法,一种是纵向类比分析法.

(1)横向类比分析法

所谓的横向类比分析法,是指把两个完全不同的事物相类比,主要抓住这两个事物的某个(或某些)特点或属性的类似性,为了理解、掌握或解决其中某个事物的一些问题,而从另一事物的角度来分析它.

例如,在理解分子势能的变化时,用重力势能的变化来作类比,由于重力做正功时,重力势能减少,重力做负功时,重力势能增加;同样,分子力做正功时,分子势能减少,分子力做负功时,分子势能增加.在理解电势能的变化时,也是如此,电场力做正功时,电势能减少,电场力做负功时,电势能增加.从而推想到其他与重力、分子力和电场力有相同特性的场力做功也应有相同的规律,即只要是保守力做正功,有关势能就增加,只要是保守力做负功,有关势能就减少,而且所有保守力做功都只与相对位置有关,这样,关于保守力做功这一知识体系就能掌握得相当清楚了.

(2)纵向类比分析法

这种分析法,是从不同角度对某一问题进行研究时,将两个不同角度研究的问题作类比,揭示出某一问题所遵循的相互联系的不同结论,多角度地研究某一问题,会使对这一问题的研究更透彻、更科学.

例如,在研究质点运动时,质点运动的快慢用速度 v 表示,而质点运动的速度变化快慢则用加速度 a 表示,v 与 a 从两个不同角度分析了质点运动情况,v 与 a 是有联系的,两者都表示"快慢",但它们又是有区别的.又如,研究电场时,可从力和能两个角度来进行分析,从力的角度分析电场时,主要研究场强 $E=\frac{F}{q}$,从能的角度分析电场时,主要研究电势和电势差 $U=\frac{W}{q}$.比较 E 和 U,它们都具有共同的特征,即只与电场本身有关,与 q 的大小、正负、有无等情况无关,它们又是有联系的,在匀强电场中,$E=Ud$,通过对电场的 E 和 U 进行类比分析,这样电场的知识就浓缩成一团,更易于理解和掌握.

2. 类比分析法的应用策略

(1)求同

即将两个(或几个)事物的物理现象、物理过程的本质或效果以及处理方法的相同、相近、相似之处找出来作一对比.如电阻、电容、能、惯性和折射率等概念,它们属于不同的物理概念,但都具有共同的含义,也就是都反映出是事物的一种本领,分别表示为:电阻是对电流的阻碍能力;电容是电容器容纳电荷的本领;能是物体做功的本领;惯性是物体保持原来运动状态的本领;折射率是介质对光的偏折本领.

(2)找异

就是将两个看似相同、相近和相似的物理现象、物理过程的本质或效果的不同之处找出来作比较,从而更加准确地认识、理解和运用它们.

例如,牛顿第三定律中的一对作用力与反作用力和二力平衡中的一对平衡力,从表面上非常相似,都具有二力等值、反向和共线的特征,但存在本质的区别,即一对平衡力,是指作用在同一物体上的力,合力为零,其效果为不改变物体的运动状态,而一对作用力与反作用力则不同,它们是分别作用于对方物体上的两力,受力物体不同,不能合成,其效果不能抵消,但有着一对平衡力所不一定具有的特点:等时性和同性质性.

3. 类比分析法的应用范畴

(1)结构类比分析

对事物的结构进行类比分析,在物理中应用频繁,例如:力学中的轻质杆、轻质绳和轻质弹簧,结构类似,都能产生弹力,但轻质绳只能产生拉力,沿绳方向,轻质弹簧可产生拉力,也可产生压力,方向沿弹簧方向,而轻质杆产生的作用力则很复杂,可能是拉力、压力或推力,方向沿杆方向,也可能产生支持力,方向不一定沿杆方向.

(2)特性类比分析

例如,将电阻、电容、电势差、场强等与初中学过的密度作比较,发现这些物理量都有一个共同的特性,就是由事物的本身的因素决定的,与外界其他因素无关,导体的电阻与导体的材料、长度、粗细以及温度有关,即 $R=\rho\frac{L}{S}$;平行板电容器与两极板的正对面积、板间的距离和电介质有关,即 $C=\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$;电场的场强和两点间的电势差与电场线的分布有关,与所放电荷无关;和初中所学的密度是物质本身的属性,与物体的质量与体积无关.虽然它们与外界因素无关,但又可以由这些外界因素表示或计算出来,即用 $R=\frac{U}{I}$,$C=\frac{Q}{U}$,$U=\frac{W}{q}$,$E=\frac{F}{q}$,$\rho=\frac{m}{V}$等定义

式.

(3)图形类比分析

在物理学上用图形进行类比,也是常用的方法,比如计算单摆的周期、万有引力的大小、库仑力的大小时,都要用到从质心起来测量长度,分子间的作用力和弹簧对两物体的作用力从图形上有相似之处,如图 2-1-15 所示,当分子间的距离 $r = r_0$时,相当于弹簧处于原长状态,分子间合力为零,分子势能为最小;当分子间的距离 $r < r_0$时,相当于弹簧处于压缩状态,分子间作用力合力表现为斥力,分子势能增加;当分子间的距离 $r > r_0$时,相当于弹簧处于伸长状态,分子间作用力表现为引力,分子势能也增加.

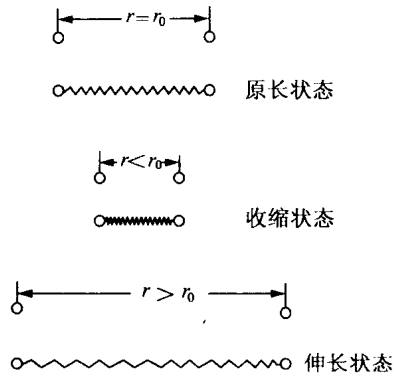


图 2-1-15

(4)规律类比分析

有些规律是极其相似的,把这些规律作一类比,例如,万有引力与电场力都是平方反比定律,即 $F_{万} = G\frac{Mm}{r^2}$,$F_{库} = k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$,都有场强,即 E 和 g 都属于保守力;动量定理和动能定理也极其类似,即 $\Delta p = I_{合}$,$\Delta E_k = W_{总}$,都是某一过程中的量(I、W)等于某一状态量(p、E_k)的变化,但 $\Delta P = I_{合}$是矢量式,而 $\Delta E_k = W_{总}$是代数式.

(5)处理方法类比

比如,研究曲线运动时,往往将运动进行分解或合成,就如同将力进行合成或分解一样;研究抽象的电场、磁场时,都用形象的电场线和磁感线来描述,都用其疏密程度表达其强弱,曲线上某点的切线方向为场的方向.

(六)用比值定义物理量的方法

由于物理学的特殊性,每定义一个新的物理量都要学会对新的物理量进行应用、计算,通常在定义时用相应的公式表示出来,这种公式在物理学上叫定义式.在众多的物理量的定义式中,有一类形式是常用的,也就是用比值来给物理量下定义.

1. 用比值法下定义的物理量的含义

(1)用比值反映事物的变化规律

如压强为 $p = \frac{F}{S}$,速度为 $v = \frac{s}{t}$,角速度为 $\omega = \frac{\Phi}{t}$,加速度为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$,功率为

$P=\frac{W}{t}$，电流为 $I=\frac{Q}{t}$，电动势为 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 等，它们的大小与构成比值的两个物理量关系密切.通常情况下，在其中一量一定时，所定义的物理量随另一量的变化而变化，比如，在 $P=\frac{W}{t}$ 中，当 t 一定时，P 与 W 成正比，当 W 一定时，P 与 t 成反比.这些物理量反映的是事物的变化规律，一般是反映物理量随时间的变化率，即通常表示物理量变化的快慢程度，像速度表示位置变化的快慢，加速度表示速度变化的快慢，功率表示做功的快慢，电流表示电荷定向移动的快慢等.

(2)用比值反映事物的本身某方面的特性

反映事物的本身特性的比值定义物理量有：密度 $\rho=\frac{m}{V}$、质量 $m=\frac{G}{g}$、电场强度 $E=\frac{F}{q}$、电势差 $U=\frac{W}{q}$、电容 $C=\frac{Q}{U}$、电阻 $R=\frac{U}{I}$、磁感应强度 $B=\frac{F}{IL}$、弹簧的劲度系数 $k=\frac{F}{x}$、动摩擦因数 $\mu=\frac{f}{N}$、介质的折射率 $n=\frac{c}{v}$ 等.

这些物理量虽然由其他两物理量的比值定义出来，但从事物的本身来看，它们又与这些物理量无关，比如，密度与质量和体积的大小无关，同一物质制成的物体，无论质量和体积多大，它的密度都是一样的；质量是物质的固有属性，不随重力加速度和重力的变化而变化；场强和电势差由电场自身的性质决定的，与受力大小、做功多少以及电量无关；电容与电容器本身的结构有关，与容纳的电量和两板电势差无关；同样，导体的电阻决定于自身的长度、粗细、电阻率和环境温度，而与加在导体两端的电压和通过导体的电流无关.

2. 用比值法给新物理量下定义的注意点

(1)要考虑到其普遍性

用比值法给出的定义，应该是在任何物理现象中，任何干扰因素都不能使此定义变得无效，比如，场强、电势差的定义对任何电场都应适用，密度的定义对任何物质形态(固态、液态或气态)都适用.

(2)要考虑其合理性

比如说速度这一定义，用 $v=\frac{s}{t}$，而不用 $v=\frac{t}{s}$，是因为人们习惯在理解运动快慢时，常用单位时间内的位移来表达，而不常用单位位移所用的时间来描述.

(3)要考虑矢量的方向性

用比值给矢量下定义时，在考虑它们的大小关系的同时，还要定义其方向，并要考虑其方向的合理性，如在 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 中，要规定 a 的方向必须和 Δv 的方向相同.

二 物理学科研究性学习方法



(一)调查法

1. 调查的步骤

(1)确定调查内容:调查的内容可多可少,但必须有明确的目标和规划,如在研究"电磁波的应用"中,要了解手机的通信方式,是我们走访移动公司的目的;调查的内容对我们的研究必须有一定的参考价值;调查时还应该量力而行.

(2)选取调查对象:被调查的单位或个人的选取,要由调查的课题来定,如在"游乐场上的力学"课题中,为了了解游乐设备的材料,我们走访公园、幼儿园、游乐场等场所;在研究"菜刀上的力学"时,我们走访铁匠店,从铁匠师傅那了解各种刀具在用材方面的学问.

(3)拟定调查项目:包括调查表、问卷、测验题等;制定调查计划:包括所要调查的课题和目的、对象及范围、地点及时间、方式与方法、步骤及日程安排、组织与人员分工等.

(4)实地调查,作好资料整理工作:在对调查对象实施调查的同时,要将调查观察得到的材料进行系统的整理,使之条理化.

(5)撰写调查报告:调查资料整理完后,对调查事实应加以分析,探寻其优缺点,然后提出改进意见或措施,以文稿的形式撰写好,从而达到调查的目的.

2. 调查的方法

调查有各种方法,可根据课题自身特点和要求选择调查方法,下列介绍几种研究性学习中常用的调查方法:

(1)实地调查:即考察者依据一定的目的和计划,直接深入调查对象从中获取资料,实地调查有长期和短期两种.

(2)抽样调查:从研究对象的总体中,选取部分对象进行调查,并将调查结果推论到原来的总体中去,从而得到比较准确的结论,选择对象通常是随机抽取的.

(3)跟踪调查:对所研究的对象进行较长时间的考察,以获得被研究对象的发展和变化规律.

(4)访问:也叫访谈,是调查者通过与调查对象面对面谈话来了解情况、搜取资料的方法.访谈前要事先拟定好访谈问题,然后逐一进行交谈,并记录谈话内容.

(5)问卷调查:调查者就调查项目编制成问题或表述式,分发给有关人员,请求填写,收回后整理、统计并研究,一张问卷可以有几种形式,但无论何种形式,其

问题必须通俗易懂，答案都必须简捷明了，便于作答，这样便于分类和统计.

(二)实验法

实验法是通过仪器和其他物质手段对研究对象进行观察分析的一种方法.

1. 实验法的形式

(1)测定性实验：通过一些特定的测量工具测量与课题相关的物理量或其他数据. 如测"球的半径，球的质量"、测量"菜刀的质量，刀身长度"、"测量秋千的摆动周期"等.

(2)验证性实验：验证一些既定规律或结论的正确与否. 比如"验证机械能守恒定律"、"验证玻意耳定律"等.

(3)探索性实验：观察研究物理现象和过程，并由此形成物理概念，建立物理规律，如"研究菜刀上的力学"、"研究不同材料的电阻率"、"揭开奇异的饮水鸟的奥秘"等.

2. 实验法的操作步骤

①认真分析研究对象，明确研究目的，选择实验类型；

②精心设计实验；

③选择实验中的仪器和材料；

④以严谨的态度进行实验操作；

⑤分析实验中得来的数据.

(三)观察与记录

1. 观察

是指人们有计划地客观地去察看、测量、记载有关事物的现象的方法，这是最常用的一种获取感性材料的方法.

比如，在研究"菜刀上的力学"时，我们要对各种菜刀(包括水果刀、普通菜刀、剁骨刀等)进行观察，观察它们的形状、质量、刀刃的强度和刚度、使用时所需作用力等，并分门别类地将这些观察结果记录下来.

实施观察的一般步骤：①根据需要确定观察目的，选择好观察对象；②对某对象的观察要按一定的程序循序渐进地进行，可以是一个方面一个方面地按顺序观察，也可以是由表及里、由易到难、由简单到复杂、由现象到本质、由大体到具体细节地进行；③观察时应边观察边记录、边观察边思考.

例如，对"汽车的安全装置"进行观察时，先对"安全杠"、"保险带"、"安全气囊"、"防抱死系统"、"轮胎"、"减震器"、"汽车框架材料"等方面进行观察，观察每个系统的结构、使用原理、发挥的作用等，可以从每个细节去考虑这些装置的使用方法、使用寿命、使用注意事项以及简单的故障分析等.

2. 记录

记录的资料有两类，一是数据资料，如研究“桥梁与力”时观察的桥梁的数目、建造日期、所用资金等；二是非数值性资料，记录事物的结构、特征、性能、发展变化等，如研究“传感器”时，通过观察记录下传感器的结构、作用、原理、所用的能源等.

记录的资料可以是瞬时的、静态的，如文字、照片、图片、幻灯片等，也可以是动态的，比如电视、录像、录音、电影、摄影等.

（四）查阅资料法

查阅的资料通过书籍、报刊、杂志等文献，搜集如事例、数据、图表、照片、音视频信息等课题研究所需的资料. 查阅的地点主要有图书馆、博物馆、展览馆、科研单位的资料室、新华书店、互联网等.

1. 查阅步骤

查阅资料的一般步骤为：明确查找目的与要求→选择检索工具→确定检索途径→根据文献线索查阅原始文献.

2. 具体的查阅方法

资料查阅的方法与所要查阅内容的性质有关，一般来说，可分三个层次进行：首先，根据所要了解的内容查阅书目、索引等；接着，查找对课题研究有价值的材料，如期刊论文、档案材料、历史记载等；最后从中摘录出相关的观点、论点、依据、信息等.

3. 在图书馆、新华书店等处查阅资料的方法

(1)看介绍，也就是图书馆等场所里的图书编放分布介绍，确定所要查阅的图书方位.

(2)从相关范围内寻找与课题有关的书架，找出有关图书.

(3)翻看图书目录，检索有关篇章和具体资料内容.

(4)按某规律摘录备用.

例如，我们要研究“电磁波”这一课题，当中涉及麦克斯韦这位杰出的物理学家，要查阅麦克斯韦的生平和他的事迹，应先根据图书编放介绍找到“自然科学”一栏，再到“自然科学”的书架前查找诸如《物理学史》、《杰出物理学家》之类的书籍，翻看目录，查寻与麦克斯韦有关的章节页码，查找有关内容并摘录出来.

为了提高查阅资料的效率，可请有经验的专家、老师指导，以免事倍功半.

4. 在互联网上查阅资料的方法

使用互联网检索是一种高效的查阅方法，使用互联网检索资料有两种方法：分类检索和关键词检索.

分类检索是按照树型分类逐层点击查找所需信息. 比如要查询“电场的习题”

时，可按：网站→首页→科学技术→数理化学→物理→中小学物理→相应网站→有关内容的顺序.

关键词检索是在检索框内键入关键词，选择目录或网站或网页等，回车或点击搜索按钮，关键词搜索还有进阶搜索，即所有→子目录下→子目录的子目录下.可在结果中重新搜索、在结果中再查(且)、在结果中去除(非).

关键词的输入也有规定：一般不用"的"、"中"等连结词，表示"且"的关系用空格、","或"+"；表示"非"时用"-"；表示"或"时用"OR"等.比如，"体育运动中的力学知识"时，键入"体育运动，力学".

(五)数据的处理与分析

研究性学习课程的目的不注重结果，而注重研究过程，在研究过程中学会处理和分析数据的方法，提高研究能力，是我们的目的.用各种方法搜集来的数据资料是零散的，只反映个别现象的个别特征，必须经过加工整合，使之系统化，从而总结归纳出一些结论或规律，为进一步研究提供有用的信息.

1. 数据的整理

(1)统计：在收集来的数据中，有的可能是偶然的，与实际有偏差的，或者是完全错误的.也有数据遗漏或不完整的，通过统计，可以去伪存真，查漏补缺.

(2)归类：数据归类方法可根据所研究课题的特点而确定，例如研究"家用微波炉"时，可将得出的加热食品的时间作一归类，分别统计食品不同质量的加热时间，同样质量的不同种类的食品的加热时间，不同材料微波炉对同质量同食品的加热时间等等.

(3)排列：根据顺序排列划分等次，算合格率、名次、最大(小)值等.例如：在研究体育运动中的径赛——百米跑时，将不同性别不同年龄层次的成绩(时间)按从快到慢的顺序排列起来.

2.数据的分析处理(定量分析)

(1)计算：一般是求平均值、百分比、绝对(相对)误差、累积次数、制作图象图表等.这些可用电脑进行处理.

(2)描述特点，寻找规律：用数据分析来揭示事物之间的联系和本质因素.

(3)逻辑推理，得出结论：利用数据进行科学的逻辑推理，得出客观的规律或结论.(见方法七逻辑推理)

(六)表格、图表的制作与识别

表格和图表是表达资料(特别是数据资料)的重要方法.表格要以简明的表格表达资料，一般又称为统计表.图表又叫统计表，是利用几何图形或其他图形把研究对象的特征、内部结构、相互关系和对比情况等资料绘制成整齐简明的图形.两种表达方法都能反映研究对象或研究过程的量与量的对比关系.

1. 表格的制作与识别

(1)表格的主体

一般表格的主体有标题、条目、表身.标题就是表的名称,比如《大气污染指数的统计表》,《各种能源的转化效率》等,标题一般写在表的顶端中央;条目就是统计表所要阐明的对象,分横条目和纵条目;表身是表中的数据或文字资料.(见表例)

表例:三组测试数据比较(单位:Ω)

组别	电阻 R_1	电阻 R_2	电阻 R_3
第一组	40.0	101.4	142.1
第二组	41.6	102.0	141.0
第三组	38.4	100.5	140.8
平均值	40.0	101.3	141.3

(2)表格的附件

包括顶注(置于标题的下面或旁边,如单位等),脚注(置于表底,如表格说明、注释、备注、资料来源等).

(3)制作表格的注意点

第一、简明扼要,一目了然,语言精练,安排合理;

第二、外观整齐,表达标准,数字格式相同,不可用"同上"等字样;

第三、替换科学,意义清晰,如表中用符号"◆"、"☆"等时,全表要统一,且要有说明.

2. 图表的制作与识别

图表是表格处理后的进一步表现形式,一般反映数据资料的大小、数目、概率等,使对比更直观更形象.统计图的种类繁多,打开电脑,启动"Excel 程序,发现统计图的种类有柱形、条形、折线、饼形等图形,只要将有关数据键入"Excel"中,通过电脑会自动生成各种统计图.

(1)统计图的制作说明

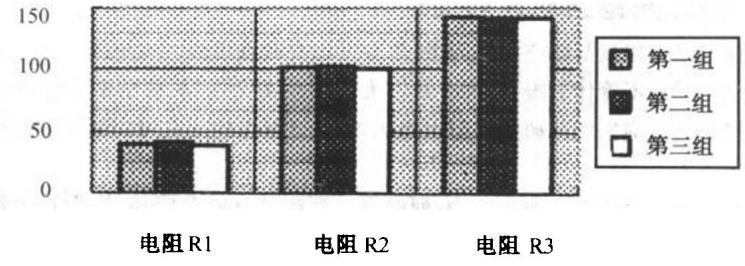
统计图的内容,有标题、坐标轴、图形、图例、附注等.标题要简明,一般写在图的正下方;坐标轴的尺度要长短适宜,均匀分布,比例统一;线条要清晰可辨,聚散适当,美观匀称;文字大方工整、图例附注要简洁明了.

(2)统计图实例(用表格中表例中的数据)

(七)逻辑推理方法

逻辑推理是将从大量的实验、调查、观察或资料查阅得来的材料中的感性认识,形成概念、观点、乃至上升为某种理论的重要手段,也是研究性学习中探求真理、得到正确结论的重要方法.

三组数据对比表



1. 归纳推理

是指从特殊到个别的事实出发推理出一般性的规则、原理等的逻辑推理过程，主要是将大量资料进行概括，揭示事物的共同特征、联系和区别.

归纳有完全归纳、不完全归纳和科学归纳.完全归纳是将事物的研究资料全部用来统计，得到可靠的结论，例如通过对灶具的调查统计得出：现代灶具正向“节能型”、“清洁型”、“经济型”、“安全型”、“方便型”逐渐演变；不完全归纳是资料的项目的量是无限的，不可能一一统计归纳，只能得到近似的结论；而科学归纳则是根据数据的特征(因)，假设一些外部条件，根据逻辑层次，逐渐逼近或外推得到结论(果)，例如绝对零度的得来，伽利略理想实验得出结论等.

2. 演绎推理

与归纳法相反，演绎法的过程是从一般到特殊的推理过程，利用演绎法进行推理要有一个可靠的前提，如金属导体的电阻与温度有关(前提)，由于钨是金属，所以钨的电阻也与温度有关(结论).

在演绎推理的过程中，可充分发挥数学工具的巨大作用，用数学可定量地准确地推导出很多意想不到的可靠结论，比如已知地球表面的重力加速度为 g_0，可以根据万有引力定律推出离地球表面高为地球半径 R 的两倍距离处的重力加速度 $g'=\frac{g_0}{9}$.

3. 类比推理

也叫类推法，就是通过两事物的表象和特征的相类似性，由已知事物的某些本质、特性，推理出未知事物也有此本质和特性.著名的库仑定律就是用这种方法推理出来，后来又被人们证实了的规律.

用类比推理得到的结论要经过进一步的实践证实才能成为有用的结论.

4. 科学抽象

抽象就是把研究对象的某些特征进行提纯，使这些特征上升为一种理论的研

究方法.这种方法得出的结论往往具有普遍性,但也必须回到实践中加以检验才行.

(八)课题结论的表述和交流

课题结论以撰写研究报告为主,研究报告有调查报告、实验报告、经验总结报告、小论文等,不管什么报告,都必须以大量的事实为依据,科学的处理方法和严密的推理为准绳来阐述研究中得出的成果.研究报告的形式可由各课题的研究内容而定.

撰写研究报告的一般步骤为:列提纲→写初稿→修改定稿.提纲是报告的框架,应从大局考虑,注意布局的合理性;初稿的内容包括拟定题目、署名、前言、正文、结论、资料来源和引注等;修改也是必不可少的,对报告中的结论要反复推敲,不断修改.

研究成果的交流方式多种多样,鉴于物理学科的特点,可以开展论文报告会、经验交流会、答辩会、小型展览会和有关部门的建议座谈会等活动.

第三篇　物理学科研究性学习的主题与探究



主题一　力与生活



课题1　游乐场上的物理学

引　言

你也许还记得小时候到儿童游乐场玩乐的情景，也许你现在还偶尔去那儿玩滑梯或打秋千，因为在那儿我们能够体会到生活的乐趣．科学技术的快速发展给游乐场注入了新的活力，一些大型游乐场不仅有传统的项目，还增添了很多科技含量高、惊险刺激的游乐项目，如翻滚过山车、滑行索道等．可以说，游乐场为参加游乐活动的每一位成员提供了由“力学知识”带来的快乐和兴奋．

新教材基础知识摘要

在游乐场中，每一项娱乐活动可以说都是物理知识的完美体现．让我们现在就“走进”游乐场，感受一下几种传统游乐项目与教材中知识的联系：

荡秋千是我们再熟悉不过的一种传统游戏，其中的力学知识涉及高一新教材的下列内容：

①单摆模型以及周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$；

②超重与失重；

③阻尼振动、受迫振动和共振；

④能量的转化和守恒定律、功能关系．

滑梯也是儿童喜爱的一种游戏，滑梯是一种斜面模型，当你从斜面上下滑时，相当于滑块沿斜面下滑，其中的物理知识几乎涉及所有的力学内容．

跷跷板游戏则涉及力学中的力矩问题，当你随着跷跷板时上时下运动时，你同样体会到了超失重的滋味，体会到动能和重力势能间的转化，能感受到你与跷跷板间的弹力的变化.

课题研究背景资料透视

蹦极跳起源于南太平洋岛瓦努阿图的一种成年仪式，瓦努阿图男人必须经受悬跳的考验，才能算是到了成年，他们用藤条捆住双腿，从 35 米高的木塔上往下跳，在离地面几英寸时突然停止，然后全村男女老少围着他载歌载舞，庆祝他成功通过了成年的考验.

蹦极传到英国，被作为皇宫贵族的一种表演，表演者必须身穿燕尾服，头戴礼帽，并首次使用橡皮绳蹦极.

这是一项勇敢者的游戏. 一般蹦极设备是塔式的，杆高约 36 米，总高度达 42 米，塔杆中间距离 28 米. 其工作原理为：先将座舱用电磁铁吸住，待游客坐好并扣好安全装置后再开动提升机，通过钢丝绳牵引弹力绳，使弹力绳伸长储备弹性势能，发射时使电磁铁断电释放，弹力绳把座舱弹起升空，即把弹性势能变为高位势能，继而座舱在重力作用下下落，又把弹力绳拉长，再使弹力绳具备势能，弹力绳再次将座舱提升，这样经过若干次循环往复，直至弹性势能被阻力所消耗，座舱停止上下往复运动.

课题研究案例

课题 1.1　调查离你居住地附近的游乐场

走访游乐场所，围绕以下问题做实地调查：

1. 离你最近的游乐场在哪里？还有哪些场所有游乐设施？游乐场的规模有多大？都有哪些游乐项目？

2. 通常在什么时间游乐场里最热闹？各种年龄层次的人在游乐场中所占比例分别为多少？

3. 男女儿童分别喜欢哪些游戏？

4. 游乐场中的乘坐游戏，通常速度越快你越感到兴奋，越危险的你也越喜欢，这是为什么？

5. 当儿童在游戏时，他们的父母或幼儿园阿姨或工作人员是否在场陪同？

6. 建造游乐场需要很大的费用，一旦建立，必须定期修理和维护，那么你认为谁应为这些游乐设施付费？

调查结果显示，公园、幼儿园、某些小学里均有游乐设备. 公园中的规模较大，幼儿园和小学主要是一些传统的游乐项目. 通过上述调查，可以让我们了解到当

地有关部门对儿童游乐设施的重视程度以及维护情况.这为我们以后提出一些建议提供了重要的科学依据.

课题 1.2　调查游乐项目的设备及材料

在这儿,我们主要对滑梯游戏作调查分析,我们调查了附近的公园和幼儿园,发现滑梯的外型各具特色,主要有直线斜面型、曲线斜面型和回旋弯曲斜面型等三种外型;建造滑梯的材料也各不相同,有玻璃钢材料、铁制材料、大理石材料,还有木制材料,其中玻璃钢材料居多.进一步调查表明,大多数儿童喜欢玩回旋弯曲斜面滑梯,他们觉得,这种滑梯能给他们带来更多的快乐和兴奋.

分析建造滑梯的四种材料,我们发现,玻璃钢材料制成的滑梯最具优越性,原因如下:

1.制作工艺简单,成本低廉

尽管市场上玻璃钢材料的每吨价格不是最低,但建造同样规模的滑梯玻璃钢用料是最少的,大理石和钢铁材料用得最多;在制作工艺上,玻璃钢易成型,不需对成品作过多加工,而大理石和钢铁材料在成品产生之前,必须先进行模具设计,成品出炉后,还要进行打磨、抛光;木制滑梯更需工匠花很大精力进行刨制.至于制造形状复杂的外型,玻璃钢材料则更加显示出它的优越性.在几种材料中,玻璃钢的密度比钢铁、大理石等要小得多,所以它的用料最少,重量也最轻,制成的滑梯轻巧别致,同时还便于运输安装.

2.质地软硬兼顾,备受儿童喜爱

由于玻璃钢材料的特殊结构,决定了该材料既有一定的强度又不失柔软性,所以儿童在上面滑行时,不觉生硬,安全性高.又由于玻璃钢材料的比热容较大,克服了其他材料冬天冰凉,夏天高温的缺陷,用这种材料制成的滑梯备受儿童的喜爱.

3.安全舒适,维护方便

玻璃钢滑梯表面较为光滑,无明显的毛刺,克服了其他材料制成的滑梯表面毛刺较多的缺点.儿童在其上滑行,对衣物和皮肤摩擦较小,且由于质地柔软,儿童万一与滑梯发生磕碰,也不会对身体造成较大的伤害,所以具有很高的安全系数.玻璃钢材料具有很强的抗腐蚀能力,克服了铁制滑梯易腐蚀生锈的缺点.

课题 1.3　分析游乐活动中的物理知识

我们以荡秋千游戏为例,通过问题讨论形式,研究其中的物理知识:

问题 1.当一个小孩荡秋千时,相当于力学中的什么物理模型?这时秋千以恒定的频率摆动吗?如果让秋千自由摆动,秋千的摆动幅度、摆动频率会发生改变吗?

问题 2. 怎样才能较为准确地测出秋千摆动的周期?

问题 3. 荡秋千摆到什么位置时具有最大速度?

问题 4. 秋千摆动时拉力变化吗? 在什么位置拉力最大?

问题 5. 如果你以很大的幅度荡秋千,你会感到你的重量在发生变化,请你分析在什么过程中你分别处在超重和失重状态?

问题 6. 假如秋千的绳子被磨损了,在摆到什么位置时绳子断的可能性最大,为什么?

问题 7. 秋千在摆动时,小孩与秋千的各种能量会发生相应的变化,请你说出小孩与秋千共有几种形式的能量在相互转化?

问题 8. 假如没有他人相助,你能否让你的秋千不停地摆动且越来越高?

上述所有问题,都要用到相关的力学知识来加以解决:

在问题 1 和问题 2 中,秋千相当于单摆模型,其周期和频率可以用 $T=2\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g}}$ 和 $f=\frac{1}{T}$ 计算,当秋千作自由摆动时,摆动频率可认为不发生改变,摆动幅度会因为阻力作用而逐渐减小.

问题 3 到问题 7 中,秋千的摆动属于圆周运动,秋千以最低点为中心轴来回摆动,显然,在最低点所受拉力最大,速度也最大,绳子在最低点断裂的可能性最大. 停止外力帮助,单摆由于受到阻力作用,要作阻尼运动,所以它的摆动幅度将越来越小,最终将停在最低点. 在整个过程中,小孩和秋千的机械能在不断地转化为因摩擦而产生的内能.

问题 8 中,有经验的小孩可以通过提升或降低重心位置的方法,周期性地给秋千一个驱动力,当驱动力的周期等于秋千与小孩摆动的固有周期时,秋千将作共振运动,摆动幅度会越来越大.

课题 1.4　对游乐场中安全问题的建议

游乐场是孩子们的乐园,孩子们的天性在其中得到了充分的表现,但游乐场中也时有"乐极生悲"的事发生,产生事故的原因是多方面的,有些游乐设备因结构或选材不合理而埋下了事故的隐患;工作人员的安全意识低下,不负责任的服务态度也是产生游乐场事故的主要原因之一;还有就是孩子没按游乐场规则进行活动,从而导致事故的发生. 为了使游乐场所真正成为儿童的乐园,我们有必要对游乐场中的安全问题提出一些建议:

1. 改进游乐设备,增加保护设施,选用材料结构合理的游乐设备. 比如,滑梯可用玻璃钢或高塑材料,滑梯底端铺垫地毯等柔软物品,秋千悬绳选用耐磨、抗拉的材料,连接处的挂钩应结实密封,地面附细沙或海绵之类的缓冲材料.

2. 精心维护设备,认真做好安全检查工作,及时更新老化有问题的设施.

3. 加强对工作人员的业务培训，提高他们的服务质量和安全责任感.

4. 儿童游戏需有大人陪同，工作人员应做好服务指导工作.

5. 儿童专用游乐设备，谢绝成年人参加，否则对设备会造成更大的损坏.

研究性实践

1. 有“高空王子”之称的美籍加拿大人科克伦于 1996 年 9 月 24 日晚，在毫无保护的情况下，手握 10m 长的金属杆，在一根横跨在上海浦东两幢大楼之间、高度为 110m、长度为 196m 的钢丝上稳步向前走，18 分钟走完全程. 他在如此危险的高空中走钢丝能够获得成功，是因为充分利用了下述哪些力学原理，供选择的答案有：①降低重心；②增大摩擦力；③力矩平衡原理；④牛顿第二定律. 正确的答案是 （ ）

A. ①②③　　B. ②③④　　C. ①②④　　D. ③④

2. 一个小孩在蹦床上做游戏，他从高处落到蹦床上又被弹起到原高度，小孩从高处开始下落到弹回的整个过程中，他的速度随时间变化的图象如图 3-1-1所示，图中 oa 段和 cd 段为直线，则根据此图象可知，小孩和蹦床相接触的时间为 （ ）

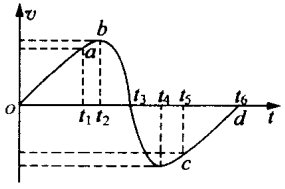


图 3-1-1

A. t_2-t_4　　B. t_1-t_4

C. t_1-t_5　　D. t_2-t_5

3. 关于小孩子荡秋千，在下列 4 种说法中正确的是 （ ）

①重一些的孩子荡秋千，它摆动的频率会更大些

②孩子荡秋千在最低点处有失重的感觉

③孩子荡秋千在最低点时，被磨损了的绳子最容易断裂

④要使秋千荡得高一些，必须在两侧最高点提高重心，增加势能

A. ①②　　B. ③④

C. ②④　　D. ②③

4. 如图 3-1-2，质量为 60kg 的人，从高台 P 点自由下落，若图中 a 点是弹性绳的原长位置，$Pa = 20$m，b 是人静止悬吊时的平衡位置，c 是人所能达到的最低点. 整个过程不计空气阻力，分析：

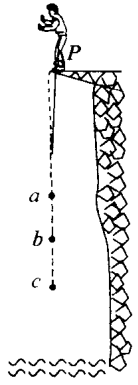


图 3-1-2

(1) 人从 P 点到 c 点经历了几个过程？各做什么运动？

(2) 若给定该弹性绳的劲度系数为 $k = 60$N/m，弹性势能

$E_p=\frac{kx^2}{2}$，其中 x 为弹性绳的形变量，试计算下列问题：

①人运动过程中的最大速度；

②如果按人的体重 60kg 为标准搭建高台，计算高台至少要建在距水面多高的位置？

(3)试计算弹性绳受到的平均冲力。

5. 翻滚过山车是游乐场常见的一种游乐项目. 由于运动小车与轨道间的摩擦总是存在的，空气阻力的作用也不能不考虑，因此翻滚小车多为有动力的车型，在运动过程中可将电能或化学能转化为机械能. 对小车经过圆弧最高点时的速度也有一定的要求，若以临界速度通过，出现意外的可能性就较大，为此，翻滚过山车在使用前必须试验.

如图 3-1-3 所示是螺旋形翻滚过山车轨道，一质量为 100kg 的小车从高 14m 处由静止滑下，当它通过半径 R 为 4m 的竖直面圆轨道最高点 A 时，对轨道的压力恰等于车重，小车至少要在离地面多高处滑下，才能安全地通过 A 点？($g=10m/s^2$).

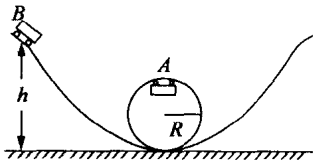


图 3-1-3

6. 做杂技表演的汽车从高台水平飞出，在空中运动后着地，一架照相机通过多次曝光，拍摄得到汽车在着地前后一段时间内的运动照片如图 3-1-4 所示，已知汽车长度为 3.6m，相邻两次曝光时间间隔相等，由照片(图中虚线是铅笔画的正方形的格子)可推算出汽车离开高台时的瞬时速度大小为_____m/s，高台离地面高度为_____m. ($g=10m/s^2$)

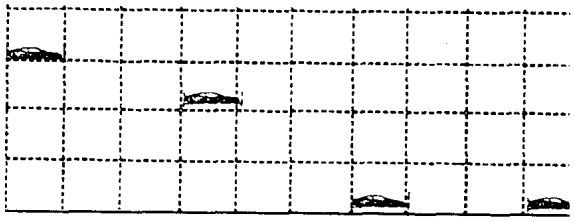


图 3-1-4

7. 在一种能获得强烈失重、超重感觉的巨型娱乐设施中，用电梯把乘有十多个人的座舱，送到大约二十几层楼的高处，然后让座舱自由落下，落到一定位置时，制动系统开始启动. 座舱匀减速运动到地面时刚好停下，已知座舱开始下落时的高度为 76m，当落到离地 28m 时开始制动，均匀减速. 若某人手托着重量为 50N

的铅球进行这个游戏，当座舱落到离地高度 15m 左右的位置时，手要用多大的力才能托住铅球？

8. 现在有一种叫做“魔盘”的娱乐设施（见图 3-1-5）. “魔盘”转动很慢时，盘上的人都可以随盘一起转动而不至于被甩开，当盘的转速逐渐增大到一定的大小时，盘上的人开始向边缘滑去，离转动中心越远的人，这种滑动的趋势越厉害. 设“魔盘”转速为 6r/min，一个体重为 30kg 的小孩坐在距离轴心 1m 处（盘半径大于 1m）随盘一起转动（没有滑动）. 问：



图 3-1-5

（1）这个小孩受到的向心力有多大？这个向心力是由什么力来提供的？

（2）若“魔盘”转速很小，小孩会不会往“魔盘”中心滑去？

（3）若坐在距离轴心 1m 处的是一位体重为 60kg 的成年人，他会不会随盘一起转动？

9. 在一次“飞车过黄河”的表演中，汽车在空中飞经最高点至着地点经历的时间为 0.8s，两点间的水平距离约为 30m，忽略空气阻力，则最高点与着地点间的高度差约为_____m（$g = 10m/s^2$），汽车在最高点的速度约为_____m/s.

10. 一杂技演员骑摩托车沿一竖直圆形轨道做特技表演，如图 3-1-6 所示，若车子运动的速率恒为 20m/s，人与车质量之和为 200kg，轮胎与轨道间的动摩擦因数为 0.1，车通过最低点 A 时发动机的功率为 12kW，求车通过最高点 B 时发动机的功率是多大？（$g = 10m/s^2$）

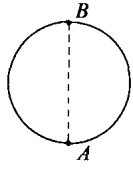


图 3-1-6

【答案与提示】

1. A　2. C　3. B　4. 答：(1)由题意知，弹性绳原长为 Pa，人从高台 P 跳下，落到 a 点以前，弹性绳是松弛的，人只受到重力的作用，从而做自由落体运动；人从 a 点落到 b 点的过程中弹性绳被拉伸，人受到向上的弹力越来越大，但始终小于重力的大小（想一想：为什么？）. 因此，人受到的合力向下，且越来越小，人做加速度越来越小的加速运动，到达 b 点时速度最大；人从 b 点向 c 点运动的过程中，弹性绳向上的弹力大于人的重力，因此，人受到的合力向上，且越来越大，从而做加速度越来越大的减速运动，到达 c 点时受到的合外力向上且最大，速度为零，于是人又重新向上运动. (2)先利用 b 点为人静悬时的平衡点，$mg = kl_{ab}$，解

出 l_{ab} 长为 10m，再用动能守恒 $\frac{1}{2}mv_b^2-\frac{1}{2}mv_P^2=mgl_{Pb}-E_p$，算出 $v_b=4\sqrt{5}$m/s，再用能量守恒算出 l_{bc} 长度为 $4\sqrt{5}$m，即可算出台高．（3）人下落运动的总时间为 3.2s，而弹力作用时间不是 3.2s，这是一些同学极易忽略的．为计算弹性绳受到的平均冲力，应计算弹力作用的时间 t_2．不难算出，人做自由落体运动的时间：$t=2$s 自由落体的末速度（有弹力作用时的初速度）：$v_1=20$m/s；则 $t_2=t-t_1=1.2$s 那么弹性绳受到的平均冲力为 $F=\frac{I_N}{t_2}=\frac{1920}{1.2}=1600$N．　5．解：设小车经过 A 点的速率为 v_A，此时小车在竖直方向上受到重力 G 和轨道压力 N 的作用，且 $N=mg$，由牛顿第二定律，得 $N+mg=\frac{mv_A^2}{R}$，即 $\frac{mv_A^2}{2}=mgR$，设小车从 B 点运动到 A 点克服各种阻力所做的功为 W．由动能定理得　$mg(h-2R)-W=\frac{mv_A^2}{2}-0$，代入数据，解得 $W=mg(h-2R)-\frac{mv_A^2}{2}=100\times10\times(14-2\times4)-100\times10\times4=2\times10^3$(J)．　若保证小车安全通过竖直面圆轨道，小车通过 A 点的最小速度为 v_{A1}，则有：$mg=\frac{mv_{A1}^2}{R}$，$v_{A1}=(Rg)^{\frac{1}{2}}$．由于小车下滑高度减小，通过轨道上各点时的速率减小，所需向心力减小，对轨道的压力减小，轨道对小车的摩擦及空气阻力都减小．因此，克服阻力所做的功减小，即：$W_1<W=2\times10^3$(J)．　设小车下滑的高度为 h_1，则 $mg(h_1-2R)-W_1=\frac{mv_{A1}^2}{2}-0=\frac{mgR}{2}$，$h_1=\frac{W_1}{mg}+\frac{R}{2}+2R=12$m．　6．18　11．25　7．135．7N　8．（1）向心力由魔盘对小孩的静摩擦力提供；根据：$f=mr\omega^2$ 得到 $f=12$N．（2）若魔盘转速变小，所需的向心力也变小，小孩受到的静摩擦力变小，所以小孩不会向中心滑去．（3）当 $m=60$kg 时，根据向心力公式可求出所需的静摩擦力为：$f=24$N．　若最大静摩擦力小于 24N，则成年人将向边缘滑去；若最大静摩擦力大于或等于 24N，则成年人可随魔盘一起转动．　9．3.2　37.5　10．由牛顿第二定律和圆周运动规律分别求出车通过 A、B 两点所受的压力及摩擦力的大小，再根据 $P=Fv=fv$ 求解，得　$P=4$kW．

课题2　菜刀上的力学知识



引　言

菜刀与我们的生活密切相关，了解菜刀并掌握菜刀的使用是生活实践能力的一种体现，同时就菜刀本身而言，无论是菜刀的材料还是菜刀自身的结构特征或是菜刀的使用过程无不与力学知识有关，以菜刀为题材，研究其中的力学道理，充分地体现了物理与生活实际的联系，对提高我们的理论联系实际的能力以及实践分析能力都大有裨益.

新教材基础知识摘要

菜刀中的力学知识主要涉及以下内容：

1. 力的合成与分解

力的合成与分解满足平行四边形定则：

作用在物体上的一个力往往产生几个效果，如：放在水平面上的物体受到一个斜向上的拉力 F，这个力与水平方向成 θ 角，如图 3-1-7 所示，这个力产生两个效果：水平向前拉物体，同时竖直向上提物体，因此力 F 可以分解为水平方向的分力 F_1 和沿竖直方向的分力 F_2，力 F_1 和力 F_2 的大小为 $F_1=F\cos\theta$，$F_2=F\sin\theta$.

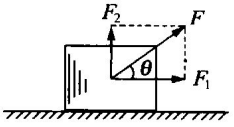


图 3-1-7

2. 力矩的平衡

一个有固定转动轴的物体，在力的作用下，如果物体保持静止，我们称这个物体处于转动平衡状态；

我们把力 F 和力臂 L 的乘积叫做力对转动轴的力矩 M，当物体处于转动平衡时，作用在物体上的合力距等于零，即 $M_{合}=0$.

3. 压强的计算

压强的公式可以表示为 $p=\dfrac{F}{S}$，在压力 F 一定的条件下，压强 p 与受力面积 S 成反比.

4. 动量定理

物体所受合力的冲量等于物体的动量变化，这个结论叫做动量定理，用公式表示为

$$F_{合}t = mv_{末} - mv_{初} 或 F_{合}t = p_{末} - p_{初}$$

从动量定理中可以得出，$F_{合} = \frac{(p_{末} - p_{初})}{t}$，在动量的变化一定的条件下，作用时间越短，产生的作用力越大.

课题研究背景资料透视

铡刀式多刃万能厨刀

有一种日常生活中加工各种软硬食品和起瓶盖、起罐头盒盖等所用的厨房刀起具.其刀体是在原菜刀一条切刃的基础上增加了剁刃、抢刃、花刀刃、起具，并增加了护套和刀床，用以切涮羊肉片和冻肉块轻便省力，具有拉、切、剁、片、削、剔、剥、抢、刮、抠、划、起等全部功能.

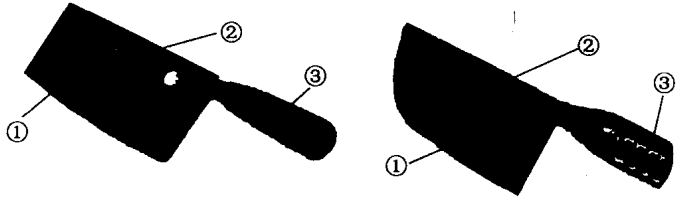
安全菜刀

安全菜刀是一种日常用品，它是在普通菜刀的一侧又增加一个可以上下滑动由聚氯乙烯硬塑料制作的保护片，改变了手与刀直接接触的不安全因素，它具有结构简单、安装方便、使用安全的特点.

课题研究案例

课题 2.1　观察菜刀的结构及几种常用菜刀

菜刀主要有刀身、刀刃和刀把三部分组成如图 3-1-8 所示.



①—刀刃；②—刀身；③—刀把

图 3-1-8

课题 2.2　调查市场上菜刀的种类、特点以及不同用途

市场上提供的菜刀的种类繁多，通过走访刀具市场、铁匠店等处，初步了解到与我们生活密切联系且使用频率较高的菜刀主要有以下几种：普通菜刀、水果刀、带锯条的锯齿刀、剁骨刀等.这些刀具的外观、材料、用途、重量、长短都各不相同.列表统计如表 1 和表 2(仅作粗略统计).

表 1　菜刀的调查资料

名称	一般外观	刀口特点	一般材料	用途
普通菜刀	矩形或前端带圆弧	平整，较锋利	普通碳钢	常见蔬菜、各种水果、鱼肉类
水果刀	细长	很薄，平整	不锈钢	各种水果
锯齿刀	刀背带锯床	平整，较锋利	碳钢	水果、冷冻制品、刮鱼鳞
剁骨刀	矩形状且前端上翘，刀背很厚、斧头形	刀口较厚	弹簧钢	切肉、剁骨头等坚硬食品

表 2　菜刀的规格

名称	长度(cm)		刀口厚度(mm)	质量(kg)
	刀身	刀把		
普通菜刀	15.4～20.5	10～12	0.1	0.24～0.5
水果刀	15.0～25.0	7～13	0.05	0.1～0.15
锯齿刀	15.4～20.5	7～13	0.1	0.14～0.25
剁骨刀	18.3～26.8	9～15	0.35	1.0～2.5

课题 2.3　分析菜刀形体中的力学知识

可从以下几方面分析：

(1) 刀刃

刀刃的截面是三角形且刀尖非常的锐利，即三角形的顶角 θ 很小，当我们使用菜刀切削食物，给刀刃施加作用力 F 时，首先，这个力作用在食物上，对食物产生很大的压强，从而把食物割开；同时这个力会产生两个效果，这就是使刀刃的两个侧面推压食物，把物体切开，应用力的合成和分解的知识可知：

垂直侧面的两个作用效果可以用 f_1 和 f_2 表示，为作用力 F 的分力. 若刀刃的截面是等腰三角形，根据力的平行四边形定则可知，$f_1 = f_2 = \dfrac{F}{2\sin\dfrac{\theta}{2}}$，如图3-1-9所示，因此，$\theta$ 越小，刀刃越锋利，菜刀越容易切削物体，但刀刃的强度和刚性会相对减弱. 我们磨刀的目的就是减小刀刃的顶角.

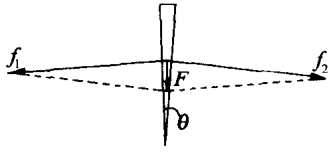


图 3-1-9

(2)刀身

不同的菜刀，刀身的形状有很大的不同，常用的菜刀，刀身呈长方形，厚度一般为 1mm 左右. 剁肉用的肉刀(肉斧)，刀身呈圆弧形，且非常厚实. 如图 3-1-10 所示；水果刀，整体较小，刀身长而窄，质地较轻，如图 3-1-11 所示. 这些刀的形状是由它们的用途决定的. 对于肉刀，因为要切肉，同时，还要剁肉骨头，所以需要质量较大的刀，当菜刀以一定的速度去切肉或剁肉骨头时，质量大的菜刀就会对食物产生较大的作用力，从而达到切削食物的目的. 而对于水果刀，切割的是水果，相对较脆，切削时不需要很大的作用力，所以质地较轻的水果刀惯性小、容易操作.



图 3-1-10



图 3-1-11

如果用刀剁骨头，当刀的前端接触骨头时，手会感到刀把向下震，反之则向上震. 有那么一个位置，刀上的这一点剁到物体上时，手感十分轻松. 这是因为绕轴转动的任何物体都存在一个“打击中心”，当力的作用线通过“打击中心”时，转动轴所受的“打击”作用力为零. 屠夫经常用来剁肉的肉斧的刀身是圆形的，这是为了在剁肉骨头时，不管刀的哪一个部位与肉骨头接触，都能保证，肉骨头对刀的作用力基本上通过以刀柄为转动轴的“打击中心”，这样就可以减小剁肉时刀对手的作用.

刀的质量大小对刀具的使用有很大的影响，当菜刀在接触物体后速度的改变率一样的情况下，质量大的刀所受切割物体的作用力一定大，因此刀对切割物体的作用力也越大.

刀的扁平程度，应用切割物体时的受力大小及功能不同予以解释，如切易分割的物体，只需刀口锋利，一般做得较为扁平，而剁骨头的刀若如此，则极易卷口，故一般都比较厚.

菜刀由刀把和刀身组成，刀身的质量越大，刀的惯性越大. 刀的质量主要取决于刀刃的质量，刀刃一般用弹簧钢制成，涉及力学中的密度、硬度等物理知识；刀把的长短涉及力学中的力矩知识.

刀刃的形状呈锲形，可利用力的合成与分解加以阐述，用很小的力，就能产生很大的作用效果.

课题 2.4　分析菜刀使用过程中的力学问题

现在让我们来分析一下剁骨刀在使用过程中所体现的力学知识.

将刀提起一定高度，需要对刀做功，刀越重，被举得越高，刀获得的重力势能就越多，我们消耗的体力和能量就越多，人就越容易疲劳.

为了能很快剁开骨头，我们并不是让刀自由下落，在刀具下落的同时，给刀施

加一个作用力，对刀做功，这样当刀与骨头接触时就能获得很大的速度．根据功能关系，我们对刀作功越多，刀获得动能就越多，刀口与骨头的作用时间越短，根据动量定理可知，刀口与骨头之间产生的作用力越大，效果就越明显．

研究性实践

1．一把质量为 $m=2\text{kg}$ 的剁骨刀，刀刃呈楔形，夹角约为 10°，刀刃尖端的厚度大约为 0.5mm，某人用此刀要将放于案板上的骨头剁开，先将刀举起 90cm，然后用力向下剁去，刀在下落过程中，此人作用于刀的平均力约为 200N，不计空气阻力，求下列问题：

(1)刀在下落过程中，假设作匀加速下降，求刀的加速度和刀下落的时间；

(2)刀在碰到骨头时的速度为多少？人对刀做了多少功？

(3)若刀从接触骨头到将骨头剁开所需的时间为 0.1s，求刀受到骨头的平均作用力．

(4)在刀剁开骨头时，刀刃的侧面对骨头产生了多大的作用力？

(5)与刀刃接触处的骨头宽约为 3cm，求刀刃产生的压强．

2．一般刀刃呈楔形，可用力的合成与分解知识分析刀对被切物体的作用力，下列事例与刀刃相似：

如图 3-1-12 所示，为了把陷在泥坑里的汽车拉出来，司机用一条结实的绳子把汽车拴在一棵大树上，开始时汽车与树相距 12m，然后用 400N 的力 F 沿与绳垂直的方向拉绳，结果中点被拉过 60cm，假设绳子的微小伸长可以忽略，求汽车受到的拉力．

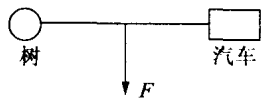


图 3-1-12

3．有一种剁肉用的刀，外形像一把圆斧，且非常厚实，这种刀的重心正好在圆弧中线的某个位置，如图 3-1-10，如果用这种形状的刀剁骨头，你会感到无论用刀刃的哪一部分剁骨头，都没有震手的感；如果用矩形状的刀剁同样的骨头，当刀的前端接触骨头时，手会有什么感觉？如果用刀的后端剁，手又会有什么感觉？分别解释原因．

【答案与提示】

1．(1)设人的作用力为 F，根据牛顿第二定律：$F-mg=ma$ 得到 $a=90\text{m/s}^2$．由 $s=\frac{at^2}{2}$ 得 $t=0.14\text{s}$．(2)此人对刀做功为 $W=F\cdot h=180\text{J}$；由动能定理：$W-mgh=\frac{mv^2}{2}$ 求出刀在碰到骨头时的速度为 $v=12.7\text{m/s}$．(3)设刀受到骨头的平均作用力为 T，根据动量定理得 $(T-mg)t=mv$，求出作用力 $T=274\text{N}$．(4)根据力的分解知识：把力 F 沿垂直侧面分解为 f_1 和 f_2，如图3-1-9所

示，故有 $f_1 = f_2 = \frac{F}{2\cos 85^\circ} = 1147\text{N}$，即刀刃的侧面对骨头产生的作用力为 1563N.

(5)根据压强公式：$p = \frac{F}{S}$ 得 $p = 1.37 \times 10^7 \text{N/m}^2$.　2. 设绳上的拉力为 T，根据力的分解知识和几何关系可求出拉力 $T = F \times \frac{6}{0.3} = 8000\text{N}$　3. 提示：因为绕轴转动的任何物体都存在一个“打击中心”，当力的作用线通过“打击中心”时，转动轴所受的“打击”作用力为零.　手是否有震手的感觉，取决于骨头对刀的作用力和刀的重力是否过以刀把为转轴的“打击中心”. 肉斧的刀身是圆形的，这是为了在剁肉骨头时，不管刀的哪一个部位与肉骨头接触，都能保证，肉骨头对刀的作用力和刀的重力，基本上通过“打击中心”.　当刀身是矩形状时，如果用刀“剁”骨头，当刀的前端接触骨头时，手会感到刀把向下震，反之则向上震. 有那么一个位置，刀上的这一点剁到物体上时，手感到十分轻松. 这样就可以减小剁骨时刀对手的作用.

课题 3　体育运动中的力学知识



引　言

物理是一门密切联系生活实际的自然学科，现实生活中蕴藏着无数的取之不竭的物理知识，体育运动就是其中之一. 从力学角度研究体育运动，具有重要的意义，具体表现在：

第一. 本课题充分地体现了物理与生活实际的联系；

第二. 通过对体育运动中力学知识的分析，能帮助我们加深对所学知识的理解；

第三. 可以激起我们主动探求自然规律的欲望，提高我们的学习兴趣；

第四. 在进行体育锻炼时，可以运用相关力学原理，提高体育成绩，避免体育活动中可能出现的意外事故.

新教材基础知识摘要

体育运动与物理知识密切相关，可以说每一项体育运动均包含着一系列的力学综合知识，在这儿，我们以足球运动为例，分析其中涉及新教材中的哪些相关知识.

1. 当足球运动员踢球时，球的运动状态瞬间改变，此过程涉及动量定理，即 $I_{合} = \Delta p$. 通过动量定理可求得球飞出的速度. 同时运动员对球做功，根据动能定

理 $W_{总}=\Delta E_k$可以估算运动员对球作了多少功.

2.足球在空中的飞行,既有转动又有平动;研究足球在空中的路径,可以把足球看作质点;足球在空中作斜抛运动.

足球沿地面滚动时,会受到地面摩擦力的作用,因此足球将作减速运动.足球的动能减少.

3.运动员能使足球弧线飞出,即所谓的香蕉球,香蕉球的形成体现了力矩和流体力学的知识.

4.足球用特殊材料制成,球内充气,使球保持一定的弹性,当球发生弹性形变时就会产生弹力,在短时间内储存一定的弹性势能,又在短时间内释放弹性势能,转化为球的动能.

课题研究背景资料透视

1.体育运动与力学的关系

人体的机械运动可以说是人体高级运动形式(思维活动)的一种外观表现,人体运动是在外部作用力(如重力、摩擦力和周围物体的作用力)和内部肌肉张力作用下所产生的.体育运动是人体机械运动的一种具体体现,在体育运动中,既受到生物学和生物力学因素的制约,又受到外部力学因素和运动规律的制约.因此,体育运动是一种在人的意识控制下的综合运动,它包含了化学运动(为肌肉中 ATP 的水解反应),物理运动(为肌肉活动、如肌肉收缩、位置移动)等等.

15 世纪末,意大利科学家达·芬奇对人体运动发生了浓厚的兴趣,他通过尸体解剖,从解剖学和力学基础上研究人体的各种姿势和运动,并提出人体的运动必须服从于力学定律的观点,他认为力学之所以比其他科学更为重要和实用,那是因为一切能够运动的生物体的运动都遵循力学定律.

2.球类运动的由来

我们现在玩的一些球类游戏早在几百年前就有了,公元前 266 年在中国玩的一种被称之为"蹴鞠"的游戏就是类似于足球的运动项目,是足球运动的鼻祖,它的球门高约 9m,宽却只有 1m,球是一种用马毛填充的皮革球,输者不受停赛、罚款或黄牌警告等处罚,而是被简单地处以鞭打或死刑,这完全取决于皇帝的心情。球类运动发展到现在,种类繁多,比赛规则也都各不相同.

课题研究案例

课题 3.1　对体育运动进行分类

体育运动种类繁多,我们可以把体育运动大致分为以下几类(见表 1 和表 2);

表 1　各种体育运动

田径运动	球类运动	体操运动	水上运动	冰上运动	其他运动
跑步、跳远、跳高、铁饼、标枪、铅球、链球……	足球、篮球、排球、橄榄球、羽毛球、乒乓球、网球、高尔夫球、棒球、垒球……	跳马、鞍马、双杠、单杠、平衡木、吊环、自由体操、艺术体操、高低杠	游泳、跳水、皮划艇、帆板、帆船、冲浪、滑水、划船，水球……	滑雪、速滑、冰上芭蕾、冰球……	举重、射击、射箭、击剑、马术、拳击、赛车、武术、跳伞……

表 2　与力学相关的体育运动事例

力学概念或规律	常见的相关体育运动事例
重心　平衡　稳度	举重　体操　投掷等
弹力　胡克定律	跳板跳水　球拍　篮球排球足球的气压　射箭　扩胸器等
摩擦力	跑步　赛车转弯　拔河等
力的合成与分解	滑雪　滑水　帆船大赛　滑翔等
机械运动　参考系 位移　路程　质点 平均速度　瞬时速度	各类径赛　球类运动等
加速度　匀变速直线运动	起跑　助跑　起脚踢球等
自由落体运动 超重和失重	跳水　跳伞　蹦极等
牛顿第二定律	各类运动
牛顿第三定律	拔河　起跑或起跳时蹬地等
曲线运动 向心力　向心加速度	投掷　跳高　单杠　跳远　球类　赛车　跑步等
抛体运动	投掷　跳高　跳远　球类等
冲量　动量及动量定理	跳高　跳远　垒球　羽毛球　足球等
功和能	各类运动
单摆	荡秋千等

说明：其实每一项体育运动中所涉及的力学知识往往都是综合性的.

课题 3.2　粗略统计各力学知识点中的相关体育事例

可以这样说，任何一项体育事例都是形象生动的力学材料，运用这些事例，有

助于我们加深对概念和规律的理解.

课题 3.3　球类运动中的力学研究

球类运动种类最多,全世界参与球类运动的运动员也最多,如足球、篮球,全球几乎所有的年轻人都喜爱玩.球类运动中的力学知识也较为丰富.

(1)实验:对常见球的测量

测量每一个球的直径,求出球的体积;测出球的质量;鉴别每个球的用材,说明它的表面特征.在下列表 3 中记录测量结果:

表 3　几种球的测量结果

球的种类	直径(cm)	体积(cm^3)	质量(g)	材料和表面特征
足球	22	5576	420	皮制、多块五边形和六边形组成
篮球				
排球				
乒乓球				

分析下列问题:

1. 在哪些方面这些球是类似的?它们有何区别?

2. 有多少球是天然材料做成的?多少球由人造材料制成的?为什么要这样做?

3. 还有特殊方法测量直径和质量吗?

(2)分析球在运动中的力学知识

①球有弹性,当球碰到地面或球板、球棒时,球会发生形变产生弹力,瞬间储存一定的弹性势能,又在瞬间释放弹性势能,转化为球的动能,这就是反弹.

设计实验:比较不同球的反弹程度.可让不同的球从同一高度自由下落,测量它们反弹的高度,列表记录结果.

②空中运动的球要受到空气阻力作用,使球的机械能减少,阻力是影响球飞行的主要因素.球在空中运动会发生旋转,研究导致球旋转的原因.

③影响球飞行距离的因素。设计一个实验,测定各种球的质量和直径是否影响球的飞行,在表 4 中记录结果.

表 4　不同的球的飞行距离

球的种类	直径(cm)	质量(g)	飞行距离(m)
足球			
篮球			
乒乓球			
排球			

结论:落地距离与质量/直径近似成正比.

④地面上动的球。当球在地面上运动时，球受到地面摩擦阻力的作用，滚动或转动时摩擦阻力较小，当球滑行时摩擦阻力较大.

课题 3.4　研究体育技巧中的力学知识

每一项体育运动都有很多技巧，掌握好运动技巧对提高体育成绩有很大的帮助.

例：在“投掷运动”中，投掷物在空中的运动属于抛体运动，由抛体运动的知识可知，抛体运动的射程 s（即投掷物投掷的远度）由初速度 v_0、投掷角度 θ、出手高度 H 和器械在运动中的空气阻力 f 四个方面的因素决定的，如图 3-1-13 所示，根据运动学的知识，可求出器械在上升过程中所通过的水平位移为（忽略空气阻力）

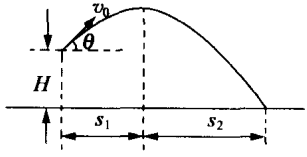


图 3-1-13

$$s_1 = v_0\cos\theta\,\frac{v_0\sin\theta}{g}$$

下落过程中所运动的水平位移为 $s_2 = \dfrac{v_0\cos\theta}{g}\sqrt{v_0^2\sin^2\theta + 2gH}$

故水平总射程为

$$s = \frac{v_0\cos\theta}{g}(v_0\sin\theta + \sqrt{v_0^2\sin^2\theta + 2gH})$$

从此式中可知，最影响远度的因素是初速度 v_0，要使初速度很大，除通过助跑或滑步使器械达到较大的速度外，还必须在将器械推出去时用力要大而迅速，并尽可能地增大加速的距离，使之获得更大的动能，以便飞得很远.

当然，影响远度的因素还有器械出手时的角度 θ、高度 H 以及空气阻力 f，但由上式可知，这些因素均影响很小. 据计算，当角度 θ 和高度 H 不变时，v_0 每增加 1m/s，远度就增加 20%左右；但当 θ 和 v_0 不变时，H 每增加 10cm，远度只增加 1%左右；当 H 和 v_0 不变时，θ 的大小影响也不大，例如从 40°降到 30°，远度仅减少 3%.

我们还应注意到，若在逆风时应适当减小投掷时的出手角度 θ，顺风时则可适当加大出手角度 θ；器械出手后，应迅速降低重心，改变重心移动的方向，以维持身体平衡，避免犯规. 通过这样的理论联系实际，可大大地提高了投掷运动的成绩.

研究性实践

1. 某同学在跳绳比赛时，1min 跳 120 次，每次腾空的最大高度是 20cm，该同学身体质量是 50kg.

（1）他在跳绳过程中克服重力做功的平均功率是（　　）

A. 100W　　B. 200W　　C. 400W　　D. 1200W

(2)在跳绳过程中,该同学体内合成 ATP 的能量主要来自 (　　)

A. 有氧呼吸　　B. 无氧呼吸　　C. 磷酸肌酸　　D. 都是

(3)若测得该同学跳绳时心跳每分钟约 100 次,每次血液循环中,左心室压强与容积变化的 p-V 曲线如图 3-1-14 所示,右心室对肺动脉的压强约为左心室的$\frac{1}{5}$,设每次心室收缩时射出血量约为 70mL,试估算心脏工作的平均功率.

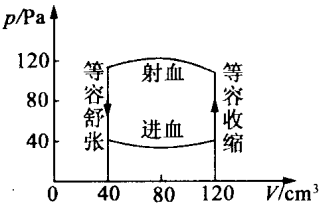


图 3-1-14

2. 跳伞运动员在刚跳离飞机、其降落伞尚未打开的一段时间内,下列说法中正确的是 (　　)

A. 空气阻力做正功　　B. 重力势能增加

C. 动能增加　　D. 空气阻力做负功

3. 接迎面飞来的篮球,手接触到球以后,两臂随球后引至胸前把球接住. 这样的目的 (　　)

A. 减小篮球的动量　　B. 减小篮球的动量变化

C. 增大篮球的动量变化　　D. 减小篮球的动量变化率

4. 跳高运动在图 3-1-15 所示的四种过杆姿势中,重心最能接近甚至低于横杆的是 (　　)



图 3-1-15

5. 运动员竖直上跳,起跳时蹬伸距离为 0.4m,蹬伸时间为 0.2s;假定蹬伸时身体重心是匀加速上升,试求该运动员(体重 530N)起跳离地时的速度和起跳过程对地面的压力. ($g = 10m/s^2$)

6. 在电视节目中,我们常看到一种精彩而刺激的水上运动——滑水板运动,如图 3-1-16,运动员在快艇的水平牵引下,脚踏倾斜滑板在水上滑行,运动员在水上优美洒脱的身姿,娴熟的技术,如行云流水,给人以美

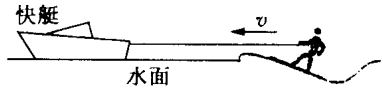


图 3-1-16

的享受，我们常会为运动员精彩的表演而喝彩.

质量为 m 的运动员在快艇的水平牵引下脚踏倾斜滑板在水上匀速滑行，设滑板光滑，滑板的滑水面积为 S，滑板与水平方向的夹角为 θ，水的密度为 ρ，不计空气阻力.理论研究表明，水对滑板的作用力大小 $N=\rho Sv^2\sin^2\theta$，式中 v 为快艇的牵引速度：

(1)若已知 m、θ、ρ、S，要使运动员能平衡地滑行，则快艇的水平牵引速度 v 应多大？

(2)在上述条件下，快艇对运动员的牵引功率为多大？

7.某跳水运动员，质量为 60kg，身高为 1.8m.站立时重心与身高比例为 0.6∶1.他在 10m 的高台跳水时以6m/s的初速度竖直向上跳离跳板：

(1)求运动员的重心上升的最大高度距水面多高？

(2)若运动员自最高点竖直下落到手触及水面(设其重心离水面约 1.2m)的过程可看作自由落体运动，那么他在手触及水面时的即时速度多大？

(3)若运动员入水后，他的重心能下沉到离水面约 2.5m 处，试估算水对他的平均阻力约是他自身重力的几倍？($g=10\text{m/s}^2$)

(4)设运动员在跳跃过程需要的能量全部由葡萄糖供给.1mol 葡萄糖在体内氧化产生的能量为 2870kJ，其中 1255kJ 转化为 ATP 供人运动所需，其余都以热的形式消耗掉.试求运动员从静止到跳离跳板过程消耗体内多少葡萄糖？(设提供的能量中只有 70%转化为运动员跃起时的动能)

8.跳伞员从跳伞塔上跳下，当降落伞全部打开，伞所受的空气阻力大小跟伞下落速度的平方成正比，即满足 $f=kv^2$，已知比例系数 $k=20\text{N}\cdot\text{s}^2/\text{m}^2$，跳伞员与伞的总质量为 72kg.设跳伞塔足够高，且人跳离塔后即打开伞，试讨论下列问题：($g=10\text{m/s}^2$)

(1)跳伞员在空中做什么运动，试进行描述；

(2)当跳伞员的速度为 4m/s 时，他与伞所受到的阻力为多大？此时他下降的加速度多大？

(3)跳伞员最后的下落速度多大？

(4)若跳伞塔高为 $H=200\text{m}$，则当跳伞员从跳离塔至到达地面的过程中，共损失了多少机械能？

9.一跳水运动员从离水面 10m 高的平台上向上跃起，举双臂直体离开台面.此时其重心位于从手到脚全长的中点.跃起后重心升高 0.45m 达到最高点，落水时身体竖直，手先入水.(在此过程中运动员水平方向的运动忽略不计.)从离开跳台到手触水面，他可用于完成空中动作的时间是_____s.(计算时，可以把运动员看作是全部质量集中在重心的一个质点.$g=10\text{m/s}^2$，结果保留两位有效数字)

10. 如图 3-1-17 所示，排球场总长为 18m，设网的高度为 2m，运动员站在离网 3m 远的线上正对网前竖直跳起把球水平击出（$g=10m/s^2$）：

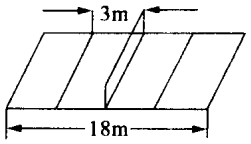


图 3-1-17

（1）设击球点的高度为 2.5m，问球被水平击出时的速度在什么范围内才能使球不能触网也不会出界？

（2）若击球点的高度小于某个值，那么无论球被水平击出时的速度多大，球不是触网就是出界，试求出此高度？

11. 一质量为 60kg 的滑雪运动员，从圆弧坡面上由静止下滑，下落 20m 高后至一水平平面上再水平滑出，然后落在倾角为 37°的斜坡上，如图 3-1-18 所示，若落地点到水平抛出点距离为 100m，一切摩擦阻力不计，求运动员在下滑的运动中做功多少？（$g=10m/s^2$）

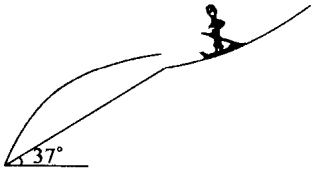


图 3-1-18

【答案与提示】

1.（1）B （2）B （3）1.9W　　2. C、D　　3. D　　4. D　　5. 分析：运动员起跳前先要下蹲，从下蹲到最低点时的重心高度到蹬地结束刚要离开地面时的重心高度，两者之间的距离叫蹬伸距离，通过这段时间叫蹬伸时间. 可见在蹬伸阶段，运动员发力加速，使下蹲结束时等于零的初速度增加到离地时的起跳速度，然后以这个起跳速度再向上运动，这个速度为腾起速度. 计算起跳过程的加速度后利用牛顿第二定律便可求出人对地的蹬力. 因为 $v_0=0$，$s=0.4m$，$t=0.2s$，根据 $s=\frac{at^2}{2}$ 得 $a=\frac{2s}{t^2}=20m/s^2$，$v_t=at=4m/s$. 设蹬力为 N，根据 $F_{合}=ma$ 有 $N-mg=ma$ 得 $N=m(g+a)=53\times(10+20)N=1590N$.　　6. 分析：快艇的牵引速度与运动员的速度是相等的，要求快艇的牵引速度，应该如何选取研究对象呢？只能选滑板与运动员作为研究对象，对这个研究对象进行受力分析，并画出受力图，滑板与运动员共受到三个力的作用，重力 G，水对滑板的弹力 N（N 的方向与滑板垂直）及绳子对运动员的拉力 F，水对滑板的阻力不计. 因为快艇做匀速运动，所以滑板与运动员所受的合力必为零. 对此研究对象建立平衡方程，即可求出快艇的水平牵引速度的大小. 快艇对运动员及滑板的牵引功率应根据公式 $P=Fv\cos\theta$ 求解. 同样，可由快艇与运动员的平衡方程求出 F，再由功率的公式求出快艇的牵引功率 P. 解答：（1）选快艇与运动员为研究对象. 由物体的平衡条件，可得 $N\cos\theta-mg=0$　又 $N=\rho Sv^2\sin^2\theta$，则有 $\rho Sv^2\sin^2\theta\cos\theta=mg$，从而解得 $v=\sqrt{\frac{mg}{(\rho S\sin^2\theta\cos\theta)}}$.　（2）快艇与运动员在水平方向也是平衡的. 由平衡条件，

得$F=mg\tan\theta$.注意到水平牵引力与快艇的速度同方向,则由$P=Fv$可以求出功率$P=mgv\tan\theta$. 7.(1)该跳水员站立时,重心距跳板的高度$h_1=1.8\times0.6\text{m}=1.08\text{m}$.设上跳过程重心增加的高度为$\Delta h$.根据机械能守恒:$mg\Delta h=\frac{mv_0^2}{2}$,$\Delta h=\frac{v_0^2}{2g}=1.8\text{m}$.故运动员重心最高时距跳台的高度为$h_2=h_1+\Delta h=1.08\text{m}+1.8\text{m}=2.88\text{m}$. (2)设运动员做自由落体运动的总高度为$h_3$,跳台距水面的高度为$h_0$,则$h_3=h_0+h_2-1.2=10+2.88-1.2=11.68\text{m}$.根据机械能守恒定律$mgh_3=\frac{mv^2}{2}$得$v=15.28\text{m/s}$. (3)设从最高点到最低点运动员下落的总高度为$H$,且设最低点处的水平面为零势能面,最低点距水面的距离为h_4.根据功能关系$mgH=f\cdot h_4$,其中$H=h_0+h_2+h_4=15.38\text{m}$,所以$f=\frac{mgH}{h_4}=6.15mg$.

(4)运动员跳离跳板过程消耗的体能为$E=(\frac{mv^2}{2})\eta=4903.0\text{ J}$.共消耗体内葡萄糖为$m=nM=\frac{4903.0/(1255\times10^3)}{180\text{g}}=0.39\text{g}$. 8.如图3-1-19所示.(1)跳伞员在空中先做初速为零、加速度逐渐减小的加速直线运动,然后以收尾速度v_{max}做匀速直线运动到达地面. (2)当系统的下落速度达到4m/s时,由$f=kv^2$,可得 $f=20\times16=320\text{N}$.设这个时刻系统下落的加速度为a,由牛顿第二定律,得$mg-f=ma$,解得$a=g-\frac{f}{m}$.代入数据,解得$a=10-\frac{320}{72}=5.6\text{m/s}^2$.

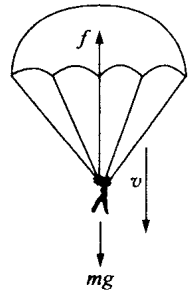


图3-1-19

(3)当系统的速度达到收尾速度时,其所受的合外力为零,则有$kv_{max}^2=mg$,解得$v_{max}=6\text{m/s}$. (4)取地面为零势能参考面,则系统在整个下降过程中损失的机械能为$\Delta E=720\times200-72\times\frac{36}{2}=1.43\times10^5(\text{J})$. 9. 1.45.分析略.

10.解:(1)当球刚要触网时,满足:$s_x=3\text{m}$,$s_y=0.5\text{m}$,由平抛运动的知识可得$v_0=3\sqrt{10}\text{m/s}$,当球刚要出界时,满足:$s_x=12\text{m}$,$s_y=2.5\text{m}$,由平抛运动的知识可得$v_0'=12\sqrt{2}\text{m/s}$,由此可得要想球既不出界也不触网,球速在$3\sqrt{10}\text{m/s}$和$12\sqrt{2}\text{m/s}$之间. (2)设发球点离地$h$高处,要使球不是触网就是出界,至少应同时满足$s_x=3\text{m}$,$s_y=(h-2)\text{m}$和$s_x=12\text{m}$,$s_y=h\text{m}$,由平抛运动的知识得$h=2.13\text{m}$. 11.人做平抛运动时间$t=\sqrt{\frac{2s\sin\theta}{g}}=2\sqrt{3}\text{s}$.水平速度$v_0=\frac{s\cos\theta}{t}=\frac{40}{3}\sqrt{3}\text{m/s}$.人由静止下滑,人做功为$W$,$W+mgh=\frac{mv_0^2}{2}$,$W=\frac{mv_0^2}{2}-mgh=16000-12000=4000(\text{J})$.

课题4 现代汽车的安全装置



引 言

汽车是工农业生产和人们外出活动的一种重要交通工具.随着人们物质生活水平的不断提高,汽车已不再是普通百姓可望而不可及的商品,已逐步进入寻常百姓的生活中.汽车的普及,同时也带来了交通安全方面的突出问题,打开电视、翻开报纸,我们时常看到或听到有关交通事故的报道,据资料统计显示,我国每天有数十万次大小不等的交通事故发生,造成事故的主要原因首先是驾驶员的违章行驶,疏忽大意,其次,某些汽车上的安全装置存在严重的质量问题,或者没有完善的安全装置,汽车的安全装置是汽车安全行驶的根本保障.那么,汽车的安全装置有哪些,它们的工作原理是什么,本课题将就汽车安全装置的有关问题做一些考究.

新教材基础知识摘要

本课题主要涉及新教材的下列知识

1.摩擦力

(1)种类:按照摩擦力的产生特点可以分为静摩擦力、滑动摩擦力和滚动摩擦力.

静摩擦力是产生在相对静止的两个物体之间;滑动摩擦力产生在发生相对滑动的两个物体之间,滚动摩擦力则伴随着物体在另一个物体表面滚动时而产生.

(2)方向:摩擦力的方向总是与物体的相对运动方向或相对运动趋势方向相反.所以摩擦力可以起阻力作用,也可以起动力作用.

(3)大小:静摩擦力的大小不仅取决于接触面的材料情况,还与作用在物体上的其他外力有关,可以发生变化;滑动摩擦力的大小可以表示为 $f_{滑}=\mu N$.在相同条件下,滚动摩擦力小于滑动摩擦力,而滑动摩擦力小于最大静摩擦力.

汽车的每个传动装置间都有摩擦力,有些方面需要增大摩擦力,有些方面需要减小摩擦力.汽车行驶时,车轮与地面间是滚动摩擦力,紧急制动时,如果车轮被刹死,车轮与地面间是滑动摩擦力.一般汽车的后轮是驱动轮,后轮受到地面的摩擦力向前作为动力,前轮受到地面的摩擦力向后起阻力作用.

2.牛顿运动定律

汽车启动过程做加速运动,刹车过程做减速运动,可以利用牛顿第二定律

$F=ma$ 分析汽车做加速运动或减速运动时的加速度大小.

在一般情况下,汽车的加速过程是一个变加速运动,用公式可以表示为 $F-f=ma$,其中牵引力 $F=\frac{P}{v}$,阻力 f 与速度有关,随速度的变化而变化.

3. 功率

汽车发动机的输出功率可以表示为 $P=Fv$,其中,F 为汽车的牵引力,在 P 一定的条件下,F 与速度 v 成反比,由 $F-f=ma$ 可知,当 $F=f$ 时,汽车将达到最大速度 $v_m=\frac{P}{f}$.

4. 动量定理

动量定理在汽车方面的典型运用是讨论汽车在发生交通事故时产生的破坏程度.由动量定理 $I_{合}=\Delta p$ 可知,在 Δp 一定的条件下,作用时间越短,产生的作用力越大,对汽车和驾驶员造成的伤害就越大.

5. 功能关系

汽车在运动中涉及多种形式能量间的相互转化.发动机将燃油的化学能转化为机械能,牵引力对汽车做功,汽车获得动能,行驶时的阻力对汽车做负功,一部分机械能转化为因摩擦而产生的内能,相关功能关系有

$$W_{合}=\Delta E_k;W_{阻}=Q$$

课题研究背景资料透视

ABS 的概念、原理和种类

ABS 是 ANTILOCK BRAKING SYSTEM 的简称,它的直译为:车闸防锁系统.由于我国在最初引入这一技术时称之为车闸防抱死系统 (Anti Blocking System),现在只好约定俗成了.

ABS 由三部分组成:ABS ACTUATOR(ABS 调节器),ABS SENSOR(ABS 传感器),和 ABS CHANNEL(ABS 通道).当驾驶员踩闸时,如果某一轮子由于某种原因(冰、雨水、雪)被锁死(锁死即抱死,是指轮子与地面之间没有滚动摩擦力,当然轮子也就不会转动),ABS 传感器会在千分之一秒时间内通知 ABS 调节器,脉冲调节对这一轮子的闸压,即减少制动力,而后,轮子又继续转动,反复脉动调节达每秒 30 次,使之不被锁死,而车可沿行驶的方向直线制动.

ABS 的种类有四种:1~2 条通道的后轮 ABS;2 条通道的 4 轮交叉式 ABS;3 条通道的 4 轮 ABS;4 条通道的 4 轮 ABS.

对 ABS 的常见误解有:①有 ABS 的车可制动快些?不一定,ABS 的原理告诉我们,ABS 的真正意义在于当踩闸时,你能控制你的车在雨水和冰雪地上沿行驶方向制动,在这种情况下你的车会比没有 ABS 的车制动距离短些;②反复踩闸会

有助于 ABS? 不对.这是对 ABS 的误解.在雨水和冰雪地行驶有 ABS 的车,刹车时,应当一脚踩住.

汽车的基本结构

现代汽车是由多个装置和机构组成的.不同型号、不同类型及不同厂家生产的汽车其基本构造都是由发动机、底盘、电器设备和车身四大部分组成,如图3-1-20所示.

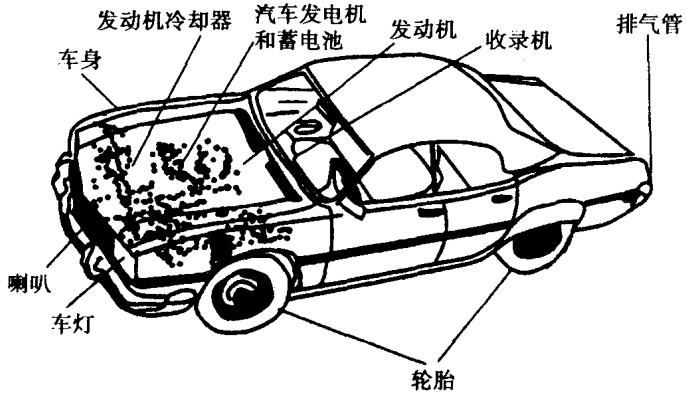


图 3-1-20

(1)发动机

发动机是为汽车行使提供动力的装置.其作用是使燃料燃烧产生动力,然后通过底盘的传动系统驱动车轮使汽车行驶.发动机主要有汽油机和柴油机两种.现代汽车广泛采用往复活塞式内燃发动机,它是通过可燃气体在汽缸内燃烧膨胀产生压力,推动活塞运动并通过连杆使曲轴旋转起来对外输出功率的.主要包括两大机构和五大系统,它们是曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系统、点火系统(汽油发动机)、起动系统、冷却系统和润滑系统组成.柴油发动机的点火方式为压燃式,所以无点火系统.

(2)底盘

底盘的作用是支承、安装汽车发动机及其各部件,形成汽车的整体造型,并接受发动机的动力,使汽车产生运动,保证正常行驶.底盘由传动系、行驶系、转向系和制动系组成.

(3)车身

车身容纳驾驶员、乘客和货物,并构成汽车的外壳.载重汽车车身由驾驶室的货厢组成,客车与轿车的车身由统一的外壳构成.其他专用车辆还包括其他特殊装备等.车身还包括车门、窗、车锁、内外饰件、附件、座椅及车前各钣金件等.

(4)电器设备

电器设备由电源和用电设备组成.电源包括发电机和蓄电池.用电设备的内容很多,不同车型不太一样,主要有点火系、起动系、照明、仪表信号系统、空调以及其他用电设备等.

课题研究案例

课题 4.1　通过查阅资料和走访汽车修理厂,了解现代汽车有哪些安全装置及其具有的作用

汽车的主要安全装置有:保险杠、钢化玻璃(高档汽车装有防弹纤维玻璃)、刹车系统(一般配有防抱死刹车系统)、安全带、安全气囊等.

保险杠安装在汽车的最前端和最后端,既有一定的硬度又具有一定的弹性,汽车受撞击时,能起到一定的缓冲作用,保护汽车主体不受破坏.

车窗玻璃是特制的,这种玻璃不易破碎,即使破碎,碎片没有棱角,对驾驶员和车内乘客不会产生很大的伤害.

汽车的前座都配有安全带,用尼龙材料制成,当紧急刹车时,安全带能拉住乘员,人不至于碰到方向盘和仪表座,防止被甩出车外.对车内人员来说,安全带是一种最简单、最重要的保护装置.然而,据交通管理部门统计的数据显示:几乎有九成的驾驶员没有主动系安全带的意识,在交通事故中死亡的驾驶员中,有 80% 与没有系安全带有关.

课题 4.2　查阅资料:了解防抱死制动系统的作用

(1)什么是防抱死制动系统

防抱死制动系统的英文缩写是 ABS.该系统是微电脑控制的机电一体化装置,在刹车过程中能自动调节制动力的大小,防止车轮被抱死,从而获得最佳制动效果.

(2)对 ABS 与常规制动系统的比较

汽车上安装的液压或气压制动器,称之为常规制动装置,这种装置在紧急刹车时,往往将车轮完全抱死,使车轮停止转动,在地面滑行,形成拖印,而且制动距离相对较长,并伴有制动跑偏和失去方向控制等危及行车安全的现象发生.

ABS 系统能够克服常规制动系统的缺点.即当驾驶员紧急制动时,如果某一轮子由于某种原因(冰、雨水、雪)被抱死,ABS 传感器(微电子技术,是 ABS 的核心部件)会在千分之一秒时间内通知 ABS 调节器,脉冲调节对这一轮子的闸压,即:减少制动力,而后,轮子又继续转动,反复脉动调节达每秒 30 次,使之不被锁死,而车可沿行驶的方向直线制动,保证驾驶员仍能灵活控制车辆,并且有效制动距离缩短.

常规制动系统的正常工作是 ABS 的工作基础，若常规制动系统发生故障，ABS 系统也将失效，若 ABS 系统失效，常规制动系统仍能正常工作，只是没有了防止车轮被抱死的功能而已.

(3)对 ABS 系统制动距离的力学分析

与常规制动系统相比，ABS 有许多优点，其中最突出的是能缩短制动距离，从而可以有效避免交通事故的发生. 下面我们从力学角度分析 ABS 系统的刹车距离，刹车时车轮的受力如图 3-1-21 甲、乙所示.

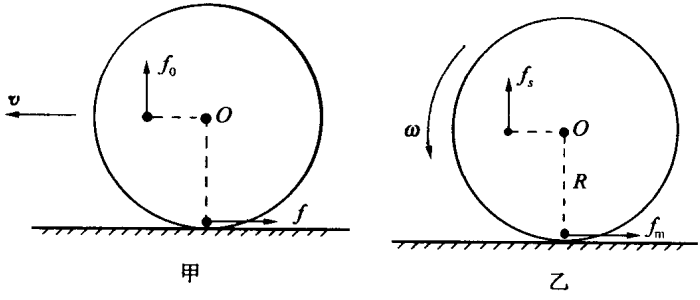


图 3-1-21

常规制动系统紧急刹车时，刹车片与车轮间的摩擦力 f_0 是静摩擦力，f_0 不做功，如图 3-1-21 甲所示，即刹车片与车轮间无内能的产生，不消耗汽车的动能，此时由于车轮被抱死，车轮在路面上不再转动，因此，车轮与地面间产生滑动摩擦力 f，设汽车刚开始制动时的速度为 v，汽车质量为 m，汽车的滑行距离为 s_1，可由动能定理求得，即

$$fs_1 = \frac{mv^2}{2}, \quad \text{得到} \quad s_1 = \frac{mv^2}{2f} \qquad ①$$

ABS 系统工作时车轮受力如图 3-1-21 乙所示，此时车轮与地面间的摩擦力为静摩擦力，ABS 系统能使车轮在地面上产生的摩擦力介于滑动摩擦力与最大静摩擦力之间，记为 f_m，ABS 可以使刹车片以 30 次/s 点击车轮，所以刹车片与车轮间摩擦力可以认为是滑动摩擦力 $f_{滑}$，显然，汽车的动能将消耗在刹车片与车轮和车轮与地面间，用动能定理表示为

$$f_m s_2 + f_{滑} s_3 = \frac{mv^2}{2}$$

其中，s_2 为车轮滚动的距离，s_3 为车轮相对刹车片的弧长. 得

$$s_2 = \frac{\left(\frac{mv^2}{2} - f_{滑}s_3\right)}{f_m} \qquad ②$$

比较①式和②式，由于 $f_m > f$，因此，$s_2 < s_1$.

即防抱死系统的制动距离比常规制动系统小.

同时,由于ABS系统可防止车轮抱死,从而避免了因制动车轮抱死而造成的轮胎表面磨损严重,延长了轮胎使用寿命.

课题4.3 查阅有关安全气囊的资料,了解安全气囊的组成及作用原理

(1)安全气囊的组成

安全气囊是安装在汽车上的一种安全保护装置,当汽车发生突然撞击时,它迅速充气,保护驾驶员不撞到方向盘或仪表箱,避免事故发生.

安全气囊系统由三部分组成:

一是气囊部分:包括气囊、气体发生器和气体过滤器.

二是控制部分:它确定气囊何时充气,包括传感器、电子控制单元,触发器.

三是汽车与气囊连接安装部分.

主驾驶用的安全气囊安装在方向盘上;副驾驶的安装在仪表盘上;还有侧向气囊、用于保护后排乘客的后座气囊等.

(2)气囊的工作原理

气囊是用聚酰胺织物制造,经硫化处理.囊内有聚氯丁二烯物质,当触发装置发出指令后,点燃气体发生装置,产生氮气,充满气囊,这个过程只有0.03s的时间,气囊系统关键是控制部分,因为理想过程应该是汽车发生了碰撞,乘客刚向前冲一点时,气囊应触发充气,随后乘客扑向方向盘或仪表箱,气囊充气后立即冷却、放气,乘客触及气囊时,气囊正在收缩,起缓冲、吸收碰撞能量的作用,托住乘客,不至于受到伤害.过早或过晚触发都会带来不良后果.发达国家的汽车的这种装置已十分普及,交通伤害主要源于汽车碰撞,因此,安全气囊日益受到重视.目前,美国新产品汽车气囊安装率已达100%.

课题4.4 对汽车安全问题提出的建议

(1)对驾驶员的建议

生命对每个人只有一次,为了你以及全家人的幸福;为了他人的安全;你应该要做到:

①高度重视交通法规,作为一名合格的驾驶员,应非常熟悉交通规则,严格遵守交通规则;

②始终要把安全放在第一位,切不可掉以轻心,玩忽生命,不开疲劳车、不酒后驾车、不超载行驶、不违章超车、宁停三分不抢一秒、不开"飞车";

③上车前,务必检查汽车各安全装置是否正常,车胎充气量是否正常;带好车辆必备的维修工具;

④踏进汽车门,系好安全带,且不可疏忽大意.

(2)对汽车制造部门的建议

任何事物都是一分为二的，汽车既给人们的外出带来了便利，同时也会带来灾难，汽车的安全质量是维护乘客的根本保证，为此，建议制造部门：

①设计合理科学的汽车结构；选用高质量的零部件材料，不生产假冒伪劣产品，始终把人的生命利益放在首位；

②完善车辆安全装置，如车辆四周可能受撞击的位置安装缓冲装置；当汽车撞击时，方向盘和仪表盘首先和驾驶员碰撞，对驾驶员的伤害最大，因此，方向盘和仪表盘也可进行缓冲设计，当方向盘受到一定作用力时，方向盘连杆可以像弹簧一样快速收缩；车上可以安装危险预警系统，当车辆在违章行驶或驾驶员安全意识低下时，发出警告，提醒驾驶员注意交通安全，纠正错误操作.

研究性实践

1. 为了测定某轿车在平直公路上启动时的加速度(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，如图 3-1-22 所示，如果拍摄时每隔 2s 曝光一次，轿车车身总长为 4.5m，那么这辆轿车的加速度约为 (　　)



图 3-1-22

A. $1m/s^2$　　B. $2m/s^2$　　C. $3m/s^2$　　D. $4m/s^2$

2. 在高速公路上发生了一起交通事故，一辆质量为 1500kg 向南行驶的长途客车迎面撞上了一辆质量为 3000kg 向北行驶的卡车，碰后两辆车连接在一起，并向南滑行了一小段距离后停止，根据测速仪的测定，长途客车碰前以 20m/s 的速度行驶，由此可判断卡车碰前的行驶速率为 (　　)

A. 小于 10m/s　　B. 大于 10m/s 小于 20m/s

C. 大于 20m/s 小于 30m/s　　D. 大于 30m/s 小于 40m/s

3. 在平直公路上前进的汽车，则 (　　)

A. 前、后轮受到的摩擦力均向后

B. 前轮受到的摩擦力向前，后轮受到的摩擦力向后

C. 前轮受到的摩擦力向后，后轮受到的摩擦力向前

D. 前、后轮受到的摩擦力均向前

4. 两汽车自左向右运动，现用高速摄影机在同一底片上多次曝光，记录下汽车每次曝光时的位置，如图 3-1-23 所示，连续两次曝光的时间间隔是相等的. 由

图可知 (　　)

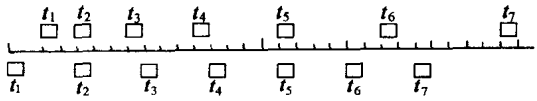


图 3-1-23

A. 在时刻 t_2时以及时刻 t_5时两汽车速度相同

B. 在时刻 t_3时两汽车速度相同

C. 在时刻 t_3和时刻 t_4之间某瞬时两汽车速度相同

D. 在时刻 t_4和时刻 t_5之间某瞬时两汽车速度相同

5. 桑塔纳轿车制动性能好，操纵稳定性好，适宜于高速行驶，在它的尾部可选装尾翼板，如图 3-1-24 所示，为什么高速行驶的轿车或赛车要安装尾翼板？

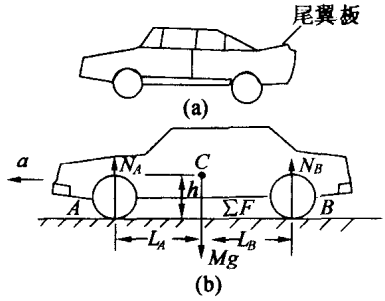


图 3-1-24

6. 汽车以一定的速度在一条宽阔平直的道路上匀速行驶，突然发现前方有一堵墙，为了尽可能不碰到墙壁，汽车司机可以急刹车，也可以让车转弯，试比较哪种方法较好.

7. 随着人类能量消耗的迅速增加，如何有效地提高能量利用率是人类所面临的一项重要任务. 如图 3-1-25 所示是上海“明珠线”某轻轨车站的设计方案，与站台连接的轨道为一个小的坡度，请你从能量利用效率的角度，分析这种设计的优点.

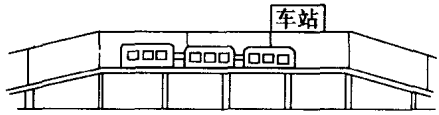


图 3-1-25

8. 用塑料部件代替金属部件可以减少汽车质量，从而可以节能. 假设汽车使用塑料部件后质量变为原来的 4/5，而其他性能不变，若汽车行驶时所受的阻力与车的质量成正比，则与原来相比，使用塑料部件的汽车能节省_____%的汽油.

9. 图 3-1-26 所示，(A)是在高速公路上用超声波测速仪测量车速的示意图，测速仪发出并接收超声波脉冲信号，根据发出和接收到的信号间的时间差，测出

被测物体的速度，图(B)中 P_1、P_2是测速仪发出的超声波信号，n_1、n_2分别是 P_1、P_2由汽车反射回来的信号．设测速仪匀速扫描，P_1、P_2之间的时间间隔为 1.0s，超声波在空气中传播的速度是 $v=340\text{m/s}$，若汽车是匀速行驶的，则根据图(B)可知，汽车接收到 P_1、P_2两信号之间的时间内前进的距离是_____m，汽车的速度是_____m/s.

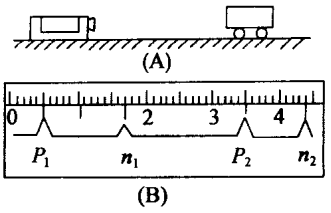


图 3-1-26

10．为了安全，在公路上行驶的汽车之间应保持必要的距离．已知某高速公路的最高限速 $v=120\text{km/h}$．假设前方车辆突然停止，后车司机从发现这一情况，经操纵刹车，到汽车开始减速所经历的时间(反应时间) $t=0.50\text{s}$．刹车时汽车受到阻力的大小 f 为汽车重力的 0.40 倍．该高速公路上汽车间的距离 s 至少应为多少？(取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$)

11．高级轿车中使用一种安全气囊，以防止撞车时座在驾驶室的人因向前冲撞发生意外，气囊内有化学物质．当汽车高速前进受撞击时，化学物质在瞬间爆发产生大量气体，充满气囊，填补在乘员和车前挡风玻璃、仪表板、方向盘之间，防止乘员受伤：

(1)已知某种气囊内装有硝酸铵(NH_4NO_3)，它受强烈冲击后能迅速分解，产生大量一氧化氮气体，请写出其化学反应方程式；

(2)若需要产生 30L 的一氧化氮，需储备多少摩尔的硝酸铵；

(3)若发生事故中汽车的速度是 35m/s，乘员冲向气囊后经 0.2s 停止运动，设人体冲向气袋的质量约为 40kg，头部和胸部作用在气袋上的面积约为 700cm^2，估算，人的头部和胸部受到的平均压强为多少？相当于多少个大气压？

【答案与提示】

1．B　由图可以看出，汽车总共长约占 3 格，每小格的长约为 1.5m，两次时间间隔内汽车的位移分别为 $s_1=8\times1.5\text{m}=12.0\text{m}$，$s_2=13.3\times1.5\text{m}=20.0\text{m}$，由于匀变速直线运动的物体，在连续相等时间内的位移之差为 $\Delta s=aT^2$，故 $a=\dfrac{\Delta s}{T^2}=\dfrac{(s_2-s_1)}{T^2}=\dfrac{(20.0-12.0)}{2^2}\text{m/s}^2=2\text{m/s}^2$．　2．A　根据两车在碰撞中内力比外力大得多，近似地看成系统动量守恒，由动量守恒定律得出结果．　3．C　由于汽车的后轮为驱动轮，前轮为从动轮，驱动轮所受的摩擦力为动力，从动轮所受的摩擦力为阻力．　4．C　由图可知，在时刻 t_2和时刻 t_3之间两汽车的位移是上面的小，下面的大，而时刻 t_4和时刻 t_5之间两汽车的位移是上面的大，下面的小，故

速度相同的时刻在时刻 t_3 和时刻 t_4 之间.　　5. 分析：这是一道联系实际，带有研究性的题目，如图 3-1-24(b)所示，设汽车总质量为 M，质心 C 离地高 h，前、后轮轴心与重力作用线之间的距离分别为 L_A 和 L_B，汽车前后轮受到地面的弹力分别为 N_A 和 N_B. 由后轮驱动的汽车，使汽车前进的力是后轮胎与地面之间的静摩擦力. 设汽车以加速度 a 向前运动，汽车受到的水平方向的合力数值上应等于 Ma. 水平方向，由牛顿第二定律得 $F_x = Ma$ …①；竖直方向由平衡条件得 $N_A + N_B - Mg = 0$ …②；以质心为轴，由力矩平衡有 $N_A L + F_x h - N_B L_B = 0$ …③；由以上三式可得 $N_A = \dfrac{M(gL_B - ah)}{L_A + L_B}$ …④；$N_B = \dfrac{M(gL_A + ah)}{L_A + L_B}$ …⑤. 汽车在达到“高速”行驶前，必有一加速过程，随着加速度 a 的增大，由④、⑤式可见，N_B 增大而 N_A 减小，即后轮对地的压力增大而前轮对地的压力减小. 这意味着后轮钢板弹簧压紧而前轮钢板弹簧放松，即车尾下沉而车头上抬. 对小轿车，为了避震和舒适，钢板弹簧比较软，因而在汽车加速时车头上抬而车尾下沉的现象是很明显的. 当 $a = \dfrac{L_B g}{h}$ 时，$N_B = 0$，前轮已离地腾空. 汽车行驶方向是由方向盘操纵前轮来达到的. 在前轮腾起时，方向操纵已失去控制，易发生车祸，尤其在赛车时，常常发生这种情况. 桑塔纳轿车或赛车的车尾安装尾翼板后，汽车在高速行驶时，此尾翼板会产生类似飞机机翼产生的升力，它对质心的力矩将阻碍车头的上抬，以防止高速行驶时方向失控.　　6. 分析：是刹车好，还是转弯好，实际上是比较哪一种方法汽车撞墙的可能性小. 设汽车匀速运动速度为 v，质量为 m，它与地面的动摩擦因数为 μ，刹车过程的运动是匀减速运动，直到停止. 由动能定理有 $-\mu mgs = \dfrac{0 - mv^2}{2}$，$s = \dfrac{v^2}{(2\mu g)}$. 转弯过程可看作是做匀速圆周运动，由摩擦力提供向心力 $\mu mg = \dfrac{mv^2}{R}$，$R = \dfrac{v^2}{(\mu g)}$. 可见汽车急刹车滑行的距离 s 比转弯半径 R 短，说明汽车急刹车撞墙的可能性小，故刹车比转弯好.　　7. 解析：从能量转化的角度来分析，列车进站时，利用上坡使部分动能转化为重力势能，减少因为刹车而损耗的机械能；列车出站时利用下坡把储存的重力势能又转化为动能，起到节能作用.

8. 解析：由题意，汽车质量变为原来的 $\dfrac{4}{5}$，所受的阻力变为原来的 $\dfrac{4}{5}$，运动相同的距离，消耗的能量变为原来的 $\dfrac{4}{5}$，即消耗的汽油变为原来的 $\dfrac{4}{5}$，故可节省 20% 的汽油.　　9. 解析：由图(B)可知发出和接收到信号间的时间差在减小，说明小车向左运动. 由题意，信号 P_1、P_2 之间 30 格为时间间隔 1s，每格为 $\dfrac{1}{30}$s，汽车在接受到 P_1、P_2 两信号间的时间内前进的距离等于汽车接受到 P_1、P_2 两信号时，超声波在空气中传播的路程差，而汽车接受到 P_1、P_2 两信号所需时间分别为 $P_1 n_1$、P_2

n_2时间间隔的一半，即为6格和4.5格，故 $s_{车}=340\times(6-4.5)\times\frac{1}{30}\text{m}=17\text{m}$，而汽车实际行驶时间为 P_1n_1 中点到 P_2n_2 的中点间的间隔为28.5格，故 $v_{车}=\frac{s_{车}}{t}$ $=\frac{17}{(28.5\times\frac{1}{30})}=17.9\text{m/s}$. 10. 分析：该高速公路上汽车间的距离至少应是——汽车以最高限速行驶时从发现情况到刹车停止的总位移. 由运动学知识可得：汽车在司机反应时间0.5s内的位移为 $s_1=vt=120\times\frac{0.5}{3.6}=16.7\text{m}$，汽车在刹车过程中的位移为 s_2，由动能定理得到 $\frac{0-mv^2}{2}=-0.40mgs_2$，代入数据得 $s_2=138.9\text{m}$，故 $s=s_1+s_2=155.6\text{m}$. 11.(1) $2NH_4NO_3\longrightarrow 2N_2O+4H_2O$ (2) $\frac{30\text{L}}{22.4(\text{L/mol})}=1.34\text{mol}$ (3)平均压强 $p=\frac{F}{S}$，$F=ma=\frac{mv-0}{t}=7000\text{N}$. 故 $p=10^5\text{Pa}$ 约一个大气压.

课题5 桥梁与物理



引 言

“一桥飞架南北，天堑变通途”，用这句话来形容桥梁在交通方面所起的作用是再恰当不过了. 随着时代的发展，桥在发生日新月异的变化，从古代的石拱桥到现代的高速公路桥；从原始的独木桥到现在的钢索斜拉桥. 目前全世界共有各种类型的桥梁几百万座. 桥为我们的生活带来了方便，在繁荣社会经济的舞台上扮演了一个重要的角色. 桥梁建设是一项复杂的综合性的工程，涉及力学、材料学、工程学等物理知识.

新教材基础知识摘要

1. 共点力的平衡和有固定转轴的物体的平衡

一个物体在共点力的作用下，如果保持静止或匀速直线运动，我们就说这个物体处于平衡状态. 在共点力作用下物体的平衡条件是合力为零，即 $F_{合}=0$.

一个有固定转动轴的物体，在力的作用下，如果物体保持静止，我们称这个物体处于转动平衡状态；我们把力 F 和力臂 L 的乘积叫做力对转动轴的力矩，当物体处于转动平衡时，作用在物体上的合力距等于零，即 $M_{合}=0$.

在研究桥梁的抗压力和钢索的抗拉力时，就需要用到力矩的平衡知识.

2. 竖直平面内的圆周运动

拱形桥较为常见，质量为 m 的汽车在拱形桥上以速度 v 前进，桥面的圆弧半径为 R，我们来分析汽车通过桥的最高点时对桥面的压力.

汽车在拱形桥上行驶相当于轻杆——小球模型在竖直平面内作圆周运动，

汽车在竖直方向受到两个力的作用：重力 G 和支持力 F，当汽车在此静止不动时，G 和 F 相互平衡，合力为零. 当汽车在桥上运动经过最高点时，G 和 F 的合力是使汽车做圆周运动的向心力 $F_{向}$，方向竖直向下，如图 3-1-27 所示，有

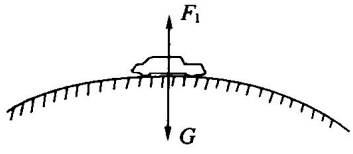


图 3-1-27

$$F_{向} = G - F = \frac{mv^2}{r}$$

所以 $$F = G - \frac{mv^2}{r}$$

汽车对桥的压力与桥对汽车的支持力是一对作用力与反作用力，大小相等，有上式可以看出这个压力小于汽车的重量 G.

3. 共振现象

每个物体都有特有的固有频率，当物体做受迫振动时，如果驱动力的频率恰好等于物体的固有频率时，受迫振动的振幅会越来越大，这种现象叫做共振.

课题研究背景资料透视

南京长江大桥

1968 年 12 月 29 日，南京长江大桥全面建成通车. 原定 1969 年 7 月 1 日才能建成. 1968 年 10 月 1 日，大桥铁路桥建成通车. 南京长江大桥位于南京市西北面长江上，连通市区与浦口区，是一座我国自己设计建造的双层双线公路、铁路两用桥. 这座现代化的桥梁是中国自行设计、自行施工建造的. 南京长江大桥的全面建成通车，把中国南北交通大动脉津浦路和沪宁路连接了起来，把大江南北的公路交通连接了起来，见图 3-1-28.



图 3-1-28

大桥从 1960 年 1 月开始施工，建设工期为 9 年，全桥总投资 2.87 亿元. 大桥的建成，在政治上、经济上和战略上都有着重大的意义.

南京长江第二大桥位于南京长江大桥下游 11km 处，全长 12.517km，由“二

桥一路"组成.其中南汊大桥为钢箱梁斜拉桥,桥长 2938m,主跨为 628m,这一跨度目前在同类桥梁中居全国第一、世界第三;北汊大桥为三向预应力混凝土连续箱梁桥,桥长 2172m,其主跨 165m,跨径也居国内第一.大桥于 1997 年 10 月正式开工建设,整个工程静态投资概算为 33.5 亿元,原计划建设工期为 4 年.

共振的幽灵

1998 年 1 月 4 日,重庆市綦江县才投入使用近三年的人行桥的——彩虹桥垮塌了,造成几十人丧生的悲剧.据多方调查论证,桥垮塌的根本原因是从设计到施工都埋下了许多不安全的隐患,是一个典型的豆腐渣工程.另外,彩虹桥垮塌与当时几十名武警士兵在桥上列队行走引起桥梁的共振也有一定的关系.

18 世纪中叶,法国昂热市一座 102m 长的大桥上有一队士兵经过.当他们在指挥官的口令下迈着整齐的步伐过桥时,桥梁突然断裂,造成 226 名官兵和行人丧生.究其原因是共振造成的.因为大队士兵迈正步走的频率正好与大桥的固有频率一致,使桥的振动加强,当它的振幅达到最大以至超过桥梁的抗压力时,桥就断了.类似的事件还发生在俄国和美国等地.鉴于成队士兵正步走过桥时容易造成桥的共振,所以后来各国都规定大队人马过桥,要便步通过.

课题研究案例

课题 5.1　收集有关桥梁的发展演变资料

(1)久负胜名的古代桥梁

中国的桥梁,如:

世界最古老的铁链桥:分布在云南、四川、贵州等地.

悬臂木梁桥:公元前 3 世纪羌族人建造的一种桥式,分布在我国西北、西南地区.

赵州桥:隋朝工匠李春的杰作.赵州桥也叫安济桥,岿然屹立于河北省赵县胶河之上,这是一座石拱桥,已有 1400 年的历史,是我国建桥艺术的精华.

中国石拱桥的又一杰作——卢沟桥.

公主桥:位于康定折多河上,传闻是为文成公主进藏取道而建.康定扼川藏公路咽喉,自古就是藏汉"茶马互市"的必经之路,人民解放军十八军就是雄赳赳气昂昂地跨过公主桥进西藏的,公主桥是藏汉团结的历史见证.

国外名桥:

威尼斯的利雅托桥和佛罗伦萨的三一桥:既是一座桥梁,又是一件大型艺术品.

古罗马著名的米尔文桥:据说二战时期,多次有坦克通过,但桥丝毫无损,至今仍很坚固.

意大利的魔鬼桥、英国的伦敦旧桥.

(2)气势宏伟的现代桥梁

社会发展到今天,人们已不再为河流、山川等天然屏障所阻,随着建桥技术的飞速发展,使各式各样的桥梁飞架,天堑变通途,仅美国就建造 50 万座.现代造桥技术衍生的主要桥梁类型有:

按用途可分为公路大桥、铁路大桥、公路铁路两用大桥;

按桥梁结构类型可分为现代拱形桥、钢索斜拉桥、吊桥、桁架桥等.

世界上最长的跨海公路大桥是波斯湾上的巴林—沙特跨海大桥.该桥全长 25km;

世界上最长的公路、铁路两用大桥是日本的濑户大桥,全长 12.3km;

我国最长的公路、铁路两用大桥是南京长江大桥,其中铁路桥长 6772m,公路桥长 4589m;

我国最长的跨径钢悬索拉桥是江阴长江大桥.大桥南引桥 168m,北引桥 1518m,全长 3071m 主跨 1385m,目前为"中国第一、世界第四";

我国最长的跨海公路大桥是厦门跨海大桥,全长 6599m.

课题 5.2　分析各种类型的桥梁中的物理知识

每一种桥梁都有不同的形式和设计,但是桥的总的设计思想都是一样的——防止桥梁的弯曲和增加桥面的抗压力.

(1)简单的梁式桥

如图 3-1-29 为简单梁式桥示意图:

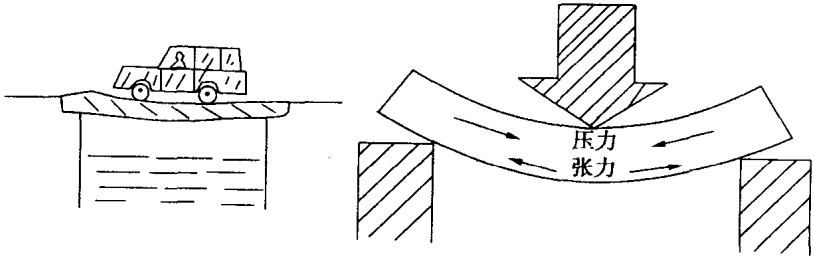


图 3-1-29

这种桥的特点是:结构简单,建造容易,适用于乡村步行,小型车辆通过.存在的问题是:抗负荷力小,容易弯曲.

桥梁弯曲时,上部被挤压,受到压力的作用,下部被拉伸,受到拉力的作用,这些力在桥梁间和桥梁与桥墩间传递,能使桥梁不过分地弯曲.

(2)有桥墩的梁式桥

这种桥梁的特点是在梁下有若干根桥墩作支撑,将来自桥梁的压力传给桥墩,可以有效地防止桥梁受压发生弯曲.对跨度较小的河流,山壑建造这种桥比较合适.

(3)索拉桥

如图 3-1-30 为拉索桥示意图:

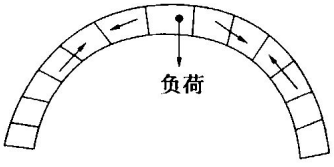



图 3-1-30

这种桥的最大特点是:不占用桥下空间,便于船的通行;结构合理科学,建造方便快捷,是现代桥梁的经典代表;用钢索斜拉桥体,两边对称,这样来自桥体的压力传输到钢索上,可以防止桥梁的弯曲.

(4)拱形桥

拱形桥是历史上最早出现的桥梁之一.古老拱形桥一般圆拱在桥面之上,也有在桥面之下,但无论哪一种,其基本原理是一样的,压力被传到圆拱上,圆拱再把力传到桥两端的地面上,如图 3-1-31 所示.



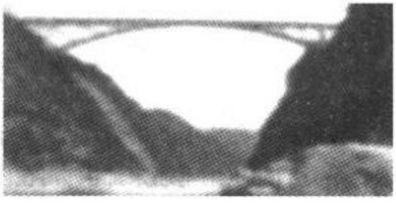


图 3-1-31　古代拱形桥和现代拱形桥

(5)桁架桥

桁架桥的设计是把压力和张力传到桁架上,如图 3-1-32.

(6)吊桥

最长的桥是吊桥,它的原理同索拉桥相同.

课题 5.3　调查建桥用的材料

桥是各种不同的材料建造的,建桥材料的选择取决于下列因素:

取材广泛、成本合理;防火及防腐蚀性能;坚固性.

一般常用的建材是:

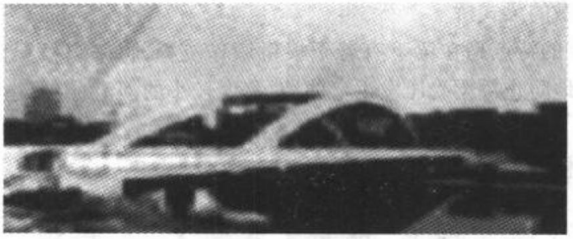


图 3-1-32

石材——便宜且坚固，耐压、但不耐拉；

钢材——比较便宜、耐压也耐拉，坚固，但需要防止腐蚀；

混凝土——便宜且坚固、耐压、但不耐拉，可以用钢筋加固.

如图 3-1-33 为钢筋混凝土结构梁式桥，加固钢筋在桥的下面，用于承受张力作用，上部是混凝土，主要用于承受压力作用.

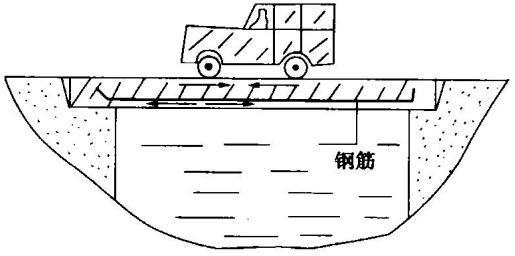


图 3-1-33

研究性实践

1. 混凝土便宜而坚固耐压，但不耐拉，钢耐压也耐拉，通常在混凝土建筑物须承受张力的部位用钢筋来加固. 则在图 3-1-34 中，楼板和阳台的加固钢筋放置都正确的是 （ ）

2. 要考察轿车轮胎的负载能力，可采取下列哪些方法 （ ）

A. 在凸形桥上高速行驶

B. 在凹形桥上高速行驶

C. 在弯道处高速拐弯

D. 高速行驶中紧急刹车

3. 如图3-1-35所示，AB、BC 为两段同样粗糙的吻合圆弧轨道，其中 AB 为桥面，一个物体(视为质点)从 A 端以初速度 v_0 开始滑行，到达 C 端时速度大小为 v_C，若此物体从 C 以 v_0 开始滑行到达 A 端的速度大小为 v_A，则 v_C 与 v_A 的大小关

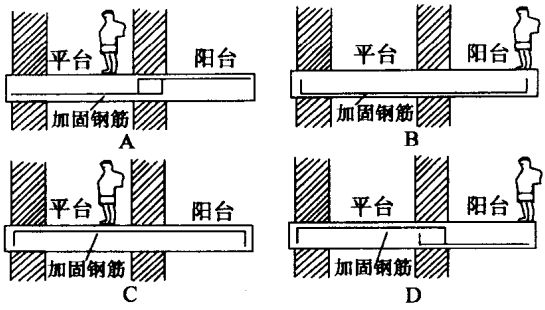


图 3-1-34

系是 ( )

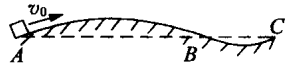


图 3-1-35

A. $v_C = v_A$ B. $v_C > v_A$

C. $v_C < v_A$ D. 条件不足,无法判断

4. 如图 3-1-36 所示是单臂斜拉桥的示意图,均匀桥板 ao 重为 G,三根平行钢索与桥面成 30°,间距 $ab = bc = cd = do$,若每根钢索受力相等,左侧桥墩对桥板无作用力,则每根钢索的拉力大小是 ( )

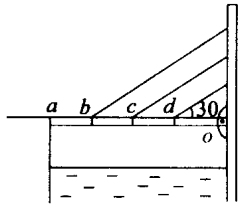


图 3-1-36

A. G B. $\frac{\sqrt{3}G}{6}$

C. $\frac{G}{3}$ D. $\frac{2G}{3}$

5. 一辆运货的汽车总质量为 3.0×10^3kg,这辆汽车以 10m/s 的速度匀速通过圆弧凸形桥,桥的圆弧半径是 50m,则汽车通过桥中央(圆弧顶部)时,桥面受到汽车的压力大小为_____N,如果这辆汽车通过凸形桥圆弧顶部时速度达到_____m/s,汽车就不再受到桥面的摩擦力.($g = 10$m/s^2)

6. 如图 3-1-37 所示,重 600N 的均匀木板搁置在相距为 2.0m的两堵竖直墙之间,一个重为 800N 的人站在离左墙 0.5m 处,求左、右两堵墙对木板的支持力大小.

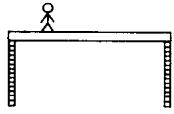


图 3-1-37

7. 汽车的质量为 1.5×10^4kg,以不变的速率先后驶过凹形桥面和凸形桥面,桥面圆弧半径 R 为 15m,如果桥面承受的最大压力不超过 2.4×10^5N,汽车允许的最大速率是多少?汽车以此速率驶过桥面的最小压力是多少?

【答案与提示】

1. A 2. B、C 3. B 4. D 5. 2.4×10^4N;$10\sqrt{5}$m/s 6. 木板

可以看做是有固定转轴的物体，若将左墙与木板的接触处看为转动轴，则木板受到三个力的力矩作用，即木板本身的重力 G_1 的力矩作用、右墙对木板的支持力 N_2 的力矩和人的压力 N 的力矩. 根据力矩的平衡条件可求出右墙对木板的支持力 N_2，同样，将右墙与木板的接触处作为转动轴，可以求出左墙对木板的支持力 N_1. 选左墙与木板的接触处为转动轴，设木板的长度为 L，人与左墙的矩离为 L_1，由力矩平衡条件可得 $NL_1 + \frac{G_1 L}{2} = N_2 L$，而 $N = G$，代入数据可得 $N_2 = 500\text{N}$. 选右墙与木板的接触处为转动轴，由力矩的平衡条件可得 $N(L - L_1) + \frac{G_1 L}{2} = N_1 L$，代入数据得 $N_1 = 900\text{N}$.　　7. 解：汽车以不变的速率通过凹形桥面时，产生的压力较大，由向心力公式得，汽车允许的最大速率是 $N - mg = \frac{mv^2}{R}$，代入数据得 $v = 3\sqrt{10}\text{m/s}$. 汽车以此速率驶过凸形桥面时，压力最小，根据向心力公式得 $mg - N' = \frac{mv^2}{R}$，代入数据得 $N' = 60000\text{N}$.



主题二　电的应用

课题1　电器在你家中



引　言

科学技术的飞速发展使家用电器也发生了日新月异的变化，各种新型电器应运而生，给我们的生活带来了许多便利，让我们感受到现代生活的气息．本课题将对以下问题做一些研究：你家中有多少电器？家用电器给我们的生活带来了哪些便利？怎样才能使你家的电器实现安全使用？家用电器如何使用才能省电？

新教材基础知识摘要

本课题的研究主要涉及物理新教材中的下列知识：

1．家电的工作电流一般为正弦式交流电

其中，最大值与有效值之间的关系为　$U_m=\sqrt{2}U$，$I_m=\sqrt{2}I$．我们通常所说的家庭电路的电压是220V，工厂动力供电电压为380V，便是指有效值．

由于交流电路中的电流和电压的大小和方向随时间做周期性变化，所以计算电器在电路中消耗的电能不能用最大值或瞬时值进行计算．有效值是根据电流的热效应规定的，引入有效值的目的是将交流等效转换为直流，这样便于计算电器工作一段时间所消耗的电能，各种电器设备上所标的额定电压，额定电流的数值为有效值，交流电表的读数也是有效值．

2．家用电器的功率计算

家用电器可分为电热式和非电热式两种电器．

电热毯、电饭锅、电炊炉、电暖炉、电熨斗等均属于电热式电器，这些电器消耗的电能几乎全部转化为热能，也叫纯电阻用电器；电扇、空调、冰箱、吸尘器等家用电器属于非电热式电器，消耗的电能主要转化为其他形式的能（如电扇转动的机械能），只有少部分电能转化为内能，因此也叫非纯电阻用电器．

两类电器均可用公式：$P=UI$ 计算电器的耗电功率；

电热式电器也可用 $P=\dfrac{U^2}{R}$ 或 $P=I^2R$ 计算；

非电热式电器：$P = UI = I^2R + P_{其他}$.

每种电器都有一定的额定电压和额定功率，这就要求电器只能在其额定电压内工作，如果工作电压经常高于额定电压，将缩短电器的使用寿命，甚至发生危险.

课题研究背景资料透视

发明大王——爱迪生

世界著名发明大王爱迪生(1847～1931)，一生完成了2000多项发明.从他16岁发明自动定时发报机算起，平均每12.5天就有一项发明，其中包括电灯、发报机、留声机、电影、电车、蓄电池、打字机、水泥、橡皮等.

爱迪生出生在美国俄亥俄州的一个农民家庭，从小爱思考、提问、动手做实验.爱迪生的发明生涯历经千辛万苦，他忍受着耳残的痛苦，经历了千万次的失败，创造了世界发明的无数个第一.为了发明电灯，他先后实验了1600多种材料.为了提高电灯的使用寿命，他和助手们为寻找有效灯丝材料试验了世界各地6000多种植物纤维.爱迪生孜孜以求的科学精神，如同他发明的电灯一样，永远迸发出灿烂的光芒，照耀着人们在科学的道路上前进.

课题研究案例

课题1.1　调查电器的种类

可以对你家中的电器做以统计，也可列出家庭中的常用电器，并按一定顺序加以分类，如用于照明的有哪些灯具；厨房电器用具有哪些；洗漱间的常用电器有哪些；客厅中的电器；卧室中的电器等.

课题1.2　对电器的性能以及耗电情况的分析

每种家用电器都有一定的功能和用途，各种电器耗电情况各不相同，可对你家中现有的电器进行分析，一般电器购买时都配有使用说明书，我们从中可以了解到该用电器的一些性能、功耗情况等，在这儿我们对照明用具进行分析：

照明用具的种类有白炽灯、节能灯、台灯、日光灯、装饰用灯等.

这些灯的工作电压、电光转化效率、使用寿命都各不相同，例如：普通钨丝电灯正常工作电压为220V左右，光电转化效率仅为3%左右，寿命一般为1000小时；日光灯的工作电压较为复杂，启动电压需几千伏，正常发光后只需上百伏，它的电光转化效率约25%，一般寿命较白炽灯长，约3000小时；节能灯的工作原理同日光灯类似，但它的工作电压很小，耗电功率只有十瓦左右.

课题1.3　对家用电器使用中安全问题的分析

随着家用电器数量的增多，家庭线路的负荷也越来越重，据有关资料统计，如

果某个消费水平中等的家庭中所有的电器同时工作，耗电将达近万瓦，这样的负荷，很容易带来电器使用中的安全问题.那么，哪些因素会对电器的安全使用产生影响呢?

(1)电线的选择

因使用电器设备引发的火灾，大多起源于线路中电流过大，造成电线短路引起的.显然，电线质量的好坏直接影响用电安全.电线本身有电阻，在电流一定的条件下，电阻越大，线路分压就越多，单位时间内导线的发热量就越大，引发火灾的可能性就越大.因此，家庭线路应该选用电阻率小、绝缘性能好、耐高温且不易老化的导线.

目前，市场上导线种类繁多，质量参差不齐，购买时，一定要选择正规厂家生产的名牌电线.买来了劣质电线的同时也就把危险带回了家.

家庭用的电线一般应选用 BV-70 聚氯乙烯绝缘铜芯线或 BVV-70 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯线，对经常移动的电器，如插线板等应选用 BVR-70 或 BVVR-70 的软线.

(2)线路的设计

首先，科学合理地设计家庭线路，是安全使用家用电器的基本保证.住户用电的电源一般为单相电源，即由一条火线和一条零线构成用户电源线，所有家电均采用并联方式连在主线上.因此主线电流最大，应该用较粗的导线作为干路电源线，同时干路上应连接漏电保护装置.

其次，将进户线路合理分流，分为照明线路和插座线路，其中，插座线路再分为小功率电器专用插座和大功率电器专用插座，同时，插座线路中需有接地保护装置.照明线路中导线的粗细视接入电器功率大小而定.

第三，埋在墙体中的电线一旦受潮，很容易发生漏电事故，因此在埋设线路时，应将电线穿在专用塑料管中，这样可以防止因墙体受潮对线路的影响，提高电线的使用寿命.

第四，对照明线路和插座线路分别安装控制开关，这样便于对部分电路的灵活控制和安全维修.

(3)家电使用不当

①电器在使用中，短时间内频繁开关电器，造成瞬间电流过大，这种做法对电器造成的伤害特别大;

②错误的开和关也会给电器带来很大的破坏，如家庭影院系列，正确的开机顺序应该是，先开影碟机，再开功率放大器，关机的顺序正好相反.

另外，每一种家电都有最忌讳的因素，如:

彩色电视机:最忌讳上面及附近放置磁性物体.将收录机、音箱及其他磁性物

体在荧光屏前移动,显像管会被磁化,使色彩紊乱.

电冰箱:最忌讳倾斜.因为压缩机是用3根避震簧挂在密封的金属容器中的,一倾斜就有脱钩的危险,压缩机内部的润滑油有可能流入制冷系统,影响制冷效果.

洗衣机:最忌讳倒入开水.倒入开水容易造成塑料箱体或组件变形,也会造成波轮轴密封不良,形成漏水.所以使用洗衣机时,应先加入冷水再加入热水,且水温不宜过高.

电风扇:最忌讳碰撞风叶.风叶变形会导致转动不平衡,形成风量小,振动大、噪音高,缩短使用寿命.变形了的风叶千万不能使用.

电饭煲:最忌讳碰撞内胆.碰撞使内胆底部变形,不能与电热板很好的吻合.另外也忌讳酸、碱食物及用醋、食盐、碱等腐蚀金属内胆,缩短使用寿命.

电热褥:最忌讳折叠.若经常折叠会使电阻线折断,发生短路或断路.轻者电热褥不发热,重者降低其绝缘性能,甚至会发生触电事故.

电子照相机、袖珍收录机:最忌讳不使用时把电池放在机器内,时间一长,电池会腐蚀机器内部,一旦线路板被腐蚀,很难修复.

(4)插座过分疲劳

许多家庭习惯将多种电器接在同一个多用插座上,而且还经常同时开启.这样似乎很方便,但实际上弊端很多.因为多用插座和电源连接线都有额定的容量,多种家电在同一个多用插座上同时开启使用,势必会造成瞬间电流太大,导致电压下降,从而影响电器正常工作.若电压下降幅度过大,还会损坏某些电器.另外,这样使用还会使电线因超负荷而发热,严重时还会引起火灾.

因此,经常使用而且位置固定的家电(如电视机、电冰箱、音响等)应单独接入固定插座;对于一些常移动的电器可采用多用插座,但需谨慎使用,不要同时开启多种电器,确保使用安全.

课题1.4　巧用电器,节约用电的探讨

居民节约用电主要体现在合理选购设备和注意使用管理两个方面.

(1)设备选购

照明设备的室内布置要合理,采用发光效率高的节能光源.

电冰箱、洗衣机、电饭煲等家用电器要根据家庭人口情况和实际需要,选择合适的冷藏立升、洗涤公斤的设备,不要过分求大.

(2)使用管理

家里各房间的照明灯、电扇、电视机、空调等在无人的情况下要及时关掉.

空调温度的设定要合理.

洗衣机要根据所洗衣服的量和实际需要设定程序.

电冰箱使用应注意下列几点：①放置地点要选择在室内温度最低、空气流通，不受阳光直射的地方；②开门次数要少，开门动作要快；③存放食品要适量，食品和食品之间，食品和箱壁之间要留有一定的空隙，这样可以使空气畅通；④存放热的食品，要待凉到室温后再存入冰箱内；⑤及时化霜，冷凝器、冷冻室要保持清洁，以利散热.

要经常注意开关、插座和电线的完好情况，增加用电设备要及时更新线路和开关设备，以免发热绝缘老化发生漏电，浪费电力，更严重的要产生不安全隐患.

照明节电：①日光灯比白炽灯节电，同样亮度 20W 的日光灯胜过 40W 的灯泡，但只能抵 13W 的节能型荧光灯；②充分利用反射与反光：如灯配上合适的反射罩可提高照度，利用室内墙壁的反光如白色墙可提高照度 20% 左右；③楼梯、过道、厕所等处可装上一灯多控的开关，达到随时关灯，并选择小容量的灯.

研究性实践

1. 下列用电器正常工作时，电流最接近 200mA 的是 （ ）

A. 学生用计算器　　B. 手电筒

C. 家用空调器　　D. 电饭锅

2. 话筒是把声音信号转变为电信号的装置，图 3-2-1 是动圈式话筒的构造原理图，其中音圈是指固定连接在金属膜上的线圈，音圈处于永磁铁的磁场中，下列关于话筒原理的说法中正确的是 （ ）

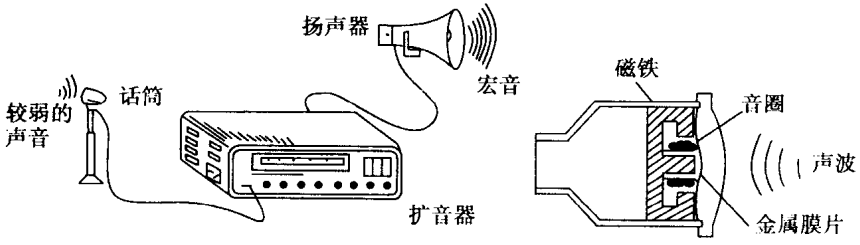


图 3-2-1

①话筒中的音圈因受到安培力的作用带动金属膜片振动而发声

②声波迫使金属膜片振动从而使音圈产生感应电流通过扩音器和扬声器发声

③人讲话时音圈中的电流是交变电流

④人讲话时音圈中的电流的大小和方向都变化，振幅和频率的变化由声波决定

A.①④　　B.①③　　C.②③　　D.②④

3. 如图 3-2-2 所示，磁带录音机既可用作录音，也可用作放音，其主要部件为可匀速行进的磁带 A 和绕有线圈的磁头 B，不论是录音或放音过程，磁带或磁隙软铁会存在磁化现象，下面对于它们在录音、放音过程中主要工作原理的描述，正确的是 （ ）

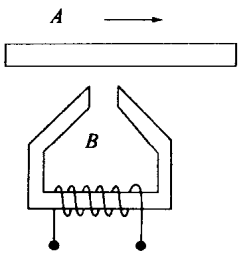


图 3-2-2

A. 放音的主要原理是电磁感应，录音的主要原理是电流的磁效应

B. 放音的主要原理是电流的磁效应，录音的主要原理是电磁感应

C. 放音和录音的主要原理都是磁场对电流的作用

D. 放音和录音的主要原理都是电磁感应

4. 如图 3-2-3 为一个三孔插座，其中有一个插孔的导线是与室外大地相连的，请把这个插孔与图中代表大地的记号 E 用线连起来. 如果这个插孔的导线断了，使用这个插座还能使洗衣机转动，但是存在的问题是_____.

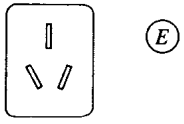


图 3-2-3

5. 关于吊扇的研究，(悬吊在房顶的电风扇称为吊扇)设吊扇重力为 G，正常平稳地转动时，吊扇对悬点的作用力大小为 N：

(1)试说明 N 与 G 哪个大？

(2)简要说明位于风扇下的感到凉爽的原因；

(3)设房间是密闭且墙壁是绝热的，吊扇长时间工作后，房间内温度是升高还是降低？

(4)在吊扇正下方，有一面积为 $0.5m^2$ 的水平截面，测得截面的气流速度为 4m/s，已知空气密度为 $1.3kg/m^3$，求通过该截面气流的功率？

(5)设吊扇在正常工作时输出气流的功率为 48W，吊扇的输入电功率为 66W，求吊扇线圈的电阻.

6. 为了保证安全用电，家庭居室的室内电路前端一般都安装有漏电开关. 如图 3-2-4 是保护开关的电路原理简图：

发电厂的零线是接地的，漏电保护开关有一个结构与变压器相似的电流互感器，其铁心的 a 侧有两个形状、绕向和匝数都完全相同的线圈(图中分别用实线和虚线表示)，它们分别将用电器和火线、零线串联起来，220V 交流电在 $MNOQRK$ 与发电厂之间的流通，铁心的 b 侧有另一个线圈与电磁继电器 J 的线圈(图中未画出)并联. 室内电路正常时，b 线圈没有电流，J 保持导通状态，当漏电时，b 线圈便会产生感应电流，推动电磁继电器 J 切断用电器的电路，从而防止事故的发生.

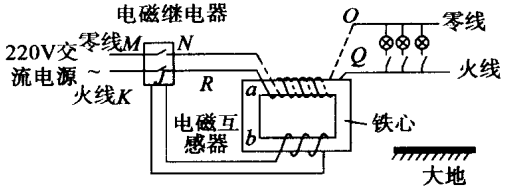


图 3-2-4

(1)电路正常时 b 线圈是没有电流的,原因是_____;

(2)如果站在地上的人不小心接触火线时,b 线圈为什么会产生感应电流?

7. 有一电热水杯,由于说明书遗失,只知道它的额定电压为 220V,没有其他数据,请你利用家庭用的电能表(铭牌上标有 220V,15A,50Hz,3000r/kWh)和一个电子表,设计一种简单方法,测定这个电热水杯工作时的功率及发热丝的电阻.要求:

(1)写明实验步骤;

(2)用字母代表所涉及的物理量,写出待测量的计算公式.

8. 人类在生活中对能源的可持续利用可以通过节能方式体现.日光灯是最常用的节能照明具,它在开始点燃时需要一个高出电源电压很多的瞬时电压,在点燃后正常发光时,灯管的电阻变得很小,只允许通过不大的电流,电流过强就会烧毁灯管,这时又要使加在灯管上的电压大大低于电源电压.这两方面的要求都是利用跟灯管串联的镇流器来达到的.

(1)完成日光灯的线路连接(见图 3-2-5);

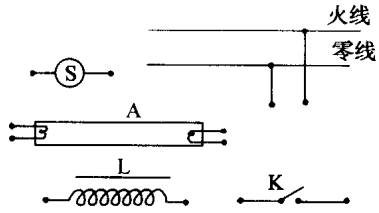


图 3-2-5

K—开关　S—启动器　A—日光灯管　L—镇流器

(2)日光灯发出的光经过分光镜后形成的光谱是_____谱;

(3)通过游标卡尺的狭缝观察日光灯的衍射现象时,狭缝要与灯管_____,卡尺要_____眼睛(填靠近或远离).

9. 用旧了的白炽灯在正常使用时烧毁,其原因是　(　　)

A. 通过旧灯丝的电流比通过新灯丝的电流大,单位时间发出的热量多

B. 通过旧灯丝的电流比通过新灯丝的电流小，灯丝各部分发热不均匀

C. 通过旧灯丝的电流和通过新灯丝的电流相等，但旧灯丝的熔点降低

D. 旧灯丝的电阻比新灯丝电阻大，根据电热定律 $Q=I^2Rt$ 可知旧灯丝发热多

10. 某同学家用电表的规格为“220V，20A”. 因生活需要安装淋浴器，有以下三种产品可供选择：

(1)大拇指牌 DM2965-1 型储水式电热水器，主要规格如下：

额定功率	1.5kW
额定电流	7A
额定电压	220V
水箱储水量	52L

保暖性能良好，24 小时不使用储水箱水温下降 10℃.

(2)无水箱式电热淋浴器，主要规格如下：

淋浴所需热水流	$4\times10^{-3}m^3/min$
额定电压	220V

进入淋浴器冷水和流出温水的温度差 25℃；

加热冷水的电阻丝的额定电流有多种规格可供挑选.

(3)JSY4-D 型液化石油气热水器，主要规格如下：

燃气压力	$(0.37\text{至}0.4)\times10^5Pa$
排气方式	直接排气式
产热水量(温升 25℃)	$4.3\times10^{-3}m^3/min$
适用水压	$(0.4\text{至}4)\times10^5Pa$
热效率	≥80%
点火方式	电子打火
进水管内径	13mm
进气管内径	9mm
出水管内径	9mm

已知水的比热为 $4.2\times10^3J/(kg\cdot℃)$，液化石油气主要由丙烷、丁烷、丙烯、丁烯组成，在常温下平均热值为 $4.5\times10^7J/kg$. 当前南京市每度电的价格 0.52 元，液化石油气每千克的价格为 2.40 元. 请您通过计算，为该同学家选用何种淋浴器材做出选择判断.

11. 某电炉在额定电压下的功率为 $P_0=400W$，某电源供电电压恒定且与电炉的额定电压相等，通过一定长度的输电线向电炉供电，当将电炉接到输电线两端时，电炉实际消耗的功率 $P_1=324W$，若将两个这样的电炉并联接入该电源，两

个电炉实际消耗的总功率 P_2 为多少?

【答案与提示】

1.B　2.D　3.A　4. 连线如图 3-2-6 所示;这个插孔具有安全保障作用. 如果它与大地的连线断了,一旦电器的外壳与电源火线之间的绝缘损坏,容易造成触电事故.

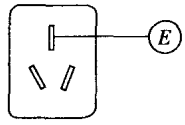


图 3-2-6

5.(1)由牛顿第三定律可知,电扇将空气向下推动而形成风,则空气对电扇就有一反作用力,将电扇向上顶起,故 $N<G$. (2)空气流动时,人体表面的汗液由于蒸发的速度加快,蒸发过程是需要吸热的,这样人体的热量就伴随着蒸发过程而迅速散热,故人感到凉爽. (3)从能量转化角度来分析,吊扇工作过程中要消耗电能,并且由于线圈发热还会产生内能,而房间与外界又是绝热的,故温度会升高; (4)$P=\dfrac{SV^3\rho}{2}=20.8\text{W}$. (5)$R=2689\Omega$. 6. 答:(1)电流互感器 a 侧两线圈完全相同,流过两线圈电流大小相等,方向相反,它们产生的磁场相互抵消,b 线圈总磁通量为零. (2)火线的电流有一部分经人体、大地流回发电厂,a 侧两线圈电流大小不等,磁通量不能抵消,b 线圈磁通量变化产生感应电流. 7. 解:分析——电热水杯的电功率在 100W 以下,故其工作电流不超过 5A,若把电热水杯接入家庭电源上,工作电流一定小于电能表允许通过的最大电流. 实验步骤如下: ①把家中的其他用电器的开关断开; ②把电热水杯盛水后接入家庭电源插座上; ③用电子表计时,记录电能表转盘转 50 圈所需要的时间 t(s), 则可知 t(s)内电流做的功为 $W=\left(\dfrac{50}{3000}\right)\text{kWh}=\left(\dfrac{1}{60}\right)\text{kWh}$,所以电热水杯的电功率为 $P=\dfrac{W}{T}=\left(\dfrac{3.6\times10^6}{60t}\right)\text{W}=\left(\dfrac{6.0\times10^4}{t}\right)\text{W}$,电热丝的工作电阻为 $R=\dfrac{U^2}{P}=\dfrac{220^2t}{(6.0\times10^4)}=0.81t\,(\Omega)$. 8.(1)如图 3-2-7所示. (2)连续. (3)平行;靠近.

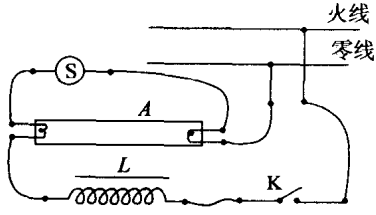


图 3-2-7

9.B　10. 解答:设三种淋浴器具有相同的热水流量,都为 $4\times10^{-3}\text{m}^3/\text{min}$,该同学家淋浴时间为 10min,冷水进入淋浴器的温升均为 25℃. (1)储水式电热器每天消耗的电能的计算: 10min 消耗的热水量为 $4\times10^{-3}\text{m}^3/\text{min}\times10\text{min}=4\times10^{-2}\text{m}^3$,消耗水量温升时吸收的热量 $Q=cm\Delta t=4.2\times10^3\times4\times10^{-2}\times1.0\times10^3\times25=4.2\times10^6\text{(J)}$. 储水箱容量为 52L,每天消耗水量为 40L,剩余 12L,这部分水每天温度下降 10℃,第二天重新加热时也需要吸收热量 $Q_2=cm_2\Delta t_2$

$=4.2\times10^3\times12\times10^{-3}\times1.0\times10^3\times10=5.04\times10^5$(J). 设消耗的电能全能全部被水吸收,消耗的电量 $n=\frac{(Q+Q_2)}{(3.6\times10^6)}=1.3$(度),需付出购买电的价钱为:$0.52\times1.3=0.68$元. (2)无水箱式电热淋浴器淋浴时消耗的电能计算 当冷水流过淋浴器时水温要升高25℃,在相等时间内淋浴器必须提供相应的能量,计算出淋浴器的工作电流或额定功率.首先要做出该同学家能否使用的判断. 每秒流过淋浴器的水量 $m=\frac{1.0\times10^3\times4\times10^{-3}}{60}=6.67\times10^{-2}$(kg). 每秒烧水需要的热量 $Q=cm\Delta t$,电热器需要的电功率 $P=UI$,所需电流 $I=\frac{P}{U}=\frac{cm\Delta t}{Ut}=\frac{(4.2\times10^3\times6.67\times10^{-2}\times25)}{(220\times1)}=31.8$(A) 该同学家电表的规格为 $I=20$A,因此不能使用该种无水箱式淋浴器,欲要使用,必须电力增容. (3)使用液化石油气淋浴器消耗燃料计算. 根据第一种情况计算,水流过时吸收的热量为 4.2×10^6J,消耗的燃料质量 $m=\frac{Q}{q\eta}=\frac{(4.2\times10^6)}{(4.5\times10^7\times0.8)}=1.16\times10^{-1}$(kg).购买这些液化石油气所需的价钱为 $2.30\times1.16\times10^{-1}=0.27$元.对比以上计算可知,采用液化石油气淋浴器每天需要付出人民币仅为用电时的一半不到,从经济方面考虑,应选择液化石油气淋浴器,但采用储水式淋浴器具有方便的优点,而无水箱式热水器不宜采用. 11.535.5W

课题2 两种输电方式的研究



引 言

为了合理地利用天然资源,水力发电站要建在河流上,火力发电站要建在煤矿附近,但是用电的地方却分布很广,有的地方离发电站很远,因此就需要把电能输送到远方.电能便于输送,用输电导线把电源和用电设备连起来,就可以输送电能了.显然,输电是发电和用电的中间环节,现代输电工程中,并存着两种输电方式:高压交流输电和高压直流输电.两种方式各有自己的长处和不足,同时使用它们,可以取得更大的经济效益.

新教材基础知识摘要

1. 远距离输电的重要设备——变压器

变压器的工作原理：如图 3-2-8 是变压器的示意图. 变压器是由闭合铁芯和绕在铁芯上的两个线圈组成，这两个线圈分别叫原线圈(初级线圈)和副线圈(次级线圈).

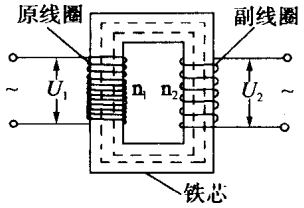


图 3-2-8

当原线圈接入交变电流后，原线圈的交变电流产生磁通量分别穿过原副线圈，在原副线圈中产生了感应电动势，它们的大小可以表示为

$E_1=\frac{n_1\Delta\Phi}{\Delta t}$，$E_2=\frac{n_2\Delta\Phi}{\Delta t}$，由此可知 $\frac{E_1}{E_2}=\frac{n_1}{n_2}$(对理想变压器)

显然，电磁感应现象是变压器的工作基础.

对理想变压器来说，原线圈中的感应电动势 E_1 等于输入电压 U_1，副线圈两端的电压 U_2 等于副线圈中的感应电动势 E_2，因此有 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$，当 $U_1>U_2$ 时，这种变压器叫降压变压器，当 $U_1<U_2$ 时，这种变压器叫升压变压器. 对理想变压器来说，输入功率 P_1 等于输出功率 P_2，因此有 $I_1U_1=I_2U_2$，结合 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ 可得 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$.

这说明变压器的高压线圈匝数多而通过的电流小，可用较细的导线绕制，低压线圈匝数少而通过的电流大，可用较粗的导线绕制.

2. 输电线上的电能损失

输电线上的电能损失来源于两个方面：

①任何输电线都有电阻，因而输电线上有一部分电能转化为热能而损失掉，设输电电流为 I，输电线的电阻为 R，则功率损失为 $\Delta P=I^2R$；

②对交流输电线路来说，感抗和容抗(总称为电抗)也会造成电能损失.

交流电通过输电导线时，由于自感电动势阻碍电流的变化，会产生感抗，导线架在空中，和大地构成电容器，导线敷设在地下，需要用绝缘层和大地隔开，导线和大地也构成电容器，电容器对交流电有阻碍作用，会产生容抗.

当输电线路电压较高，导线截面积比较大时，电抗造成的电能损失比电阻造成的还要大.

课题研究背景资料透视

人类输送电力，已有一百多年的历史，输电方式首先是从直流输电开始的.

1874 年，在俄罗斯彼德堡第一次实现了直流输电，当时输电电压仅为 100V，随着直流发电机制造技术的提高，到 1885 年，直流输电电压已提高到 6000V，但要进一步提高大功率直流发电机的额定电压，存在着绝缘等一系列的技术困难．由于不能直接给直流电升压，使得输电距离受到极大的限制，不能满足输送容量增长和输电距离增加的要求．

19 世纪 80 年代来发明了三相交流发电机和变压器，1891 年，世界上第一个三相交流发电站在德国劳风竣工，以 3×10^4V 高压向法兰克福输电．以后，交流输电就普遍代替了直流输电．但是随着电力系统的迅速扩大，输电功率和输电距离的进一步增加，交流电遇到了一系列不可克服的技术困难．大功率换流器（整流和逆变）的研究成功，为高压直流输电突破了技术上的障碍，因此直流输电重新受到了人们的重视．1933 年，美国运用电器公司为布尔德坝枢纽工程设计出高压直流输电装置，1954 年在瑞典，从本土到果特兰岛，建起了世界上第一条远距离高压直流输电工程．

课题研究案例

课题 2.1　了解实现远距离输电的基本思路

根据新教材中关于“电能的输送”这一节内容，搞清实现远距离输电需要解决的几个环节．

(1)输送电能的基本要求：可靠、保质、经济．

可靠是保证供电线路可靠工作，少有故障和停电；保质是指保证电能的质量，保证用电器能正常工作，不被损坏；经济则是指输电线路建造和运行的费用低，电能损耗少，电价低．

(2)减少输电功率损失的两种方法

①减小输电电阻。根据损失功率 $\Delta P=I^2R$ 可知，$\Delta P\propto R$，因此减小 R 可有效地减小功率损失，选用电阻率小，横截面积大的导线．适用于短程输电，不适用于远距离输电．

思考：把功率为 200kW 的电能用铝线输送到 10km 以外的地方，要使功率损失为输送功率的 10%，用 110V 的电压输电，导线横截面积大约需多大？

②采用高压输电。输电线的电流 I 由输电功率 P 和输电电压 U 决定，即 $I=\frac{P}{U}$，所以输电线上的功率损失 $\Delta P=\left(\frac{P}{U}\right)^2R$，显然在输电功率一定的条件下，输电电压升高到原来的一百倍，功率损失就减小到原来的万分之一，远距离输电一般采用高压输电的方式．

(3)远距离输电的示意图(见图3-2-9)

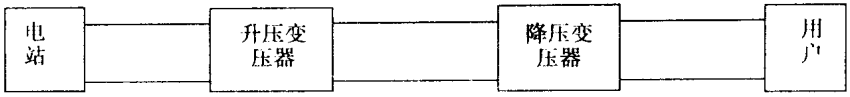


图 3-2-9

课题 2.2　简要了解直流输电系统

“电能的输送”一节中已对交流输电作了详细的介绍,下面来了解直流输电系统的有关知识.

图 3-2-10 为直流输电系统示意图,在直流输电系统中,只有输电环节是直流电,发电系统仍然是交流电.在输电线路的始端,发电系统的交流电经换流变压器 T_1、T_2升压后,送到整流器 H_1和 H_2中去,整流器的主要部件是可控硅变流器和进行交直流变换的整流阀.它的功能是将高压交流电变为高压直流电后送入输电线路.直流电通过输电线路 L_1和 L_2送到可逆变压器 H_3和 H_4降压,交流系统 A 的电能就输送到了交流系统 B 中.在直流输电系统中,通过改变换流器的控制状态,也可以把交流系统 B 中的电能输送到系统 A 中去,即整流器和可逆变压器是可以互相转换的.

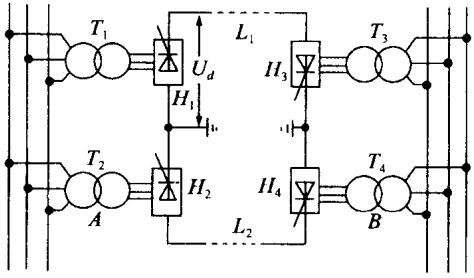


图 3-2-10

课题 2.3　比较两种输电方式的优缺点

通过资料查阅和实地考察当地的电站或变电站,对两种输电方式在技术要求、线路架设、功率损失等方面的优缺点做比较.

(1)直流与交流架设线路的比较

直流输电一般采用双级中性点接地方式,因此直流线路仅需两根导线,而三相交流线路则需要三根导线.可以证明,在同样材料和绝缘水平条件下,两根导线的直流线路所能输送的功率和三根导线的交流线路所能输送的有用功率几乎相等.显然从经济角度看,直流输电比交流输电省材(所用线材仅为交流输电的

$\frac{2}{3}\sim\frac{1}{2}$),省力,并且线路走廊占地面积也少.

(2)在配电和发电方面的比较

这方面交流输电存在明显的优势,交流发电机可以很经济方便地把其他形式能转化为电能,生成的交流电可以方便地通过变压器升压和降压,这给配送电能带来极大的方便,在电站和配电投资上,交流电源和交流变电站技术要求简捷明了,比建造同功率的直流电源和直流换流站相比,造价大为低廉.

(3)电缆线路的比较

由于电缆绝缘在直流电压和交流电压作用下的电位分布和击穿机理不同,因此电缆绝缘用于直流的允许工作电压比用于交流时高两倍,例如 35kV 的交流电缆容许在 100kV 左右直流电压下工作,也就是说直流工作电压与交流相同时,直流电缆的造价远低于交流电缆.

(4)输电线路的功率损耗比较

直流输电的功率损耗来源于阻抗,而交流输电的功率损耗不仅表现在阻抗上,线路中的电抗引起的功率损耗也不可小看.目前,高压输电线经过大城市时,一般采用地下电缆,输电线经过海峡时,用海底电缆.由于电缆芯线与大地之间构成同轴电容器,在交流高压输电线路中,空载电容电流极为可观.一条 200kV 的电缆,每千米的电容约为 $0.2\mu F$,每千米需供给充电功率约为 3×10^3kW,在每千米输电线路上,每年就要损耗电能约 2.6×10^7kW·h,而在直流输电中,由于电压比较稳定,基本上没有电容电流加在电缆上.有数据显示,在导线截面积相同,输送有用功率相等的条件下,直流线路功率损耗约为交流线路的$\frac{2}{3}$.

(5)直流输电时,其两侧交流系统不需同步运行,而交流输电必须同步运行.

交流远距离输电,电流的相位在交流输电系统的两端会产生明显的相位差,并网的各系统交流电必须同步运行,否则可能在设备中形成强大的循环电流损耗设备,或造成不同步运行的停电事故.为此,并网的发电站必须配置复杂庞大的补偿系统,保证并网后,线路中的电流保持稳定.而直流输电线路互连时,它两端的交流电网可以用各自的频率和相位运行,不需进行同步调整.

课题 2.4　我国直流输电现状及发展前景透视

通过比较发现,高压直流输电方式与高压交流输电方式相比较,有明显的优越性.历史上仅仅由于技术的原因,才使得交流输电代替了直流输电.我国在 1977 年就建成了第一条 31kV 的直流输电工业性实验电路,我国超高压直流输电工程,有从葛洲坝至上海的 500kV 线路和青海龙羊峡至北京的输电工程.目前,我国在直流输电方面的技术比较成熟,到今天尚未推广的主要原因是换流设备制造难,价格昂贵.

直流输电在我国有广阔的发展前景，主要体现以下几方面：

(1)由于我国能源与负荷分布不均，需要大容量远距离输电．青海龙羊峡—北京输电线路就属于这一类；

(2)用直流线路联络两个交流系统，以取得较大的经济效益．葛洲坝—上海直流输电工程属于这一类；

(3)用海底电缆跨海送电．舟山直流输电工程就属于这一类；

(4)用直流通过电缆向大城市中心供电，以解决大城市电能日益增长的迫切需要．

研究性实践

1．远距离输电时，当输送的功率相同时，输送导线上的电阻损失的功率应该是 (　　)

A．与输送的电压的平方成正比

B．与输送的电流的大小成正比

C．与输电导线上的电压降的平方成正比

D．与输送导线的电阻的平方成正比

2．发电机的端电压为 U，经总电阻为 R 的电线向远方用户输送功率为 P 的电能，则下列说法中不正确的是 (　　)

A．输电线上的电流强度为 $\frac{P}{U}$

B．输电线消耗的电功率为 $\frac{P^2R}{U^2}$

C．两根输电线用户一端的电压为 $\left(\frac{U^2-PR}{U}\right)$

D．输电线消耗的电功率为 $\frac{U^2}{R}$

3．一台小型发电机的最大输出功率为 100kW，输出电压恒为 500V，现用电阻率为 $1.8\times10^{-8}\Omega\cdot m$，横截面积为 $10^{-5}m^2$ 的输电线向 4×10^3m 远处的用电单位输电，要使在发电机满负荷运行时，输电线上损失的功率不超过发电机总功率的 4%，求：

(1)所用的理想升压变压器原、副线圈的匝数比是多少？

(2)如果用户用电器的额定电压为 220V，理想降压变压器原、副线圈的匝数比是多少？

(3)深夜接入电路的用电器减少，当用电器电路中总电流为 100A 时，用电器两端的电压是多少伏特？

(4)画出上述远距离送电全过程的示意图．

4．发电机的端电压为 220V，输出功率为 44kW，输电线电阻为 0.2Ω．求：

(1)用户得到的电压和电功率各是多少?

(2)如发电站用匝数比为1:10的变压器将电压升高,经同样输电后,再用匝数比为10:1的变压器降压给用户,用户得到的电压和电功率各是多少?

5. 为了安全,机床上照明电灯用的电压是36V,这个电压是把220V的电压降压后得到的,如果变压器的原线圈是1140匝,则副线圈应是多少匝?用这台变压器给40W的电灯供电,原、副线圈的电流强度各是多少?

6. 某电厂向一工厂输送电功率为2.3×10^6W、电压为2300V的电能,如果输电线的总电阻为2Ω,求:

(1)输电线上损失的电功率;

(2)用电工厂得到的电功率;

(3)用电工厂得到的电压;

(4)若将输电电压升高到23000V,输电线路不变,上述结果又怎样?

7. 降压变压器匝数比为4:1,供给照明电路使用,原线圈的交流电压$u=1410\sin100\pi t$V,在照明电路中接入"220V 40W"的电灯,若原、副线圈的电阻不计,连接用电器的导线总电阻为1Ω,欲使灯泡正常发光,可接入_____盏电灯.

8. 如图3-2-11所示,理想变压器原线圈所加的正弦交流电压的最大值为140V,为使接在副线圈回路中的规格为"10V,10W"的灯泡正常发光,理想变压器的原、副线圈匝数之比约为_____;此时原线圈中的交流电流表的示数为_____A.

9. 电源给用户输送的电功率为P,输电线总电阻为R,输电线上损失的功率为P_1,则输电线上电压降为_____,电源的端电压为_____.

10. 如图3-2-12为一个电灯两端的电压与通过它的电流的变化关系曲线,可见两者不成线性关系,这是由于焦耳热使灯丝的温度发生了变化的缘故,参考这根曲线,回答下列问题(不计电流表和电池的内阻)

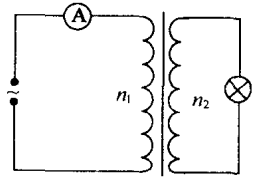


图3-2-11

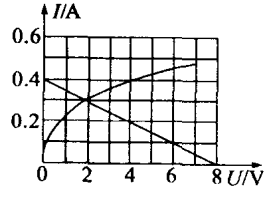


图3-2-12

(1)若把三个这样的电灯串联后,接到电动势为12V的电源上,求流过灯泡的电流和每个灯泡的电阻;

(2)如图3-2-13所示,将两个这样的电灯并联后再与10Ω的定值电阻串联,

接在电动势为8V的电源上，求通过电流表的电流值及各灯泡的电阻值.

11. 回答"测定金属的电阻率"实验的有关问题：

(1)读出图3-2-14中所示金属丝的直径 $d=$ _____mm；

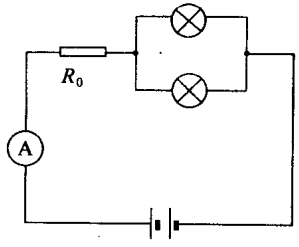


图3-2-13

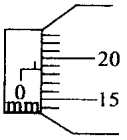


图3-2-14

(2)测金属丝的长度 L_1 指的是_____；

(3)以下操作中错误的是 (　　)

A. 用刻度尺量出金属丝长度三次，算出平均值

B. 用千分尺在金属丝三个不同的部位各测量一次直径，算出它们的平均值

C. 用伏安法测量电阻时，多次测量对应 I、U 值，算出其平均值，再代入公式 $R=\frac{U}{I}$ 算出电阻

D. 实验时通过金属丝的电流不宜过大，以保持金属丝的温度不变

【答案与提示】

1.C　2.D　3.(1)1:12　(2)288:11　(3)227V　(4)如图3-2-15所示.

4.(1)180V　36kW　(2)43.92kW；219.6V　5. 187匝；0.18A；1.1A

6.(1)2×10^6W　(2)0.3×10^6W　(3)300V　(4)2×10^4W　2.28×10^6W　22800V　7. 165　8. 根据正弦交流电最大值与有效值间的关系不难得到，原线圈电压有效值：$U_1=0.707U_{1m}=100$V. 而为使灯泡正常发光，必须有 $U_2=10$V，于是，理想变压器原、副线圈匝数之比：$n_1:n_2=u_1:u_2=10:1$. 考虑到副线圈电流 $I_2=\frac{P_2}{U_2}=\frac{10}{10}=1$(A)，于是原线圈中交流电流表的示数：$I_1=\frac{n_2I_2}{n_1}=0.1$(A).

9.$(P_1R)^{\frac{1}{2}}$；$P\left(\frac{R}{P_1}\right)^{\frac{1}{2}}$　10.(1)由于三个电灯完全相同，所以每个电灯两端的电压 $U_L=\frac{12}{3}=4$V；在图上画出 $U=4$V 的直线，如图3-2-12所示，得到和曲线的交点坐标为(4V，0.4A)，所以流过电灯的电流为0.4A，此时每个电灯的电阻值

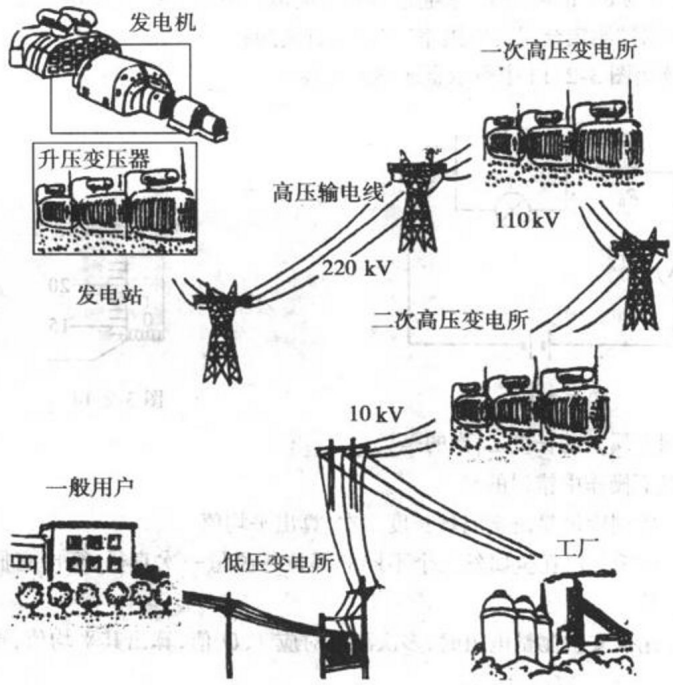


图 3-2-15

为 $R=\frac{U_L}{I_L}=\frac{4}{0.4}=10\Omega$. (2)设此时电灯两端的电压为 U,流过每个电灯的电流为 I,根据闭合电路欧姆定律得 $E=2IR_0+U$,代入数据得 $U=8-20I$;在图上画出此直线,得到直线和曲线的交点坐标为(2V,0.3A),即流过电灯的电流为0.3A,流过电流表的电流强度为 0.6A,此时电灯的电阻为 $R=\frac{U_L}{I_L}=\frac{2}{0.3}=6.7\Omega$. 11.(1)0.685mm (2)接入电路的有效长度. (3)A、C

课题 3 走进核电站



引 言

核能又称为原子能,是原子核发生变化时产生的一种能量.德国化学家哈恩和斯特拉斯曼首先开辟了核能的研究利用的道路.在中学物理教材中主要介绍了

两种类型的核能，即重核裂变释放的能量和轻核聚变释放的能量．核能应用前景非常广泛．目前被广泛应用于军事、医疗、工业、核发电等方面，本课题仅就核能发电——核电站方面作简单的学习研究．

新教材基础知识摘要

1938年12月，德国化学家哈恩和斯特拉斯曼从中子轰击铀核的产物中，发现了重核的裂变现象，即铀核在俘获一个中子后，发生了一个重核分裂成两个中等质量的核反应——重核裂变．

铀核裂变的产物多种多样，有时裂变为氙(Xe)和锶(Sr)，有时裂变为钡(Be)和氪(Kr)或锑(Sb)和铌(Nb)，称之为二裂变，我国科学家钱三强首先发现了铀核的三裂变．当铀核发生裂变时，同时又能产生2～3个中子，实验表明，当入射中子的能量小于1MeV时，只有铀235俘获中子产生裂变，铀238俘获中子并不产生裂变．

铀235发生裂变时要向外释放能量，

例如：$^{235}_{92}U+^{1}_{0}n\rightarrow^{90}_{38}Sr+^{136}_{54}Xe+10^{1}_{0}n$

裂变以前：

$^{235}_{92}U$	235.0439u
$^{1}_{0}n$	1.0087u
	236.0526u

裂变以后：

$^{90}_{38}Sr$	89.9077u
$^{136}_{54}Xe$	135.9072u
$10\,^{1}_{0}n$	10.0867u
	235.9016u

反应过程中质量亏损 $\Delta m=0.1510u$，反应释放的能量 $\Delta E=\Delta mc^2=141MeV$．

平均每个核子放出的能量约为1MeV，如果1kg铀全部裂变，放出的能量相当于2500t优质煤完全燃烧时放出的化学能．

课题研究背景资料透视

核聚变发电有许多无可比拟的优点。

1．能量巨大

核聚变比核裂变释放出更多的能量．例如，铀235的裂变反应，将千分之一的物质变成了能量；而氘的聚变反应，将近千分之四的物质变成了能量．

2．资源丰富

重核裂变使用的主要原料是铀，目前探明铀的储量仅够使用约1000年；而轻核聚变使用的燃料是海水中的氘，1L海水能提取30mg氘，在聚变反应中能产生约等于300L汽油的能量，即“1L海水相当于300L汽油”，地球上海水中就有45

万亿吨氘，足够人类使用百亿年.

3. 成本低廉

1kg 氘的价格只为 1kg 浓缩铀的$\frac{1}{40}$.

4. 安全、无污染

核聚变不产生放射性污染物，万一发生事故，反应堆会自动冷却而停止反应，不会发生爆炸.

受控核聚变的燃料取之不尽、用之不竭，核聚变能将是 21 世纪最理想的"长寿"能源.

课题研究案例

课题研究说明：

目前，在中国核电站才刚刚起步，我们几乎没有什么机会去核电站做实地调查，而且核电站是绝不允许任何外人靠近的一块禁区，因此对本课题的研究主要通过教材以及查询资料的方式，认识和研究核电站.

课题 3.1　了解核电站发电的工作原理

无论哪一种电站都需要有能量转换器，通过能量转换器实现内能（或其他形式能）与电能的转换. 核电站实现了核能→内能→电能的转换，如图 3-2-16 所示. 反应堆冷却剂在主泵的驱动下进入反应堆，流经堆芯后从反应堆容器的出口管流出，进入蒸汽发生器，然后回到主泵，在反应堆冷却剂循环流动过程中，将反应堆释放的核能转换为内能，在蒸汽发生器中，通过热交换器又将热量传递给另一冷却回路中的水，水变成蒸汽驱动蒸汽轮机，带动发电机产生电能.

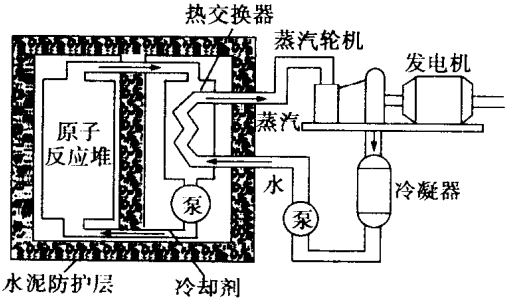


图 3-2-16

课题 3.2　研究核电的生成地——核反应堆

在核电站中，核反应堆是热源，如图3-2-17为简化的核反应堆示意图：

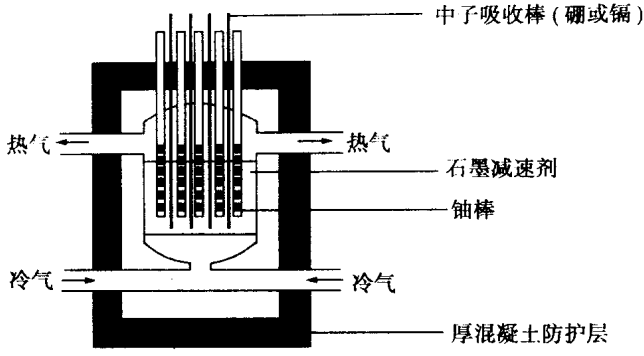


图 3-2-17

铀棒是燃料由天然铀或浓缩铀(铀 235 的含量占 2% ~ 4%)制成,石墨(重水)为减速剂,使反应生成的快速中子变为慢中子,便于铀 235 吸收,发生裂变,减速剂附在铀棒周围.镉棒的作用是吸收中子,控制反应速度,所以也叫控制棒,控制棒插入深些,吸收中子多,反应速度变慢,插浅一些,吸收中子少,反应速度加快,采用电子仪器自动地调节控制棒的升降,就能使反应堆安全正常地工作.

核反应释放的能量大部分转化为内能,这时通过水、液态钠或二氧化碳作冷却剂,在反应堆内外循环流动,把内能传输出去,用于推动蒸汽机,使发电机发电.发生裂变反应时,产生一些有危险的放射性物质,很厚的混凝土防护层可以防止辐射线射到外面.

课题 3.3　分析不同形式的反应堆

(1)气冷式反应堆,即采用冷气体作为冷却剂,如空气、二氧化碳等,英国大多数核电站的反应堆是气冷式的.

(2)水冷式反应堆

①压水堆与沸水堆:

在正常运行条件下,压水堆内的水由于受到很高的压力,始终处于"液态",我国已建成的秦山核电站(一期)和大亚湾核电站以及正在建设的秦山二期、岭澳和田湾核电站均采用压水堆,沸水反应堆内的水处于汽、液两相的状态.

②轻水堆与重水堆:

氢有三种同位素:氕、氘、氚.普通水中的氢原子是"氕",这种水称为"轻水".若水中的氢原子是"氘",则称为"重水"."轻水堆"和"重水堆"的区别在于反应堆的冷却剂、慢化剂是"轻水"还是"重水".秦山三期核电工程采用的是重水堆.

(3)快中子堆与慢中子堆

当前世界上绝大多数反应堆均为慢中子反应堆,简称"热堆"或"慢堆".快中

子反应堆与慢中子反应堆的根本区别在于引起核裂变的中子是高能的快中子.

快中子反应堆使用不同的元素钚作燃料,铀 238 吸收快中子后,变成铀 239,铀 239 不稳定经过两次 β 衰变为钚 239,钚是比铀 238 更好的燃料,因为它是可裂变的,这种裂变不需要慢中子,快中子能引起钚裂变,目前,只有英国有一台实验用快中子增殖反应堆,建在北苏格兰的敦雷.

课题 3.4　了解核废料的处理

用过的旧燃料棒有很强的放射性,它们从反应堆中取出后,必须非常小心地进行处理,它们首先要在贮存罐的水里放几个月,在这期间,一些最不稳定的裂变产物会失去它们的能量.然后这些燃料棒送到特定的地方进行再处理,通过公路或铁路进行运输,把它们放在很结实、很厚、防护很严密的容器里.在目的地,从用过的燃料棒中把钚和铀分离开.它们可以作燃料用,一些钚可以用来制造核武器.

用过的燃料棒的其余部分是废料.一部分废料仍保持很强的放射性达几千年之久.目前这些放射性废料装在不锈钢筒中,科学家们正在寻找处理它们的安全方法.一种可能的方法是把废料变成玻璃状的固体,然后深埋在地下,或远远地倾倒在海里.

课题 3.5　对核电站安全性能的调查

(1)核泄漏

核电站中的反应堆可能会发生核泄漏事故,这会释放出危险的放射性物质,居住在附近的人会死亡或受伤,美国三里岛的核电站在 1979 年就发生过泄漏的事故.反应堆中含有一些放射性很强的物质,尽管预防措施是非常严格的,但偶然的事故也会导致少量的泄漏,例如,在美国就发生过被污染的冷却水从核电站中泄漏出来的事故.

(2)废料

对于核废料的处理,目前还找不到非常好的方法,而且把核废料从一地运输到另一地也是一种危险.

(3)导致核战争

核电站能生产钚,钚可以用来制造核武器,这就存在一种可能性,恐怖分子会盗窃钚去做核弹,虽然这样做是非常困难的.

研究性实践

1.1994 年 3 月,中国科学技术大学研制成功了比较先进的 HT-7 型超导托卡马克.托卡马克(Tokamak)是研究受控核聚变的一种装置,这个词是 toroidal(环形的)、kamera(真空室)、magnet(磁)的头两个字母以及 katushka(线圈)的第一个字母组成的缩写词,根据以上信息,下述判断中可能正确的是哪些?　(　　)

A. 核聚变反应原理是氢的原子核在装置中聚变成氦粒，同时释放出大量的能量，与太阳发光的原理类似

B. 线圈的作用是通电产生磁场使氘核等带电粒子在磁场中旋转而不溢出

C. 这种装置同我国秦山、大亚湾核电站所使用核装置的核反应原理相同

D. 这种装置可以控制热核反应速度，使聚变能缓慢而稳定地释放

2. 在原子反应堆中抽动液态金属或在医疗器械中抽动血液等导电液体时，由于不允许传动的机械部分与这些液体相接触，常使用一种电磁泵，如图 3-2-18 所示为这种电磁泵的结构. 求导管放在磁场中，当电流通过导电液体时，这种液体即被驱动. 如果导管中截面面积为 ωh，磁场的宽度为 L，磁感强度为 B，液体穿过磁场区域的电流强度为 I，求驱动力造成的压强差为多少？

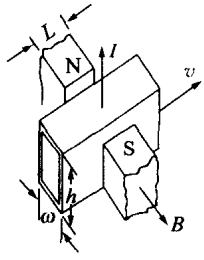


图 3-2-18

3. 在原子反应堆中，用石墨作减速剂，铀核裂变所产生的中子，通过和碳核不断碰撞而减速，假设中子和碳核的碰撞是完全弹性碰撞，并且每次碰前碳核是静止的，碰撞后中子和碳核的速度都跟碰前中子的速度沿同一直线，已知碳核质量近似为中子的质量的 12 倍，中子最初的能量为 E_0，求：

(1)经过一次碰撞后，中子的能量为多少？

(2)至少经多少次碰撞后，中子能量才能少于 $10^{-6}E_0$($\lg 13 = 0.114$，$\lg 11 = 1.041$)

4. 在所有能源中，核能具有能量密度大，地区适应性强的优势. 在核电站中，核反应堆释放的核能被转化为电能. 核反应堆的工作原理是利用中子轰击重核发生裂变反应，释放出大量核能.

(1)核反应方程式 $^{235}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow ^{141}_{56}\mathrm{Ba} + ^{92}_{36}\mathrm{Kr} + a\mathrm{X}$ 是反应堆中发生的许多核反应中的一种，$^{1}_{0}\mathrm{n}$ 为中子，X 为待求粒子，a 为 X 的个数，则 X 为_____，$a =$ _____. 以 m_{U}、m_{Ba}、m_{Kr} 分别表示 $^{235}_{92}\mathrm{U}$、$^{141}_{56}\mathrm{Ba}$、$^{92}_{36}\mathrm{Kr}$ 核的质量，m_{n}、m_{p} 分别表示中子、质子的质量，c 为光在真空中传播的速度，则在上述核反应过程中放出的核能 $\Delta E =$ _____.

(2)有一座发电能力为 $P = 1.00 \times 10^6\,\mathrm{kW}$ 的核电站，核能转化为电能的效率 $\eta = 40\%$. 假定反应堆中发生的裂变反应全是本题(1)中的核反应，已知每次核反应过程放出的核能 $\Delta E = 2.78 \times 10^{-11}\,\mathrm{J}$，$^{235}_{92}\mathrm{U}$ 核的质量 $m_{\mathrm{U}} = 390 \times 10^{-27}\,\mathrm{kg}$. 求每年(1 年 $= 3.15 \times 10^7\,\mathrm{s}$)消耗的 $^{235}_{92}\mathrm{U}$ 的质量.

5. 癌症是人类生存的大敌，在细胞分化的过程中，有的细胞由于受到致癌因子的作用形成癌细胞，从而生长出恶性肿瘤：

(1)在下列几种射线中属于物理致癌因子的射线有_____,能够用以作"放疗"的射线有_____.

A. 红外线　　B. 可见光　　C. 紫外线

D. X 射线　　E. γ 射线　　F. 阴极射线

(2)在下列各物质中:

A. 砷(As)　　B. 3,4-苯并芘　　C. 铬(Cr)

D. 含铅(Pb)化合物　　E. 煤焦油

F. 苯胺　　G. 双氯乙氨基化合物

①属于水污染中化学致癌因子的是_____;

②属于大气污染中化学致癌因子的是_____;

③吸烟不仅有害于自己的健康,而且也有害于吸烟场所中那些被动吸烟的公民的健康.所以,现在许多公共场所都禁止吸烟,在香烟的烟雾中主要含有的致癌因子有_____;

④以上物质中有一种是用以作"化疗"的,它可能是_____.

(3)第三类致癌因子是　　(　　)

A. 细菌致癌因子　　B. 病毒致癌因子　　C. 真菌致癌因子

6. 一静止的$^{232}_{92}U$核转变为$^{228}_{90}Th$核时放出一个α粒子,已知 U232、Th228 和α粒子的原子量分别为 M_0、M_1、M_2,求放出的α粒子的初动能.

7. 某些放射性化学元素在一定条件下发生衰变,产生一个新核以及一个质量较小的粒子,同时放出能量,当一个镭(Ra226)发生衰变时,产生了一个α粒子以及一个氡(Rn222)的核,过程如下:

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Rn$$

若已知衰变时释放的能量(即$^{4}_{2}He$粒子与$^{222}_{86}Rn$核的动能之和)为 4.87MeV,求α粒子的动能.

8. 1999 年 10 月日本的一家核电站发生了核泄露事件,对附近的环境造成了很大的危害.核泄露直接导致严重的环境污染,其产生的射线具有非常大的危害性,能够使动植物体内的细胞发生癌变,致使生物死亡.根据以上材料回答以下问题:

(1)核电站的发电原理是通过核裂变产生巨大的能量,完成下面铀核裂变可能的一个反应方程:$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr +$ _____,并计算 1g 铀核裂变放出的能量是_____kJ?(结果保留两位有效数字,U235、Ba141、Kr92 和中子的质量分别为 235.0493u,140.9139u,91.8973u,1.0087u,1u=1.66×10^{-27}kg);

(2)大象是植食性动物,有一种螳螂专以象粪为食.设一大象在某段时间所同化的能量与上题中 1g 铀裂变所放出的能量相等,则这部分能量中可流入螳螂体

内的约为_____kJ.

(3)试列举环境污染的内容.

9. $^{235}_{92}U$ 裂变生成 $^{141}_{56}Ba$ 和 $^{92}_{36}Kr$,已知它们三个和中子的质量分别为235.0439u、140.9139u、91.8973u 和 1.0087u(1u=931.5MeV):

(1)写出 U235 裂变反应方程,并计算一个 U235 裂变时放出的核能;

(2)我国秦山核电站的功率为 3.0×10^5kW(一期工程),设 U235 能完全裂变,产生的核能最终有 50%转化为电能,以上述裂变反应来估算,电站一年要消耗 U235 含量为 4%的浓缩铀的质量(取两位有效数字,每年有效发电日为 320 天).

【答案与提示】

1.A、B、D　　2. 解答:电磁泵的原理是,当电流流过液体时,液体即成为载流导体,在磁场中受到安培力作用,力的方向由左手定则判定,所以液体将沿 v 的方向流动.液体导电后可视为导体,从电磁泵原理图中可抽象出通电导体在磁场中受力模型.以载流导体为对象,根据安培力公式,载流导体受到的安培力(即液体受力)为 $F=BIh$,由压强公式得 $p=\frac{F}{S}$,由题知 $S=\omega h$,由上面的几个关系得 $p=\frac{BI}{\omega}$.　　3.(1)$\frac{121E_0}{169}$　(2)42 次　　4.(1)由反应方程可知:X 为 ^1_0n,a 为 3,释放的能量为 $\Delta E=(m_U-m_{Ba}-m_{Kr}-2m_n)c^2$.　(2)因电站发电效率为 40%,故电站消耗 U235 的功率为 $P'=\frac{P}{40\%}=\frac{10^6}{40\%}=2.5\times10^6$kW,电站每年消耗 U235 的能量为 $W=Pt=2.5\times10^9\times3.15\times10^7=7.875\times10^{16}$(J),每年消耗的 U235 的质量为 $M=\left(\frac{W}{\Delta E}\right)m_U=\frac{7.875\times10^{16}\times390\times10^{-27}}{2.78\times10^{-11}}=1105$(kg).

5.(1)C、D、E;E　(2)①A、C、F;②B、D;③B;④G　(3)B　　6. 首先根据质能关系,可计算出核反应过程中释放出的核能,设 U232、Th228 和 He 核的质量分别为 m_0、m_1、m_2.则核反应放出的能量为 $\Delta E=(m_0-m_1-m_2)c^2$,忽略电子的质量,一个 U232 原子的质量应为 $\frac{M_0}{N}=m_0$(N 为阿伏伽德罗常数).同理 $\frac{M_1}{N}=m_1$,$\frac{M_2}{N}=m_2$,即 $\Delta E=\frac{(M_0-M_1-M_2)c^2}{N}$;因为反应前后总动量守恒,设反应后 Th228 与 He 核的动量分别为 p_1、p_2,则 $p_1-p_2=0$.设 Th228 与 He 核的动能为 E_{k1}、E_{k2},则 $E_{k1}=\frac{p_1^2}{2m_1}$,$E_{k2}=\frac{p_2^2}{2m_2}$,故 α 粒子的初动能为 $\frac{p_2^2}{2m_2}=\frac{m_1\Delta E}{(m_1+m_2)}=\frac{m_1}{M_1+M_2}(M_0-M_1-M_2)c^2$.　　7. 设镭衰变前是静止的,系统动量为零,由动

量守恒定律得 $m_\alpha v_\alpha = m_{Rn} v_{Rn}$(其中 v_α 和 v_{Rn} 是 α 粒子与氡核的速率).将上式转变为 $\frac{(m_\alpha v_\alpha)^2}{2} = \frac{(m_{Rn} v_{Rn})^2}{2}$,即 $\frac{m_\alpha m_\alpha v_\alpha^2}{2} = \frac{m_{Rn} m_{Rn} v_{Rn}^2}{2}$,也即 $m_\alpha E_{k\alpha} = m_{Rn} E_{kRn}$(其中 $E_{k\alpha}$、E_{kRn} 是 α 粒子、氡核的动能).同时,由题意知 $E_{k\alpha} + E_{kRn} = 4.87\text{MeV}$,所以可得 $E_{k\alpha} = \frac{m_{Rn} \times 4.87}{(m_\alpha + m_{Rn})}$. 8.(1)$3{}_0^1\text{n}$;一个铀原子核裂变放出的核能 $\Delta E = \Delta m c^2 = (235.0493\text{u} - 140.9139\text{u} - 91.8973\text{u} - 2 \times 1.0087\text{u}) c^2 = 3.3 \times 10^{-11}\text{kJ}$.(2)通过质量守恒和核电荷数守恒可知另一生成物为 $3{}_0^1\text{n}$,由于已知各原子核和中子质量,由质能关系可得在这个核反应过程中释放出的核能.螳螂以粪类为食,是分解者,流入它体内的能量不是大象的同化能量,而是大象排出的粪便中有机物的能量,因此答案为 0. (3)大气污染、水污染、固体废弃物污染、土壤污染、噪声污染等. 9.(1)$^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$,$2.0 \times 10^8\text{eV}$. (2)$5.1 \times 10^3\text{kg}$.

课题 4 静电的研究



引 言

当你脱毛衣或梳头发时曾经看到过电火花吗?当你走下汽车时曾有过触电的感觉吗?冬天你的衣服上总是粘着许多灰尘,无论怎样拍打,你却总也除不去这些灰尘,这是为什么?如果你有过这些经历,你应该知道这些现象都是静电引起的.静电广泛存在于我们的生活、生产中.那么,什么是静电?它是怎样产生的?静电有哪些危害?又有哪些可利用的方面?所有上述问题都将在本课题中得到解答.

新教材基础知识摘要

1. 电荷的产生以及电荷守恒定律

自然界中只存在两种电荷:正电荷和负电荷.同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引.我们把电荷的多少叫做电量,一般用 Q 或 q 表示,它的国际单位是库仑(C).使物体带电有三种方式:摩擦带电、感应带电和接触带电.

其中摩擦带电是最普遍的带电方式,用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电,用毛皮摩擦过的橡胶棒带负电.

把电荷移近不带电的导体,可以使导体带电,这种方法叫感应带电.

在初中，我们分析过摩擦起电的原因，摩擦起电不是创造了电荷，而是使物体中的正负电荷分开，并使电子从一个物体移到另一个物体，这说明：不论采用何种方法使物体带电，电荷既没有被创造，也没有被消灭，它们只能从一个物体转移到另一个物体，或者从物体的一部分转移到另一部分，在转移过程中，电荷的总量保持不变．这个规律叫做电荷守恒定律，是自然界中的一条基本规律．

2．绝缘体和导体

一般的材料根据导电能力可以分为两类：导体和绝缘体，导体具有很好的导电性能，而绝缘体的导电能力很差，究其原因，主要因为在导体内存在大量的可自由移动的电荷，其他电荷对自由电荷的束缚本领较弱．绝缘体内部几乎没有可自由移动的电荷，电荷间的束缚较紧密．因此，当绝缘体带电后，其表面的静电不易导走，导体能够将静电导走．常见的导体有金属、非纯净的水、电解液等，人体和大地也是导体．常见的绝缘体有橡胶、塑料、玻璃、干燥的空气等．需要说明的是，导体和绝缘体并不是绝对的，绝缘体在一定的条件下，也可以成为导体，如空气的电离．

课题研究背景资料透视

为电的发展做出卓越贡献的科学家

杜非(1608～1790)，法国物理学家，他从摩擦起电的研究中发现电荷有两种，提出了静电学上的重要问题，即电的本性的“二性论”和电的相互作用的基本原理：同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引．

穆森布洛克(1692～1761)，荷兰物理学家，1745 年在荷兰莱顿大学任教的穆森布洛克找到了一种保存电荷的方法，发明了一种可以存电的容器——莱顿瓶．莱顿瓶的发明，对电学开展实验和研究做出了重要贡献，莱顿瓶是人们制造的第一只电容器．

富兰克林(1706～1790)，美国物理学家，18 世纪一位有杰出贡献的科学家，他对大气中电的研究，使人们建立了对电现象的统一认识，他所提出的电荷守恒的思想发展成为电学的一个基本原理，许多奠基性工作使他成为电学研究的先驱．

富兰克林所做的另一重要工作就是对大气电现象的研究，从而取得了对“天电”、“地电”的统一认识，即属于同一本性，为了研究雷电放电现象，他不顾个人安危，最终发现了尖端放电现象，并于 1750 年首次提出避雷针设想．

库仑(1736～1806)，法国物理学家，1777 年发明了测量微小作用的扭力天平——库仑扭秤，通过这种工具对电荷间的作用力进行了无数次的实验，终于发现了库仑定律．

课题研究案例

课题 4.1　对生活中静电的统计

在干燥的环境下，生活中很容易产生静电，下面就这个问题做一些讨论

1. 人体静电

人体是能产生静电的导体，如果穿上绝缘鞋就构成了一个储存电荷的电容器，人体又是一个静电起电器，人一般通过摩擦带电，人体静电的产生来源于四个方面：

(1)鞋子与地面之间的摩擦带电，如行走时鞋与橡胶、塑料、毛毯、地板的摩擦；

(2)人体和衣袜间的摩擦带电，当人体脱衣袜时的带电属于快速剥离带电，虽然起电时间很短，但起电速度快，电势较高；

(3)吸附带电，人体从带电粉尘，带电云雾的区域走过，由于带电粉尘吸附在人体上，也会呈现强烈的带电现象；

(4)人体与带电物之间的感应带电和接触带电。当人体靠近带电物时，就会发生静电感应现象，结果使人体呈现带电状态，如当我们接触带电金属把手的一瞬间，有被电击的感觉，就是这个原因.

2. 交通工具

汽车、飞机等交通工具，轮胎为橡胶绝缘材料，所以这些交通工具就成为一个电容器，当它们在行驶时与空气发生摩擦，结果使它们带电，另外空气中的尘埃也带电，吸附在车辆上，使得它们带电，如果不及时导走，其上的电势将高达几千伏，当人靠近时有被电击的可能. 对运输燃油的车辆来说，燃油与油罐发生摩擦撞击，也会产生许多静电.

3. 家电设备

家用电器中有许多电子元件，如电容器、电感线圈等，当接通电路后，电子元件组成的电路与电器外壳之间有电势差，如果外壳没有接地线，外壳将会因充电而带上静电，当手触及外壳时，就会有刺手的现象产生.

课题 4.2　调查工业中的静电来源

工厂也是产生静电的主要场所，如造纸厂、制漆厂、印染厂、食品厂、纺织厂等，纸张、衣物、制作食品用的粉、油漆材料等都是绝缘材料. 在造纸厂，因纸张间的摩擦导致纸张带电，使纸张间难以分开，会给印刷带来很大的麻烦；在纺织厂，因纱线间的摩擦、纱线与机器间的摩擦，都会使纱线带电，给织布带来麻烦，影响布匹质量；在印染厂，布匹因带电吸附了灰尘，影响印染质量；在化学工业和食品工业中，液体和粉末在管道中从一处输到另一处时，液体和粉末与管道壁摩擦就

会产生静电，导致管道中粉末的淤积而堵塞管道甚至导致电火花.

课题 4.3　查阅资料，研究闪电现象的形成过程

据有关资料统计，全世界每一秒钟平均有 100 次雷电发生. 雷电是一种很普遍的自然现象. 当地面蒸发的水蒸气在高空遇冷凝结成无数小水滴，形成积雨云. 当云层厚度超过 3～4km，且云层中有强对流活动，云层带有大量的电荷，通常云层上部带正电，底部带负电，当云层的电荷聚积到一定程度，在一定条件下云中电荷通过大气产生火花放电，即闪电.

课题 4.4　静电的防止和利用

(1)静电的危害

静电的危害很多，它的第一种危害来源于带电体间的相互作用. 如飞机机体与空气、水气、灰尘等粒子摩擦时会使飞机带电，如果不采取措施，将会严重干扰飞机无线电设备的正常工作，使飞机变成聋子和瞎子；在印刷厂里，纸页之间的静电会使纸页黏合在一起，难以分开，给印刷带来麻烦；在制药厂里，由于静电吸引尘埃，会使药品达不到标准的纯度；在放电视时荧屏表面的静电容易吸附灰尘和油污，形成一层尘埃的薄膜，使图像的清晰程度和亮度降低；在混纺衣服上常见而又不易拍掉的灰尘，也是静电捣的鬼.

静电的第二大危害，是有可能因静电火花点燃某些易燃物体而发生爆炸，这是静电最大的危害. 漆黑的夜晚，我们脱尼龙、毛料衣服时，会发出火花和“叭叭”的响声，这对人体基本无害，电势很高，但电量很小，所以放电电流只有几毫安. 但在手术台上，电火花会引起麻醉剂的爆炸，伤害医生和病人；在煤矿，则会引起瓦斯爆炸，会导致工人死伤，矿井报废.

总之，静电危害起因于静电力和静电火花，静电危害中最严重的静电放电引起可燃物的起火或爆炸.

(2)静电的防止

人们常说，“防患于未然”，防止产生静电最简单又最可靠的办法是设法将产生的静电及时导走.

如用导线把设备接地，这样可以把电荷引入大地，避免静电积累. 细心的乘客大概会发现，在飞机的两侧翼尖及飞机的尾部都装有放电刷，飞机着陆时，为了防止乘客下飞机时被电击，飞机起落架上大都使用特制的接地轮胎或接地线，以泄放掉飞机在空中所产生的静电荷. 我们还经常看到油罐车的尾部拖一条铁链，这就是车的接地线. 一些高精度仪器和家用电器也是如此，为防止静电对电器造成的损坏，可用带接地线的插头将外壳接地.

适当增加工作环境的湿度，让电荷随时放出，也可以有效地消除静电. 为此，对那些易产生静电的工厂，只要保持车间环境适当的湿度就可以了. 潮湿的天气

里不容易做好静电试验，就是这个道理.科研人员研究的抗静电剂，则能很好地消除绝缘体内的静电.

建筑物防雷击的有效措施是利用尖端放电原理通过避雷针将建筑物与大地相连，这样，当带电积雨云靠近避雷针时，避雷针与云块之间会缓慢放电，因而难以形成高压，故能起到保护作用.

(3)静电的利用

任何事物都有两面性，对于静电这一隐蔽的捣蛋鬼，只要摸透了它的脾气，扬长避短，也能让它为人类服务.静电已在工业生产和生活中得到了广泛应用.比如，静电开始在淡化海水、喷洒农药、人工降雨、低温冷冻等许多方面大显身手，甚至在宇宙飞船上也安装有静电加料器等静电装置.

研究性实践

1. 下列电现象的分析正确的是 ( )

A. 丝绸摩擦后的玻璃棒带正电，是因为玻璃棒得到了丝绸中的正电荷

B. 冬天穿上的尼龙袜特别易脏，是因为尼龙袜特别易带电而吸引轻小灰尘

C. 雷雨时发生闪电和雷击，是因为正负电荷相互吸引产生的

D. 冬天脱羊毛衫时会产生强烈的放电，是因为电压突然升高产生的

2. 某雷雨天，发生闪电时，云地间的电势差为 1×10^8V，一次闪电向地面输送30C电量的负电荷，该次闪电所释放的能量为多少？闪电过程中的氮气(N_2)和氧气(O_2)直接化合成一氧化氮(NO)，已知每mol氧气和氮气化合时要吸收 1.8×10^5J的能量，闪电时有千分之一的能量用于这一反应，则此次闪电能产生多少mol的NO?

3. 某同学穿薄尼龙袜和橡胶底运动鞋在地面行走时，由于摩擦带电产生电压U=2.1kV(以地面为电势参考面)，该同学的人体电容 $C=2000$pF，若电容器的储电电能可用 $E=CU^2/2$ 计算，则人体所带的电能是多少?

4. 夏季某日，某地区距地面约1km的空中两块相距约3km的足够大的云团，它们因与空气摩擦带电，致使两云团之间电势差约为 3×10^9V，受湿气流影响，两块云团正在以5m/s的相对速度靠近，已知空气的绝缘强度为3000V/mm，空气中声速为340m/s，问：

(1)约需过多长时间，将发生雷电现象?

(2)在这次雷电中，若从一块云团移到另一云团的电量约为500C，闪电历时0.01s，求释放的能量和电量移动过程中的平均电流强度?

(3)在这次闪电中，使空气中的氮气和氧气直接化合生成一种新物质，写出相

应的化学方程式；

(4)已知每摩尔氧气和氮气化合时要吸收 180.7kJ 的能量.若上述现象发生时放出的能量有 0.1%用于这一反应,将得到生成物的物质的量为多少?

(5)此生成物在空气中随雨水流入土地,相当于给土地施肥.在这次闪电中相当于给土地施了多少千克尿素?

5.1897 年,英国科学家汤姆逊在阴极射线实验中发现了电子.从 1909 年开始,美国物理学家密立根用单个油滴降落法测量电子所带的电量,经过多年的努力比较精确地测出了结果.

如图 3-2-19 所示,A、B 为两块水平放置的平行板,在 A 板上方用喷雾器将细油滴喷出,若干细油滴从板上的一个小孔中落下,用光线照射两板之间后通过显微镜观察油滴的运动,喷出的油滴因摩擦常带负电.调节 A、B 两板间的电压,使油滴恰好在电场力、重力和空气浮力作用下处于静止状态,然后撤去电场使油滴徐徐下落,加速到收尾速度后匀速运动,这时油滴在重力、空气浮力和黏滞阻力作用下匀速运动,从而测出油滴所带的电量为某一最小基元的整数倍,这一最小基元的数值就是电子的电量.

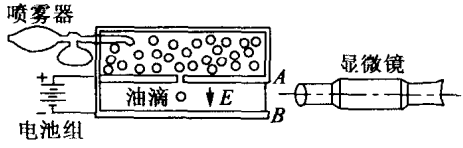


图 3-2-19

如图 3-2-20 所示,在空气中放置两块金属板,板间距离为 5mm,两板所接电源电压为 150V.当开关 S 断开,金属板不带电,极板中的油滴恰能匀速下落,速度为 v_0;闭合开关后,油滴恰好能匀速上升,其速度大小也为 v_0.已测得油滴直径为 1.10×10^{-6}m,密度 ρ 为 1.05×10^{3}kg/m^3.已知空气阻力和速度 v_0 成正比,空气浮力不计,基本电荷 e 的电量为 1.6×10^{-19}C.求:

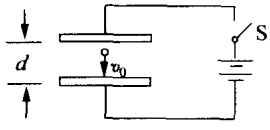


图 3-2-20

(1)油滴所带电量 q 是多少?

(2)此油滴缺少或多余多少个电子?

6.静电加速器是一种利用电场来加速带电粒子,增大粒子能量的装置.来自质子源的质子(初速度为零)经一加速电压为 800kV 的直线加速器加速形成电流强度为 1mA 的细柱形质子流,已知质子电荷的电量 $e=1.6\times10^{-19}$C,这束质子流每秒打在靶上的质子数为_____.假定分布在质子源到靶之间的加速电场是均

匀的.在质子束中与质子源相距 L 和 $4L$ 两处,各取一段极短的相等长的质子流,其中的质子数分别为 n_1 和 n_2,则 $n_1:n_2=$ _____.

7. 地球大气的分子通常是电中性的,大气是较好的绝缘体,由于宇宙射线(从外层空间来的高速质子)对地球的轰击,使大气中总有少量正、负离子存在.这种电离作用随着离地面的高度的增加而增加,在 50km 的高空,大气成为相当好的导体,而地球本身也是相当好的导体,于是可将地球及低层大气建立一个极简化的模型:一个导电球,其外被一导电球壳所包围,中间由厚 50km 的不良导电层隔开.

在地表附近的电场强度约为 100V/m,地球表面每平方米面积上带有负电荷的电量约为 10^{-9}C.因为大气不是完全的绝缘体,其中形成一定的电流,如果没有某种方式的连续补充,地球所带电量在几分钟内就会被中和掉.而在雷雨天气的放电,在大气中形成大量的正离子和负离子,由于大气温度的不均匀所造成的压力差,由空气流把正离子带向上,负离子带向下,从而补充了在静电场作用下放电而损失的电荷.

(1)由于万有引力的作用在地球周围空间形成引力场,而在地表附近物体受到的万有引力近似保持不变,我们又将其称为重力场,如果把单位质量的物体受到的引力(或重力)称为引力(或重力)场强度,试写出引力(或重力)场强度的定义式;

(2)地球是一个带有负电的导电球,取地球半径为 6.4×10^3km,地表附近空气层厚约为 50km,将地表附近的电场建立简化模型,你认为是匀强电场还是负点电荷产生的电场较为恰当?这个电场的方向如何?

(3)试计算地球表面所带总电量多大?

(4)南京金陵饭店高约 100m,由于地表附近存在电场,则金陵饭店顶楼和地面的电势差约多大?这么大的电势差为什么不会电死人?

(5)若将一台小电动机的导线一端插入地下,另一端接在用绝缘支架撑起的高 100m 的金属杆上,小电动机是否会转动?为什么?

8. 如图 3-2-21 所示是静电分选装置的原理示意图,将磷酸钠和石英混合颗粒由传送带送至两个带电平行板上方的中部,经过电场区域下落,电场强度为 5×10^{-5}V/m,磷酸钠颗粒带正电,石英颗粒带负电.两种颗粒的带电率(颗粒带电量与颗粒质量之比)均为 10^{-5}C/kg,如果要求两种颗粒经过电场区域后至少分离 10cm,粒子在电场中通过的竖直距离至少应为多长?

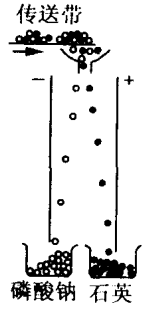


图 3-2-21

如果这两种物质颗粒分别装在两个容器中，从外形上看没有区别，用化学的方法你能否将其区分开来？请至少说出一种方法，并写出化学反应方程式.

9. 以煤作燃料的工厂、电站，每天排出的烟气带走大量的煤粉，不仅浪费燃料，而且严重地污染环境，利用静电除尘可以消除烟气中的煤粉，如图 3-2-22 所示是静电除尘器的原理示意图，除尘器由金属管 A 和悬在管中的金属丝 B 组成，A 和 B 分别接到高压电源的正、负极，它们之间有很强的电场，而且距 B 越近场强越大，B 附近的空气中的气体分子被强电场电离，成为电子和正离子，正离子被吸到 B 上，得到电子，又成为分子，电子在向着正极 A 运动的过程中，遇到烟气中的煤粉，使煤粉带负电，吸附到正极 A 上，最后在重力的作用下，落入下面的漏斗中，除去有害的粒子. 若回收物质大型火力发电厂烟囱高 20m，直径 4m，在烟囱中间装有薄的金属网 B，烟壁上涂有金属膜 A. 问：

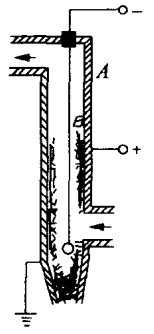


图 3-2-22

(1)为了除去烟气中的煤粉，A、B 分别接高压电源的哪一极？

(2)设这一静电除尘器的吸附能力为 $4\times10^{-3}\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$，则一天能回收多少煤粉？

10. 在化学工业和食品工业生产中，液体和粉末通过管道传输时，由于与管壁的摩擦而产生静电，许多液体和粉末是不良导体，它们长时间地保持着大量的静电荷，与管壁之间的电压可高达几万伏，如果发生突然的放电，就会产生电火花引发火灾. 如图 3-2-23 所示的装置中用聚苯乙烯小球模拟管道中流动的粉末上电荷的积累情况，并可用以研究如下可能因素对电荷积累多少的影响：小球的速度，管道的长度，在贮存筒中搅动小球，把导电的添加剂与小球混合，等等：



图 3-2-23

(1)简述该装置的工作原理；

(2)设计一个方案，研究小球上电荷的积累与小球速度的定性关系；

(3)对于实际生产中，减少管道传输中由于静电积累而引起电火花的危险，你有什么建议？

(4)实际传输时，由于金属导管深入金属贮存筒内，导管与筒、带电的粉末和液体与筒之间也会有因高电压而产生电火花的危险，这个问题可如何解决？

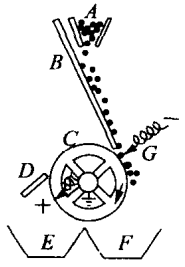


图 3-2-24

11. 如图 3-2-24 所示，滚筒式静电分选器由料斗 A、导板

B、导体滚筒 C、刮板 D、粒槽 E 和 F 以及放电针 G 等部件组成. C 及 G 分别接于高压电源的正、负极，并令 C 接地，电源电压很高，足以使放电针 G 附近的空气发生电离而产生大量的正、负离子和电子. 现有导电性能不同的两种物质粉粒 a、b 的混合物从料斗 A 下落，沿导板 B 到达转动着的滚筒 C，在电场力作用下，电离产生的_____将喷附在粉粒 a、b 上，粉粒 a 具有良好的导电性，它与带正电的滚筒 C 接触后，其上所带_____电将被_____并带上了_____电，这样的粉粒 a 一方面随滚筒 C 转动，一方面受到 C 上正电的_____力作用，最后落入料槽_____中. 粉粒 b 具有良好的绝缘性，其所带_____电不易传给滚筒 C，故在 C 的_____力作用下，使粉粒 b 中较大者在_____作用下落入料槽_____，较小者通过_____作用落入料槽_____中.

【答案与提示】

1. B　2. 解：(1)闪电所释放的能量为 $E = W = qu = 30 \times 1 \times 10^8\text{J} = 3.0 \times 10^9\text{(J)}$. (2)氧气和氮气生成一氧化氮的化学方程式为 $O_2 + N_2 \longrightarrow 2NO$　每molO_2 与 N_2 生成 2molNO，并吸收 $E_0 = 1.8 \times 10^5\text{J}$ 的能量，即每生成 1mol 的 NO，需吸收 $E_0/2 = 9.05 \times 10^4\text{J}$ 的能量. 设本次闪电可生成 n mol 的 NO，则 $n = \dfrac{2\eta E}{E_0} = 66.3\text{mol}$.　3. 解：$E = \dfrac{CU^2}{2} = 4.41 \times 10^{-3}\text{J}$.　4. 解：(1)由题意得：电势差为 $3 \times 10^9\text{V}$ 的两云层发生雷电现象的距离为 $s = \dfrac{3 \times 10^9}{3000} = 10^6\text{(mm)} = 1\text{km}$. 由于此时两云层的距离为 3km，故还需运动 2km 的距离才会发生雷电现象，所需时间为 $t = \dfrac{s_1}{v} = \dfrac{2000}{5} = 400\text{s}$. (2)由 $W = Uq$ 得，闪电释放的能量为 $W = 3 \times 10^9 \times 500 = 1.5 \times 10^{12}\text{(J)}$；电量移动过程中的平均电流强度为 $I = \dfrac{q}{t} = \dfrac{500}{0.01} = 5 \times 10^4\text{(A)}$. (3)化学方程式为 $N_2 + O_2 = 2NO$. (4)闪电释放的能量中转化为化学能的是 $E = W \times 0.1\% = 1.5 \times 10^{12} \times 0.1\% = 1.5 \times 10^9\text{(J)}$，由上面的反应方程式可知：

$$\begin{array}{rcl} N_2 + O_2 = 2NO & - & 180.7\text{kJ} \\ 2 & & 180.7\text{kJ} \\ n & & 1.5 \times 10^6\text{kJ} \end{array}$$

得出 $n = 1.66 \times 10^4\text{mol}$.　(5)尿素的化学式是 $CO(NH_2)_2$，1mol 的 NO 相当于 0.5mol 的 $CO(NH_2)_2$，故相当于尿素 $M = \left(\dfrac{1.66 \times 10^4}{2}\right) \times 60 \times 10^{-3}\text{kg} = 498\text{kg}$.

5.(1)解：当金属板不带电时，油滴恰能匀速下落，则向上的空气阻力和重力平衡，即 $mg = f$　金属板带电后，油滴匀速上升，速度大小不变，所受空气阻力方向改变，而大小保持不变. 油滴在向上的电场力和向下的重力、空气阻力作用下平

衡，则 $Eq=mg+f, Eq=2mg$，即 $q=\frac{2mg}{E}=\frac{2mgd}{U}=2\times\left(\frac{4}{3}\right)\frac{\pi R^3\rho gd}{U}=4.8\times10^{-19}$(C)，所以 $n=\frac{q}{e}=3$(个). (2)因为油滴在电场中所受电场力方向向上，由图示可知，电场强度方向向下，所以油滴带有多余的电子. 6. 解：由电流强度定义公式，得 $q=It=1\times10^{-3}\times1=10^{-3}$(C)，每个质子的电量 $e=1.6\times10^{-19}$C，每秒到达靶上质子个数 $n=\frac{q}{e}=\frac{10^{-3}}{1.6\times10^{-19}}=6.25\times10^{15}$(个) 设从质子源到靶之间均匀电场的强度为 E，质子运动到 l 和 $4l$ 处的速度分别为 v_1 和 v_2，所取质子流的长度为 Δl，截面积为 S，单位体积内的质子数分别为 N_1 和 N_2，由动能定理可得 $\frac{mv_2^2}{2-0}=Ee\cdot4l$，$\frac{mv_1^2}{2-0}=Ee\cdot l$，从而得到 $v_2=2v_1$. 质子流在 l 和 $4l$ 处的电流强度相等，数值为 $I=\frac{q}{\Delta t}=\frac{N\Delta lSe}{\Delta t}=\frac{NSev\Delta t}{\Delta t}=NSev$，因为质子带电量 e 和质子流截面积 S 相等，所以单位体积内的质子数与质子运动速度成反比，质子数的比为 $\frac{n_1}{n_2}=\frac{\Delta lSN_1}{\Delta lSN_2}=\frac{v_2}{v_1}=2:1$. 7.(1)引力场强度为 $\frac{GM}{r^2}$，方向竖直向下；重力场强度为 g_0，方向竖直向下. (2)匀强电场，方向竖直向下. (3) $Q=4\pi R^2q=5\times10^5$C，式中 R 为地球的半径. (4) $U=Ed=10^4$V. (5)电动机不能转动，因为可将地球表面当作电源负极，100m 高空大气当作电源正极，100m 空气的电阻很大，接上电动机后的路端电压(即电动机获得电压)很小，电动机不能转动. 8.(1)静电分选法：$h=10$cm 两种颗粒经过电场区域后至少分离 10cm，粒子在电场中通过的竖直距离至少应为 10cm. (2)用化学方法区分两种颗粒：$Na_3PO_4+3HCl=\!=\!=3NaCl+H_3PO_4$或 $SiO_2+2NaOH=\!=\!=Na_2SiO_3+H_2O$.

9. 解：(1) A 应接高压电源的正极，B 应接高压电源的负极. (2)一天能回收的煤粉 $M=4\times10^{-3}\times2\times3.14\times2\times20\times24\times3600=86.8\times10^3$(kg)，即 $M=86.8$t 10.(1)聚苯乙烯是不良导体，用它做成的小球在沿导管下落时由于摩擦而带电，小球进入金属贮藏筒，使筒带上电荷，静电计指针就张开，可以从指针张开的角度来了解小球积累电荷的多少. (2)略 (3)(4)把管子与贮藏筒用金属导线连接起来，并把贮藏筒接地. 11. 负离子 负；中和；正；斥力；F；负；引力；重力；F；D；E

课题5　其他能源转化为电能的研究



引　言

能源是指可为人类提供能量的自然资源，它和材料、信息构成了近代社会得以繁荣和发展的三大支柱.能源是人类文明进步的先决条件，它的开发和利用是衡量一种社会形态、一个时代、一个国家经济发展、科技水平与民众生活质量的重要标志.人们对能源在人类社会发生与发展史上的重要地位与作用的认识，经历了一个相当长的历史过程.

将可利用的自然资源转化为电能，是使用电能的一个最常见的途径之一，目前，发电的方法和手段越来越多，这为节省有限的自然资源打下了很好的基础.

新教材基础知识摘要

能量守恒定律

我们知道，功是能转化的量度，做功的过程是能量间发生转化的过程，在摩擦生热的现象中，克服摩擦力做了多少功就有多少机械能转化成等量的内能.

大量的事实表明，各种形式的能都可以相互转化，并且在转化中守恒，能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，它只能从一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到别的物体，这就是能量守恒定律.

法国数学家迪卡尔、英国物理学家焦耳、德国物理学家赫尔姆霍茨和化学家迈尔等十几位科学家分别从不同的侧面先后独立发现这一定律.从而把内能、机械能、电能、化学能等各种运动形式的能统一了起来，这不仅直接证明了物质运动的不灭原理(永恒性)，而且为自然界运动形式的统一性提供了科学依据.

课题研究背景资料透视

关于能源的定义，目前约有20种.

例如，《科学技术百科全书》说："能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源"；

《大英百科全书》说："能源是一个包括着所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量"；

《日本大百科全书》说："在各种生产活动中，我们利用内能、机械能、光能、电能等来做功，可用来作为这些能量源泉的自然界中的各种载体，称为能源"；

我国的《能源百科全书》说:"能源是可以直接或经转换提供给人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源";

可见,能源是一种呈多种形式的,且可以相互转换的能量的源泉.确切而简单地说,能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源.

课题研究案例

课题 5.1 分析能量有哪些特点

能量具有下列一些特点:

(1)能量是物质的基本属性;

(2)自然界中能的种类多种多样;

(3)不同的能量对应于不同的运动形式,如机械能与机械运动相对应,水能与水的势能相对应,生物能与生命运动有关,内能对应于分子的热运动,核能对应于原子核内部的复杂运动等等;

(4)能量间可以发生相互转化;

(5)能量间的转化一般需要通过做功来实现;

(6)能量间的转化遵循能量转化和守恒定律.

课题 5.2 对能源进行分类的考究

(1)按照能源的形态特征或转换与应用的层次分为:固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物能、风能、核能、海洋能和地热能.世界能源委员会将其中前三个类型统称化石燃料或化石能源.

(2)根据它们的初始来源,当前也只概括为四大类:

第一类是与太阳有关的能源.太阳能除可直接利用它的光和热外,它还是地球上多种能源的主要源泉.植物体内的化学能;煤炭、石油、天然气、油岩等化石燃料;水能、风能、波浪能、海流能等;

第二类是与地球内部的内能有关的能源.从地下喷出地面的温泉和火山爆发喷出的岩浆就是地热的表现.地球上的地热资源贮量也很大,按目前钻井技术可钻到地下 10km 的深度,估计地热能资源总量相当于世界年能源消耗量的 400 多万倍;

第三类是与原子核反应有关的能源.原子核反应主要有裂变反应和聚变反应;

第四类是与地球—月球—太阳相互联系的能源.地球、月亮、太阳之间有规律的运动,造成相对位置周期性的变化,它们之间产生的引力使海水涨落而形成潮汐能.

课题 5.3 实地观察(或查阅资料)某地水力或风力发电站,了解发电过程

(1)了解我国的水力资源和风力资源的储备.

西部地区是资源储备主要地.

(2)水力和风力发电的原理.

将水能和风能分别实行怎样的转化？具体如何操作？

(3)观察水力和风力发电程序.

了解发电效率与什么因素有关？如何提高发电效率？

课题 5.4　能源的开发和环境保护调查

生产力的飞速发展使常规能源的消耗急剧增长，研究人员估计，按照目前的石油开采速度，地球上的石油储藏将在几十年内全部采完，煤的储量稍多一些，但也将在大约两百年以后采完.大量消耗石油和煤还带来了环境问题，常规能源燃烧时产生 CO_2，能源使用量的增加使大气中的 CO_2 的含量迅速增加，而且由此产生了“温室效应”，燃烧时产生的 SO_2 等物质会使雨水的酸度升高，形成“酸雨”，腐蚀建筑物，并使土壤酸化.另外，燃烧的生成物还有 CO、氮氧化物、粉尘等也会对环境造成很严重的污染.

开发新能源，保护环境已成为当务之急.太阳能、水能、风能等新能源是可再生能源，大自然中取之不尽、用之不竭，对环境无任何污染，我国的新能源储备量丰富，在水力发电、风力发电上已形成了一定的规模，近 30% 的电能由这些能源转化而来，如葛洲坝水电站、三峡水利枢纽工程，小浪底电力工程等，西气东输工程是本世纪我国在能源的开发上的又一伟大工程.

核能也是一种很重要的新能源，地球上核燃料的储量比石油和煤炭多得多，对环境的影响比燃烧石油和煤炭小，到 1994 年底，全世界共有将近 500 座核电站，全年总发电量占世界总发电量的 17%.世界各国中，法国的核电站发展最快，有 57 座，总装机容量 6200 万 kW，是世界核电站总发电量的 77.8%.1991 年，中国自行设计、建造的第一座核电站——秦山核电站启用(如图 3-2-25)，继之大亚湾核电站投产.世纪之交，中国正规划、兴建 4 座新的核电站，到 2010 年核电总量有望达到 2000 万 kW.



图 3-2-25　秦山核电站

研究性实践

1.1994 年 12 月 14 日，世界上最大的水利枢纽工程——长江三峡工程正式开工，三峡工程具有很高的综合效益，库容 $3.93\times10^{10}m^3$ 的三峡水库，汛期拦蓄洪水，可把荆江防洪标准由 19 年一遇提高到 100 年一遇，放水发电则每年向全国输送 840 亿度电，水涨船高，万吨船队每年 10 个月可直抵重庆.三峡工程对我国的科技发展也有积极的促进作用，其主要数据如表 1 所示：

表 1

大坝	坝高(m)	185	电站	总装机数(台)	26
	坝长(m)	2335		总装机容量(kW)	1.82×10^7
	最高蓄水位(m)	175		年平均发电量(kW·h)	8.47×10^{10}
水库	总库容量(m^3)	3.93×10^{10}	通航	万吨级双线 5 级船闸	1
	防洪库容量(m^3)	2.21×10^{10}		3000 吨级单弦垂直升船机	1
	平均年流量(m^3)	4.51×10^{11}		年单项通行能力	5×10^7

请根据表 1 的有关数据回答下列问题：

(1)最大蓄水位为 $H=$_____，年平均流量 $V=$_____，年平均消耗水能 $E=$_____，转化为电能的百分比 $\eta=$_____；

(2)A 城距离三峡水库 L 远，电站输出电压为 U，功率为 P，所用输电导线的电阻率为 ρ，横截面积为 S，则 A 城得到的电功率为多少？

2. 小型水利发电站水流量为 $10m^3/s$，落差为 5m，发电效率为 50%，输出电压为 400V，若要向一乡镇供电，输电线的总电阻为 8Ω，为使线路上损耗功率限制在发电机输出功率的 8%，需在发电机输出端安装升压变压器，若用户所需电压为 220V，则在用户处需安装降压变压器，已知水的密度为 $\rho=1.0\times10^3kg/m^3$，($g=10m/s^2$)求：

(1)发电机的输出功率；

(2)输电线上的电流强度；

(3)升压变压器和降压变压器的原副线圈的匝数比.

3. 1991 年 8 月，世界各国太阳能专家聚集巴黎，专门讨论了太空太阳能电站问题. 这种太空太阳能电站建在地球同步轨道的一个固定位置上，向地球上固定区域供电. 其发电及传输示意如图 3-2-26 所示，在太阳能收集板上铺设太阳能电池，通过光电转换把太阳能转变成电能，再经微波转换器将直流电转换成微波，并通过天线将电能以微波形式向地面发送. 地面接收站通过整流天线把微波能还原成电能.

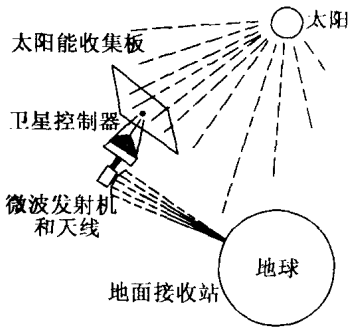


图 3-2-26

(1)太阳能电池的硅片每片面积 $4cm^2$，可提供电功率 50mW，巨大的太阳能收集板电池面积为 $5000km^2$，其发电能力是多少千瓦？

(2)利用微波传输电能,实现了"无缆输电".输电效率可达 80%.微波输电采用的频率是 2450MHz,计算它的波长及到达地面接收站时的功率;

(3)估算空间太阳能电站一昼夜间由于被地球遮挡而不能发电的最长时间.取地球本影长约为地球半径的 216 倍,地球半径取 6400km.

4. 材料:图 3-2-27 为太阳的辐射功率及太阳能传递到地球后各种形式能量之间的转化过程.太阳把地面和空气晒热,太阳能转化为内能,晒热的空气上升,空气流动形成风,又转化为风能.太阳把水面和地面晒热,并使一部分水蒸发,蒸发的水蒸气升到空中形成云,以雨雪的形式落下来,一部分又变成水流入江河,太阳能转化为水能,植物吸收太阳能,发生光合作用,太阳能转化为植物的化学能,植物作为食物被动物吃掉,又转化为动物的化学能.古代的动植物在地质变迁中变为煤、石油、天然气,转化为这些燃料的化学能.

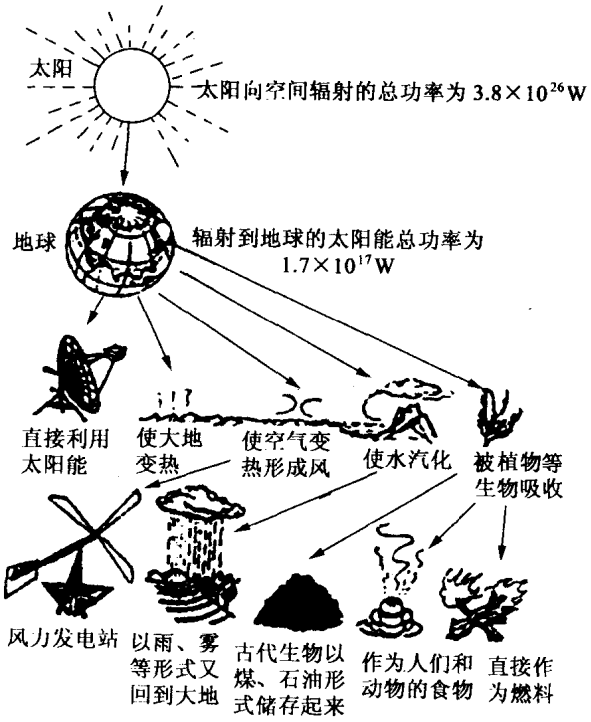


图 3-2-27

根据以上信息,试回答下列问题:

(1)在绿色植物光合作用下,每放出 1 个氧分子要吸收 8 个波长为 688×

10^{-7}m 的光量子，同时每放出 1mol 的 O_2 植物储存 469J 的能量，绿色植物能量转化效率约为(普朗克常数为 $h=6.63\times10^{-34}$J·s)　　(　　)

A.9%　　B.33%　　C.56%　　D.79%

(2)利用储能介质储存太阳能的原理是：白天在太阳光照射下，某种固体盐熔化(实为盐溶于自身的结晶水)吸收热量；晚间熔盐释放出相应能量结晶成固体，从而使室温得以调节，已知几种盐的熔点及熔化时的能量改变值如表 2：

表 2

盐	熔点(℃)	溶化吸热(kJ·mol^{-1})
$CaCl_2\cdot6H_2O$	29.0	37.3
$Na_2HPO_4\cdot12H_2O$	36.1	100.1
$Na_2SO_4\cdot10H_2O$	32.4	77.0
$Na_2S_2O_3\cdot5H_2O$	48.5	49.7

下面有关说法中正确的是　　(　　)

A. 不应选用 $CaCl_2\cdot6H_2O$

B. 可选用 $Na_2HPO_4\cdot12H_2O$ 和 $Na_2SO_4\cdot10H_2O$

C. 最好选用 $Na_2SO_4\cdot10H_2O$，它更为经济

D. 以上皆不宜选用

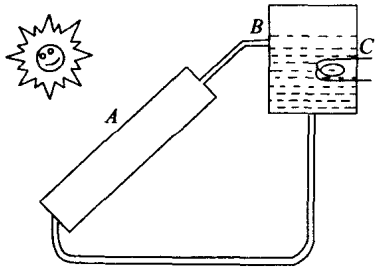


图 3-2-28

(3)阳光照射到太阳能集热器上，将太阳能转化为_____能，图 3-2-28 是一种太阳能热水器的示意图，A 是集热器，B 是储水容器，在阳光直射下水将沿_____时针(选填"顺"或"逆")方向运动，这是因为_____．C 是辅助加热器，其作用是_____．请在图中适当位置安上进水阀门和出水阀门，并说明选择位置的理由．

(4)晒热的空气上升，空气流动形成风，又转化为风能，风吹动风力发动机旋转，可带动_____机转动转化为便于输送的二次能源——_____能，将太阳能转化成的一种能源，再次转化为二次能源的途径还有：

水能——_____；

化学能——_____．

(5)食物中的化学能转变成人体肌肉收缩的机械能要经过_____、_____、_____三个阶段．

(6)用分光镜观察到的太阳光谱是_____，出现这一现象的原因是_____．

(7)已经证明,一秒钟内进入眼睛瞳孔的光波长为 5.56×10^{-7}m 的光子数为 57 个时,我们就能感到有光(眼睛对于这个波长的绿光最敏感).设太阳向四周辐射的能量约有 45% 是可见光,若全部可见光光子的平均波长为 5.56×10^{-7}m,在传播过程中没有能量损失,瞳孔直径为 4mm,那么距太阳最远多少光年的距离仍能看到太阳?($h=6.63\times10^{-34}$J·s)

(8)已知地球半径为 6400km,根据图中的数据估算地球到太阳的距离,并计算太阳的质量.($G=6.67\times10^{-11}$N·m^2/kg^2)

(9)太阳内部持续不断地发生着四个质子聚变为一个氦的热核反应,这个核反应释放出的大量能量就是太阳的能源.

①写出这个核反应方程;

②这一核反应能释放多少能量?

③根据材料中的数据计算每秒钟太阳的质量减少多少千克?

④若太阳质量减少万分之三,热核反应不能继续发生,计算太阳还能存在多少年?($m_p=1.0073$u,$m_a=4.0015$u,$m_e=0.00055$u)

5.小型高效的等离子体发动机所用燃料不到化学燃料发动机的$\frac{1}{10}$,它可以使在太空中的航天器获得动力,进入太阳系.从广义上说,等离子体就是带电荷的粒子.在等离子体发动机中,由电极发射的电子撞击氙原子,使之电离,在加速电场的作用下,氙离子加速到很大速度后,从航天器的尾部连续喷出,产生推力.假设装有等离子体发动机的航天器在太空中处于静止,航天器的总质量为 M(在发射离子的过程中质量可以认为不变),每个氙原子的质量为 m,电量为 q,加速电压为 U,等离子体发动机单位时间向外喷出的离子数是 n,发动机对等离子的功率是多少?航天器开始获得的加速度是多少?

6.1996 年清华大学和香港大学的学生合作研制了太阳能汽车.该车是用太阳能电池将所接受到的太阳光能转化为电能而提供给电动机来驱动的.已知车上太阳能电池接受太阳光能的面板面积为 $S=8$m^2,正对太阳光时能产生 $U=120$V 的电压,并对车上电动机提供 $I=10$A 的电流,电动机的直流电阻为 $R=4\Omega$,而太阳光照射到地面处时单位面积上的辐射功率为 $P_0=1.0\times10^3$W/m^2.

(1)该车的太阳能电池转化太阳光能的效率为多少?

(2)若太阳辐射能量的辐射总功率为 $P=3.9\times10^{26}$W,且太阳光在穿过太空及地球表面大气层到达地面处时,沿途有 72% 的能量损耗,则据此可算出太阳到地球的距离为多少?

7.能源是人类生存和发展的重要支撑因素,请回答以下有关能源的问题:

(1)人类历史进程的各个阶段,如按照石器时代、铁器时代、蒸汽时代、电力时

代划分，各时代主要的动力来源分别是_____、_____、_____、_____.

(2)人类使用的能量绝大部分来源于太阳能.捕获太阳能的生物主要为绿色植物.绿色植物能够通过光合作用把太阳能转化为化学能，光合作用的总反应式是_____.光合作用释放的氧气则来自于参加反应的哪种物质?答:_____.

(3)煤、石油、天然气、水及生物等是多年来大规模使用的能源，被称为_____能源.而核能、地热、海洋能、沼气以及现在又有新的利用方式的太阳能、风能等都被称为_____能源.

①煤、石油、天然气等能源以热的形式供给人们需要的能量.试以它们各自的主要成分C、C_nH_{2n+2}和CH_4为代表，写出它们燃烧过程的化学方程式.指出它们质量相同时，哪一种燃料对环境造成的负面影响(产生温室效应)最小;

②水能是可再生能源，可持续地利用它来发电，为人类提供"清洁"的能源.若一水力发电站水库的平均流量为$Q(m^3/s)$，落差为$h(m)$，发电效率为η，则全年发电量$A(kW\cdot h)$是多少?

(4)人类利用和开发能源的过程体现了什么哲学道理?

(5)为了保证我国社会主义现代化建设顺利进行，国家已把能源的利用和开发作为经济建设和社会发展的战略重点.我国目前最主要的能源品种是_____，其储量最丰富的省(区)是_____，其产量最多的省(区)是_____.我国能源利用的主要问题有:_____.

8.如图3-2-29是等离子体发电机的原理图，平行导体板相距为d，有足够的长度和宽度，其间有匀强磁场，磁感强度为B，方向垂直于纸面向里，等离子气流束截面积为a，流速为v，每立方米含n对电量为e的一价正负离子，当等离子气流从两板的一侧沿垂直于磁场的方向射入时，两板间的电势差$U=$_____.若不考虑等离子气体的电阻，则外电路所能获得的最大电流强度为_____.

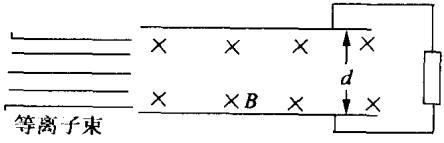


图3-2-29

9.阅读下列材料，完成文后习题:

风力电站是指利用风能驱动风轮机以带动发电机生产电能的电厂.表征风能的参数有风速、风频、风能密度、风能利用率以及可用风速.风速分瞬间风速和平均风速.风频指在一定的时间间隔内，相同风速发生的时数占总时数的百分比.风

能密度指与风向垂直的单位面积内单位时间所承受的风能.风能利用率指风力机械从输入风能中摘到的可用能所占的比值.可用风速指风轮机能正常工作的风速,一般为2~22m/s,风速超过22m/s或低于2m/s时,风轮机自动闭锁.

风能的能量密度很低,实现能量转换的风轮机体积较大、造价较高,单机容量也不能做得很大.风能又是一种随机性能源,且具有间歇性,因此必须和一定的蓄能方式结合才能实现连续供电.所以大规模利用风力发电目前尚处于试验阶段,还需要解决一些技术问题.但是,据世界气象组织分析估计,如果地球陆地上的全部风能得到利用,发出的电力相当于地球上可以利用的水能资源发出电力的10倍,而风能属于可再生能源,又不存在污染.因此,风力电站具有广阔的应用前景.

(1)假设某地风速在一段较长时间内如图3-2-30所示作周期性变化,求:

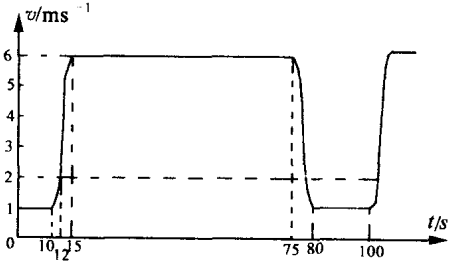


图3-2-30

①风速变化的周期;

②一个周期时间内,6m/s风速的风频;

③15~75s时间内的风能密度(空气密度$\rho_{空}=1.3kg/m^3$);

(2)若在该地建造有100座风轮直径10m、风能利用率为40%的风轮机的风力田,则在这段较长时间内的发电功率最接近以下的哪个数据. (　　)

A.30kW　　B.300kW　　C.45kW　　D.450kW

【答案与提示】

1.(1) 175m　$4.51\times10^{11}m^2$　$3.04\times10^{17}J$　39.4%　(2)$P_{入}=P-\frac{\rho LP^2}{SU^2}$

2.(1)发电机的输出功率:$P=\rho Qgh\times50\%=2.5\times10^5W$.　(2)$P_{损}=P\times8\%=I^2R_{线}$,解得　$I=50A$.　(3)升压变压器原副线圈的匝数比为:2:25,降压变压器原副线圈的匝数比为:230:11.　3.(1)6.25×10^5kW　(2)0.122m　5×10^5kW

(3)约69min~74min　4.(1)B　解析:$E=\frac{hc}{\lambda}\times8N_A=1392.2J$,效率$\eta=\frac{469}{1392.2}=33.7\%$.　(2)B、C　解析:该题应充分利用题目中所给予的数据,凡是

熔点不高、熔化热较大的盐均可选用. (3)内;顺;集热器中的水被太阳光晒热后密度变小,受到浮力作用沿管向右上运动形成顺时针方向流动的水流,在阴天用电加热方式使水温升高;在封闭的环形管道的左下方安装进水阀门,在贮水容器下方竖直管道上安装出水阀门,可使热水流出,冷水得以补充. (4)发电;电;水流推动水轮机转动、水轮机带动发电机转动,将水的动能转化为电能;燃烧煤或石油产生高温高压水蒸气推动汽轮机转动、带动发电机运转,将化学能转化为内能、进而转化为机械能、电能. (5)能量的释放、能量的转移、能量的利用. (6)连续光谱 背景上有许多暗线 太阳中心高温物质发出的连续谱穿过低温的太阳大气层时和暗线对应的一部分光的能量被太阳大气所吸收. (7)由题中已知条件,可知人眼能感到的最少能量为 $E=\frac{57hc}{\lambda}=2.04\times10^{-17}$J,从综合材料中查到太阳的辐射总功率为 3.8×10^{26}W,由题设条件知,其中45%为可见光的能量,那么,每秒钟太阳向四周辐射的可见光能量为 $E_{总}=3.8\times10^{26}\times0.45=1.71\times10^{26}$J. 设人到太阳的距离为 R,人眼瞳孔的面积为 S_0,则 $S_0\times\pi r^2$,由能量分配关系可得 $E=\left(\frac{\pi r^2}{\pi R^2}\right)\times E_{总}$,$R=2.1\times10^{18}=3.1\times10^2$光年. (8)从综合材料查出太阳热辐射的总功率为 3.8×10^{26}W,地球接收到的总功率为 1.7×10^{17}W. 设地球到太阳的距离为 R,由能量分配可得 $E=\left(\frac{\pi r^2}{\pi R^2}\right)\times E_{总}$,$R=1.5\times10^{11}$m,已知地球绕太阳公转的周期,由万有引力定律可得 $\frac{GMm}{R^2}=\frac{m4\pi^2R}{T^2}$,$M=2\times10^{30}$kg. (9)①$4{}_1^1\mathrm{H}\longrightarrow{}_2^4\mathrm{He}+2{}_{+1}^0\mathrm{e}^-$;②$\Delta m=4\times1.0073-(4.0015+2\times0.00055)=0.0266$(u),$\Delta E=\Delta mc^2=23.94\mathrm{MeV}=4\times10^{-12}$J;③查综合材料得太阳每秒释放能量$3.8\times10^{26}$J,则太阳每秒减少的质量为 $\Delta m=\frac{\Delta E}{c^2}=0.4\times10^{30}$kg;④由上题中算出太阳的质量为 2×10^{30}kg,太阳还能存在的时间为 $t=\frac{\Delta M}{\Delta m}=5\times10^9$年. 5. 解:发动机发射离子的功率:$P=nqU$,在加速电场作用下,氙离子获得的喷射速度为 v,有 $\frac{mv^2}{2}=qU$. 在 Δt 时间里喷出的离子数为 $n\Delta t$. 设航天器的加速度为 a,航天器和喷射了的氙离子的系统动量守恒,有 $Ma\Delta t=n\Delta tmv$,$a=\frac{nmv}{M}=\frac{n(2mqU)^{\frac{1}{2}}}{M}$. 6.(1)电池产生的电功率 $P_1=UI+I^2R=120\times10+10^2\times4=1600$(W),接收的太阳能功率 $P_2=S\times P_0=8\times10^3$(W),因此,光电转化效率为 $\eta=\left(\frac{P_1}{P_2}\right)\times100\%=20\%$. (2)设日地距离为 R,则 $4\pi R^2\times$

$P_0 = P \times 28\%$，代入数据得 $R = 9.3 \times 10^{10}$m.　7. 解：(1)石器时代、铁器时代、蒸气时代、电力时代主要的动力来源分别是：人的体力，畜力，燃煤动力，电力. (2)光合作用的总反应式是：$6CO_2 + 12H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$，光合作用释放的氧气来自于参加反应的水. (3)前者被称为常规能源，后者被称为新能源. ①煤、石油、天然气以各自的主要成分为代表，燃烧过程的化学方程式分别是：$C + O_2 \xlongequal{} CO_2$；$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2}O_2 \xlongequal{} nCO_2 + (n+1)H_2O$；$CH_4 + 2O_2 \xlongequal{} CO_2 + 2H_2O$. 由以上化学方程式可以看出，质量相同时，$CH_4$产生的$CO_2$最少，对环境造成的负面影响也最小；　②$A = Q \times 10^3 gh\eta \times 365 \times 24 = 8.76 \times 10^7 Qh\eta$(kW·h)　(4)人类利用和开发能源的过程体现了下列哲学道理：①人可以认识和利用规律；②在实验过程中必须尊重客观规律；③人对自然的认识、对人与自然关系的认识在实践过程中不断拓宽与深化. (5)我国目前最主要的能源品种是煤，其储量最丰富、产量最多的省(区)均是山西. 我国能源利用的主要问题有：能源地区分布不均，能源消费构成不尽合理，广大农村仍大量用木材、秸秆等作为燃料.

8. dvB；$neva$　9. (1)① $T = 90$s；② $A = \frac{60}{90} = 66.7\%$；③ $F = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho svtv^2}{2st} = \frac{\rho v^3}{2}$ $= 140.4$J/m^2·s.　(2)应选 D.

$$P = \frac{F \times \pi d^2 \times 100 \times 40\%}{4} = \frac{140.4 \times 3.14 \times 100 \times 100 \times 0.4}{4}$$
$$= 441(\text{kW})$$



主题三　物理与新材料、新技术



课题1　超导应用的调查与研究

引　言

在当今这个社会，科学发展的速度已经日新月异，各种新材料和新技术的研究和开发使人应接不暇，人们对超导的研究和应用就是其中之一．超导的意思是指“无阻碍的或阻碍很小的导体”，由于它对电能的损耗极少，故它的应用领域相当广泛．

新教材基础知识摘要

金属的电阻率随温度的降低而减小，人们发现，有些物质当温度降低到绝对零度附近时，他们的电阻率会突然减小到无法测量的程度，可以认为他们的电阻率突然变为零．这种现象叫做超导现象，能够发生超导现象的物质称为超导体．材料由正常状态转变为超导状态的温度，叫做超导材料的转变温度 T_C．例如铅的转变温度 $T_C=7.0\mathrm{K}$，水银的转变温度 $T_C=4.2\mathrm{K}$，铝的转变温度 $T_C=1.2\mathrm{K}$，镉的转变温度 $T_C=0.6\mathrm{K}$．

超导的电阻率几乎为零，如果用超导体材料制成一个闭合线圈，在这个线圈里一旦激发出电流，不需要电源，电流就可以持续几十天之久而不减小，并且发热的功率很小．

课题研究背景资料透视

超导的发现者——卡麦林·昂内斯

气体液化问题是19世纪物理的热点之一．1894年荷兰莱顿大学实验物理学教授卡麦林·昂内斯建立了著名的低温试验室．1908年，昂内斯成功地液化了地球上最后一种“永久气体”——氦气，并且获得了接近绝对零度（零下273.2摄氏度，标为0K）的低温：4.25K～1.15K．为此，朋友们风趣地称他为“绝对零度先

生”.这样低的温度为超导现象的发现提供了有力保证.经过多次实验,1911 年昂内斯发现:汞的电阻在 4.2K 左右的低温时急剧下降,以致完全消失(即零电阻).1913 年他在一篇论文中首次以“超导电性”一词来表达这一现象.由于“对低温下物质性质的研究,并使氦气液化”方面的成就,昂内斯获 1913 年诺贝尔物理学奖.

“超导电性”现象被发现之后,引起了各国科学家的关注和研究,并寄予很大的期望.通过研究,人们发现:所有超导物质,如钛、锌、铊、铅、汞等,当温度降至临界温度(超导转变温度)时,皆显现出某些共同特征:

(1)电阻为零,一个超导体制成的环通电又移去电源之后,还能保持原有的电流.有人做过实验,发现超导环中的电流持续了二年半而无显著衰减;

(2)完全抗磁性.这一现象是 1933 年德国物理学家迈斯纳等人在实验中发现的,只要超导材料的温度低于临界温度而进入超导态以后,该超导材料便把磁感线排斥于物体外,因此其物体内的磁感应强度总是零.这种现象称“迈斯纳效应”.

课题研究案例

课题 1.1　研究超导的产生原因

实验:研究导体的电阻随温度的变化而变化.

导体的电阻率是由导体的材料和导体的温度决定的,研究日光灯灯丝的电阻值随温度的变化情况.

器材:废旧日光灯管、干电池、电压表、电流表、酒精灯、氯化氨冷却剂、导线若干.

步骤:

(1)将废旧日光灯管中的灯丝接入如图 3-3-1 所示的电路中,用伏安法测量其电阻 R_1;

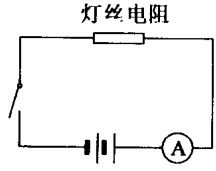


图 3-3-1

(2)将氯化氨冷却剂包住灯丝(可用塑料袋装好),然后测量其电阻 R_2;

(3)用酒精灯给灯丝加热,观察电表的示数的变化情况,分别测量两次,得出电阻 R_3、R_4;

(4)应用公式 $\rho=\frac{RS}{L}$ 判断出其电阻率的变化情况;

(5)比较电阻率与温度的关系,得出结论.

以上实验说明了金属导体的电阻率随温度升高而升高,随温度的降低而减小,由此可以推断,当温度低于某一值时,导体的电阻率可以降为零——即超导现象.

课题 1.2　认识什么叫超导磁体

当导体没有了电阻,电流流经超导体时就不发生热损耗,电流可以毫无阻力

地在导线中流动，形成强大的电流，从而产生超强磁场．由于超导材料在超导状态下具有零电阻和完全的抗磁性，因此只需消耗极少的电能，就可以获得 10 万高斯以上的稳态强磁场．用这种方法做成的磁体，叫超导磁体．而用常规导体作磁体，要产生这么大的磁场，需要消耗 3.5MW 的电能及大量的冷却水，投资巨大．

课题 1.3　查阅资料：了解探索高温超导材料的历程

1973 年，人们发现了超导合金——铌锗合金，其临界超导温度为 23.2K，该记录保持了 13 年．1986 年，设在瑞士苏黎世的美国 IBM 公司的研究中心报道了一种氧化物（镧－钡－铜－氧）具有 35K 的高温超导性，打破了传统“氧化物陶瓷是绝缘体”的观念，引起世界科学界的轰动．此后，科学家们争分夺秒地攻关，几乎每隔几天，就有新的研究成果出现．

1986 年底，美国贝尔实验室研究的氧化物超导材料，其临界超导温度达到 40K，液氢的“温度壁垒”（40K）被跨越．1987 年 2 月，美国华裔科学家朱经武和中国科学家赵忠贤相继在钇－钡－铜－氧系材料上把临界超导温度提高到 90K 以上，液氮的禁区（77K）也奇迹般地被突破了．1987 年底，铊－钡－钙－铜－氧系材料又把临界超导温度的记录提高到 125K．从 1986～1987 年的短短一年多的时间里，临界超导温度竟然提高了 100K 以上，这在材料发展史，乃至科技发展史上都堪称是一大奇迹．

高温超导材料的不断问世，为超导材料从实验室走向应用铺平了道路．

课题 1.4　查阅资料：调查超导技术的应用领域

超导材料的用途非常广阔，大致可分为三类：大电流应用（强电应用）、电子学应用（弱电应用）和抗磁性应用．

（1）大电流应用即超导发电、输电和储能；超导发电机、磁流体发电机都属于超导发电，超导输电线路包括输电电缆、限流器、电动机、变压器、超导储能系统等，则是利用了超导输电损耗少的特点；

（2）电子学应用包括超导计算机、超导天线、超导微波器件等；

（3）抗磁性主要应用于磁悬浮列车和热核聚变反应堆等．

课题 1.5　了解我国在高温超导技术方面的主要成就

近几年来，我国在超导技术方面取得了显著的成绩，如我国第一根铋系高温超导输电电缆研制成功．由北京有色金属研究总院、西北有色研究院、中科院电工所研制的这一超导输电电缆，通电实验无阻电流达到 1200A，接触电阻小于 $0.06\mu\Omega$，极大地推进了我国高温超导技术的实用化进程．

中国首个“国际超导科技基地”日前在天津新技术产业园区正式动工．其核心产品是高温超导滤波器系统，预计将于 2002 年 11 月正式投产，初期年产高温超导滤波器系统 2 万套，2005 年产量将达到 10 万套．该基地建设规划中的其他项

目也将陆续展开，如超导线材、超导生物医疗设备、超导电力产品、超导磁悬浮列车部件等.这些项目填补了中国超导产业的市场空白.国际超导科技基地建成后，将推动中国超导技术成果商品化和产业化的进程.

研究性实践

1. 超导材料电阻降为零的温度称为临界温度，1987 年我国科学家制成了临界温度为 90K 的高温超导材料.

(1)上述临界温度对应的摄氏温度为 ( )

A. 100℃ B. －100℃ C. －183℃ D. 183℃

(2)利用超导材料零电阻的性质，可实现无损耗输电.现有一直流电路，输电线的总电阻为 0.4Ω，它提供给用电器的电功率为 40kW，电压为 800V，如果用临界温度以下的超导电缆替代原来的输电线，保持供给用电器的功率和电压不变，那么节约的电功率为 ( )

A. 1kW B. 1.6×10^3kW C. 1.6kW D. 10kW

2. 在电现象里有电荷，而且正、负电荷单独存在.在磁现象里却没有发现磁荷，南北极也不能单独存在，一块磁体无论把它分成多么小，总是有南北极.1931 年英国物理学家狄拉克从理论上预言存在只有一个磁极的粒子——磁单极子.根据这一理论，电和磁之间的相似性将更加完美.美国的一位物理学家卡布莱拉用实验寻找磁单极子，实验原理如图 3-3-2 所示，图中 A 表示磁单极子，并穿过图中由超导做成的线圈，则线圈中的感应电动势的方向是_____(填不变、改变)的，在磁单粒子穿过线圈后的一段较长的时间里，感应电流的大小将_____(填逐渐变小、不变、逐渐变大或不能判断).

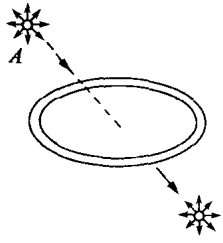


图 3-3-2

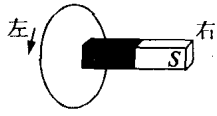


图 3-3-3

3. 如图 3-3-3 所示，有一固定的超导体圆环，在其右侧放着一条形磁铁，此时圆环中没有电流，当把磁铁向右方移走时，由于电磁感应，在超导体圆环中产生了一定的电流 ( )

A. 此电流方向如图中箭头所示，磁铁移走后，电流很快消失

B. 此电流方向如图中箭头所示，磁铁移走后，电流继续维持

C. 此电流方向与图中箭头方向相反，磁铁移走后，电流很快消失

D. 此电流方向与图中箭头方向相反，磁铁移走后，电流继续维持

4. 在电工学中描述导体的导电能力的强弱用电导来表示，记作 G，导电能力强则 G 值大，反之则小.经实验测定 G 值大小与导体的长度 L 成反比，与导体的截

面积 S 成正比，与导体的材料在一定温度下的电导率 σ 成正比. 由于 $G \propto k\sigma S/L$，在国际单位制中取 $k=1$，G 的单位用西门子，长度单位用 m，截面积的单位用 m^2，由公式 $G=\sigma S/L$ 可以推得 σ 的单位是(西门子/米). 与教材上学到的电阻定律 $R=\rho L/S$ 相比较可以得出电阻 R 与电导 G 的关系式为_____，电阻率 ρ 与电导率 σ 的关系式为_____，如果用电导代替电阻，欧姆定律应写作_____. 如果两个电导分别为 G_1 和 G_2，将它们串联使用时总的电导 $G_{串}=$_____.

5. 家用电热灭蚊器中电热部分的主要元件是由一种半导体材料制成的电阻器，该电阻器的电阻率与温度的关系如图 3-3-4 所示，由于这种特性，该电阻器具有发热与控温的双重作用，以下判断正确的是 (　　)

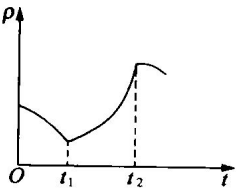


图 3-3-4

A. 通电后，其电功率先增大后减小

B. 通电后，其电功率先减小后增大

C. 当产生的热量与散发的热量相等时，温度保持在 t_1 不变

D. 当产生的热量与散发的热量相等时，温度保持在 t_1 到 t_2 之间的某一值不变

【答案与提示】

1. (1)C　(2)A　2. 不变；不变　3. D　4. $R=\rho G/\sigma$；$\rho=1/\sigma$　$I=U/R=UG$；$1/G_1+1/G_2$　5. C

课题 2　光导纤维与通讯



引　言

随着科学技术的迅速发展，光导纤维现已在通信、电子和电力等领域日益扩展，成为大有前途的新型基础材料. 与之相伴的光纤技术也以新奇、便捷赢得人们的青睐. “信息高速公路”的基础是光纤通信，它用数百万千米的光缆把千万家用户单位联结在一起. 以光纤为基础的“信息高速公路”有很宽的频带，可以同时传送 800 个电视频道，因此，无论是文字信息、声音信息，还是图像信息或电视，都可以在“信息高速公路”的网络中及时传送，且传送的速率极高.

新教材基础知识摘要

1. 全反射

不同介质的折射率不同，我们把折射率小的叫光疏介质，折射率大的叫光密介质，当光由光密介质射入光疏介质时（例如由玻璃射入空气），折射角大于入射角，在这种条件下，当入射角增大到某一角度时，折射光线完全消失，只剩下反射光线，这种现象叫做全反射.

2. 临界角

我们把光刚能够发生全反射时的入射角，叫做全反射的临界角，这时的折射角恰好等于 90°. 设某种介质的折射率为 n，光由该种介质射向空气发生全反射的临界角为 C，由折射定律 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 根据光路的可逆性原理，折射定律可以改写成 $\frac{1}{\sin C}=n$，于是解得 $\sin C=\frac{1}{n}$.

3. 光导纤维

光导纤维简称光纤，是一种非常细的玻璃丝，直径只有几微米到一百微米之间，而且分为内芯和薄薄的外套两部分，内芯的折射率比外套大，因此光在内芯中传输时会在内芯和外套之间的界面上发生全反射，光波实际上也是一种电磁波，它像无线电波一样也能传递信息，目前被广泛用于光纤通信中.

课题研究背景资料透视

1. 前景广阔的塑料光纤

目前普遍使用的是玻璃光纤，这种光纤有个突出的缺点，就是其直径一旦小于 0.1 毫米时，因其耐冲击性能差而且不易连接，使用便比较困难，而且生产成本较高. 能否利用塑料光纤代替玻璃光纤呢？科技工作者为此进行了长期的努力.

最近，由日本三菱丽阳公司首创的一种新型高性能塑料光纤，在该公司的一条专用线上投入使用，从而为塑料进入光通信领域开创了一条新路. 这种塑料光纤传送容量是玻璃光纤的 30 倍，可传送 500 个频道的数字化电视画面. 这种塑料光纤柔韧性能好，可随意弯曲，且易于连接，加工制造工艺也比较简单. 这种新型光纤的价格（含敷设费用）只有玻璃光纤的 1/5，与使用相同容量的铜线价格相当，在进入普通家庭及企业内部信息网络方面有望取代目前的铜线.

塑料光纤的研制成功，给光通信事业的快速发展与普及带来了新的希望.

2. 全氟树脂光纤

光纤能传送比铜线多得多的信息，是多媒体社会必不可少的高技术材料. 按制造材料的不同，光纤可分为石英系列和塑料系列. 石英系列的光纤透光性好，可

用于 100～200km 的长距离传送，其缺点是直径只有 10～60μm，因而容易折断，加工和连接较为困难．以丙烯基树脂为原料的塑料系列光纤，其特性正好与石英系列相反，它柔软易于加工也易于连接，但由于透光性能不好，传送距离仅限于 50m 以内，只能用在传感器等仪器仪表上．

随着多媒体进入普通家庭，有必要将光纤敷设到千家万户，成本便宜的丙烯基树脂制造的塑料系列光纤就成为首选，因此有必要改进其透光性能．

丙烯基树脂制成的塑料光纤，透光性差的主要原因是由于树脂内的碳氢结合吸收了近红外波长．旭玻璃制造公司独自开发的一种全氟树脂材料，因为不含氢，所以不会吸收近红外波长．同时，由于具有的环状构造是非品质的，可见光的透光率达 95%以上．

课题研究案例

课题 2.1　认识光纤的结构和原理

(1)观察光纤的结构

取来一小段光纤(可从学校实验室获取，也可到电信部门去索取)，将其外皮切开，观察它的内部结构．

问题：光纤是实心的还是空心的？为什么？

光纤是由什么材料制成的？它的直径大约有多大？

(2)搞清光纤的应用原理

根据光的全反射的知识，解释光纤是如何传输光信号的，分小组进行讨论；

根据光的独立传播性原理，解释光纤为什么能同时传输很多信号，分小组进行讨论．

(3)小结

光纤内侧的芯线，光的折射率高，而外侧的金属包层折射率低．因此，要采用在芯线中轴线处光的折射率最高、向四周逐渐降低的缓变折射率的结构形式．采用此种结构，能够扩大传送带域，可以每秒传送 1G 字节的速度将信息传送 200～500m．

课题 2.2　实验：探究光在光纤中传输的规律

(1)器材

弯曲玻璃棒、烧杯、有机无色透明溶剂(折射率大约为 1.5 左右)、激光发生器(学校实验室均有以上器材)．

(2)步骤

① 将玻璃棒置于空中，将激光发生器发出的激光正对玻璃棒的一端 a，如图 3-3-5 甲所示，观察玻璃棒的另一端 b，发现有光射出；

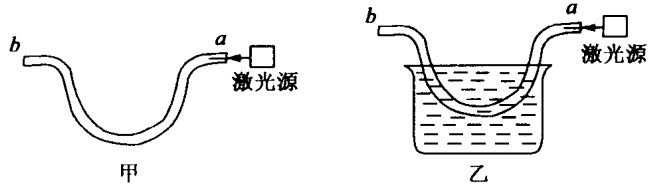


图 3-3-5

② 将玻璃棒置于装满溶剂的烧杯中，两端露出液面，如图 3-3-5 乙所示，重复步骤 1，观察玻璃棒的另一端 b，发现没有光射出.

(3)实验小结

步骤 1 中，玻璃棒和空气相比，其折射率明显大于空气，是光密介质，光在玻璃棒中发生多次全反射，最后从 b 端射出；步骤 2 中，玻璃棒和溶剂相比，两者折射率几乎相等，所以，光射到玻璃棒和溶剂的界面上不发生全反射，将直接进入溶剂中.这说明了光纤内芯的折射率比外芯大许多，光在光纤中以全反射的方式沿光纤传输.

课题 2.3　对两种通信材料——光纤与铜线的分析比较

在通信领域中，光纤和电线(以铜线材料为主)是目前普遍采用的两种通信材料，它们有着各自的特点.下面对这两种材料作一比较：

(1)材料的经济方面

目前光纤所使用的材料以塑料、树脂或石英为主，制作工艺简单、取材较为广泛，显然，这些材料的成本要比铜材低，制作相同规格的光纤和铜线，光纤的投资较少.

(2)传输信号容量和抗干扰方面

光纤中的信号是以光的形式在其中传输的，而电线中传输的是电信号，传输方式的不同导致了信号在两种材料中的容量也各不相同.根据光的独立传播原理可知，当多个光信号在光纤中传播时，它们互不干扰.对电线而言，如果有多个电信号在其中传播，会产生相互干扰的现象，不能同时传输多个信号.

(3)能耗方面

光在光纤中通过全反射将信号传输出去，内芯介质吸收光能是导致光纤中信号损耗的主要因素.电线有阻抗和电抗，当电信号通过电线时，阻抗和电抗都将导致电能的损失，相比之下，采用光纤通信的方式，能耗较少，灵敏度高.

(4)物理化学性能方面

光纤材料有很强的抗腐、耐高温、抗潮等方面的能力，而且其密度较小，质地柔软，便于卷绕携带等优点.电线的材料是金属，暴露空中受潮后很容易腐蚀生

锈,影响使用寿命和通信质量.

课题 2.4　查阅资料:统计影响光纤传输质量的因素

光纤传输信号时也有不足,有许多影响光纤通信质量的因素,这些因素主要有:固有因素、弯曲、挤压、杂质、不均匀和对接等.

固有因素:是由材料决定的.即光纤的固有损耗,包括散射和吸收等.

弯曲:光纤弯曲时部分光纤内的光会因散射而损失掉,造成损耗.

挤压:光纤受到挤压时产生微小的弯曲而造成的损耗.

杂质:光纤内杂质吸收和散射在光纤中传播的光造成的损失.

不均匀:光纤材料的折射率不均匀造成的损耗.

对接:光纤对接时产生的损耗.

课题 2.5　查阅资料:统计光纤材料的种类

光纤的种类很多,分类方法也是各种各样的.

(1)按照制造光纤所用的材料分类:有石英系光纤、多组分玻璃光纤、塑料包层石英芯光纤、全塑料光纤和氟化物光纤等.

(2)按光在光纤中的传输模式可分为:单模光纤和多模光纤.

单模光纤:中心玻璃芯很细(芯径一般为 9 或 10μm),只能传一种模式的光.因此,其模间色散很小,适用于远程通讯.

多模光纤:中心玻璃芯较粗(50 或 62.5μm),可传多种模式的光.

(3)按折射率分布情况分:阶跃型和渐变型光纤.

阶跃型:光纤的纤芯折射率高于包层折射率,使得输入的光能在纤芯一包层交界面上不断产生全反射而前进.这种光纤纤芯的折射率是均匀的,包层的折射率稍低一些.

渐变型光纤:光纤中心芯到玻璃包层的折射率是逐渐变小,可使高次模的光按正弦形式传播,这能减少模间色散,提高光纤带宽,增加传输距离,但成本较高,现在的多模光纤多为渐变型光纤.

(4)按光纤的工作波长分类,有短波长光纤、长波长光纤和超长波长光纤.

课题 2.6　查阅资料:对光纤应用领域方面的调查

光纤运用领域十分广泛,可着手从下列几方面加以调查:

1. 通讯领域

传输电视、电话、图文信号,宽带接入信号.

2. 军事领域

如光纤制导.

3. 医疗领域

如胃肠镜.

4. 其他领域

研究性实践

1. 下列有关光现象的应用技术，说法不正确的是 （ ）

A. 无影灯是应用光的衍射现象

B. 增透膜是应用光的干涉现象

C. 分光镜是应用光的色散现象

D. 光导纤维是应用光的全反射现象

2. 如图 3-3-6 所示，一束光线射到透明介质球上的 A 点，入射角为 i，则 （ ）

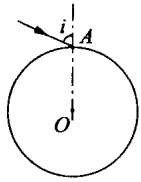


图 3-3-6

A. 当 i 足够大时，在 A 点将发生全反射

B. 当 i 足够大时，从球内向外射出时将发生全反射

C. 无论 i 多大，在 A 点均不会发生全反射

D. 无论 i 多大，从球内向外射出时均不发生全反射

3. 光纤是光导纤维的简称，它是由一种非常细的玻璃丝制成的，直径只有几微米到一百微米，而且分为内芯和薄薄的外套两部分，如图 3-3-7 所示，光波实际上是一种电磁波，它像无线电波一样，也能用来传递信息——光纤通信，光纤通信的主要优点是能同时传递大量的信息，数以万计的电话机可以同时使用同一条光纤进行通话而不互相干扰. 问题：

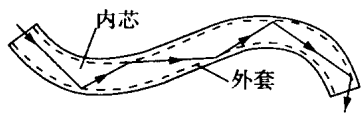


图 3-3-7

(1)内芯和外套的折射率是否相等？如果不等，请说出哪个是光密介质？

(2)光纤通信是利用了光的哪一种现象？

(3)有一种光纤的内芯直径约为 50μm，假设光信号在其中传递时，每个信息占用其空间对应的直径约为 10nm，试估算此光纤可同时传送多少个信息？

4. 如图 3-3-8 所示，钠蒸气所发出的黄光，频率为 5.1×10^{14}Hz，它以 45°入射角从截面为等腰三角形的三棱镜的一腰射入三棱镜，折射角为 30°，求此黄光在三棱镜中的传播速度和波长. 若三棱镜对此黄光的临界角为 45°，上述折射线在棱镜内直接射到另一腰时发生了全反射，求三棱镜截面顶角的最小值. 若一束紫光以 45°入射角从一腰射入此棱镜，折射线直接射到另一腰时是否会发生全反射？

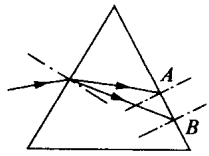


图 3-3-8

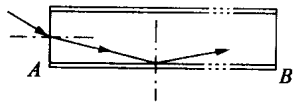


图 3-3-9

5. 如图 3-3-9 所示，AB 为一长 $L=30$km 的光

导纤维，一束光线从端面 A 射入，在侧面发生全反射，最后从 B 端面射出，已知光导纤维的折射率 $n=1.35$，光线从纤维内侧面向外射出时，临界角的正弦为 $\sin C=0.9$，设在侧面发生全反射的光线从 A 端传播到 B 端所需时间为 t，求 t 的取值范围.

【答案与提示】

1. A　2. 发生全反射的条件有两个：光线从光密媒质射向光疏媒质和入射角大于临界角.因此，光线在 A 点从空气中进入介质球时肯定不会发生全反射.光线从介质球向外射出时的入射角 i' 是随着 i 的增大而增大的.因此，不少人认为答案 B 是对的，其实，虽然随着 i 的增大，i' 增大，但 i' 的增大只是逐步接近临界角 C，而永远不可能大于临界角 C，如图 3-3-10 所示，对于球面上的任一点，球面法线一定过圆心 O，设 r 为光线从 A 点射入时的折射角，i' 为从 B 点射出时的入射角，它们为等腰三角形 ABO 的两底角，因此有 $i'=r$.根据折射定律，$\frac{\sin i}{\sin r}=n$，$\sin r=\frac{\sin i}{n}$，即随 i 增大，r 增大.但显然 r 不可能大于临界角 C，故 i' 不可能大于临界角，即光线从 B 点射出时，也不可能发生全反射.如果从 B 点仍有部分光线反射到 D 点射出，显然，在 D 点入射角仍等于 r，也不可能发生全反射.本题答案：C、D

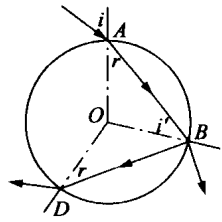


图 3-3-10

3. (1)内芯和外套折射率不同，内芯是光密介质.　(2)光纤通信利用了光的全反射现象.　(3)$n=\frac{\pi\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{\pi\left(\frac{d_2}{2}\right)^2}=2.5\times 10^7$个.

4. 根据折射定律，三棱镜对黄光的折射率：$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ}=1.414$.黄光在三棱镜中的速度：$v=c/n=2.12\times 10^8(\mathrm{m/s})$，由于黄光在三棱镜中的频率 f 不变，由波长、波速和频率的关系可得 $\lambda=v/f=0.42\times 10^{-6}\mathrm{m}$，由 $v_{紫}>v_{黄}$ 可知 $n_{紫}>n_{黄}$，根据折射定律，当紫光和黄光以相同的入射角射入同一介质中时，其折射角是不同的，运用公式 $\sin r=\frac{\sin i}{n}$ 可得知 $r_{紫}<r_{黄}$.如图中所示，若黄光射到另一腰的 A 点，因紫光折射角较小，紫光将射到另一腰的 B 点.黄光和紫光在此腰上的入射角分别为 i_A 和 i_B，显然 $i_B>i_A$，因为 $n_{紫}>n_{黄}$，可知紫光的临界角 C_B 与黄光的临界角 C_A 间关系为 $C_B<C_A$.故一定有 $i_B>C_B$，即紫光在另一腰一定会发生全反射.

5. t 的取值范围为　$1.35\times 10^{-4}\mathrm{s}\leqslant t<1.5\times 10^{-4}\mathrm{s}$.

课题3 纳米技术



引 言

纳米技术的形成与纳米材料的出现，是20世纪物理学的发展和材料科学的进步带给人类的突破性成果，是人类科技发展史上又一座重要的里程碑，其可能带来的所有影响无论怎样估计都不过分.

纳米是一米的十亿分之一.自从扫描隧道显微镜发明后，世界上便诞生了一门以0.1nm～100nm这样的尺度为研究对象的前沿学科，这就是纳米科技.本课题将以详实的资料为背景，介绍有关纳米技术、纳米技术应用以及发展前景等方面的知识.

新教材基础知识摘要

纳米是一个长度单位，符号是nm.$1nm=10^{-9}m$.一般分子的直径大约为0.3nm～0.4nm，蛋白质分子比较大，可达几十纳米；病毒的大小为几百纳米.纳米科学技术尺度内(0.1nm～100nm)的科学技术，研究对象是一小堆分子或单个的原子、分子.

研究表明，在纳米尺度内发生很多新的现象，在技术上会有很多新进展.借助扫描隧道显微镜观察和操纵原子、分子，实际上就是一种纳米技术，科学方面，用纳米薄层和纳米点制造纳米电子器件——存储器、显示器、传感器等，使器件的尺寸更小、运行的速度更快、耗能更少.在医疗方面，制造纳米结构药物以及生物传感器，研究生物膜和DNA的精细结构，在生命科学领域实现技术突破.在制造业方面，利用纳米机械制造蜜蜂大小的直升机……

课题研究背景资料透视

纳米技术的灵感，来自于已故物理学家理查德·范曼1959年所作的一次题为《在底部还有很大空间》的演讲.这位当时在加州理工大学任教的教授向同事们提出了一个新的想法.从石器时代开始，人类从磨尖箭头到光刻芯片的所有技术，都与一次性地削去或者融合数以亿计的原子以便把物质做成有用的形态有关.范曼质问道，为什么我们不可以从另外一个角度出发，从单个的分子甚至原子开始进行组装，以达到我们的要求？他说："至少依我看来，物理学的规律不排除一个原子一个原子地制造物品的可能性."

1990年，IBM公司阿尔马登研究中心的科学家成功地对单个的原子进行了重排，纳米技术取得一项关键突破.他们使用一种称为扫描探针的设备慢慢地把35个原子移动到各自的位置，组成了IBM三个字母.这证明范曼是正确的，两个字母加起来还没有3个纳米长.不久，科学家不仅能够操纵单个的原子，而且还能够"喷涂原子".使用分子束生长技术，科学家们学会了制造极薄的特殊晶体薄膜的方法，每次只造出一层分子.目前，制造计算机硬盘读写头使用的就是这项技术.

课题研究案例

课题3.1　纳米技术的介绍

所谓纳米，是十亿分之一米($1nm=10^{-9}m$).纳米材料就是指至少一个维度上具有100nm以下尺度的相分离材料，包括：粉末、纤维、薄膜、液体或块体，并且其性质不同于一般材料.科学实验证实，当常态物质被加工到极其微细的纳米尺度时，会出现特异的表面效应、体积效应和量子效应，其光学、热学、电学、磁学、力学乃至化学性质也就相应地发生十分显著的变化.因此纳米材料具备其他一般材料所没有的优越性能，可广泛应用于电子、医药、化工、军事、航空航天等众多领域，在整个新材料的研究应用方面占据着核心的位置.

课题3.2　对纳米材料的统计与分析

查找资料，对纳米材料及其特点进行统计：纳米粉末、纳米纤维、纳米孔膜、纳米块体等.

纳米粉末：又称为超微粉或超细粉，一般指粒度在100nm以下的粉末或颗粒，是一种介于原子、分子与宏观物体之间处于中间物态的固体颗粒材料.可用于：吸波隐身材料；磁流体材料；防辐射材料；单晶硅和精密光学器件抛光材料；微芯片导热基片与布线材料；微电子封装材料；先进的电池电极材料；高效助燃剂；敏感元件；高韧性陶瓷材料(摔不裂的陶瓷，用于陶瓷发动机等)；人体修复材料；抗癌制剂等.

纳米纤维：指直径为纳米尺度而长度较大的线状材料.可用于：服装、微导线、微光纤(未来量子计算机与光子计算机的重要元件)材料；新型激光或发光二极管材料等.

纳米孔膜：纳米膜分为颗粒膜与致密膜.颗粒膜是纳米颗粒粘在一起，中间有极为细小的间隙的薄膜.致密膜指膜层致密但颗粒尺寸为纳米级的薄膜.可用于：气体催化(如汽车尾气处理)材料；过滤器材料；高密度磁记录材料；光敏材料；平面显示器材料；超导材料等.

纳米块体：是将纳米粉末高压成型或控制金属液体结晶而得到的纳米晶粒材

料.主要用途为:超高强度材料;智能金属材料等.

课题 3.3　调查纳米技术的应用领域

(1)对市场纳米材料的应用进行调查研究

迄今为止,我国已经建立 10 多条纳米材料和技术的生产线,纳米复合塑料、橡胶和纤维的特性、纳米功能涂层材料的设计和应用、纳米材料在能源和环保等方面的应用开发已在我国兴起.以纳米材料和纳米技术注册的公司达到近 100 个,企业家对纳米材料和技术的关注,为纳米技术产业的形成注入了新的活力.

(2)纳米材料的用途很广,主要用途有:

医药　使用纳米技术能使药品生产过程越来越精细,并在纳米材料的尺度上直接利用原子、分子的排布制造具有特定功能的药品.纳米材料粒子将使药物在人体内的传输更为方便,用数层纳米粒子包裹的智能药物进入人体后可主动搜索并攻击癌细胞或修补损伤组织.使用纳米技术的新型诊断仪器只需检测少量血液,就能通过其中的蛋白质和 DNA 诊断出各种疾病.

家电　用纳米材料制成的纳米材料多功能塑料,具有抗菌、除味、防腐、抗老化、抗紫外线等作用,可用作电冰箱、空调外壳里的抗菌除味塑料.

电子计算机和电子工业　可以从阅读硬盘上读卡机以及存储容量为目前芯片上千倍的纳米材料级存储器芯片都已投入生产.计算机在普遍采用纳米材料后,可以缩小成为"掌上电脑".

环境保护　环境科学领域将出现功能独特的纳米膜.这种膜能够探测到由化学和生物制剂造成的污染,并能够对这些制剂进行过滤,从而消除污染.

纺织工业　在合成纤维树脂中添加纳米 SiO_2、纳米 ZnO、纳米 SiO_2 复配粉体材料,经抽丝、织布,可制成杀菌、防霉、除臭和抗紫外线辐射的内衣和服装,可用于制造抗菌内衣、用品,可制得满足国防工业要求的抗紫外线辐射的功能纤维.

机械工业　采用纳米材料技术对机械关键零部件进行金属表面纳米粉涂层处理,可以提高机械设备的耐磨性、硬度和使用寿命.

课题 3.4　我国纳米科技成果一览

近年来,我国科学家在纳米科技领域屡创佳绩,世界权威科学刊物或者相关国际会议上,中国人频频在纳米领域"露脸",让世界为之瞩目.

1993 年,中国科学院北京真空物理实验室自如地操纵原子成功写出"中国"二字,标志着我国开始在国际纳米科技领域占有一席之地,并居于国际科技前沿.

1998 年,清华大学范守善小组成功地制造出直径为 3～50nm、长度达微米量级的氮化镓半导体一维纳米棒,使我国在国际上首次把氮化镓制备成一维纳米晶体.

1998 年,我国科学家用非水热合成法,制备出金刚石纳米粉,被国际刊物誉

为“稻草变黄金——从四氯化碳制成金刚石”.

近年,中国科学院物理研究所解思深研究员率领的科研小组,不仅合成了世界上最长的“超级纤维”碳纳米管,创造了一项“3毫米的世界之最”,而且合成出世界上最细的碳纳米管.

1999年上半年,北京大学纳米技术研究取得重大突破,电子学系教授薛增泉领导的研究组在世界上首次将单壁碳纳米管组装竖立在金属表面,并组装出世界上最细且性能良好的扫描隧道显微镜用探针.

1999年,中科院金属研究所成会明博士合成出高质量的碳纳米材料,使我国新型储氢材料研究跃居世界先进水平.这种新材料能储存和凝聚大量的氢气,并可能做成燃料电池驱动汽车.

研究性实践

1. 近来纳米一词越来越多的出现在各种广告和媒体上.纳米技术的运用可以使许多传统产品得到改善并更具有市场竞争力.下列说法错误的是 ( )

A. 纳米是一种长度单位

B. 纳米是一种物质

C. 胶体中分散质的粒子直径是纳米级的

D. 纳米技术比微米技术更先进

2. 阅读下面的文字,并完成下面的4个小问题:

在“基本粒子”的大家族中,有一种叫中微子,它那穿山过海,敢于与光速较量的神奇本领和不费吹灰之力穿过地球的拿手好戏,极大地触发了科学家们应用研究的灵感.于是,中微子通信的设想脱颖而出了.这是一种采用中微子束来代替电磁波传递信息的无线通信方式.它可以冲破电磁波通信不可逾越的水下和地下这两大禁区,实现全球无线通讯,它保密性好,传递信息快,不受外界干扰,对人体无害.这些优点是其他通信方式无法比拟的.

中微子通信过程和微波通信相似,有发射和接收装置,如图3-3-11所示,通信时,发射端首先用高能质子加速器,将质子加速到几千亿电子伏特的能量,然后去轰击一块金属靶子,此时,靶子的背面就会产生许多“短命”的介子,这些介子一边运动,一边发生衰变,从而变成中微子和 μ 子.再用信号对它进行调制,接着通过磁场控制载有信息的中微子束,使之按人的旨意朝某一方向传向目标.

接收端是一个储有近亿吨水的大水箱,箱内的光探测器星罗棋布.当发射来的中微子束在水中传过时,就会与原子核中的中子发生核反应而生成 μ 子,μ 子在水中高速前进,受到核的减速作用放出光子,这些光子进而被水中的光探测器接收,即可把原来中微子束所携带的信息解调出来,从而达到通信的目的.

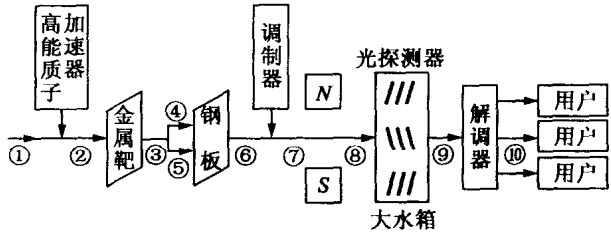


图 3-3-11

(1)从原文意思来看,下列对中微子通信和电磁波通信所做的判断,正确的一项是 ( )

A. 它们的通信过程,传递路线和装置是基本相同的

B. 中微子穿透力强,金属板也不会对它产生阻碍

C. 中微子能冲破水下和地下两大禁区,是目前世界上最先进的应用通信方式

D. 中微子通信和电磁波通信都是用光来传输信息的

(2)示意图中传输线路上用号码标出了十个位置.据文意判断,下列说法中正确的一项是 ( )

A. 在中微子无线电通信中,⑧应是传导距离最长的一段

B. 从⑥开始,"身怀绝技"的中微子便开始出现了

C. 通过①、②两处的,是达到几千亿电子伏特能量的质子

D. 在③处产生的介子,到④或⑤时变成了 μ 子;到⑨或⑩处,μ 子又重新传递信息

(3)在大水箱内,接替中微子束传输信息的依次是 ( )

A. μ 子—光子—中微子

B. 中子—μ 子—光子

C. μ 子—光子

D. 原子核—中子—μ 子—光子

(4)下列对中微子通信的理解不正确的是 ( )

A. 解调器是用来还原信息的装置

B. 中微子通信的始端和终端都利用了核物理原理及其技术

C. 经过磁场之后的中微子才成为束状并具有定向性

D. 中微子通信利用了基本粒子的某些特性,是一种采用了高新技术的无线电通信方式

3. 美国研制的隐形飞机使用纳米材料,对雷达波的吸收可达 99%,若雷达波

到达隐形战机时功率为 4.5×10^5kW，则隐形机吸收雷达波的功率达多少 kW？若雷达波脉冲宽度为 $10^{-3}\mu$s，则隐形机在每个脉冲时间内，吸收雷达波的能量为多少焦耳？

4. 将 $1cm^3$的油酸溶于酒精，制成 $200cm^3$的油酸酒精溶液，已知 $1cm^3$溶液有 50 滴，现取 1 滴油酸酒精溶液滴在水面上，随着酒精溶于水，油酸在水面上形成一单分子薄层，现已测出这一薄层的面积为 $0.2m^2$，由此可估测出油酸分子的直径为多少？

5. 金刚石的密度是 $3.5\times10^3kg/m^3$，有一小块金刚石的体积是 $5.7\times10^{-8}m^3$，试估算碳原子的直径的大小为多少米？合多少纳米？

6. 现代用离子显微镜可以测出钨原子的直径. 离子显微镜是由半径为 R 的球形玻璃容器和一根钨针组成，钨针的针尖放在容器的中心. 针尖的表面是半径是 r 的非常小的球面. 在球形容器的内表面涂上一薄层导电物质(像电视机荧光屏那样). 离子显微镜的工作原理如下：在容器中充入低压的氦气；在导电层和针尖之间加上高电压，使导电层带负电，针尖带正电，这时球形容器的内表面上产生光点. 测出最近相邻两光点之间的距离即可分析得出钨原子的直径. 试求：

(1)若 $R=10cm$，$r=5\times10^{-6}cm$，则这台离子显微镜的放大倍数为多少？

(2)球形玻璃容器内表面最近的相邻两光点间距离约为 0.4mm，则钨原子的直径约为纳米？

【答案与提示】

1. B　2. (1)B　(2)A　(3)C　(4)C　3. 4.46×10^5kW；0.446J　4. 分析：每 $1cm^3$的油酸酒精溶液中含有油酸的体积为$(1/200)cm^3$，每一滴溶液中含油酸的体积为　$V=(1/200)\times(1/50)cm^3=1\times10^{-10}m^3$. 油酸在水面上形成油膜，油膜的厚度即为油酸分子的直径. 根据题意，可得：$d=V/S=1.0\times10^{-10}/0.2=5.0\times10^{-10}$m.　5. 分析：碳的摩尔质量 $M_0=1.2\times10^{-2}$kg/mol，碳块的质量 $M=\rho V=3.5\times10^3\times5.7\times10^{-8}kg=1.0\times10^{-4}kg$，碳原子的个数 $n=\frac{M}{M_0}\cdot N_A=\frac{2.0\times10^{-4}}{1.2\times10^{-2}}\times6.02\times10^{23}=1.0\times10^{22}$(个). 将碳原子视作球形，设其直径为 d，则由分析得$\frac{1}{6}\pi d^3=\frac{V}{n}$，所以 $d=\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi n}}=\sqrt[3]{\frac{6\times5.7\times10^{-8}}{3.14\times10^{22}}}m\approx2.2\times10^{-10}m=22nm$.　6. 分析：处于球形玻璃容器中的低压氦气中的氦原子做无规则的热运动，与中心钨针上的钨原子发生碰撞，某些氦原子因此失去电子成为正离子；氦离子在电力作用下离开针尖，在导电层和针尖间的高电压作用下以很大的速度沿球半径运动(因容器中的氦气很稀薄，故可认为氦离子到达荧光屏前不与其他氦

原子碰撞),打到球形容器表面产生光点,由此可知每个光点对应着钨针上一个钨原子,该光点称为钨原子的像.

(1)根据放大倍数的定义,放大倍数 $k = R/r = 10/(5\times10^{-6}) = 2\times10^{6}$(倍),即 200 万倍.

(2)钨原子的直径 $d = s/k = (0.4\times10^{-3})/(2\times10^{6}) = 2\times10^{10}\text{m} = 10\text{nm}$.

课题 4　激光的特性及其应用的研究



引　言

40 年前,激光技术诞生了.激光的出现为人类提供了一种崭新的光源,它发出的光束很细,光能量在一个方向上高度集中,方向性强,亮度大,便于控制.正因为这样,激光技术获得了日益广泛的应用,目前被广泛应用于通信、军事、工业、农业、医疗、生活娱乐等各方面.那么,激光是如何产生的?有哪些特点?在技术上有哪些应用?这些都是本课题需要解决的问题.

新教材基础知识摘要

当原子处于激发态 E_2时,恰好有能量 $h\nu = E_2 - E_1$的光子从附近通过,在入射光子的电磁场影响下,原子会发出一个同样的光子而跃迁到低能级 E_1去,这种辐射叫做受激辐射.原子发生受激辐射时,发出的光子的频率、发射方向等,都跟入射光子完全一样,这样,一个入射光子由于引起受激辐射就变成了两个同样的光子.如果这两个光子在介质中传播时再引起其他原子发生受激辐射,于是,就会在极短的瞬间产生越来越多的频率和发射方向都相同的光子,使光得到加强(也叫光放大),这就是激光.而放大光的设备,就是激光器.

1953 年,根据爱因斯坦的受激辐射原理,美国物理学家汤斯研制成功了微波放大器.

1960 年 9 月,激光终于由美国年轻的物理学家梅曼研制成功.

课题研究背景资料透视

激光技术的先驱——汤斯

汤斯,1915 年生于美国北卡罗来纳州格林威尔.16 岁就进大学攻读物理学和语言学,24 岁那年获得物理学博士学位.汤斯几乎对每件事都感兴趣,他是一个达·芬奇式的人物——一位多才多艺的科学家.他除了以物理学家和教授闻名外,

也是一位潜泳运动员、旅行家、兰花栽培家和语言学硕士，他还是教学唱诗班的歌手，曾当过哥伦比亚大学附近一所教堂的执事.汤斯一踏上社会，就碰上第二次世界大战.那时，整个国家都忙于为战争服务.年轻的汤斯一心想从事理论物理学的研究，却找不到相应的工作.最后他只得进一家电气公司，当一名雷达工程师.雷达工程师和职责范围是研究雷达整体结构和工艺的设计，而不是搞纯理论的研究.但是，汤斯的才能并没有因此而被埋没，战争需要雷达，而制造先进的雷达需要扎实的微波电子学知识.于是汤斯开始悉心钻研微波电子学.不久他就成了一位精通微波电子学的专家，发明了第一台微波激光器.

最早的激光器

世界上第一台激光器，是由美国休斯飞机公司的科学家梅曼于1960年制成的，它是一种固体激光器.它的激励系统是一支能突然爆发出强光的螺旋形闪光管，激光物质是插在螺旋管中间的一红宝石棒.红宝石经闪光管发出的光照射后，发出激光，通过光学谐振腔的加强和调节后，便射出一股强有力的激光.

激光器的种类很多，但其制造原理基本相同.大多由激励系统、激光物质和光学谐振腔三部分组成.激励系统就是产生光能、电能或化学能的装置.目前使用的激励手段，主要有光照、通电或化学反应等.激光物质是能够产生激光的物质，如红宝石、钕玻璃、氖气、半导体、有机染料等.光学谐振控的作用，是用来加强输出激光的亮度，调节和选定激光的波长和方向等.目前激光器按激光物质的物理状态分，主要有固体激光器、半导体激光器、气体激光器和液体激光器四种.

课题研究案例

课题4.1　了解激光的产生机制和激光器的原理

(1)激光的产生机制

即激光的产生原因和过程.

(2)观察激光器的构成和工作方式

拆开一只激光器(可从学校实验室获取)，说出各部分的名称：由发光物质(介质)、管状谐振腔和激光源3部分组成.

观察不同的激光器，通过查阅资料说明如何从激光持续时间的长短对激光器进行分类：连续、脉冲、巨脉冲和超脉冲4种.

(3)对激光特点的剖析

第一：亮度高，梅曼研制的红宝石激光器发出的红色激光是太阳亮度的4倍，而近来研制的最新激光，其亮度要比太阳还要亮百亿倍，因为激光器发出的激光是集中在沿轴线方向的一个极小发射角内(仅1/10度左右)，辐射出巨大的能量，当它会聚在一点时，可产生几百万度，甚至几千万度的高温；

第二:颜色纯,拿氦氖气体激光器来说,它射出的波长宽度不到一百亿分之一微米,完全可以视为单一而没有偏差的波长,是极纯的单色光,在自然界中几乎找不到波长纯一的光;

第三:方向集中,如果将激光束射向月球,它不仅只须花 1s 左右便能到达月球表面,而且仅在那里留下一个半径为 2000m 的光斑区;

第四:相干性极好,由于激光的波长、频率、方向等是一致的,因此,激光是一种相干光波,可以用来做各种光学实验.激光物理学家通常用相干长度表示光的相干性,光源的相干长度越长,光的相干性越好.而激光的相干长度可达几十千米.因此,如果将激光用于精密测量,它的最大可测长度要比普通单色光大 10 万倍以上.

课题 4.2 研究不同的物质产生的激光在物理性能上的区别

(1)气体激光器

氦氖激光器.于 1960 年在美国贝尔实验室由伊朗物理学家伽万研制成功.是最常见的气体激光器,它发出的激光光束方向性和单色性好,是当今世界使用最多的激光器.

全息照相主要用这种激光器产生的激光.

氩离子激光器.发出鲜艳的蓝绿色光,可连续工作,输出功率达 100W,在可见光区域内输出功率最高.主要用于眼科手术、水下探测等.

另外还有二氧化碳激光器等.

(2)液体激光器

又称染料激光器,因为这类激光器的激活物质是某些有机染料溶解在乙醇、甲醇或水等液体中形成的溶液.为了激发它们发射出激光,一般采用高速闪光灯作激光源,或由其他激光器发出很短的脉冲光波.用于光谱分析、激光化学和其他科学研究,具有重要的意义.常见的液体激光器有:碳花青激光器、若丹明激光器、香豆素激光器等.

(3)化学激光器

通过化学反应产生激光.如氟原子和氢原子发生化学反应时,能生成处于激发状态的氟化氢分子.这样,当两种气体迅速混合时,便能产生激光,因此,不需要别的能量就能直接从化学反应中获得很强大的光能.这类激光器比较适合于野外工作,或用于军事目的,令人畏惧的死光武器就是应用化学激光器的一项成果.

(4)固体激光器

最常见的是红宝石激光器,早期采用普通光源作激光器,现在的激励的方式有放电激励、热激励和化学激励等.钇铝石榴石激光器也是常见的固体激光器,它的工作物质是氧化铝和氧化钇合成的晶体,掺有氧化钕.这种激光器输出功率较

大，广泛用于军事、工业上，此外，对治疗白内障和青光眼也十分有效.

(5)半导体激光器

也叫砷化钾半导体激光器，体积只有火柴盒一般大.是一种微型激光器，输出激光波长在0.8~0.9μm之间，属于红外激光.只要有适当强度的电流就有激光产生.它的保密性特别强，所以广泛应用于军事上.

课题4.3 激光技术的应用调查研究

(1)激光在医疗上的应用

用于治疗眼睛、牙齿、黑痣、妇科等疾病.激光手术是外科手术上的一项革命.常用的激光手术刀为二氧化碳激光器，刀刃就是激光束聚集起来的焦点(只有0.1mm)，焦点处功率密度可达$10^9W/m^2$.显然这样的光刀所到之处，就是骨头也会迎刃而解.激光刀的突出优点之一是：轻巧快捷、对生物组织有热凝固效应，手术中可减少出血.

(2)激光在军事上的应用

激光在军事上的运用可以分为两类：

①利用它的能量.激光武器有一个可怕的名字：死光.说明激光武器能释放出巨大的瞬间能量，在攻击目标上能产生高压、高温，从而摧毁目标.目前正在研制的γ射线激光器产生的激光是真正的死光，这种激光比可见光激光能量高几百万倍，它对人体的穿透力比X光强得多，照到人体上，能穿透人体的皮肤、肌肉、直至内脏，破坏肌体，致人死亡.这类武器有：激光枪、激光炮等.

②利用它的电磁波特性.利用红外激光具有很强的方向性和红外遥感的特点能很准确地探测被打击目标的特征、所在位置.目前被广泛用于激光制导、激光雷达中.

(3)激光唱片技术

激光能量密度高、方向集中，可以在很硬的材料上打出极细的小孔，电视唱片就利用了激光的这种特性.唱片的录制，一般采用功率大的蓝绿色激光，激光强弱随信号变化，激光在光盘上刻出纹道，纹道的变化规律与激光信号一致，这样一张光盘就刻好了，光盘上的信息也要通过激光解读，过程与刻录正好相反.现在，激光唱片技术已进入平常百姓家，如CD、VCD、DVD、HDCD、电脑光驱等电器.

(4)激光在通信技术上的应用

①光纤通信.“信息高速公路”一词是用来反映现在的通信技术高度发达，光纤通信已替代了传统的电缆通信，光纤传输的是光信号，激光的光学特性说明了激光无疑是最好的载波媒体，用激光传输信号的最大好处是途中信号损失极少.因此，激光技术已被广泛用于光纤通信中.

②激光雷达.无线电技术的发展使“千里眼”、“顺风耳”变为了现实，这里的千

里眼便是雷达.激光技术的出现,雷达才成为真正的"千里眼".

激光雷达比常规雷达有许多优点:激光雷达的光波较短,光束细,精度比微波雷达高10倍以上;激光雷达比常规雷达轻巧得多,在测定相等距离目标的条件下,激光雷达只需用直径为几厘米的透镜,而微波雷达要用直径为几十米的天线,远程微波雷达直径更大,一般要安装在雷达站中,而激光雷达只需用卡车装载,甚至几个人就能抬走;激光具有良好的抗干扰性能,不受地面电磁波的干扰.目前,激光雷达已被广泛用于无线通信、军事、航空航天等领域.

研究性实践

1. 某激光器发射波长为 λ 的激光,发射功率为 P,光速为 c,普朗克常量为 h,则该激光器每秒发射的光子数为 (　　)

A. $hP/(\lambda c)$　　B. $\lambda P/(hc)$　　C. $\lambda c/h$　　D. λPhc

2. 处于激发态的原子,如果在入射光子的电磁场影响下,引进高能态向低能态跃迁,同时在两个状态之间的能量差以辐射光子的形式发射出去,这种辐射叫做受激辐射,原子发生受激辐射时,发出的光子的频率、发射方向等都跟入射光子完全一样,这样使光得到加强,这就是激光产生的机理.产生激光的原子的总能量为 E_n,电子的电势能为 E_p,电子动能 E_k 的变化关系为 (　　)

A. E_p增大,E_k减小,E_n减小　　B. E_p减小,E_k增大,E_n减小

C. E_p增大,E_k增大,E_n增大　　D. E_p减小,E_k增大,E_n不变

3. 方向性很好的某一单色激光源,发射功率为 P,发出的激光波长为 λ,当激光束射到折射率为 n 的介质中时,由于反射其能量减少了10%,激光束的直径为 d,那么在介质中与激光束垂直的截面上单位时间内通过单位面积上的光子数为 (　　)

A. $3.6P\lambda/\pi d^2hc$　　B. $3.6P\lambda n/h\pi d^2hc$

C. $0.9P\lambda/hc$　　D. $3.6P\lambda/hc$

4. 目前广泛采用的激光刀是利用 CO_2 激光器,它是波长为10.6μm的红外光.人体的皮肤、黏膜及软组织对它的吸收率很高.故这种激光刀可用来切除脑部及神经肿瘤和各种血管瘤.

(1)上述激光的光子的能量为_____J;

(2)激光刀是利用了激光的 (　　)

A. 波动性　　B. 粒子性　　C. 高能量　　D. 单色性

(3)将激光束的宽度聚焦到纳米级范围,可对DNA分子进行超微型基因修复.这种修复,属于 (　　)

A. 基因重组　　B. 基因互换　　C. 基因突变　　D. 染色体变异

5. 利用激光对植物种子的辐射，从而获得新品种．这种改良种子的方法称为激光育种．育种过程引起的生物效应属于_____或_____．

6. 我国研究人员用发射功率为 2.0×10^{11}W 的钇铝石榴石激光器发出波长为 0.532μm 的蓝光在蚕卵上打出直径为 2μm 的小孔．激光器发射的激光是不连续的一道一道闪光，每道闪光称为一个光脉冲．若每个光脉冲持续时间为 1.0×10^{-8}s，求：

(1)每个光脉冲含光子数多少？

(2)每个脉冲时间内，蚕卵小孔单位面积上得到的光能是多少？

(3)若光脉冲在折射率为 1.46 的光导纤维的一个端面射入时恰能发生全反射，则光在 1m 长的光纤中传播的时间多长？

7. 某脉冲激光器的耗电功率为 2×10^3W，每秒钟输出 10 个光脉冲，每个脉冲持续的时间为 10^{-8}s，携带的能量为 0.2J，则每个脉冲的功率为_____W，该激光器将电能转化为激光能量的效率为_____．

8. 一辆实验小车可沿水平地面(图中纸面)上的长直导线轨道匀速向右运动．有一台发出细光束的激光器装在小转台 M 上，到轨道的距离 MN 为 $d=10$m，如图 3-3-12 所示．转台匀速转动，使激光束在水平面内扫描，扫描一周的时间为 $T=60$s．光束转动方向如图中箭头所示．当光束与 MN 的夹角为 45°时，光束正好射在小车上．如果再经过 $\Delta t=2.5$s，光束又射到小车上，则小车的速度为多少？(结果保留二位数字)

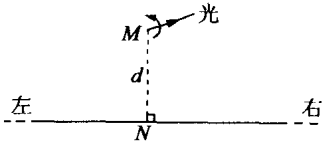


图 3-3-12

9. 光信号是一种电磁波，借助于物体上各个点发出的电磁波的频率、振幅以及相位的不同，人们可以区别物体的颜色、形状、远近等．1948 年盖伦提出全息照相原理．全息照相记录过程是，激光射出的激光束经分光镜分为两束，一束经透镜射到被摄物体上，再经物体反射到感光底片上；另一束经反射镜改变光路，再由透镜扩束后直接射到感光底片上．全息照相底片和普通照相底片在摄影冲洗后其底片上图像的不同点是_____．

【答案与提示】

1. B　2. B　3. A　4. 解答：(1)光子的能量 $E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}=1.88\times10^{-20}$J　(2)C　(3)A　5. 基因突变；染色体变异　6. 解：(1)由 $E=Pt$，$h\nu=h\frac{c}{\lambda}$ 得　$n=\frac{E}{h\nu}=Pt\frac{\lambda}{hc}=5.35\times10^{13}$个．　(2)由题意：$E/S=\frac{Pt}{\pi R^2}=6.37\times10^6$J/m^2．　(3)因为光在纤维中恰好能发生全反射，故光在沿光纤轴线方向的传

播速度为 $v_x = v\sin A = \frac{c}{n^2}$，传播 1m 的时间为 $t = \frac{L}{v_x} = n^2\frac{L}{c} = 7.1\times10^{-9}$s.

7. 2×10^7；0.1%　　8. 在 Δt 内，光束转过的角度为 $\Delta\psi = (\Delta t/T)\times360° = 15°$，如图 3-3-12 所示，有：(1)光束照射小车时，小车正在接近 N 点，Δt 内光束与 MN 的夹角从 45°变为 30°，小车走过 L_1，速度应为：$v_1 = \frac{L_1}{\Delta t}$，由图 3-3-13 可知 $L_1 = d(\tan45° - \tan30°)$，由上述两式并代入数据得 $v_1 = 1.7$m/s.　(2)光束照到小车上时，小车正在远离 N 点，Δt 内光束与 MN 的夹角从 45°变为 60°，小车走过 L_2，速度为 $v_2 = L_2/\Delta t$，由图可知 $L_2 = d(\tan60° - \tan45°)$. 最后代入数据得 $v_2 = 2.9$m/s.

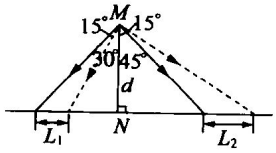


图 3-3-13

9. 全息照相底片上的图像是干涉条纹；普通照相底片的图像是物体的像.

课题 5　电磁波的利用



引　言

人类认识电磁波到现在不过一百年的时间，但电磁波在科学技术上已经得到了广泛的应用，如广播电视都要利用电磁波，导弹、人造卫星的控制以及宇宙飞船跟地面的通信联系也要利用电磁波；传真、移动通讯利用的是电磁波；雷达也是利用电磁波来测定物体位置的……那么电磁波是怎样产生的？它有什么特点？它广泛应用于哪些领域？本课题就这些问题作浅易的研究.

新教材基础知识摘要

1. 麦克斯韦的电磁场理论

19 世纪 60 年代，英国物理学家麦克斯韦(1831～1879)在总结前人研究电磁现象成果的基础上，建立了完整的电磁场理论. 麦克斯韦的电磁场理论主要包括以下内容：

不仅电荷能够产生电场，变化的磁场也能产生电场；

不仅电流能够产生磁场，变化的电场也能产生磁场；

变化的电场和磁场是相互联系的，形成不可分割的统一的场——电磁场.

2. 电磁波的产生及特性

麦克斯韦电磁场理论的第一个辉煌成就，就是预言了电磁波的存在. 从麦克斯韦的电磁场理论可以知道：如果在空间某处产生了一个随时间变化的电场，这

个电场就会在空间产生磁场，如果这个磁场也是随时间变化的，那么它又会在空间产生新的电场……这样，变化的电场和磁场就不局限于空间某个区域，而要由近及远传播开去，电磁场的这种传播就形成了电磁波.

电磁波在空间以一定的速度传播，麦克斯韦从理论上预见：电磁波在真空中的传播速度等于光速，约为 $c=3.0\times10^8$m/s. 波长、频率、周期、波速之间的关系为

$$v=\lambda f=\lambda/T$$

电磁场具有电磁能，电磁波的发射过程就是辐射能量的过程.

1865 年，英国麦克斯韦从理论上预言了电的任何波动可以在远处产生感应即电磁波的存在、并且电磁波能够从产生的地方以光的速度辐射出去，但他本人未能亲自做出实验验证. 1887 年，德国物理学家赫兹(Hertz, H. R., 1857～1894)利用静电的火花放电实验，证明了电磁波的存在；他还测定了电磁波的波长和频率，得到了电磁波的传播速度，证实了这个速度的确等于光速. 赫兹的实验还证明，电磁波与所有波动一样，能产生反射、折射、衍射、干涉等现象，从而证实了麦克斯韦的电磁场理论的正确.

课题研究背景资料透视

电磁理论的奠基人——麦克斯韦

英国的物理学家，1831 年 6 月 13 日出生于爱丁堡，1847 年入爱丁堡大学听课，专攻数学. 他很重视实验，涉及电化学、光学、分子物理学以及机械工程等；1850 年考入剑桥大学，1854 年以优异成绩毕业并获得了学位，留校工作；1856 年起任苏格兰的马理沙大学的自然哲学讲座教授，直到 1874 年，经法拉第举荐，自 1860 年起任伦敦皇家学院的物理学和天文学教授；1871 年起在剑桥大学负责筹划卡文迪许实验室，随后被任命为卡文迪许实验室第一任负责人，1879 年 11 月 5 日麦克斯韦因患癌症在剑桥逝世，终年仅 48 岁.

麦克斯韦一生从事多方面物理学的研究，最杰出的贡献就是在经典的电磁理论方面. 从 1855 年到 1861 年麦克斯韦对法拉第的电磁感应进行了深入的研究，分析了变化磁场产生感应电动势的现象，独创性地提出了“分子漩涡”和“位移电流”两个著名假说，这两个假说不仅仅是法拉第成果的数学反映，而是对法拉第电磁学作了实质性的增补. 1864 年 12 月 8 日，麦克斯韦在英国皇家学会上宣读了题为《电磁场的动力理论》的重要论文，这个理论所宣告的一个直接推论在科学史上具有重要的意义，即预言了电磁波的存在，交变的电磁场以光速和横波的形式在空间传播，这就是电磁波，光就是一种可见的电磁波. 电、磁、光的统一，被认为是 19 世纪科学史上最伟大的发现之一. 1888 年，麦克斯韦的预言被赫兹所证实.

人类无线电通信的创始人——意大利的马可尼

意大利的马可尼与俄国的波波夫成功地进行了世界上最早的无线电通讯活动，开创了人类通讯的新纪元.

1865 年，英国麦克斯韦从理论上预言了电磁波的存在，并且还预言：电磁波能够从产生的地方以光的速度辐射出去. 1887 年，德国物理学家赫兹利用静电的火花放电实验，证明了电磁波的存在，激起了人们利用电磁波的念头，而赫兹却英年早逝，未能在电磁波的应用技术方面开展科研工作.

1894 年，20 岁的马可尼偶然读到赫兹论述电磁波实验的文章，它深深触动了马可尼，从而把兴趣全部转移到利用电磁波进行通讯的实验上，立志实现无线电通信. 他说："当我利用赫兹波开始做第一批实验时，我简直不能想像，一些著名科学家竟忽略了应用这些理论."

以意大利的马可尼和俄国的波波夫为代表的科学家、发明家，在前人已掌握的电磁学和电磁波知识的基础上，大胆探索、奋勇实践，开启了电磁波应用的大门并开创了无线电通信这门新技术.

课题研究案例

课题 5.1　统计电磁波的种类

电磁波的种类很多，按照波长由长到短的顺序排列，可把电磁波具体分为无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、伦琴射线、γ 射线等，我们把这种方式的排列称之为电磁波谱.

最长的电磁波（无线电中的长波）其波长是最短的波长（γ 射线）的 10^{21} 倍以上. 其中，长波波长：30km～3km；中波波长：3km～200m；短波波长：200m～10m；微波：10m～1mm；红外线：10^{-4}m～7.5×10^{-7}m；可见光：7.5×10^{-7}m～3.75×10^{-7}m；紫外线：3.75×10^{-7}m～3×10^{-9}m；X 射线：3×10^{-9}m～3×10^{-12}m；γ 射线：3×10^{-12}m～……

各种电磁波波长、频率、波速之间的关系均满足：$v=\lambda f=\lambda/T$.

电磁波在真空中的传播速度等于光速，约为 $c=3.0\times10^{8}$m/s.

我们把无线电技术中的电磁波叫做无线电波，一般地，平时所指的电磁波即为无线电波.

课题 5.2　了解电磁波的发射技术

广播电台、电视台和无线通信部门都有发射设备，它们可以把不同类型的电磁波信号发射出去. 如何实现电磁波的发射？就这个问题我们走访了市电视台、广播电台和电信部门的有关技术人员，从他们的介绍中得到了这个答案. 下面就这方面的知识做简要小结：

如图 3-3-14 为广播电台的电磁波发射示意图.

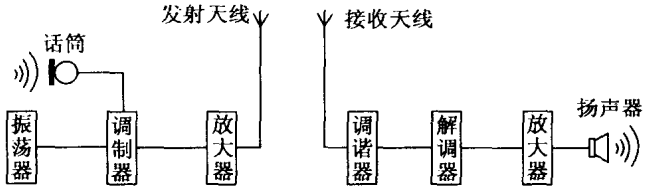


图 3-3-14

振荡器的作用是产生高频交变电流.调制器负责将话筒产生的声音电流和振荡电路中输出的交变电流进行耦合,使交变电流随信号而改变,这个过程称之为载波过程,也叫做调制,一般有两种调制方式:调幅和调频.

使振荡电路的振幅随信号而改变方式叫做调幅.调幅广播(AM)一般使用中波和短波波段.

使振荡电路的频率随信号而改变方式叫调频,调频广播和电视信号都采用调频的方法,通常使用微波中的甚高频(VHF)和(UHF).

从调制器输出的声音电流信号很微弱,能量极低,需要经过数级功率放大才能由天线发射器向外界发射.

天线电路由天线、地线和部分耦合电路组成,天线和地线是一个开放性电容器,它能够将放大器输出的信号发射到很广的区域,一般天线(发射塔)都是建造在离地面很高的地方.

课题 5.3　了解电磁波的应用

电磁波在现代生活和科学技术上有着极广泛的应用,广播电视、传真、移动手机通讯、可视图文、电视报刊、雷达、导航、卫星控制、军事……我们生活的世界,是一个充满电磁波世界.下面让我们来认识一下我们生活的电磁波应用技术——传真技术、电视和移动电话技术.

(1)传真通信技术

传真通信,是利用扫描技术,把固定的图像、文稿等转换成串行的电信号,然后利用通信技术把它们从一个地方按原样传送到另一个地方,并在那里以记录的形式复制出来的一种通信方式.如图 3-3-15 为传真通信发射和接收示意图.

那么,传真又是怎样工作的呢?

黑白文字或图片,不论内容如何复杂,都是由一串密密麻麻的黑白点子组成的,传真就是利用了图像的这一本质特征,在发射端,将图片贴在转动筒上,转动筒在光电管旁一面滚动一面沿轴移动,这样,图片上各点反射出来的明暗不同的

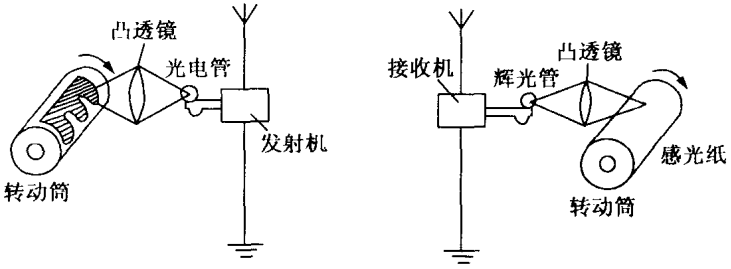


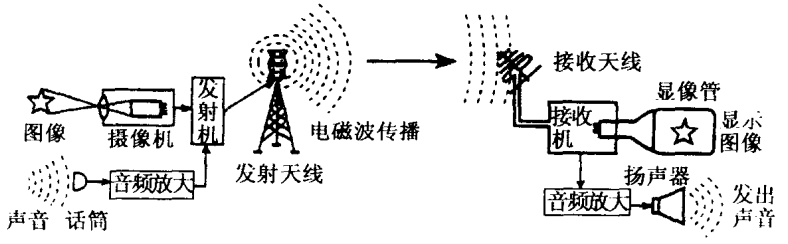
图 3-3-15

光,按一定的次序照在光电管上,光电管把光信号转化为电信号,然后把信号电流调制到等幅振荡电流上,经过发射机就把带有信号的电磁波发射出去.

接收机收到载有信号的电磁波后,经过放大、检波,得到随信号而变化的电流,送到辉光管,辉光管发出的光会聚到卷在接收端转动筒的感光纸上,使它感光,接收端的转筒跟发射端相同,运动状态也一样,感光纸经过显影、定影等程序,就得到跟发射端转动筒上一样的图片.

(2)电视

电视传送的是活动声像,在电视发射端,由摄像机提取景物并将景物反射的光转换为电信号,摄像镜头把被摄景物的像成在摄像管中的屏上,电子枪发出的电子束按一定规律偏转,对屏上的图像进行扫描,把一幅图像按各个部分的明暗情况,逐点变为强弱不同的信号电流,然后通过天线把带有信号的电磁波发射出去.如图 3-3-16 为电视信号发射和接收示意图.



甲　电视信号及其伴音的发送　　乙　电视信号及其伴音的接收

图 3-3-16

在电视接收端,电视接收天线接收到电磁波后,经过调谐、检波、功率放大,将电信号送到显像管,显像管里的电子枪发射电子束的强弱受电信号的控制,并且用与摄像管的电子枪相同的方式和步调进行扫描,这样当电子束射到显像管的荧光屏上时,在屏上便出现了与摄像管屏上相同的像.

(3)移动电话

现在,移动电话的使用已非常普及,移动电话系统是城市电话网的一部分,每一个移动电话都是一个无线电台,它将用户的声音转变为高频电信号发射到空中,同时它又相当于一个收音机,捕捉空中的电磁波,使用户接收到通话对方送来的信息.

从电信部门我们了解到:手机所使用的通信系统是蜂窝式移动电话系统.蜂窝式移动电话系统的特点是把移动电话交换中心的服务区分成像蜂窝那样的许多六边形小区,小区半径一般为1.5km~15km.在蜂窝式六边形小区的中心设置有基地——无线电收发信息设备和控制设备,极为有限的移动通信频率范围被分成7个频段,每个小区使用一个频段.

由于无线电波在空间传播一定距离后强度就变得很弱了,上述蜂窝式结构就为空间上实现频率重复使用创造了条件.也就是说,某一个基站使用的频段,可以在相隔一定距离的不同小区群的某个小区内重复使用.这样,就可以容纳无限多个移动电话用户,也不会出现相互间的干扰.

那么,怎样才能保证用户从一个小区打到另一个小区而电话不断呢?

这个问题是靠过区切换技术来解决的.在通话过程中,基站和手机能同时监测小区内的无线电波强度.当监测信号很弱时,表明移动用户已开始进入另一个小区,这时,基站就会自动指挥,让手机转换到另一个小区的工作频段上.这样就能实现手机在各个地方通讯畅通.

研究性实践

1. 在利用电磁波的特性时,下列叙述中不符合实际的是 ( )

①用γ射线处理医院排放的污水,可杀死各种病原体,保护环境免受污染

②常用微波对医院手术用具消毒

③化学反应可用红外线照射的办法提高其反应速率

④人造卫星是利用X射线对地球拍摄,因为X射线的穿透力强

A. ①③ B. ②④ C. ①② D. ②③

2. 无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线、γ射线合起来,构成了范围非常广泛的电磁波谱.不同的电磁波产生的机理不同,表现出的特性也不同.下列有关电磁波产生的机理的说法中,正确的是 ( )

A. 红外线是原子的外层电子受激发产生的,紫外线是原子的内层电子受激发产生的

B. 紫外线是原子的外层电子受激发产生的,X射线是原子的内层电子受激发产生的

C. 红外线是原子的外层电子受激发产生的，X 射线是原子核受激发产生的

D. 红外线是自由电子碰撞而产生的，γ 射线是原子的内层电子受激发产生的

3. 在 *LC* 振荡电路中产生振荡电流的过程中，理想的情况是能量没有损耗，振荡电流的振幅保持不变.但实际的振荡电路如果没有外界能量的及时补充，振荡电流的振幅总是要逐渐减小，下面的几种情况中，哪些是造成振幅减小的原因 （ ）

A. 电路中电阻对电流的阻碍作用

B. 线圈中铁芯内感应电流产生热量

C. 线圈自感电动势对电流的阻碍作用

D. 向空间辐射电磁波

4. 在应用电磁波的特性时，下列符合实际的是 （ ）

A. 医院里常用 X 射线对病房和手术室进行消毒

B. 医院里常用紫外线对病房和手术室进行消毒

C. 利用紫外线遥感技术可以在飞机或卫星上勘测地热、寻找水源、估计农作物的长势和收成

D. 人造卫星对地球拍摄是利用红外线照相有较好的穿透能力

5. 在北京一家电商场，两台电视机并列放置，一台直接接收中央电视台的新闻联播节目，另一台电视机接收某一地方电视台转播的新闻联播节目.在地方台转播的节目中，人物的动作、画面的更换都要比中央台的稍晚些.下面解释正确的是 （ ）

A. 电磁波传播需要时间，电磁波从北京到地方台转播站存在时间差

B. 地方台的设备没有中央台的设备精良

C. 地方台发射的电磁波受中央的电磁波干扰造成的信号延迟

D. 跟电视机的接收灵敏度有关

6. 无线电发射装置的振荡电路中的电容为 30pF 时，发射的无线电波的频率是 1607kHz.若保持回路的电感不变，将电容调为 270pF，这时发射的电波的波长为 （ ）

A. 62m　　B. 187m　　C. 560m　　D. 1680m

7. 气象卫星向地面发送的云图，是由卫星上的红外线感应器接收云层发出的红外线而形成的图像，云图上的黑白程度由云层的温度高低决定，这是利用了红外线的 （ ）

A. 不可见性　　B. 穿透性　　C. 热效应　　D. 化学效应

8. 下列说法正确的是 ( )

A. 天然放射现象的发现,揭示了原子核是由质子和中子组成的

B. 玻尔的原子结构理论是在卢瑟福核式结构学说上引进了量子理论

C. γ射线是波长很短的电磁波,它的贯穿能力很强

D. 卢瑟福的α粒子散射实验揭示了原子核有复杂结构

9. 实验证明,蛇的鼻和眼之间有一种红外感觉器,对周围温热物体产生感觉,能敏感地测出0.02℃的温度差异,反应时间低于0.1s,在黑色的夜晚也能准确地判断物体的位置,"响尾蛇"导弹就是依照蛇的这种结构制成的,这是仿生学的重大成果.

(1)关于蛇的红外感觉器,下列说法正确的是 ( )

A. 接受红外线,引起蛇的视觉　　B. 接受红外线,引起蛇的警觉

C. 发射红外线,引起蛇的视觉　　D. 发射红外线,引起蛇的嗅觉

(2)关于红外线 ( )

A. 一切物体都可以发射红外线　　B. 红外线的波长大于可见光

C. 红外线的频率大于可见光　　D. 红外线可以引起人的视觉

10. 在伦琴射线管的两极板间加6.63×10^{4}V的电压,设从阴极板发出的电子的初速度为零,加速到达阳极时具有的动能的10%变为伦琴射线的光子能量,普朗克恒量为6.63×10^{-34}J·s,电子电量为1.6×10^{-19}C,计算伦琴射线的波长.

11. 放射性在技术上有很多应用.不同的放射源可用于不同目的,下表列出了一些放射性同位素的半衰期和可供利用的射线.

同位素	辐射线	半衰期	同位素	辐射线	半衰期
钋210	α	138天	锝99	γ	6小时
镅241	α	433年	钴60	γ	5年
锶90	β	28年			

对于以下几种用途,分别应选取表中哪一种放射性元素作放射源?

(1)塑料公司生产聚乙烯薄膜,方法是让厚的聚乙烯膜通过轧辊被轧薄.利用适当的放射线来测定通过轧辊后的薄膜厚度是否均匀.

(2)使放射源和探测器间相隔很小一段距离,若它们间空气中烟尘浓度大于某一设定的临界值,探测器探测到的射线强度将正常情况下小得多,从而可通过自动控制装置,触发电铃,可预防火灾.

(3)用放射性同位素作示踪原子,可用于诊断人体内的器官是否正常,方法是将放射性同位素附着在某些物质上,给被检查者注射或口服这些物质.当这些物质的一部分到达要检查的器官时,可根据放射性同位素的射线确定器官是否发生

病变.

(4)医生用放射性方法治疗肿瘤.

【答案与提示】

1. B　2. B　3. A、B、D　4. B、D　5. A　6. C　7. C　8. B、C　9. (1)B　(2)A、B　10. $\lambda = 1.88 \times 10^{-10}$m　11. (1)测量聚乙烯薄膜厚度应采用锶 90 辐射的 β 射线,α 射线几乎不能穿过薄膜,因此无法测量薄膜厚度;γ 射线的穿透能力太强,薄膜厚一点或薄一点,对 γ 射线的穿透几乎毫无影响,因此也无法测量薄膜厚度.只有 β 射线,只能穿过几毫米厚的铝箔,因此,薄膜的厚度变化会造成 β 射线穿透量的明显变化,从而可确定所生产的薄膜是否均匀.　(2)相距很近的放射源和探测器间的烟尘对 β 射线和 γ 射线的穿透毫无影响,只有 α 粒子,在空气中只能飞行几厘米,因此,放射源和探测器间烟尘浓度的变化会对探测器接收到的 α 射线的强度有明显的影响,因此,应选择辐射 α 射线的放射源.另一方面,预防火灾的装置应能在很长时间内稳定工作,因此,放射源中放射性元素的半衰期应比较长.综合上述两方面原因,应选用表中的镅 241 作为放射源.　(3)检查时,要在人体外探测到从体内辐射出来的射线,故 α 射线、β 射线的穿透能力均不够,只有应用辐射 γ 射线的放射源.另一方面,进入人体的放射性物质不应长期存在于人体中,因此,应选择半衰期短的放射性同位素,检查以后,放射性可在短期衰减到可以忽略不计的程度.根据以上两个方面的要求,应选择表中的锝 99 作为放射源.　(4)治疗肿瘤时,放射源在人体外部,无需考虑残留的放射性元素对人体的危害,但应考虑穿透能力、工作的稳定性和为能杀伤肿瘤所需的射线强度,钴 60 辐射的 γ 射线能够满足这些要求.

课题 6　认识传感器



引　言

传感器是能够将所感受到的物理量(如力、热、光、声等)转换成便于测量的量(一般是电学量)的一类元件.例如:光电传感器是利用光敏电阻将光信号转换成电信号;热电传感器是利用热敏电阻将热信号转换成电信号.

在信息技术高速发展、电子计算机广泛应用的今天,担负着信息采集任务的传感器在自动控制、信息处理技术中发挥着越来越重要的作用.随着电子设备水平不断提高以及功能不断加强,传感器已在民用机器、产业机器、信息通信设备及汽车相关设备中得到了广泛的应用.

新教材基础知识摘要

1. 电容器是一种非常重要的电子元件，它已被广泛应用于传感技术中. 电容式传感器的工作原理涉及新教材中的下列知识：

平行板电容器的电容 C 跟介电常数 ε 成正比，跟正对面积 S 成正比，跟极板间的距离 d 成反比. 用公式表示为

$$C = \varepsilon S/4\pi kd$$（式中的 k 为静电力常量）

由此可知，当电容器的某个因素发生变化后，它的电容值随之变化，电路中与电容有关的其他电学量也发生了相应的变化.

一般来说，电容器的电容是由两个导体的大小和形状、两个导体的相对位置以及极板间的电介质决定的.

2. 电阻式传感器种类较多，其中的物理知识与新教材中的下列知识有关：

①电阻定律：金属导体的电阻 R 跟它的长度 L 成正比，跟它的横截面积 S 成反比，用公式表示为 $R=\rho\frac{l}{s}$，式中的比例系数 ρ 跟导体的材料有关，反映导体的导电性能，称之为电阻率. 显然，导体的电阻会随着导体的长度、面积或导电性能的变化而变化；

②导体与温度：金属材料的电阻率随温度的升高而增大，电阻温度计就是根据这个原理制成的. 半导体材料电阻率随温度的升高而降低，半导体的电阻率还与光照强度有关，因此可用半导体材料制造热敏电阻和光敏电阻.

课题研究背景资料透视

现代汽车上各种各样的传感器介绍

在 20 世纪 60 年代，汽车上仅有机油压力传感器、油量传感器和水温传感器，它们与仪表或指示灯连接.

进入 20 世纪 70 年代后，为了治理排放，又增加了一些传感器来帮助控制汽车的动力系统，因为同期出现的催化转换器、电子点火和燃油喷射装置需要这些传感器来控制排放.

20 世纪 80 年代，防抱死制动装置和气囊提高了汽车安全性. 今天，传感器已是无处不在. 在动力系统中，有测定各种流体温度和压力（如进气温度、气道压力、冷却水温和燃油喷射压力等）的传感器；有确定各部分速度和位置的传感器（如车速、节气门开度、凸轮轴、曲轴、变速器的角度和速度、排气再循环阀的位置等）；还有用于测量发动机负荷、爆震、断火及废气中含氧量的传感器；确定座椅位置的传感器；在防抱死制动系统和悬架控制装置中测定车轮转速、路面高差和轮胎气

压的传感器;保护前排乘员的气囊,不仅需要较多的碰撞传感器和加速度传感器,还需要乘员位置、体重等传感器来保证其及时和准确的工作.面对制造商提供的侧置、顶置式气囊以及更精巧的侧置头部气囊,还要增加传感器.随着研究人员用防撞传感器(测距雷达或其他测距传感器)来判断和控制汽车的侧向加速度、每个车轮的瞬时速度及所需的转矩,使制动系统成为汽车稳定性控制系统的一个组成部分.

课题研究案例

课题 6.1　了解什么是传感器

传感器是把非电物理量(如位移、速度、压力、温度、湿度、流量、声强、光照度等)转换成易于测量、传输、处理的电学量(如电压、电流、电阻、电容等)的一种组件.

非电物理量 → 传感器 → 电学量

例如,光电传感器是利用光敏电阻把光信号转换成电信号;热电传感器是利用热敏电阻将热信号转换为电信号;电容式传感器可以把角度、深度、压力、位移等非电学信号转换成电信号;气敏传感器可以把气体的种类及浓度转换成电信号等.

通常把传感器定义为"对应于特定被测物理量提供有效电信号输出的器件".

课题 6.2　调查传感器的作用

传感器类似于人的五官(眼、耳、鼻、舌、身).人的五官能够接受外界光线、温度、声音等刺激,并将它们转换为相应的生物物理、生物化学的信号,通过神经系统传输到大脑,大脑对信号做出分析判断,发出指令,使机体产生相应的活动如果用机器来完成这一过程,则电子计算器相当于人的大脑,执行器相当于人的肌体,而传感器则相当于人的 5 种感官(如图 3-3-17).人的五官如果出了毛病,大脑就不能得出正确的结论,行为就会陷入盲目性,由此可见传感器的重要性.目前,传感器已经应用于生产、生活、科学研究的各个领域,传感器技术已成为 21 世纪人们在高新技术发展方向争夺的一个制高点.

课题 6.3　了解各种传感器的工作原理及应用

由于不同种类的传感器中的主要部件不尽相同,所以采用的原理也各不一样.

(1)比如,光电传感器中的主要部件是光敏电阻或光电管.如果是光敏电阻,它是利用光敏电阻的阻值会随光照强度的变化而变化的原理制成的;如果是光电管,它就是利用在光线作用下电子能逸出物体表面的现象制成的.

应用举例:自动冲水机、路灯的控制、烘手机、光电计数器、遥控器、烟雾报警

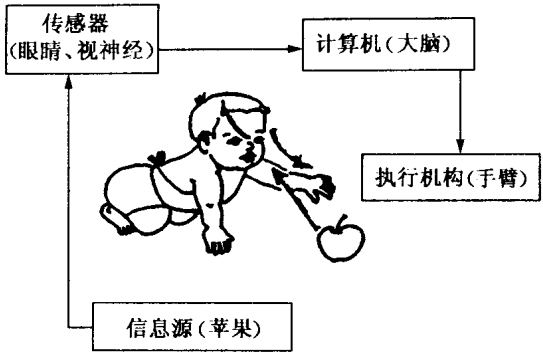


图 3-3-17

器等都是利用光电传感器.

(2)热电传感器是利用热敏电阻的阻值会随温度的变化而变化的原理制成的,如耳温计、电路中的无结点保护(当电源发生异常时切断电源,电源正常后又自动恢复)、各种家用电器(空调、冰箱、热水器、饮水机)的温度控制等.

应用:测谎器、动圈式话筒、自动门、无刷电极、转速表等.

(3)电容式传感的工作原理:电容 C 跟介电常数 ε 成正比,跟正对面积 S 成正比,跟极板间的距离 d 成反比.

①测角度的电容式传感器.如图 3-3-18 所示,当动片与定片之间的角度 θ 发生变化,引起极板正对面积 S 的变化,使电容 C 发生变化,知道了 C 的变化,就可以知道角度 θ 的变化情况.

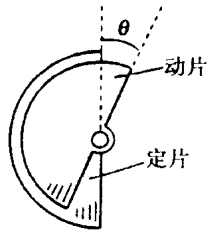


图 3-3-18

②测高度的电容式传感器.如图 3-3-19,导线芯的外面涂了一层绝缘物质,放入导电液体中,电线芯与导电液体相当于电容器的两个极板,绝缘物质相当于电介质,当液面高度 h 发生变化时,引起极板正对面积 S 的变化,使电容 C 发生变化,知道 C 的变化,就可以知道 h 的变化情况.有时也把装液体的金属容器作为电容器具的另一极板,而液体(非导电液)作为电介质.应用:大容器中填料(矿石、砂糖、小麦、玻璃球等)的测定.

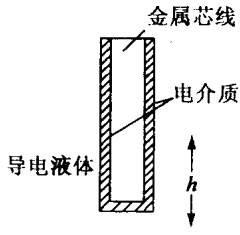


图 3-3-19

③测压力的电容式传感器,图 3-3-20 所示,当待测压力 F 作用于可动膜片电极上时,膜片产生形变,使极间距离 d 发生改变,引起电容 C 的变化.知道 C 的变化,就可以知道 F 的变化.

④测位移的电容式传感器，如图 3-3-21 所示，随着电介质进入极板间的长度变化，电容 C 发生变化，知道 C 的变化，可以知道位移 x 的变化.

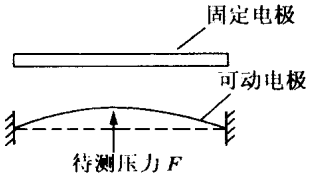


图 3-3-20

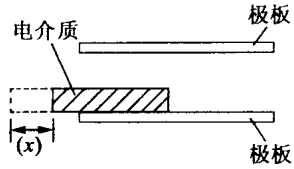
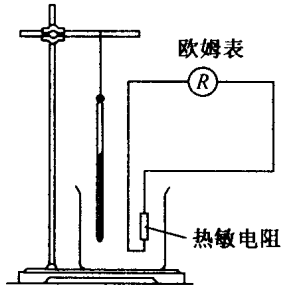


图 3-3-21

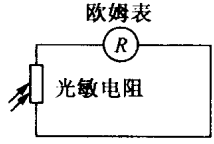
课题 6.4　演示实验

(1)演示热敏电阻的热敏特性

器材：热敏电阻、示教用欧姆表、电吹风、导线. 按图 3-3-22 甲所示连接线路.



甲



乙

图 3-3-22

把热敏电阻接入欧姆表，用电吹风对热敏电阻加热，从欧姆表上可清楚地观察到其阻值的变化. 还有另外一种方案：把数字温度计中的热敏电阻(对温度很敏感)拆下来连在欧姆表上，用手捂住热敏电阻也可以观察到变化.

(2)光敏特性实验

器材：光敏电阻，多用电表，小电筒，导线.

按图 3-3-22 乙连好电路图，观察光敏电阻在向光、背光、挡光三种情况下，欧姆表阻值的变化(实验步骤参照课本中实验). 小电筒的作用是为了防止阴天光线不够充足而导致效果不显著.

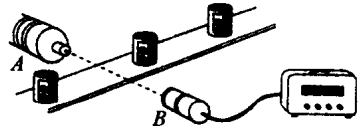


图 3-3-23

(3)计数器的基本原理

器材：光电计数器演示仪，如图 3-3-23

所示(实验步骤参照课本中的实验).

(4)温度自动控制实验

器材:热敏电阻,学生用电源,小灯泡,继电器,电吹风,冷水,导线.

研究性实践

1. 如图 3-3-24 所示,甲为半导体材料做成的热敏电阻的阻值随温度变化的曲线,乙为用此热敏电阻和继电器做成的温控电路.设继电器的线圈电阻为 $R_x=50\Omega$,继电器线圈中的电流大于或等于 $I_C=20\text{mA}$ 时,继电器的衔铁被吸合,左侧电源的电动势为 6V,内阻可以不计,试问温度满足什么条件时,电路右侧的小灯泡会发光?

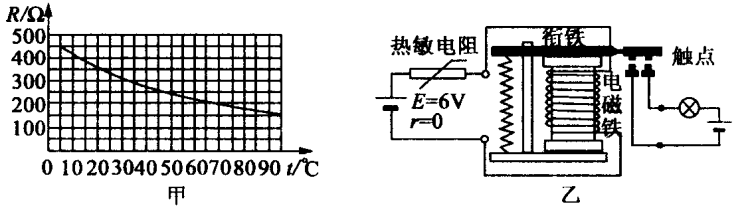


图 3-3-24

2. 光电管在各种自动化装置中有很多应用.街道路灯自动控制就是其应用之一,如图 3-3-25 所示的电路为模拟电路,其中 A 为光电管,B 为电磁继电器,C 为照明电路的电源,D 为路灯.请连成正确的电路,达到日出路灯熄,日落路灯亮的效果.

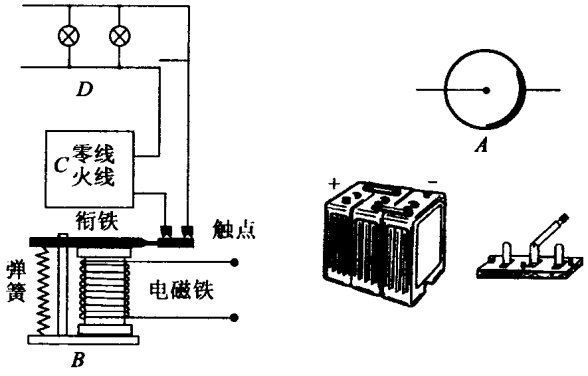


图 3-3-25

3. 某学生为了测量一物体的质量，找到一个力电转换器，该转换器的输出电压正比于受压面的压力(比例系数为 k)如图 3-3-26 所示. 测量时先调节输入端的电压，使转换器空载时的输出电压为 0，而后在其受压面上放一物体，即可测得与物体的质量成正比的输出电压 U.

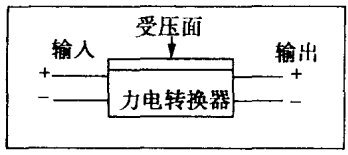


图 3-3-26

现有下列器材：力电转换器、质量为 m_0 的砝码、电压表、滑动变阻器、干电池各一个、电键及导线若干、待测物体(可置于力电转换器的受压面上).

请完成对该物体的质量的测量：

(1)设计一个电路，要求力电转换器的输入电压可调，并且使电压的调节范围尽可能大，在方框中画出完整的测量电路图(见图 3-3-27)；

(2)简要说明测量步骤，求出比例系数 k，并测出待测物体的质量 m；

(3)请设想实验中可能会出现的一个问题.

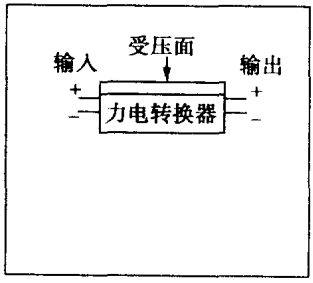


图 3-3-27

4. “加速度计”作为测定运动物体加速度的仪器，已较为广泛地应用于飞机、潜艇、导弹、航天器等装置的制导系统中. 如图 3-3-28 所示的是“应变式加速度计”的原理图：支架 A、B 固定在待测系统上，滑块穿在 A、B 间的水平光滑杆上，并用轻弹簧固结于支架 A 上，其下端的滑动臂可在滑器动变阻上自由滑动，随着系统沿水平方向做变速运动，滑块相对于支架发生位移，并通过电路转换为电信号从 1、2 两接线柱输出，已知：滑块质量为 m，弹簧的劲度系数为 K，电源电动势为 E，内电阻与滑动变阻器总阻值之比为 1:4，滑动变阻器的有效长度为 L，总阻值为 R，当待测系统处于静止时，1、2 两接线柱输出电压为 $u_0=0.4E$.

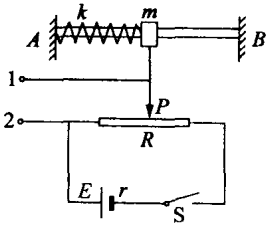


图 3-3-28

(1)以向右为参考正方向，加速度 a 与 1、2 两接线柱间的输出电压 u 间的关系式应为 $a=$ _____；

(2)该“加速度计”的测量范围为_____；

(3)如果在 1、2 两接线柱间接入电流表来测量加速度，则电流表刻度盘上的电流刻度值改为相应的加速度刻度值后，其刻度是否均匀？为什么？

5. 传感器是把非电学量(如速度、温度、压力等)的变化转换成电学量变化的

一种元件，在自动控制中有着相当广泛的应用. 如图3-3-29所示，是一种测定液面高度的电容式传感器的示意图. 金属芯线与导电液体形成一个电容器，从电容C大小的变化就能反映液面的升降情况，两者的关系是（　　）

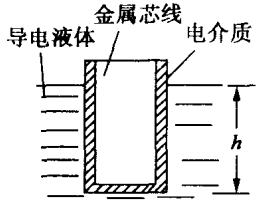


图 3-3-29

A. C增大表示h增大

B. C减小表示h减小

C. C增大表示h减小

D. C减小表示h增大

6. 如图3-3-30所示是生产中常用的一种延时继电器的示意图. 铁芯上有两个线图A和B. 线圈A接入电流，线圈B的两端接在一起，构成一个闭合回路，则（　　）

A. S接通时，灯泡L立即变亮

B. 当S接通时，灯泡L过一会儿变亮

C. S切断时，灯泡L立即熄灭

D. 当S切断时，灯泡过一会儿熄灭

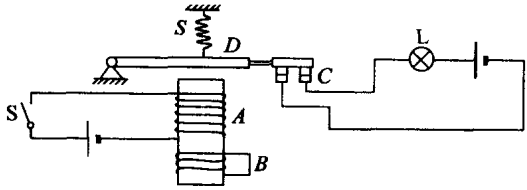


图 3-3-30

7. 如图3-3-31所示是一种延时开关，当S_1闭合时，电磁铁F将衔铁D吸下，C线路接通. 当S_1断开时，由于电磁感应作用，D将延迟一段时间才被释放. 则（　　）

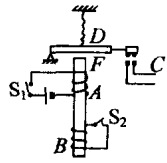


图 3-3-31

A. 由于A线圈的电磁感应作用，才产生延时释放D的作用

B. 由于B线圈的电磁感应作用，才产生延时释放D的作用

C. 如果断开B线圈的电键S_2，无延时作用

D. 如果断开B线圈的电键S_2，延时将变长

8. 光电管在各种自动化装置中有很多应用，街道的路灯自动控制开关就是其应用之一，如图3-3-32所示为其模拟电路，其中A为光电管，B为电磁继电

器，C 为照明电路，D 为路灯．试简述其工作原理．

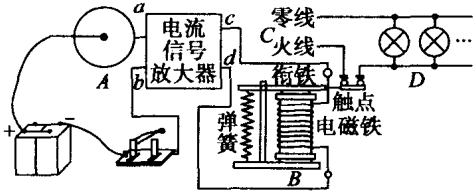


图 3-3-32

9．如图3-3-33所示为一触电保安器，变压器 A 处用相线和零线双股线平行绕制成线圈，然后接到用电器上，B 处有一输出线圈．一旦线圈中有电流，经放大后便能推动继电器 J 切断电源．试说明：

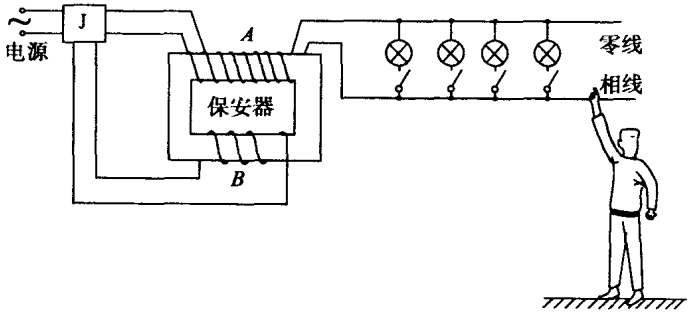


图 3-3-33

(1)为什么多开灯不会使保安器切断电源？

(2)为什么有人触电时，“手－电”触电保安器会切断电源？

(3)该保安器能不能为双线“相线－零线”触电保安？为何？

10．光发动机是一种能够把光能转化为机械能输出的装置，如图 3-3-34 所示的就是光发动机的核心部分的原理示意图．带有活塞的密闭气室中充有气态物质，当光从窗口射入时，可使气态物质接受光能而发生化学反应，而在无光照射的情况下又发生逆反应，这样便可通过控制窗口处射入的光能使气室中的气态物质循环反应，从而推动活塞输出机械能．

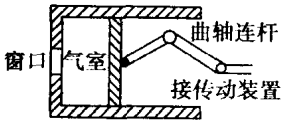


图 3-3-34

(1)假设在反应前后温度不变，则在如下几种反应模式中(下式中的 g 和 l 分别表示气态和液态)，光发动机气室内应选择的反应模式是_____(填上反应模式的序号)

①$A_2(g)+B_2(g)$═══$2AB(g)$　②$2AB_2(g)$═══$2AB(g)+B_2(g)$　③$2AB_2(g)$═══$2AB(g)+B_2(l)$

(2)简述选择的理由.

【答案与提示】

1. 分析:半导体材料制成的热敏电阻具有负温度系数,即当温度升高时,电阻反而减小.若热敏电阻的阻值用 R_m 表示,根据闭合电路欧姆定律可知,渡过线圈的电流满足 $I=E/(R_M+R_x)\geqslant I_C$ 时衔铁被吸合,右侧的小灯泡会发光.代入数据解得 $R_M\leqslant 250\Omega$,根据图中甲所示图象可知 $t\geqslant 50℃$ 时能够满足 $R_M\leqslant 250\Omega$.

2. 本实验连线关键是电池正极应与光电管的阳极相连,光电管的阴极与电源负极相连,这样从光电管的阴极逸出的电子被加速,容易到达阳极,在电路中形成电流.这时,电磁铁通电产生磁场使衔铁吸下,照明电路应断开.故连线图如图3-3-35所示.

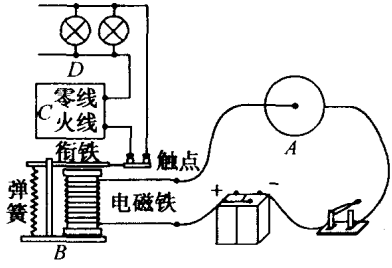


图 3-3-35

3.(1)设计的电路图如3-3-36所示.　(2)测量步骤与结果:a.调节滑动变阻器,使转换器的输出压为零;b.将砝码放在转换器上,记下输出电压 U_0;c.将待测物放在转换器上,记下输出电压 U_1;由 $U_0=km_0g$,得 $k=U_0/m_0g$,测得 $U=kmg$,所以 $m=m_0U/U_0$.

(3)a.因电源电压不够而输出电压调不到零;b.待测物体质量超出转换器量程.

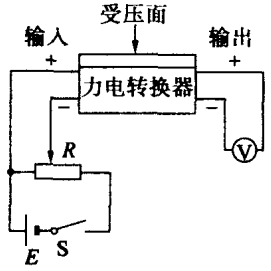


图 3-3-36

4. 答:(1)$a=5kL$.　$(0.4E-U)/4mE$.　(2)$-kL/2m\leqslant a\leqslant kL/2m$.　(3)不均匀.因为 $a=kL(E/rI-3)/4m$,a 与 I 间为非线性关系.

5. A、B　6. A、D　7. B、C　当开关 S_1 闭合时线圈 A 产生磁场,把衔铁 D 吸下,当 S_1 断开时 A 内无电流,线圈 A 对衔铁 D 的吸引作用也即消失,但此时由于穿地线圈 B 内的磁通量要从"有"到"无"减少,所以线圈 B 发生了电磁感应现象,产生了感应电流,感应电流的磁场吸引了衔铁 D,从而使 C 电路得到延迟一段时间后才被断开.如果 S_2 断开,则线圈 B 内就无法产生感应电流,也就没有延时作用.所以该题正确答案为 BC.

8. 开关合上后,白天,光电管在可见光照射下有电子逸出,从光电管阴极逸出的电子被加速到达阳极,使电路接通,电磁铁中的强电流将衔铁吸下,照明电路断开,灯泡不亮.夜晚,光电管无电子逸出,电路断开,弹簧将衔铁拉上,照明电路接通.这样就达到日出路灯熄,日落路灯亮的效果.

9. (1)变压器 A 线圈因双线并绕，正向电流与反向电流产生的磁性相互抵消，多开灯少开灯都如此. 所以，B 线圈中无感应电流，保安器控制开关 J 不工作，不会自动切断电源. (2)当"人－手"触电时，相线中电流有一部分直接通过人体流入大地，不从 A 线圈中回流，保安器铁芯中有磁通量变化，B 线圈有电流输出，保安器开关 J 工作，自动切断电源. (3)"相线－零线"触电时，与多打开几盏灯情况相识，A 线圈中正反电流总是相等，不引起磁通量变化，保安器不能自动切断电源，不能起保护作用. 10. (1)选择②. (2)光照使 2mol 的气体反应生成同温度的 3mol 的气体，其压强必增大，这样便可推动活塞对外做功，停止光照，其逆反应又使 3mol 的气体生成同温度的 2mol 的气体，其压强减小，这样又可使活塞复位，如此循环反复，就可使活塞往复运动，不断输出机械能.

课题 7　新型交通工具——磁悬浮列车



引　言

当今世界的快节奏动作，要求速度更快的运输工具. 为此，许多国家试图摆脱传统火车运行的模式，以新材料、新技术为基础开发新型的高速火车. 磁悬浮列车是一种符合现代快节奏生活的新型的交通工具，那么你对它了解多少呢？通过对本课题的研究，你会对这种新型交通工具有更全面、更深入的了解.

新教材基础知识摘要

顾名思义，磁悬浮列车是靠电磁作为"动力"将其悬浮于轨道之上并使其运行的一种交通工具，它的工作原理广泛涉及高二物理新教材中电磁学方面的相关内容：

1. 电磁感应现象

无论采用什么方式，只要引起穿过闭合回路的磁通量发生变化，回路中一定产生感应电流，电流大小由回路电阻和感应电动势的大小决定.

2. 法拉第电磁感应定律

电路中感应电动势的大小，跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比. 设时刻 t_1 时穿过闭合电路的磁通量为 Φ_1，时刻 t_2 时穿过闭合电路的磁通量为 Φ_2，设感应电动势为 E，线圈的匝数为 n，则有

$$E = n \cdot \Delta\Phi/\Delta t$$

3. 楞次定律

感应电流具有这样的方向，即感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通

量的变化.

4. 超导现象

金属的电阻率随温度的降低而减小.人们发现,有些物质当温度降低到绝对零度附近时,它们的电阻率会突然减小到无法测量的程度,可以认为它们的电阻率突然变为零.这种现象叫做超导现象.当电流通过超导材料时,由于材料的电阻率趋于零,因此电路中几乎没有电能的热损失,同时电路中将产生强磁场.

课题研究背景资料透视

自1820年丹麦的物理学家奥斯特发现了电流的磁效应后,不少物理学家开始探索怎样用磁铁使导线中产生电流,英国的物理学家法拉第经过十年坚持不懈的努力于1831年发现了电磁感应现象,这一重大发现进一步揭示了电和磁的密切联系,使电能在生产和生活中得到广泛的应用,开辟了电气化时代.在这个时代,人们相继发明了发电机、交直流电动机、电报电话等许多电气设备.

磁悬浮列车被誉为20世纪最伟大的发明之一,同时也是世界上最尖端的地面交通工具,是一种高速、安全、无污染的新型列车.磁悬浮列车靠磁体互斥原理悬浮于轨道上运行,所以摩擦阻力很小,时速可高达几百千米以上,且磨损小、维修少、成本低,其能源消耗仅为汽车的一半.超导磁悬浮列车靠电力做动力运行,在轨道沿线不排放废气,无污染,是一种名副其实的绿色交通工具,在当今世界交通拥挤、运输量与运输能力矛盾日益尖锐,以及全球环保不断恶化和能源短缺情况下,研制开发磁悬浮列车具有极其重要意义.为此,西方一些国家不惜投入巨资重视对磁悬浮列车的开发和研究.

最早提出磁悬浮概念并对磁悬浮技术进行研究的科学家是德国的科学家赫尔曼.1922年德国工程师赫尔曼提出了电磁悬浮原理,并于1934年申请了磁悬浮列车的专利.1971年,在他的主持下,德国制造出世界上第一台功能较强的磁悬浮列车.1966年,美国提出了制造磁悬浮列车的设想,进入20世纪70年代以后,德国、日本、加拿大、法国、英国等发达国家相继也开始筹划进行磁悬浮运输系统的开发.并均取得了令世人瞩目的进展.

课题研究案例

课题7.1　了解什么是超导磁悬浮列车

在常规铁路系统中,无论是普通列车还是高速新型列车,它们的运行都必须依赖于钢轨,列车的支承、运行和制动均是通过车轮和钢轨来实现的,这种运行系统我们称之为轮轨式运输系统,这种运行方式使列车所能达到的极限时速为350km左右.一般通过燃烧柴油发电获得动力,沿途污染严重、列车机械噪音大且磨

损严重.磁悬浮列车通过电磁力使列车悬浮于钢轨之上,再通过直流电动机驱动列车,是一种不再依赖于轮轨的新式运输系统.它从根本上克服了机械噪音和磨损问题,由于它不再与钢轨粘连,因此列车在运行中,仅受空气阻力作用,克服了常规列车受阻力较大的缺点,大大地提高了列车运行速度.所以它是人们梦寐以求的理想的交通工具.

课题 7.2　查阅资料(科技书刊或网站)了解磁悬浮的工作原理

磁悬浮的设想其实很简单:让两个相斥的磁体放在一起,一个放在地上,另一个磁体便会被斥力托起来,超导磁悬浮列车就是根据这个设想制成的,由于磁悬浮列车的体积和质量都大,所以安装在轨道和列车上的磁体,必须产生强磁场.从理论上讲,常规电磁体可以通过强电流来获得任意大小的磁场.但是,由于线圈中有电阻,所以,强电流通过电磁体时要产生大量的热,这样就必须要对电磁体进行冷却,而且在工程技术上常规电磁体想要获得 10 万 Gs(磁场强弱的量度单位)的磁场就十分困难了,据理论分析:一个 10 万 Gs 的常规磁体,需达到 1600kW 的供电量,每分钟需 4500L 水进行冷却,这就是由于导体中的电阻造成的.

从发现超导体以后,人们就可以利用超导体来制造新式的电磁体了.几万高斯的超导磁体只要几百瓦的功率就够了,既不损耗多少电能,又可免除冷却设备.如今,十几万高斯的超导磁体已经问世.超导磁体是由超导材料制成的超导线圈构成(-269℃),它不仅电流阻力为零,而且可以传导普通导线根本无法比拟的强大电流,这种特性使其能够制成体积小功率强大的电磁体,有了超导磁体后,就为制造超导磁悬浮列车创造了条件.

如图 3-3-37,超导磁悬浮列车在每节车厢下边的车轮旁边都安装有小型超导磁体,在轨道两旁,埋设有一系列的闭合铝环.沿线分布的变电所向地面导轨两侧的驱动绕组提供三相交流电,就会产生一个移动的电磁场,列车上的超导磁体受到一个与移动磁场相同步的推力,正是这个推力推动列车前进。但地面导轨两侧的悬浮导向绕组与外部动力电源无关;当列车向前行驶时,超导磁铁向轨道面产生强大的磁场,并和地下的铝环相对运动,在铝环内出现大量的电流,由于超导磁体和铝环的交互作用,就产生了一个向上的磁力,从而将列车悬起.

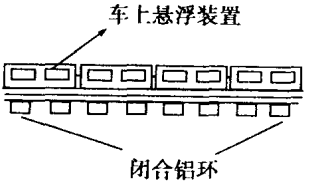


图 3-3-37

课题 7.3　调查磁悬浮列车的种类以及特点

磁悬浮列车借助磁力的方法悬浮并驱动车辆,目前世界各国研发的磁悬浮列车主要有两种类型,一种是日本开发的排斥式磁悬浮列车,另一种是德国开发的吸引式磁悬浮列车,两种列车各有特色:

排斥式磁悬浮列车也叫超导磁悬浮列车，它是利用超导磁体产生的强磁场，当列车在运行时，与埋设在钢轨中的线圈发生相互作用，产生电磁斥力将列车浮起，这种作用能使重 15t 的车辆浮出钢轨达 100mm 左右，时速可达 500km 以上，使整列车像一架以钢轨为基础，低空飞行的飞机.

吸引式电磁系统也叫常导磁吸型系统，这种磁悬浮列车利用车辆上携带的非超导的铁芯电磁铁与位于导轨侧面的电磁体相互吸引向上悬浮，它的悬浮间隙较小，一般为 10mm 左右，这种列车的时速可达 400km～500km.

这两种列车各有特点：排斥式磁悬浮列车构造较吸引式复杂，技术要求较高，但它的悬浮高度较高，从而对导轨的制造精度可相对放松，对日后转为实际应用较为容易，且运行成本相对较低.吸引式磁悬浮列车是靠常规磁性材料将列车悬浮的，列车无论是处于停止状态还是在运行中，它总是处于悬浮，便于短途停靠，适合于城市间的快速运输，但由于磁力相对较弱，所以乘载负重不能太大.

课题 7.4　对磁悬浮列车发展前景优势的调查分析

作为目前最快速的地面交通工具，磁悬浮列车技术的确有着其他地面交通技术无法比拟的优势：

首先，它克服了传统轮轨铁路提高速度的主要障碍，发展前景广阔.第一条轮轨铁路出现在 1825 年，经过 140 年努力，其运营速度才突破 200km/h 时，由 200km/h 到 300km/h 又花了近 30 年，虽然技术还在完善与发展，继续提高速度的余地已不大，而困难却很大.与之相比，世界上第一个磁悬浮列车的小型模型是 1969 年在德国出现的，日本是 1972 年造出的。可仅仅十年后的 1979 年，磁悬浮列车技术就创造了 517km/h 的速度纪录。目前技术已经成熟，可进入 500km/h 实用运营的建造阶段.

第二，磁悬浮列车速度高.汽车的速度为 50～150km/h，高速列车 250～350km/h，常导磁悬浮可达 400～500km/h，超导磁悬浮可达 500～600km/h.

第三，磁悬浮列车能耗低，据日本研究与实际试验的结果，在同为 500km/h 的时速下，磁悬浮列车每座位每公里的能耗仅为飞机的 1/3，与高速列车相比每座位每公里的能耗减少 30%.

第四，磁悬浮列车无污染，采用电力驱动，无需燃油，无有害气体排放.

第五，稳定性好，磁悬浮列车没有轮、轨摩擦，稳定性、舒适性好.

第六，安全性好，它的导向装置、检测装置合理科学，且在专一封闭的线路中运行，不会出现通常火车、汽车的碰撞、倾覆事故.德国专家评价，TR 系列磁悬浮列车的安全性是飞机的 20 倍、轮轨列车的 250 倍、公路系统的 700 倍.

第七，启动停车快，爬坡能力强，选择自由度较大是高速磁悬浮列车的又一优势.德国 TR 磁浮列车启动 50s 后(行程 2km)，时速可达 200km/h，100s 后(4.8

km)达 300km/h,150s 后(9.6km)达 400km/h;ICE 轮轨高速在 150s 后(行程 5km)达 200km/h.已经证明,磁悬浮列车爬坡能力可达 100%,而轮轨高速为 40%,在同等速度下,磁悬浮列车转弯半径小,从而其选择自由度较大,这意味铁路可较短、少占地面、耕地、降低总投资.

课题 7.5　了解磁悬浮列车的国内发展进程

目前,我国对磁悬浮铁路技术的研究还处于初级阶段.我国于 20 世纪 70 年代末才开始进行磁悬浮列车的研制,首台小型磁悬浮原理样车在 1989 年春实验成功.

1994 年西南交大成功地进行了 4 个座位、自重 4t、悬浮高度为 8mm、时速为 30km 的磁悬浮列车试验;2001 年 2 月,该校发明了世界上第一辆载人"高温超导磁悬浮试验车".该车可载 5 人,悬浮高度达 25mm,加速度为 $1m/s^2$,是迄今为止世界上悬浮重量最大载人高温超导磁悬浮试验车.

1998 年 12 月,长为 6.5m、宽为 3m、自重 4t、内设 15 个座位的 6t 单转向架磁悬浮试验车在铁科院环行试验线的轨距为 2m、长 36m、设计时速为 100km 的室内磁悬浮实验线路上成功地进行了试验,并于通过了铁道部科技成果鉴定.后来,6 吨单转向架磁悬浮试验车研制成功.

世界上第一条高速磁悬浮列车商业运营线已于 2001 年 3 月 1 日在浦东新区正式开工,并将于 2003 年建成通车,它的设计时速可达 450km 左右.

北京东直门至首都机场将新建一条全长 26km 的磁悬浮高速铁路,2001 年 4 月中旬,建设方案已正式确定.

我国第一条磁悬浮列车实验线于 2001 年下旬在长沙建成.这条实验线是由国防科技大学磁悬浮技术研究中心和铁道部第三勘测设计院的科研人员耗费两年时间共同研制的,是北京八达岭长城磁悬浮列车旅游线的前期工程.

研究性实践

1. 超导是当今高科技的热点,当一块超导电磁体靠近一闭合导体时,闭合导体产生感应电流,而超导磁体和感应电流之间又会有相互作用,产生向上的排斥力.磁悬浮列车就是采用了这种技术.

(1)目前,已知的高温超导体,最高的超导临界转变温度不超过 134K.这一温度相当于摄氏温度的_____℃;

(2)超导体产生强大的电流,是由于　　(　　)

A. 超导体中磁通量很大　　B. 超导体中的磁通量的变化率很大

C. 超导体电阻极大　　D. 超导体电阻极小

(3)磁悬浮的原理是　　(　　)

A. 超导体电流的磁场方向与地面线圈磁场方向相同

B. 超导体电流的磁场方向与地面线圈磁场方向相反

C. 磁力与重力平衡

D. 磁力使磁体失重

2. 一般情况下，金属都有电阻，电阻是导体的属性之一，当条件发生改变时，其属性也会发生改变.

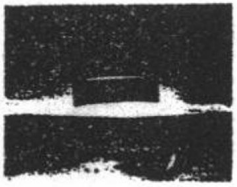


图 3-3-38

(1)某些金属当温度降低到某一定值时，其电阻突然降为零，这种现象叫做_____现象. 这一特定温度称为转变温度，其值与金属材料有关.

(2)如图 3-3-38 是一种磁悬浮现象，将某种液态物质倒入金属盘后，能使金属盘达到转变温度，在金属盘上方释放一永磁体，当它下落到盘上方某一位置时即产生磁悬浮现象. 试根据下表列出的几种金属的转变温度和几种液态物质的沸点数据，判断所倒入的液态物质应是_____，金属盘的材料应_____.

金属转变温度/K		液态物质沸点/K	
铱	0.14	液氦	4.1
锌	0.75	液氮	77.0
铝	1.20	液氧	90.0
锡	3.72	液态甲烷	111.5
铅	7.20	液态二氧化碳	194.5

(3)试分析说明产生磁悬浮现象的原因.

(4)利用上述现象，人们已经设计制成磁悬浮高速列车. 如图 3-3-39 所示，列车车厢下部装有电磁铁，运行所需槽形导轨的底部和侧壁装有线圈，用以提供_____. 这种列车的运行速度是一般列车运行速度的 3～4 倍，能达到这样高速的原因是_____.



图 3-3-39

3. 提高铁路运行时速是人们孜孜以求的. 1996 年，有人建议利用超导磁体和路基导体中的感应电流之间的磁力把列车悬浮起来运行：如图 3-3-40 所示，在车辆底部安装超导磁体，在轨道两旁埋设一系列闭合的铝环. 整个列车由埋在地下的线性同步电动机来驱动. 当列车运行时，列车凌空浮起，使车与轨道间的摩擦减少到零，若要进一步减小运行中受到的空气阻力，

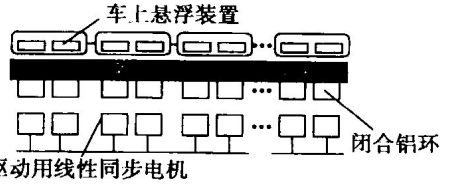


图 3-3-40

设想列车在抽成真空的地下隧道中行驶.由于阻力极小,车速高达 1000m/s.当然列车起动与停站均需有一个变速过程.设绝大多数乘客的生理能承受 0.1g(m/s^2)(g 为重力加速度)的加速度.

(1)分析使列车浮起的力的原因:当列车运行时,超导磁体产生的磁场相对于铝环运动,根据电磁感应原理,铝环内将产生_____,超导磁体与_____之间的电磁作用,对列车产生一个向上的浮力,当浮力大于列车的_____时,列车就凌空浮起,漂浮高度可达 10cm.

(2)要使列车浮起,首先要驱动列车,这个工作是由直线电动机来完成的.通常的感应电动机三组定子线圈中通以三相交流电后产生一个旋转磁场,带动转子线框转动.直线电动机相当于将旋转电动机沿径向剖开展平,初级线圈(定子)铺设在行车路轨下,当通以三相交流电时,会产生一个直线移动的磁场,如图 3-3-41 所示,某时刻三相线圈 aa'、bb'、cc' 中电流情况已标出,已知它的磁场是向右移动的,请标出机车上超导电磁线圈上感应电流方向及受力方向.

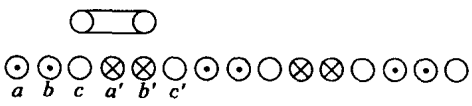


图 3-3-41

(3)假设从东海之滨的上海到西域名城乌鲁木齐之间有这样的一条笔直的地下隧道,估计轨道的长度最接近于下列哪个数值? (　　)

A. 500km　　B. 1000km　　C. 4000km　　D. 8000km

(4)乘坐超高速客车沿上述线路完成横跨祖国东西的漫长旅行的最短时间是多少?

(5)设列车的质量为 5t.由于阻力极小,列车只需在加速阶段做功,而减速过程甚至可以利用特定装置回收列车释放的动能,把节省的能量用于产生真空、实现磁浮.试求上述运行每次可回收的能量.

【答案与提示】

1. (1)因 $T=t+273$, $t=T-273=134-273=-139$℃　(2)D　(3)B、C

2. (1)超导　(2)液氮;铅　(3)这是由于永磁体被释放下落的过程中穿过金属盘的磁通量增加,盘中将产生感应电流,其磁场方向必与永磁体的磁场方向相反,从而使永磁体受到阻碍其下落的力.当该力与磁体所受重力平衡时就保持悬浮状态.　(4)磁场(力);减小摩擦

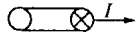


图 3-3-42

3. (1)感应电流;铝环;重力　(2)如图 3-3-42 所示　(3)C　(4)5000s　(5)2.5$\times10^9$J



主题四 地球与人类

课题 1 对地磁场的分析与讨论



引 言

我们每一个人都知道，地球是一个很大的磁性球体，地理的南极附近是地磁的北极，而地理的北极则是地磁的南极，在它的周围空间布满了磁场，指南针总是指向南北极的事实，是地磁场存在的有力证据．但你知道地磁场有什么特点吗？还有其他的运用吗？而且你知道地磁场是怎么产生的吗？通过本题的研究，我们将能解决这些问题．

新教材基础知识摘要

磁场的基本知识

(1)当一根磁铁靠近另一根磁铁时，两根磁铁的磁极之间会产生相互作用力，这同两个电荷之间相互作用的情形相似，表现为：同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引．这种相互作用是通过磁场发生的，如图 3-4-1 所示．



图 3-4-1

(2)磁场的来源

磁铁能够产生磁场；电流周围也存在着磁场，这种现象首先由丹麦的物理学家奥斯特于 1820 年发现，这一现象的发现说明了电和磁之间存在必然的联系，揭开了电磁学研究的序幕．显然，电流之间的作用也是通过磁场发生的．地球是一个大磁体，指南针总是一端指南一端指北，说明地磁两极分布在地理南北极，地磁 N 极位于地理的南极附近，S 极位于地理的北极附近．

(3)磁感线和磁感应强度

磁感线：

磁场有强弱和方向，可以用磁感线形象地描绘磁场的分布，磁感线具有下列特点：磁感线是人为引进的假想曲线；磁感线上每一点的切线方向与该点的磁场方向一致，疏密表示该处的磁场强弱；每一条磁感线都是闭合的，在磁体的周围，磁感线由 N 极指向 S 极，在磁体的内部，由 S 极指向 N 极.

磁感应强度(B)：

描述磁场的强弱和方向的物理量，用公式表示为：$B=\frac{F}{IL}$，在数值上等于垂直磁场方向放置的单位长度的导线通以单位电流时受到的安培力.

单位：特斯拉(T)，1T=1N/A·m

永磁体磁极附近的磁感应强度大约为 10^{-3}T，在电机和变压器的铁芯中，磁感应强度可达 0.8～1.4T，超导材料中的强电流产生的磁感应强度可高达 1000T，地面附近地磁场的磁感应强度只有 3×10^{-5}T～7×10^{-5}T.

课题研究背景资料透视

司南——世界上最早的指南针

远古时期，人们是靠观测日月星辰来确定方位的，那时几乎人人都认识北斗星，但如果在阴天或漆黑的夜晚怎么办呢？我们的祖先在不断的摸索中终于发现了磁石指南的特性，于春秋战国时期制成了指南仪器——司南. 它是用一个制作精细光滑的磁勺和一个刻有方位的铜盘组成，铜盘表面光滑洁净，以减小摩擦. 磁勺经转动停止后勺把(磁极)就指向南方，这个司南虽然制作十分简单，但却极富科学原理，体现了战国时期我们祖先的聪明才智.

随着历史的演进，人们不断地设法将司南勺加以改进，制成了更精细的磁针——指南针. 沈括在他的《梦溪笔谈》中叙述了指南针的制作过程. 北宋时期的罗盘针，其原理和构造已与今天的罗盘大致相同了. 在北宋年间，罗盘针已大量用于航海.

我国发明的指南针大约在公元 12 世纪末 13 世纪初经阿拉伯商人传入中亚，而后又传入欧洲. 15 世纪末的哥伦布、16 世纪前期的麦哲伦之所以能完成他们令西方殖民主义者欣喜若狂的远航，指南针的传入是一个重要的条件.

课题研究案例

课题 1.1　对地磁场起源的调查

关于地磁场的起源主要有三种说法：

第一种说法认为：地磁场起源于地球外层空间大气中的大量带正电荷的气体. 由于地球的自转，导致地球外层空间中带正电的气体和地球表面存在相对运动的情况，正是由于这种电荷的相对运动形成了地球磁场.

这种说法还认为，在太阳系中存在气体的行星，都会存在磁场.

第二种说法：地核是由铁合金组成的.中心附近是固体，其他部分是呈熔融状态的液体，这种金属化的流体不停地运动，这些材料中存在大量的游离电荷，由于地球的不断自转以及金属化流体的不停运动，而形成电流，从而产生地磁场.

第三种说法是法国的物理学家安培提出的.19 世纪 20 年代，以塞贝克(数学家)为代表的科学家已认识到温度差会引起电流，安培考虑到地球自转造成了太阳照射后正面与背面的温度差，从而提出如下假设：地球磁场是由绕地球的环形电流引起的.该假设中的电流的方向是垂直磁子午线自西向东环绕地球，根据安培定则可以判断出地磁场的方向，与实验相吻合.

课题 1.2　探测地磁场的大小和方向

根据 1965 年的科学测定，地磁北极位于东经 139.9°，南纬 66.6°的南极洲威尔斯附近；地磁南极位于东经 100.5°，北纬 75.5°的北美洲帕里群岛附近.地磁两极和地理两极并不重合，地磁轴和地球自转轴两者大约相交 11 叫薪，如图 3-4-2 所示.

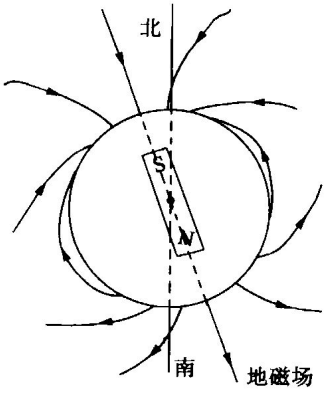


图 3-4-2

这一现象早在 11 世纪就由我国古代科学家沈括在《梦溪笔谈》中指出，原文为："以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也."这是科学史上最早对地磁偏角现象的正确描述.

动手实验：探测地磁场

地磁场很弱，除了指南针指向南北的事实外，人们几乎感觉不到地磁场的存在.事实上，我们完全可以利用课本上学到的知识初步探测地磁场的强弱.

(1)准备实验器材

小磁针、电流计(J0409 型)、长约 15m 的铜芯双绞线(电阻约 2Ω).如有条件可添置磁罗盘、微电流放大器(J2477 型).实验器材如图 3-4-3 所示.



图 3-4-3

(2)实验过程

将长约 15m 的铜芯双绞线两端接在灵敏电流计上，拉开形成一个长回路.东西方向面对面站立的两位同学像甩跳绳那样以每秒 4～5 圈的频率摇荡半个回路，如图 3-4-4 所示，随着导线切割地磁场，回路中就有感生电流产生，电流计指针指示的电流最大值可达 0.3μA，细心的同学会注意到随着导线的

来回摇荡，电流计的指针也在来回摆动．显然，这是由于上下摇荡半个回路时，导线切割地磁感应线的方向不同，从而导致回路中感生电流的方向不断变化．为进一步准确读出感生电流的数值，可将灵敏电流计换为微电流放大器．

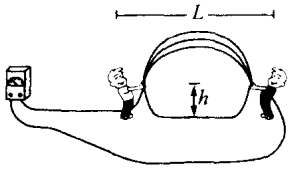


图 3-4-4

如果用小磁针或磁罗盘事先确定好地磁方位角，转轴(即两同学连线)沿南北方向摇荡半个回路时产生的电流与转轴沿东西方向时导线做同样运动产生的电流有明显差异．通过比较可发现，转轴沿东西方向上下甩动半个回路时产生的感应电流更大一些．这表明地磁感应线是沿南北方向的，且地磁感应强度的水平分量更大一些．

(3)算一算

量出面对面站立的两同学间的距离 L，L 可认为是导线切割地磁感应线的有效长度；测出两同学手臂到地面的高度 h；记录下上下摇荡半个回路的频率 f；量出铜芯双绞线的总电阻 R；记录下电流计指示的最大电流 I，即可估算出地磁感应强度 B 来．

导线切割地磁感应线的有效速度为 $v = h\omega = 2\pi hf$

回路中的感应电动势 $E = BLv = BL2\pi hf$

回路中的感应电流 $I = \dfrac{E}{R} = \dfrac{BL2\pi hf}{R}$

所以地磁场的平均强度为 $B = \dfrac{IR}{2\pi hfL}$

一般情况下，地理位置不同时，地磁感应强度略有差异，总的地磁感应强度约为 5×10^{-5}T，远小于常见的永久磁铁两极附近 0.4 T 到 0.7 T 的磁感应强度．

用上述方法估测出地磁感应强度后，还可进一步用小磁针测出地磁场的方向．细心的同学还会发现支在重心下方的小磁针与水平方向有一个小的夹角，磁针的指北端向下倾斜，指南端向上翘起．磁针与水平方向的夹角叫磁倾角．地理位置不同时，磁倾角也不同，它可在 0°～90°的范围内变化．

课题 1.3　地磁场的应用

(1)地磁发电

前面的实验可作为地磁发电的例子．另据报道，1992 年 7 月，美国“阿特兰蒂斯号”航天飞机进行了一次卫星悬绳发电实验．航天飞机在地球赤道上空离地面约 300km 处自东向西飞行，相对地面的速度大约 6.51×10^{3}m/s．从航天飞机上向地心方向发射一颗卫星，携带一根长 20km，电阻为 800Ω 的金属悬绳，使这根悬绳与地磁场垂直，做切割磁感线运动．根据理论设计，通过电离层(由等离子体组成)的作用，悬绳上可产生大约 3A 的感应电流，但由于种种原因，在实验过程中，

悬绳发生了断裂，因此，实验只取得了部分成功.

(2)地磁探矿

据测算，地磁场的变化有一定的规律性. 比如在我国境内，每向北走一公里，地磁感应强度的变化约为一亿分之几特. 小范围内地磁感应强度和磁倾角几乎没有什么变化. 但是，有时地磁场的变化非常明显，有的地方会出现磁针反常现象，磁针不再指向南北方向. 在某些山区，磁针甚至变成直立状态. 这种电磁场的剧变称作地磁异常. 显然，出现地磁异常的区域，地下一定蕴藏着丰富的磁铁矿. 我们可以根据地磁异常现象来探测磁铁矿区.

1954 年，我国一支地质探矿队发现，在山东某个地区面积大约 $4km^2$ 的范围内，地磁感应强度异常极大值达到了 $3.5\times10^{-6}T$. 地质队员们推测，这里一定是一个储量较大的铁矿. 经过钻探发掘，最终在地下 450m 深处发现了总厚度达 62.54m 的磁铁矿区.

随着人们对地磁场研究的深入，地磁探矿的应用越来越广. 地质学家们已经能够广泛应用地磁探矿来寻找铁、钴、镍、金以及石油等地下资源了.

(3)地磁预报

地壳中的岩石，有许多是具有磁性的. 地震发生时，这些岩石受力变形，它的磁性也随之变化. 在强烈地震前夕，地磁感应强度、磁倾角等都会发生变化，造成局部地磁异常，这就是所谓的“震磁效应”. 掌握了震磁效应的规律，利用测量仪器监测地磁变化，就可以根据震磁效应对地震做出较准确的预报.

(4)解释自然现象

我们知道，太阳活动如太阳黑子、耀斑等的出现具有一定周期性. 长期的天文观测表明，太阳黑子总数变化的周期约 11 年. 当太阳黑子活动剧烈的时候，太阳喷射出大量兆电子伏能量级的带电粒子(电子、质子、离子等). 这些带电粒子在掠过地球时，有许多被地磁场“捕获”. 带电粒子掠过地球时形成的磁场造成地磁场和地球外围电离层的剧烈变化，从而出现无线电短波衰减和通讯中断等异常现象，这就是所谓的地磁暴.

地磁暴发生时，在一些高纬度地区，尤其是极地上空会出现瑰丽壮观的极光. 这是由于被地磁场“捕获”的大量带电粒子流在地磁场的偏转作用下，沿螺线路径朝地球的磁极运动，高速运动的高能电子或质子撞击地球大气中大量的氧、氮及其他惰性气体原子，并把能量传给气体原子的外层电子，这些电子紧接着又把获得的能量以光的形式释放出来，如氧发红光，氩发蓝光等. 这就是产生极光的原因. 另外，在船舶和飞机航行的时候，人类是靠磁罗盘测得的地磁方位角配合地磁场图来导航的. 不只人类，许多动物的飞行和迁徙也是靠地磁场来“导航”的，如鸽子、海豚、海龟等.

研究性实践

1. 如图 3-4-5 所示为地磁场磁感线的示意图. 在北半球地磁场的竖直分量向下，飞机在我国上空匀速巡航，机翼保持水平飞行高度不变. 由于地磁场的作用，金属机翼上有电势差，设飞行员左方机翼末端处的电势为 E_1，右方机翼末端处的电势为 E_2，则（　　）

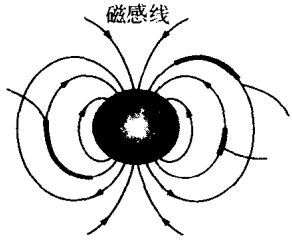


图 3-4-5

A. 若飞机从西往东飞，E_1 比 E_2 高

B. 若飞机从东往西飞，E_2 比 E_1 高

C. 若飞机从南往北飞，E_1 比 E_2 高

D. 若飞机从北往南飞，E_2 比 E_1 高

2. 磁性是物质的一种普遍属性，大到宇宙中的星球，小到电子、质子等微观粒子，几乎都会呈现出磁性. 地球就是一个巨大的磁体，其表面附近的磁感强度约为 $3\times10^{-5}\sim5\times10^{-5}$T，甚至在一些生物体内也会含有微量强磁性物质如 Fe_3O_4. 研究表明：鸽子正是利用体内所含的微量强磁性物质在地磁场中所受到的作用来帮助辨别方向的. 如果在鸽子身上缚一块永磁体材料，且其附近的磁感强度比地磁场更强，则（　　）

A. 鸽子仍能辨别方向　　B. 鸽子更容易辨别方向

C. 鸽子会迷失方向　　D. 不能确定鸽子是否会迷失方向

3. 19 世纪 20 年代，以塞贝克（数学家）为代表的科学家已认识到温度差会引起电流，安培考虑到地球自转造成了太阳照射后正面与背面的温度差，从而提出如下假设：地球磁场是由绕地球的环形电流引起的. 则该假设中的电流的方向是（　　）

A. 由西向东垂直磁子午线　　B. 由东向西垂直磁子午线

C. 由南向北沿磁子午线方向　　D. 由赤道向两极沿磁子午线方向

4. (1)关于地球的自转，正确的说法有（　　）

A. 线速度随纬度增大而减小　　B. 角速度随纬度增大而减小

C. 向心加速度随纬度增大而减小　　D. 自转一周等于一昼夜即 24 小时

(2)若地磁场是由地表带电产生的，则地表带电情况是带（　　）

A. 正电　　B. 负电　　C. 不带电　　D. 无法确定

(3)若随年代推移，地球自转速度越来越快，当地面物体处于完全失重状态，(地球半径 6400km)，这时地球自转周期为（　　）

A. 24 小时　　B. 1 小时　　C. 500 秒　　D. 5000 秒

5. 地球是一个巨大的磁体，具有金属外壳的人造卫星环绕地球做匀速圆周运

动，若不能忽略所经之处地磁场的强弱差别，则 （ ）

A. 运行速率将越来越小　　B. 运行周期将越来越小

C. 轨道半径将越来越小　　D. 向心加速度将越来越小

6. 我国古代很早就对磁现象有所认识. 北宋时期在沈括所著的《梦溪笔谈》及曾公亮所编的《武经总要》中均有关于磁现象的记载：

《梦溪笔谈》中写道："以磁石磨针锋，则锐处常指南，亦有指北者，恐石性亦不同."这段文字记载表明：早在 11 世纪，沈括已发现了地磁场的_____；

《梦溪笔谈》中还写道："以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也."这段文字记载实际上表明：沈括已发现了地磁场的_____；

《武经总要》前集卷十五介绍了"指南鱼"（如图 3-4-6 所示）的制作方法及其应用，书中写道："鱼法用薄铁叶剪裁，长二寸宽五分，首尾锐如鱼形，置炭火中烧之，候通赤，以铁钳钳鱼首出火，以尾正大光明对子位，蘸水盆中，没尾数分则止，以密器收之，用时置水碗于无风处，平放鱼在水面令浮，其首常南向午也."其中的"钳鱼首出火……没尾数分则止"一段文字记载表明：在北宋时期，我国人民就已在实践中发现了地磁场的_____的存在.

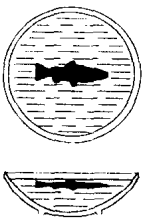


图 3-4-6

7. 为了测量列车运行的速度和加速度，可采用如图 3-4-7(a)所示的装置，它是由一块安装在列车车头底部的强磁体和埋设在轨道地面的一组线圈及电流测量记录仪组成（测量记录仪器图中未画出）. 当列车经过线圈上方时，线圈中产生的电流被记录下来，就能求出列车在通过各位置时的速度和加速度.

如图3-4-7(b)所示，假设磁体端部的磁感强度 $B=0.004\text{T}$，且全部集中在端面范围内与端面相垂直，磁体的宽度与线圈宽度相同，均很小，线圈匝数 $n=5$，长 $L=0.2\text{m}$，电阻 $R=0.4\Omega$（包括引出线电阻），测试记录下的电流随位移变化图线，如图 3-4-7(c)所示.

(1)试计算列车在通过 $s_1=30\text{m}$ 和 $s_2=130\text{m}$ 处时的速度 v_1 和 v_2 的大小；

(2)若列车所做的是匀加速直线运动，其加速度为多大？

8. 一架巨型喷气式飞机，机翼长 80m，机身长 60m，机身高 8m，估算当飞机速度为 720km/h 时，在下列情况下，飞机产生的感应电动势.

(1)飞机通过北极；

(2)飞机通过赤道向北.（已知地磁场在赤道处的 $B=3\times10^{-5}\text{T}$，在北极 $B=6\times10^{-5}\text{T}$）

9. 1994 年，科学家曾在"阿特兰蒂斯"号航天飞机上进行过一项利用金属缆绳发电的试验. 在航天飞机正常飞行时，从机上对准地心发射出一根长 20km 的

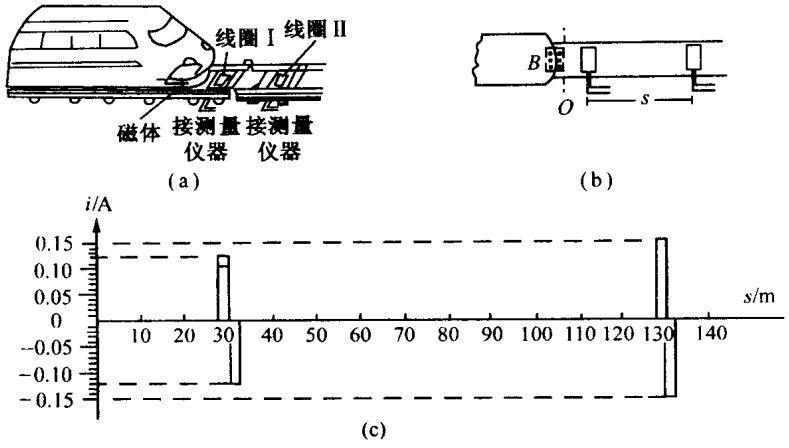


图 3-4-7

金属缆绳，缆绳的总阻值为 800Ω. 设航天飞机的飞行高度为 300km，速度为 7.7×10^3m/s，地球半径为 6400km. 地磁场水平分量强度为 3.5×10^{-5}T. 根据设计要求该金属缆绳中能产生 3A 电流，然而该项试验由于缆绳断裂只取得部分成功. 试估算：

(1)缆绳能提供的电压；

(2)若按设计要求，航天飞机绕地球飞行一周可获得的电能为多大？

10. 现象：宇宙中有相当多的高能粒子，在它们进入大气层时会产生北极光.

(1)为什么在进入大气层时才会产生北极光？

(2)仔细研究地磁场的分布规律，试说明为什么只有在北极或南极周围才会有明显的极光？

(3)高能粒子在南北极的这种行为和我们现代技术中的哪种仪器作用最相似？ (　　)

A. 直线加速器　　B. 质谱仪　　C. 回旋加速器　　D. 托卡马克装置

【答案与提示】

1. A、C　2. C　3. A　4. (1)A、C、D　(2)B　(3)D　5. C　6. 磁体有两个不同的磁极；磁偏角；磁倾角　7. (1) $v_1=12$m/s，$v_2=15$m/s.　(2) $a=0.405$m/s^2.　8. (1)飞机飞行的速度为 $v=720$km/h$=200$m/s，通过北极上空时，地磁场的磁感应强度的方向是竖直向下的，飞机相当于约有两个机翼的长直导线垂直切割磁感线，故而产生的感应电动势为 $E=BLv=6\times10^{-5}\times160\times200=1.92$V.　(2)当飞机通过北极上空时，由于地磁场的方向是由南水平向北的，飞机平行于磁场方向飞行，故而飞机不切割磁感线，产生的感应电动势为零.　9.

(1)悬绳产生的电动势可达到 $E = BLv = 3.5 \times 10^{-5} \times 20 \times 10^3 \times 7.7 \times 10^3 = 5390V$ 悬绳两端的电压为 $U = E - Ir = 5390 - 3 \times 800 = 5390 - 2400 = 2990V$.

(2)航天飞机绕地球一周悬绳输出的电能为 $W = UIt = UI \times 2\pi(R_{地} + h)/v = 2990 \times 3 \times 2 \times 3.14 \times (6400 + 300) \times 10^3/(7.7 \times 10^3) = 4.9 \times 10^4 kJ$. 10.(1)当太阳黑子活动剧烈的时候,太阳喷射出大量兆电子伏能量级的带电粒子(电子、质子、离子等).这些带电粒子在掠过地球时,有许多被地磁场"捕获".被地磁场"捕获"的高速运动的高能电子或质子撞击地球大气中大量的氧、氮及其他惰性气体原子,并把能量传给气体原子的外层电子,这些电子紧接着又把获得的能量以光的形式释放出来,如氧发红光,氩发蓝光等.故只有带电粒子进入大气层时,才会产生北极光. (2)地球这个磁体的磁极在南北两极附近,磁性最强,且由于大量带电粒子流在向地球运动的过程中,在地磁场的偏转作用下,沿螺线路径朝向地球的磁极运动.地磁暴发生时,在一些高纬度地区,尤其是极地上空会出现瑰丽壮观的极光. (3)由于带电高能粒子在运动的过程中,向着地磁场方向的分运动是接近匀速的,而垂直地磁场方向的分运动是近似匀速圆周运动,而且在南北极的情况正好相反,故选 B.

课题 2 地球大气层的调查



引 言

人类赖以生存的大气,是围绕着整个地球的一个巨大的气体圈层,称为大气圈,通常也叫大气层,其厚度大约在 3000km 左右.大气在没有污染的情况下是透明、无色、无味、无臭的.大气层由许多种气体组成,其中所包含的氧气对于人类的生存最为重要.这层大气处在不停的运动之中,我们所感到的风就是空气运动的表征.这层空气可以传递声波,帮助人类进行语言交流.这层大气的存在,还可以阻止有害于人类健康的辐射线进入人类居住的环境,保护人类的正常生活和世代繁衍……这层大气对于人类和社会的进步是太重要了.现在让我们来了解有关大气的知识.

新教材基础知识摘要

1. 大气压

在任何物体表面上,由于大气的重量所产生的压力,也就是单位面积上所受到的力,叫做大气压.其数值等于从单位底面积向上,一直延伸到大气上界的垂直

气柱的总重量.大气压是描述大气的重要参数之一.

2.大气压强及其单位

首先通过实验方法测出大气压强的科学家是意大利的科学家托里拆利,他在一根约1m长的一端封口的玻璃管里注满水银,把开口的一端用姆指按住,倒立在水银槽中,当手指放开以后,管里的水银下降,但降到760mm的地方就不再下降.这就是大气压支持着水银柱的缘故.水银气压表就是根据这个原理来测量气压的.

压强的国际单位是帕斯卡(Pa),在气象工作中通用的气压单位有毫米汞柱(mmHg)和标准大气压,毫米汞柱(mmHg)是用水银柱高度来表示气压高低的单位.

例如,气压为760mmHg,表示当时的大气压强与760mm高的水银柱所产生的压强相等.

1标准大气压(atm)$=1.013\times10^5$Pa$=$760mmHg

课题研究背景资料透视

原始大气阶段

大约在50亿年前,地球脱胎于星云,星云主要成分是氢和氦.可想而知,地球的第一代大气是以是氢和氦为主.当地球形成以后,由于地球内部放射性物质的衰变,进而引起能量的转换.这种转换对于地球大气的维持和消亡都是有作用的,加上太阳风的强烈作用和地球刚形成时的引力较小,使得原始大气很快就消失掉了.

次生大气阶段

地球生成以后,由于温度的下降,地球表面发生冷凝现象,而地球内部的高温又促使火山频繁活动,火山爆发时所形成的挥发气体,就逐渐代替了原始大气,而成为次生大气.次生大气的主要成分是二氧化碳、甲烷、氮、硫化氢和氨等一些分子量比较大的气体.这些气体和地球的固体物质之间互相吸引,互相依存.气体没有被地球偌大的离心力所抛弃,而成为大气的第二次生命,即次生大气.

随着太阳辐射向地球表面的纵深发展,光波比较短的紫外线强烈的光合作用,使地球上的次生大气中生成了氧,而且氧的数量不断地增加.有了氧,就为地球上生命的出现提供了极为有利的"温床".经过几十亿万年的分解、同化和演变,生命终于在地球这个襁褓中诞生了.原始的单细胞生命,在大气所纺织成的"摇篮"中,不断地演变、进化,终于发展成了今天主宰世界文明的高级人类.今天的大气也在这个过程中,获得了如此一个"美满的家庭".

现在靠近海平面干净的空气的主要成分按体积百分比是:氮气78.08%、氧

气 20.94%、惰性气体 0.93%、二氧化碳 0.03%.

课题研究案例

课题 2.1　调查大气层的特点

(1)大气层的质量和密度

全部大气圈的质量(5600 万亿吨)不到地球总质量的 1%.

就整个地球来看,愈是靠近核心,组成物质的密度就愈大.大气圈的密度要比地球的固体部分小得多,而高层的密度比低层要小得多,而且愈高愈稀薄.如果以海面上的空气密度为 1,在 240km 高空,大气密度就只有它的一千万分之一;到 1600km 高空,更只有它的一千万亿分之一了,整个大气圈质量的 90%集中在高于海面 16km 的空间内,大体上也就是我们看到的那个蓝色的面纱的厚度.再往上,空气就稀薄到不足以使阳光散射形成蓝色的天空了.当升到比海面高出 80km 的高度,几乎全部大气圈质量的 99.99%都集中在这个界限以下;而所余无几的大气占据的空间却极为广大,探测结果表明,地球大气圈没有明显的边界.

(2)大气层的组成结构

自下而上可以把大气层分为:对流层、平流层、中间层、热层和外层.

对流层:高于海平面 10～12km 以内(在地球两极较低,约 8km,在赤道上较高,约为 16km)的这层大气,能因冷热不同而对流,称为对流层.对流层是大气圈中最稠密的一层,大气中的水气也几乎全部集中在这里,特别是在它的下半部.因而这里是风云变幻的主要场所,我们所感受得到的各种天气现象都是在对流层里发生的.

平流层:在对流层上面,直到高于海平面 50km 的这一层,气流运动相当平衡,而且主要以水平运动为主,故称为平流层,飞机等飞行物主要在此空间飞行.

中间层:平流层之上,到高于海平面 85km 高空的一层.这一层大气中,几乎没有臭氧,这就使来自太阳辐射的大量紫外线白白地穿过了这一层大气而未被吸收,所以,在这层大气里,气温随高度的增加而下降得很快,到顶部气温已下降到 -83℃以下.由于下层气温比上层高,有利于空气的垂直对流运动,故又称之为高空对流层或上对流层.中间层顶部尚有水汽存在,可出现很薄且发光的"夜光云",在夏季的夜晚,高纬度地区偶尔能见到这种银白色的夜光云.

热层:从中间层顶部到高出海面 800km 的高空,称为暖(热)层,又叫电离层.这一层空气密度很小,在 700km 厚的气层中,只含有大气总重量的 0.5%.据探测,在 120km 高空,声波已难以传播;270km 高空,大气密度只有地面的一百亿分之一,所以在这里即使在你耳边开大炮,也难听到什么声音.暖层里的气温很高,据人造卫星观测,在 300km 高度上,气温高达 1000℃以上.所以这一层叫做暖层

或者热层.

外层:暖层顶以上的大气,也叫散逸层.它是大气的最高层,高度最高可达到3000km.这一层大气的温度也很高,空气十分稀薄,受地球引力场的约束很弱,一些高速运动着的空气分子可以挣脱地球的引力和其他分子的阻力散逸到宇宙空间中去.根据宇宙火箭探测资料表明,地球大气圈之外,还有一层极其稀薄的电离气体,其高度可伸延到22000km的高空,称之为地冕.地冕也就是地球大气向宇宙空间的过渡区域.人们形象地把它比作是地球的"帽子".

另外,还可以按着大气被电离的状态来划分,可分为非电离层和电离层.在海平面以上60km以内的大气,基本上没有被电离处于中性状态,所以这一层叫非电离层.在60km以上至1000km的高度,这一层大气在太阳紫外线的作用下,大气成分开始电离,形成大量的正、负离子和自由电子,所以这一层叫做电离层,这一层对于无线电波的传播有着重要的作用.

课题2.2　了解大气层的作用

大气层除了给生物体提供了修身养性的良好环境,它还具有其他一些重要的作用:

(1)防止外来物侵害

假使没有大气,从天而降的陨石将成为家常便饭,给地球造成极大毁坏.正是由于大气圈的保护,高速冲来的陨石因与大气剧烈摩擦,减慢了速度;并因摩擦产生的高热影响,绝大部分陨石在一百多公里的高空就化为灰尘和气体,只有极少数到达地面,而且已是强弩之末,一般不会造成什么危害了.

(2)防紫外辐射

从天外向地球袭来的还有强烈的紫外线.假使没有大气,过多的紫外线将使地球上的生命无法生存,现在大气圈保护了我们.在大气圈中离开海面20~35km这一带含臭氧较多,所谓较多,也不过占到四百万分之一左右,但这点臭氧已足以使大量紫外线被吸收,才使得地球上各种生物免受过多的紫外线伤害;剩下少量的到达地面,对我们来说有杀菌防病作用,反而变得无害而有益了.

(3)防止宇宙射线

那些极其稀薄的被地球磁场所控制的带电粒子组成的高层大气,也有保护地球的作用,它能使宇宙中那些以高速冲向地球的粒子流偏转方向.

大气圈就是这样层层叠叠,看起来仿佛空若无物,实际上是壁垒森严,将地球重重包住.岂止是面纱,简直是屏障,是铜墙铁壁,对地球起着重要的保护作用.

课题2.3　对大气中的光学特性及现象的分析

大气层是一种无色、无味、透明的光学介质,具有其他介质所具有的一切光学现象,如:

光能在大气中发生入射与反射，我们能看到太空的星体就说明这一点.

光能在大气中发生散射. 如蔚蓝的天空、彩霞、虹和霓等现象都是光在大气中发生色散的结果.

光能在大气中发生折射. 空气的折射率与空气的密度成单调递增关系，随着高度的增加，空气密度逐渐减小，因此，空气的折射率随高度升高而减小，当光在大气中传播时，通过一层层密度不同的大气，在各层的分界面处会发生折射，使光线不沿直线传播而是变弯曲，这样当太阳和其他星体的光线进入大气以后，光线就会拐弯，这种现象称为天文折射，这使在地面观测得的天体视位置 S' 比实际位置 S 高. 来自大气某目标物发出的光线，在向接收器传播途中发生屈折的现象称为地球折射. 如日月晕环和海市蜃楼.

光还能在大气中发生衍射. 如在大气中传播的日光或月光遇到小云滴(小雨滴或小冰晶)等障碍物时，会绕过这些障碍物而产生衍射. 当天空中存在由均匀小云滴组成的透光高层云或透光高积云时，月光在透过云层时遇云滴而产生衍射，由于云滴大小均匀，形成的衍射环能迭加，从而出现以月亮为中心的一圈圈明暗相间彩色光环，这就是华.

课题 2.4　解释极光、雷电、风等自然现象的形成原因

太阳是一个庞大而炽热的气体球，在它的内部和表面进行着各种化学元素的核反应，产生了强大的带电粒子流，并从太阳发射出来，以极大的速度射向周围的空间. 当这种带电粒子流射入地球外围稀薄的高空大气层时，与地磁场和地球外围电离层发生剧烈作用，那些被地磁场"捕获"的大量带电粒子流在地磁场的偏转作用下，沿螺线路径朝地球的磁极运动. 高速运动的高能电子或质子撞击地球大气中大量的氧、氮及其他惰性气体原子，并把能量传给气体原子的外层电子，这些电子紧接着又把获得的能量以光的形式释放出来，如氧发红光，氩发蓝光等，这就是极光.

雷属于大气声学现象，是大气中小区域强烈爆炸产生的冲击波形成的声波，而闪电则是大气中发生的火花放电现象.

闪电和雷声是同时发生的，但它们在大气中传播的速度相差很大，因此人们总是先看到闪电然后才听到雷声. 光每秒能走 30 万 km，而声音只能走 340m. 根据这个现象，我们可以从看到闪电起到听到雷声止这一段时间的长短，来计算闪电发生处离我们的距离. 假如闪电在西北方，隔 10s 听到了雷声，说明这块雷雨距离我们约有 3400m 远.

闪电通常是在有雷雨云时出现，偶尔也在雷暴、雨层云、尘暴、火山爆发时出现. 闪电的最常见形式是线状闪电，偶尔也可出现带状、球状、串球状、枝状、箭状闪电等等. 线状闪电可在云内、云与云间、云与地面间产生，其中云内、云与云间闪

电占大部分，而云与地面间的闪电仅占$\frac{1}{6}$，但其对人类危害最大.

风实际是一种大气的运动，气压高低、气温冷暖等大气内部矛盾的运动的客观规律在支配着的大气的运动，风从气压高的区域吹向气压低的区域，风的行进路线并不直接从高气压区吹向低气压区，而是一个向右偏斜的角度.

研究性实践

1. 1998 年的大洪水给我们留下深刻的教训，除了受厄尔尼诺现象的影响外，还有以下哪些因素？（　　）

A. 植树造林增加森林覆盖率

B. 围湖造田，增加粮食产量

C. 大量砍伐森林，增加当地政府收入

D. 合理利用林木及水资源

2. 假设地球表面不存在大气层，那么人们观察到的日出时刻与实际存在大气层的情况相比（　　）

A. 将提前

B. 将延后

C. 在某些地区将提前，在另一些地区将延后

D. 不变

3. 初升的太阳以及下山的太阳显得特别红，这是因为（　　）

A. 大气对光的色散现象　　B. 大气对光的全反射

C. 大气对光的折射　　D. 阳光中红光的波长长

4. 地球大气的氧来源于两方面_____和_____，月球上没有大气，但发现有水，太阳光中紫外线较强，水遇到紫外线很容易被分解成_____和_____.用化学中的_____方法也容易得到氧. 辐射到月球上的阳光和辐射到地球上的阳光差不多，在垂直于光的传播方向上是 $1.36\times10^{3}\mathrm{W/m^{2}}$. 如果把太阳光看成是频率为 $5.00\times10^{14}\mathrm{Hz}$ 的单色光，在垂直于阳光的月球表面上，$1.00\mathrm{cm^{2}}$的面积每分钟接收到_____个光子.

5. 臭氧层是地球的保护伞，它对紫外线有吸收和阻挡的作用，臭氧层中的氧气与臭氧处于动态平衡，由于冰霜中制冷剂——氟利昂的泄漏，大量破坏臭氧层，使透射到地面的紫外线辐射增强，危及人类生存环境. 氟利昂是一种低沸点的卤代烃，易挥发，进入大气层后，在太阳紫外线作用下光解出 Cl^{-}，它能促进 O_3转化成 O_2，其方程式为 $Cl^{-}+O_3\longrightarrow ClO^{-}+O_2$，$ClO^{-}+O\longrightarrow Cl^{-}+O_2$：

(1)其总反应式为_____;

(2)Cl^-在反应中充当 (　　)

A. 反应物　　B. 生成物　　C. 媒介物　　D. 催化剂

由于Cl^-可反复与O_3反应,使O_3含量急剧减少甚至形成臭氧空洞,使透射至地面的紫外线辐射量增大,导致生物体遗传物质发生变化,使人类皮肤癌增多,使植物表皮受损,对生物圈造成极大危害.

(3)遗传物质变化,指 (　　)

A. 细胞灼伤　B. 基因互换　C. 基因重组　D. 基因突变

(4)臭氧层破坏后,过量紫外线辐射对生物体的危害机理是紫外线的 (　　)

A. 热作用　　B. 电离作用　C. 穿透作用　D. 物理化学作用

(5)臭氧层发生大范围的减薄现象称为臭氧层"空洞",产生"空洞"时会对环境产生影响,下列说法正确的是 (　　)

A. 会产生温室效应,使地球表面温度显著提高

B. 大量紫外线通过大气层对地球表面生物的生存造成危害,破坏生态环境

C. 会破坏地球磁场对地球的磁屏蔽

D. 大量的宇宙射线会通过大气层到达地面,对地球生物的生存造成危害

6.2000年9月3日美国宇航局测得南极上空臭氧层空洞面积达到2830万平方公里,相当于美国本土面积的3倍,这是迄今为止观测到的最大的臭氧空洞.臭氧层对紫外线吸收有举足轻重的作用.

(1)大部分臭氧出现在离地面20km～30km处,如果把这部分臭氧在地表状态下集中,它的厚度为几毫米的薄层.设地球半径为R,在离地面20～30km处平均温度为T_0,压强为p_a,地球表面温度为$2T_0$,大气压强为10^4Pa,试写出这部分臭氧全部集中在地表的厚度表达式_____.

(2)紫外线产生的微观机理是原子的_____受激发而产生的.

(3)不同波长紫外线所起的作用是不同的,波长为315nm～400nm之间紫外线是地球生物必需的,它可促进人体_____类转化成维生素D,维生素D的主要功能是_____.

(4)在生命起源早期,紫外线是促进无机小分子物质形成有机小分子物质的主要能源,这里所述有机小分子物质主要指_____.

(5)过量的紫外线照射,会引起人体发生_____,诱发癌症.

(6)假如地球上空臭氧层突然完全消失,地球上大部分生物体会发生什么变

化？为什么？

(7)传统冰箱中的_____可在光的作用下分解，产生出_____原子，后者会对臭氧层产生长久的破坏作用.

7.估算地球上大气层空气的总重力.($R_{地}=6.4\times10^6$m)

8.在竖直加速上升的密闭人造卫星内有一水银气压计，如图 3-4-8 所示，卫星开始上升前星内气温为 0℃，气压计中水银柱高 76cm.在上升至离地面不太高的高度时，卫星内气温为 27.3℃，此时水银气压计中水银柱高 41.8cm.求此时卫星的加速度.

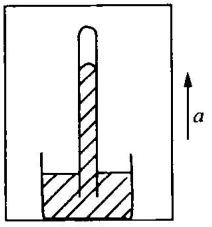


图 3-4-8

【答案与提示】

1.C　2.B　3.D　4.绿色植物；海洋；氢；氧；电解水；2.64×10^{19}个　5.(1)$O_3+O\xrightarrow{Cl^-}2O_2$　(2)D　(3)D　(4)D　(5)B

6.(1)$h=\sqrt[3]{\dfrac{[(R+30)^3-(R+20)^3]\times2}{10^4}+R^3}-R$　(2)外层电子　(3)胆固醇；促进钙、磷吸收和骨骼发育　(4)氨基酸、核苷酸、单糖　(5)基因突变　(6)生物会在短期内死亡，这是因为紫外线会破坏生物的分子物质　(7)氟利昂；氯　7.因地表大气压强 p_0，则地表面积 S_0 上受的压力 $F_0=S_0\cdot p_0$.这个压力的数值与大气的总重力 G 接近，即 $G_0=S_0\cdot p_0=p_0\cdot4\pi^2R=1.0\times10^5\times4\times3.14\times(6.4\times10^6)^2\text{N}=5\times10^{19}\text{N}$.　8.以卫星内的空气为研究对象，气体体积未变，作等容变化，由查理定律，得 $p_1:T_1=p_2:T_2$；所以 $p_2=T_2p_1/T_1=T_2\rho gh_1/T_1$；以气压计内高出水银槽内液面的水银柱为研究对象，其受重力 mg 和向上的压力 p_2S，质量 $m=\rho h_2S$.由牛顿第二定律，得 $p_2S-\rho gh_2S=\rho h_2Sa$，所以 $a=(p_2-\rho gh_2)/\rho h_2=9.8(\text{m/s}^2)$.

课题 3　黑　洞



引　言

黑洞是宇宙中时空扭曲的地方.最早谈论黑洞的人，是 18 世纪法国的一位物理学家和英国的一位哲学家.可是直到 1999 年，人类才在银河系里找到黑洞.那么，黑洞到底属于何种星体？它是怎样产生的？有哪些特点？本课题将以详实资

料为背景就这些问题做一些调查研究.

新教材基础知识摘要

1. 黑洞

近代引力理论所预言的一种特殊的天体——黑洞,可以利用所学知识加以说明.理论计算表明,人造卫星脱离地球的速度等于其第一宇宙速度的$\sqrt{2}$倍,即$v=\sqrt{2Gm/r}$.由此可知,天体的质量越大、半径越小,其表面的物体就越不容易脱离它的束缚.质量与太阳相近,而半径与地球差不多的白矮星,其脱离速度为6.5×10^3km/s;质量与太阳相近,半径只有10km左右的中子星,其脱离速度竟达1.6×10^5km/s.设想,如果某天体的质量非常大,半径非常小,则其脱离速度有可能达到光速,即$v=\sqrt{2Gm/r}>c$.爱因斯坦相对论指出,任何物体的速度都不可能超过光速,由此可以推断,对这种天体来说,任何物体都不能摆脱它的吸引而逃脱出来,这种天体就是我们常听到的黑洞.

黑洞是否存在不仅对理论物理的研究非常重要,对天体物理、宇宙学等都非常重要,于1990年发射升空的哈勃太空望远镜几年来的观测结果支持黑洞理论,1997年2月更换过设备的哈勃太空望远镜已发回许多更清晰、详细的观测资料,供科学研究.

2. 星系和宇宙

现代观测表明,由于引力的作用,恒星有"聚集"的特点,众多的恒星组成了不同层次的恒星系统,最简单的恒星系统是两颗互相绕转的双星.当在一起绕转的恒星数目超过10颗时,称其为星团.无数的恒星、双星、星团组成了更高一层次的系统——星系,太阳系所在的星系为银河系.

银河系是我们比较熟悉的星系.在晴朗的夜空,抬头仰望天空,有一条模糊的银白色光带,这就是银河系.

除银河系外,人们又发现了许多其他星系,统称为河外星系,星系的数目非常之多,现在已观测到的星系的数目达10^9数量级.星河的距离更是非常遥远,肉眼能看到的最近河外星系是大麦哲伦星云,距银河系也有16.9万光年之遥.随着观测技术的进步,目前能观测到150亿光年的河外星系.星系也像恒星一样相互聚集,组成了更高层次的系统——星系团、超星系团.这由小到大、不同层次的天体世界组成了整个宇宙.

课题研究背景资料透视

黑洞离我们有多远

许多年来,观测者们一直在窥探银河系的中心.恒星和气体围绕银河系的中

心快速移动，这暗示着那里确实隐藏着某种庞然大物．如果它真的是黑洞，无线电望远镜应该能探测到一种信号，那就是超高热气体旋转进入黑洞时发出的辉光．天文学家们把黑洞称为“累积盘”，并且在其他星系的中央观测到这种释放 X 射线的圆盘．但奇怪的是，他们一直未能在银河系中观察到这样的圆盘．

1999 年 9 月，天文学家们利用灵敏度极高的钱德拉无线电太空望远镜，终于找到了苦寻已久的目标——由围绕黑洞的超高温气体发出的 X 射线．他们的猜测被证实了，银河系中确实有一头巨大的怪物——比太阳的质量多出近 300 万倍的超级黑洞．去年 10 月 26 日，天文学家们在记录到 X 射线大爆发后，又一次将钱德拉无线电望远镜对准了银河系中心，望向“人马座 A*”，这是一个密集的无线电发射源，他们相信正是黑洞为它提供了能量．在短短几分钟内，来自“人马座 A*”的 X 射线爆发亮度变得比平时高 45 倍以上，几小时后才恢复正常．

天文学家们对这一观测结果感到异常欣喜，因为这是他们第一次目睹银河系的超大黑洞“享用大餐”——吞噬其他天体的情形．对探索者们而言，这就好比被黑洞吞噬的物质在自己“牺牲”之前的最后一刻，向地球人发来了明信片．

在那次爆发中释放的能量，同一颗彗星或小行星突然陨落时释放的能量相当．因此，说黑洞享用了一顿大餐毫不过分！但另一方面，科学家们说，那次爆发也可能是由于黑洞附近的磁感应线重新连结而产生的，就像太阳耀斑的产生一样．

课题研究案例

课题 3.1　查阅资料，了解什么是黑洞

第一个预言黑洞存在的是史瓦西，当时称黑洞为“史瓦西奇点”．而爱因斯坦却拒绝了黑洞存在的事实，后来，爱因斯坦称这是他的一个错误．其实，在 19 世纪就有人预言宇宙中存在着叫做“暗星”的星体．

当时的科学家（当时称为自然哲学家）通过牛顿引力定理得出：光是由粒子构成（光子），粒子从星体发出，由于星体强大的引力被拉回，所以无法逃逸出来．而后，却不再有人提出过，直到相对论提出后，史瓦西认为相对论与牛顿引力定理有着相同点．相对论指出“你的时间是我的时间和我的空间的混合，我的空间是你的空间和你的时间的混合”的相对性理论，并预言在我们的宇宙中存在着我们称为“黑洞”的星体．

显然，“黑洞”是人们根据广义相对论预言而存在的天体，在宇宙中黑洞是否真的存在，一直是人们争论的话题．

美国宇航局的科学家们对哈勃望远镜 1992 年的一批观测数据进行分析，发现了两例特殊的紫外线脉冲，可能是物质跌入黑洞之前所发出的紫外线．这可能

是人类首次观测到黑洞存在的直接证据.这个黑洞名叫“天鹅座 XR-1”,离地球约6000 光年,它是最早被人类用间接方式确认为黑洞的天体.在哈勃望远镜的观测之前,没有人曾经看到物质被吸入黑洞时真正发生了什么事.

课题 3.2　根据所查资料,分析黑洞形成的过程

科学家认为,距离地球许多光年的一些超级巨型恒星,在“寿命”走到尽头时,会崩坍成密度极大的黑洞,形成吸力极大的重力场.牛津大学天体物理学家霍金认为,部分黑洞可能是在宇宙大爆炸时已产生的.

黑洞是星球演化到最后阶段时在宇宙中自然产生的结果.星球借着核熔合产生能量并发出光芒.星球一生绝大部分的过程,都在燃烧氢合成氦,接着大多数星球会演化成红巨星,开始燃烧中心核里的氦,最后形成最稳定的铁中心核.之后星球再也无法制造出足以支撑星球形体的能量而开始猛烈收缩成超新星.质量接近太阳的轻星不会演化到形成铁核中心的阶段,在演化过程中会变成白矮星而冷却下来.但是质量为太阳 3 倍以上的重星就会发生超新星爆炸.如果质量在太阳 8 倍以下,爆炸之后便会烟消云散.质量在太阳的 8～30 倍的情况则留下中子.如果质量在太阳的 30 倍以上,中心核将无限地持续重力崩溃直到形成黑洞.一般而言,星球之所以保持球形,是因为重力与压力能够保持平衡.但若星球重力因故大幅增加,便无法取得力的平衡,于是发生重力崩溃而不断收缩,最后溃缩成一点.这就是黑洞诞生的大致过程.

课题 3.3　查阅资料,总结黑洞的特点

黑洞的密度极大,若用质量相比较的话,那么具有太阳质量的黑洞,其半径只有 3km.如果地球要变成黑洞,半径必须要缩小到 4.44dm 以下,这是人类的能力绝对做不到的,但是在自然界中却可通过星球的演化轻而易举形成.

在宇宙中,黑洞的吸力十分巨大,它凭着自身的引力把空间中的一切“禁闭”起来,它们能将所有的物质和能量“吞噬”,连光也不能幸免.

黑洞有如此大的密度,是因为它的组成与一般物体不同.我们知道,物体由原子组成,原子本身像一个空虚的气球,它的大部分质量都集中在只有整个原子体积的近亿亿分之一大小的原子核中,原子就像包着一粒小铁蛋的大气球.所以,一般的物体中,无数原子核之间并不紧挨在一起,而是有很大的空间,它们是分散的.但是,黑洞这种星体,却存在着令人难以想像的高压,原子核被挤破了,原子核和绕核运转的电子被挤成一团,原子核之间不再是分散的,而是排列得紧紧的,这就使得整个星体的体积大大缩小,而重量却不减少.导致它的密度特别高.

研究性实践

1.1997 年 8 月 26 日在日本举行的国际学术会上,德国的研究组宣布了他们

的研究成果——银河系的中心可能存在一个大黑洞.他们的根据是用口径为3.5m的天文望远镜对猎户座中位于银河系中心附近的星体进行近6年观测所得到的数据.他们发现,距银河系中心约60亿km的星体正以2000km/s的速度围绕银河系中心旋转.根据上面的数据,试在经典力学范围内(见提示),通过计算确认,如果银河系中心确实存在黑洞的话,其最大半径是多少?(最后结果保留一位有效数字,引力常数 $G=6.67\times10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$)提示:

(1)黑洞是一种密度极大的天体,其表面的引力是如此之强,以致包括光在内的所有物质都逃脱不了其引力的作用;

(2)计算中可以采用拉普拉斯黑洞模型,即使黑洞表面的物体初速等于光速也逃脱不了引力的作用.

2.在天体演变的过程中,红色巨星发生"超新星爆炸"后,可以形成中子星(电子被迫同原子核中的质子相结合而形成中子),中子星具有极高的密度.

(1)若已知某中子星的密度为 $10^{17}\mathrm{kg/m^3}$,该中子星的卫星绕它做圆轨道运动,试求该中子星的卫星运行的最小周期;

(2)中子星也在绕自转轴自转,若某中子星的自转角速度为 $60\pi(\mathrm{rad/s})$,为了使该中子星不因为自转而被瓦解,则其密度至少应为多大?(假设中子星是通过中子间的万有引力结合成球状星体,引力常量 $G=6.67\times10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$)

3.现在,科学家们正在设法探寻"反物质",所谓"反物质"是由"反粒子"构成的,"反粒子"与其对应的正粒子具有相同的质量和相同的电量,但电荷的符号相反.据此,若有反α粒子,它的质量数和电荷数为多少?

4.科学家发现太空中的γ射线一般都是从很远的星体放射出来的.当γ射线爆发时,在数秒钟内所产生的能量相当于太阳在过去100亿年所发生的能量的总和的1000倍左右,大致相当于将太阳的全部质量转变为能量的总和.科学家利用超级计算机对γ射线爆发的状态进行了模拟.经模拟发现γ射线爆发是起源于一个垂死的星球的"坍缩"过程,只有星球"坍缩"时,才可以发出这么巨大的能量.已知太阳光照射到地球上大约需要8分20秒时间,由此来估算:在宇宙中,一次γ射线爆发所放出的能量.

(万有引力常数 $G=6.67\times10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$,1年时间约为 $3.15\times10^7\mathrm{s}$)

5.中子星是完全由中子组成的星体,具有极大的密度,通过观察已知某中子星的自转角速度 $\omega=60\pi\mathrm{rad/s}$,该中子星并没有因为自转而解体,根据这些事实人们可以推知中子星的密度,试写出该中子星的密度最小值的表达式为 $\rho=$_____,计算出该中子星的密度至少为_____,(假设中子通过万有引力结合成球状星体,保留2位有效数字).

6.已知物体从地球上的逃逸速度(第二宇宙速度)$v=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$,其中 G、M、R

分别是万有引力恒量、地球的质量和半径.已知 $G=6.67\times10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$、光速 $c=2.99\times10^8\mathrm{m/s}$,求下列问题:

(1)逃逸速度大于真空中光速的天体叫做黑洞,设某黑洞的质量等于太阳的质量 $M=1.98\times10^{30}\mathrm{kg}$,求它可能的最大半径;

(2)在目前天文观测范围内,物质的平均密度为 $0.4\mathrm{kg/m^3}$,如果认为我们的宇宙是这样一个均匀大球体,其密度使得它的逃逸速度大于光在真空中的速度 c,因此任何物体都不能脱离宇宙.问宇宙的半径至少多大?

7.密度极大的天体,任何物质粒子包括光子在内都无法克服它的巨大引力而逃逸出这个天体,从外部观察,这是一个不发光的天体,这个天体被称为黑洞.天体成为黑洞的基本条件是它有一个临界半径 R,R 与质量的关系为 $R=2GM/c^2$,式中 G 为引力常量,c 为光速.太阳现在的直径为 $1.39\times10^7\mathrm{m}$,质量是 $2\times10^{30}\mathrm{kg}$,那么当太阳的直径塌缩到多大时,也会成为一个黑洞.

8.天文观测表明:几乎所有远处的恒星(或星系)都在以各自的速度背离我们而运动,离我们越远的星体,背离我们运动的速度(称为退行速度)越大,也就是宇宙在膨胀.不同星体的退行速度 v 和它们离我们的距离 r 成正比,即 $v=Hr$,式中 H 为一常量,称为哈勃常数,已由天文观察测定.为解释上述现象,有人提出一种理论,认为宇宙是从一个大爆炸的火球开始形成的.假设大爆炸后各星体即以不同的速度向外匀速运动,并设想我们就位于其中心,则速度越大的星体现在离我们越远,这一结果与上述天文观测一致.

由上述理论和天文观测结果,可估算宇宙年龄 T,其计算式为 $T=$_____.根据近期观测,哈勃常数 $H=3\times10^{-2}\mathrm{m/(s\cdot 光年)}$,其中光年是光在一年中前进的距离,由此估算宇宙的年龄约为_____年.

9.彗星——拖着长长的尾巴,时而出现于黎明的东方,时而划破晴夜的长空.对于彗星的观察,我国从殷商时代就有了关于彗星的观察记录,并为后人留下了珍贵的资料,其中在《春秋》中记载的观察彗星的资料,被公认为是世界上对哈雷彗星观察的最早记录,比欧洲关于彗星的记录早了几百年.在西方研究彗星的众多科学家中,英国物理学家哈雷对彗星的研究最为深入,他不仅对彗星进行天文观察,而且还对彗星的轨道进行了定量的计算,1705 年,他在《彗星天文学》一书中计算了彗星的 24 个轨道.在现在已知的 1600 颗彗星中,人们对其中的 600 颗已确定了它们的轨道.

下面是关于彗星的几个问题:

(1)经过观察与研究,人们发现彗星绕太阳运行的轨道一般为椭圆、抛物线或双曲线.彗星轨道的形状是由彗星的能量所决定的.试问著名的哈雷彗星的运行

轨道是椭圆，还是抛物线，还是双曲线？为什么？

(2)据科学家研究发现，彗星是由稀薄气体、冰冻团块、甲烷、氨、干冰等组成.彗星中还含有钾、钙、锰、钠和铁等物质，试说明人们是运用什么方法知道彗星中含有上述物质的？

(3)1994年，曾经发生了一个轰动世界的天文奇观，一颗命名为"苏梅克－列维9号"的彗星断裂成了21块(其中最大的一块线度约4km)，以60km/s的速度连续地向木星撞去，这就是著名的彗－木相撞现象.苏梅克－列维9号彗星中的第一块碎片于格林尼治时间7月16日20时15分落入木星大气层向木星撞去，撞击后产生的多个火球绵延近1000km.设苏梅克－列维9号彗星分裂时有一块碎块的质量为10^{12}kg，它相对于木星的速度为600m/s，求它与木星相撞过程中损失的机械能为多少？

(4)苏梅克－列维9号彗星中的第一个碎块于格林尼治时间7月16日20时15分落入木星大气层向木星撞去，放出了相当于8×10^{20}J的巨大能量.已知一个铀235裂变时可放出约200MeV的能量，试估算：苏梅克－列维9号彗星中的第一个碎块与木星相撞所释放的能量相当于多少千克的铀235发生了裂变？

【答案与提示】

1.设黑洞质量为M，由题中信息"银河系的中心可能存在一个大黑洞，距银河系中心约60亿km的星体正以2000km/s的速度围绕银河系中心旋转"可以得到这样一个理想模型：质量为m的星体绕银河系中心做圆周运动，如图3-4-9所示，　则　$\frac{GMm}{R^2}=\frac{mv^2}{R}$，　得　$M=\frac{v^2R}{G}=3.6\times10^{35}$kg.　由拉普拉斯黑洞模型的信息得到：若质量为$m'$的物体能以光速在其表面环绕飞行，而不会离去，则　$\frac{GMm'}{r^2}=\frac{m'c^2}{r}$，得　$r=\frac{GM}{c^2}=\left(\frac{v}{c}\right)^2\cdot R=3\times10^8$m.　当物体速度$v<c$时，$\frac{GMm'}{r^2}>\frac{m'v^2}{r'}$，　得　$r'<r$，所以r为最大半径.　其密度$\rho=\frac{M}{V}=\frac{M}{\left(\frac{4\pi R^3}{3}\right)}=3.2\times10^9$kg/m^3.　2.(1)设中子星的圆轨道半径为$R$，质量为$m$，由万有引力提供向心力，可得　$\frac{GMm}{R^2}=m\omega^2R=\frac{m4\pi^2R}{T^2}$.

又当$R=r$(中子星的半径)时，卫星的运行周期最小，注意到$M=\frac{4\pi r^3\rho}{3}$，　由此可得　$T_{min}=1.2\times10^{-3}$(s).

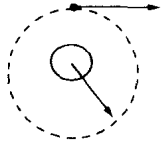


图3-4-9

(2)设中子星的质量为M，半径为r，密度为ρ，自转角速度为

ω. 今在中子星"赤道"表面处取一质量极小的部分,设其质量为 m,因为这部分的质量极小,故可认为中子星其他部分的质量仍为 M. 由万有引力提供向心力,可得 $\frac{GMm}{r^2}=m\omega^2 r$. 又 $M=\frac{4\pi r^3}{3}\rho$, 整理可得 $\rho=\frac{3\omega^2}{4\pi G}$, 代入数据,可得 $\rho_{min}=1.3\times10^{14}(kg/m^3)$. 3. 因"反粒子"与其对应的正粒子具有相同的质量、相同的电量,但电荷的符号相反. 所以,反 α 粒子质量数为 4,电荷数为 -2.

4. 地日距离:$r=ct=3\times10^8\times500=1.5\times10^{11}(m)$, 地球作匀速圆周运动,万有引力为向心力:$\frac{GMm}{r^2}=\frac{m4\pi^2 r}{T^2}$, 太阳的质量为 $M=\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}=\frac{[4\times10\times(1.5\times10^{11})^3]}{[6.67\times10^{-11}\times(3.15\times10^7)^2]}=2.0\times10^{30}(kg)$, γ 射线爆发所发出的能量:$E=Mc^2=2.0\times10^{30}\times(3\times10^8)^2=1.8\times10^{47}(J)$. 5. $\frac{3\omega^2}{4\pi G}$;1.3×10^{14} 6. 解答:(1)由题目所提供的信息可知,任何天体均存在其所对应的逃逸速度 v_2,对于黑洞来说,其逃逸速度大于真空中的光速,即 $v_2>c$,所以 $R<2GM/c^2=2.93km$,即太阳成为黑洞时的最大半径为 2.93km. (2)把宇宙视为一普通天体,则质量为 $M=\rho V=\frac{4\pi\rho R^3}{3}$,其中 R 为宇宙半径,ρ 为宇宙密度,则宇宙所对应的逃逸速度为 $v=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$,由于宇宙密度使其逃逸速度大于光速,即 $v>c$,由以上的三个关系可得 $R>\sqrt{\frac{3c^2}{8\pi\rho G}}=4.23\times10^{10}$(光年). 7. 约 6km. 8. 分析与解:题中提供两个信息,一是宇宙在膨胀时,各星体以不同的速度向外匀速运动,不同星体的退行速度 v 和它们离我们的距离 r 成正比,即 $v=Hr$;二是各星体匀速运动,设想我们位于其中心. 取大爆炸后的速度分别为 v_1、v_2的两个星体研究($v_1>v_2$). 设大爆炸开始到现在经过的时间为 T,由于各星体做匀速运动,物理模型如图 3-4-10 所示. 则两个星体的位移应满足:$r_1=v_1T$, $r_2=v_2T$. 根据 $r=vT$,结合题中的 $v=Hr$, 可分析得到:$T=\frac{1}{H}=\frac{(3\times10^8 m/s\cdot1年)}{(3\times10^{-2}m/s)}=10^{10}$年.

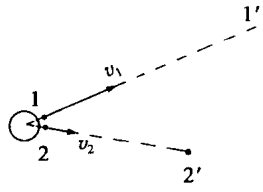


图 3-4-10

9. 解答:(1)哈雷彗星是一颗周期彗星,人们最近的一次观察到它是在 1986 年,预计在 2062 年哈雷彗星会再一次光临地球"作客". 哈雷彗星的周期为 76 年,由此可见哈雷彗星的运行轨道应该是椭圆. (2)当彗星造访地球时,可以对其进行光谱分析,通过对彗星光谱的分析,我们可以知道彗星中含有钾、钙、钠、铁等物质. (3)这个彗星碎块与木星相撞过程中损失的

机械能应等于其与木星相碰前瞬间的动能，则有 $\Delta E=\frac{mv^2}{2}=10^{12}\times\frac{600^2}{2}=1.8\times10^{17}$(J). (4)我们先计算一个铀 235 裂变放出的核能是多少焦. $\Delta E=2\times10^8\times1.6\times10^{-19}=$ (J). 我们再计算多少个铀 235 裂变后可放出 810^{20}J 的能量，即 $n=\frac{(8\times10^{20})}{(3.2\times10^{-11})}=2.5\times10^{31}$(个)， 则约相当于发生裂变的铀的质量：

$$m=235\times10^{-3}\times\frac{n}{N_0}=\frac{(2.35\times10^{-1}\times2.5\times10^{31})}{(6.02\times10^{23})}=9.8\times10^6(\text{kg})$$

课题 4 环境污染中的物理污染



引 言

随着人类进入到科技文明时代，人们按照自己的意图改造环境，带来了社会的巨大进步，同时环境问题也突现出来. 工业三废的排放，20 世纪 40 年代以来大量的核辐射污染以及城市化进程中的人口问题、噪声污染、光污染、电磁辐射等均给人类赖以生存的环境造成了很大的破坏. “治理环境”已成为全球共同关心的一大主题.

新教材基础知识撮要

关于噪音

声音可分为两种：乐音和噪音. 乐音的振动有一定的规律，振动的周期是一定的；而噪音的振动没有规律，没有固定的周期. 声音的频率决定了音调，频率是以赫兹为单位来度量的；振动的振幅决定了声音有多响，用响度表示，响度以分贝为单位. 耳朵能听到声音的频率范围是 20Hz～20000Hz，高于 20000Hz 的声音叫超声波，低于 20Hz 的声音叫次声波. 噪音和乐音是相对的，当乐音的响度过大时，也就成为了噪音. 高分贝的声音对人体有伤害，人的听力、视力和智力都会在长时间的强烈噪音刺激下加速衰退.

事实上，90 分贝以上的噪音造成的听力损伤已比较明显，尤其在噪音的长期作用下. 随着工业与交通的发展，噪音污染已称为除大气污染、水污染以外的城市第三大污染.

课题研究背景资料透视

什么是环境污染

环境污染是指工农业生产和人们生活对环境造成的污染，人们在生产和生活中，不断地把废气、废水、废渣、垃圾、各种有害物质以及放射性物质等排放到环境中破坏了生态平衡，使环境发生了对人类不利的变化，直接或间接地危害到人体健康，通称为环境污染．对环境造成污染的污染源种类很多，目前普遍认为引起环境污染的物质主要有以下几种：①工业的三废，即废水、废气、废渣；②农业中农药的残留物；③生活排放的污水、垃圾和粪便；④放射性污染物进入土壤造成土壤污染．对环境造成重要危害的其实还有许多，如光污染、电磁污染、噪声污染、共振污染等物理污染．

课题研究案例

课题 4.1　调查统计环境污染的种类及其来源

统计目前全球中普遍存在的环境污染的种类及其主要来源

主要的环境污染及其来源

污染种类	主要来源
噪音污染	人们大声喧哗、工厂发动机运转声、冲压、切削、公路上汽车的鸣叫声……
水污染	工厂排放废水、倾倒垃圾、生活污水、漂浮物、农村农药使用、浸泡黄麻、工厂固体废物……
土壤污染	工厂、农村废渣的排放以及固体废物渗出液……
固体废物污染	采矿业固体废物、工业固体废物、城市垃圾农业废弃物和放射性固体废物……
光污染	可见光、紫外线、红外线、激光……
核污染	核电站所用固体燃料循环水以及释放气体、核泄漏……
外层空间污染	石油、煤等燃烧产生的一氧化碳排放到大气中与臭氧结合
大气污染	生活、工业用煤的颗粒物、二氧化硫、一氧化碳，汽车尾气的氮氧化合物等
电磁辐射	微波通信、通讯设备、家用电器

其中，电磁污染、噪声污染、光污染、核污染称之为物理污染．物理污染是伴随着人类社会的进步和科学技术的不断提高而形成的，一种奇怪的现象表明：似乎

科技越发达,物理污染源也就越多,污染程度也就越严重.

课题 4.2　认识电磁污染

1. 什么是电磁污染

电磁辐射,又称电子雾、电磁波,是微波炉、收音机、电视机、电脑以及手机等家用电器工作时所产生的各种不同波长频率的电磁波,这些电磁波充斥空间,对人体具有潜在危害,也被称为电磁污染.

2. 电磁辐射对人体健康的危害

电子技术广泛应用造成的电磁污染,已被公认为继大气污染、水质污染、噪音污染后的第四大公害.电磁波可以穿透包括人体在内的多种物质.长期处于高电磁辐射环境下,可能会对人体健康产生以下影响:

(1)对心血管系统的影响,表现为心悸,失眠,部分女性经期紊乱,心动过缓,心搏血量减少,窦性心率不齐,白细胞减少、免疫功能下降等;

(2)对视觉系统的影响,表现为视力下降,引起白内障等;

(3)对生殖系统的影响,表现为性功能降低,男子精子质量下降,使孕妇发生自然流产和胎儿畸形等;

(4)长期处于高电磁辐射的环境中,会使血液、淋巴液和细胞原生质发生改变,影响人体的循环系统,免疫、生殖和代谢功能,严重的还会诱发癌症,并会加速人体的癌细胞增殖;

(5)装有心脏起搏器的病人处于高电磁辐射的环境中,会影响心脏起搏器的正常使用.

3. 防范电磁辐射的一般措施

针对我们身边接触到的电磁辐射可能给人身带来的健康威胁,可采取如下的一些防范措施:

了解有关电磁辐射的常识,学会防范措施,加强安全防范.如:对配有应用手册的电器,应严格按指示规范操作,保持安全操作距离等.

不要把家用电器摆放得过于集中,或经常一起使用,以免使自己暴露在超剂量辐射的危险之中.特别是电视、电脑、冰箱等电器更不宜集中摆放在卧室里.

各种家用电器、办公设备、移动电话等都应尽量避免长时间操作.

当电器暂停使用时,最好不要让它们处于待机状态,因为此时可产生较微弱的电磁场,长时间也会产生辐射积累.

对各种电器的使用,应保持一定的安全距离.

课题 4.3　认识噪音污染

1. 什么是噪音污染

从物理学的角度看,它没有固定的频率,听这种声音,会使人产生厌烦感.此

外振幅和频率的杂乱、断续或统计上无规律的声振动也称为噪音.那么,生活中是如何定义噪音污染的呢?所谓噪音是指一切干扰人们休息、学习和工作的声音,是人们不需要的声音.

2.噪音的主要来源

(1)交通运输噪音.城市交通业日趋发达,给人们工作和生活带来了便捷和舒适,同时也促进了经济的发展.但不能不看到,随着城乡车辆的增加,公路和铁路交通干线的增多,汽车和机动车辆的噪声已成了交通噪音的元凶,占城市噪音的75%.

(2)工业机械噪音.这也是噪音污染的主要来源.

(3)城市建筑噪音.特别是近年来城市建设迅速发展、道路建设、基础设施建设、城市建筑开发、旧城区改造,还有百姓家庭的室内装修,都造成了城市建筑噪声,建筑施工现场噪声一般在90分贝以上,最高达到130分贝.

(4)社会生活和公共场所噪音.比如公共场所的商业噪声,餐厅、公共汽车、旅客列车、人群集会、高音喇叭等.据统计,社会生活和公共场所噪声占城市噪声的14.4%.

(5)家用电器直接造成室内噪音污染.

3.噪音污染对身心健康的危害

环境噪声污染已构成城市四大公害之一,是直接关系到经济建设和人民健康的一个社会问题.环境噪声污染的危害可概括为以下几个方面:

(1)过强的噪声可以引起耳部的不适,如耳鸣、耳痛、听力损伤.

(2)使工作效率降低.研究发现,噪声超过85分贝,会使人感到心烦意乱,人们会感觉到吵闹,因而无法专心地工作,结果会导致工作效率降低.

(3)损害心血管.噪声是心血管疾病的危险因子,噪声会加速心脏衰老,增加心肌梗塞发病率.

(4)噪声还可以引起如神经系统功能紊乱、精神障碍、内分泌紊乱,甚至事故率升高.

(5)干扰休息和睡眠.休息和睡眠是人们消除疲劳、恢复体力和维持健康的必要条件.但噪声使人不得安宁,难以休息和入睡.当人辗转不能入睡时,便会心态紧张,呼吸急促,脉搏跳动加剧,大脑兴奋不止,第二天就会感到疲倦或四肢无力.

(6)对女性生理机能的损害.女性受噪声的威胁,还可能有月经失调、流产及早产等.

(7)噪声对儿童身心健康危害更大.因儿童发育尚未成熟,各组织器官十分娇嫩和脆弱,不论是体内的胎儿还是刚出世的孩子,噪声均可损伤听觉器官,使听力减退或丧失.据统计,当今世界上有7000多万耳聋者,其中相当部分是由噪声所

致.

(8)噪声对视力的损害.试验表明:当噪声强度达到90分贝时,人的视觉细胞敏感性下降,识别弱光反应时间延长;噪声达到95分贝时,有40%的人瞳孔放大,视觉模糊;而噪声达到115分贝时,多数人的眼球对光亮度的适应都有不同程度的减弱.

4.如何减弱噪音

有三种通用的途径可以有效地减弱噪音:

(1)在声源处阻止——例如制造更安静的机器;

(2)在传播中阻止——例如声音屏蔽装置,使用一些吸音材料;

(3)在人耳处阻止——例如带护耳器.

课题4.4　了解光污染的有关知识

国际上一般将光污染分成3类,即白亮污染、人工白昼和彩光污染.

(1)白亮污染

阳光照射强烈时,城市里建筑物的玻璃幕墙、釉面砖墙、磨光大理石和各种涂料等装饰反射光线,明晃白亮、眩眼夺目.

夏天,玻璃幕墙强烈的反射光进入附近居民楼房内,增加了室内温度,影响正常的生活.有些玻璃幕墙是半圆形的,反射光汇聚还容易引起火灾.烈日下驾车行驶的司机会出其不意地遭到玻璃幕墙反射光的突然袭击,眼睛受到强烈刺激,很容易诱发车祸.

(2)人工白昼

夜幕降临后,商场、酒店上的广告灯、霓虹灯闪烁夺目,令人眼花缭乱.有些强光束甚至直冲云霄,使得夜晚如同白天一样,即所谓人工白昼.在这样的"不夜城"里,夜晚难以入睡,扰乱人体正常的生物钟,导致白天工作效率低下.人工白昼还会伤害鸟类和昆虫,强光可能破坏昆虫在夜间的正常繁殖过程.

(3)彩光污染

舞厅、夜总会安装的黑光灯、旋转灯、荧光灯以及闪烁的彩色光源构成了彩光污染.据测定,黑光灯所产生的紫外线强度大大亮于太阳光中的紫外线,且对人体有害影响持续时间长.人如果长期接受这种照射,可诱发流鼻血、脱牙、白内障,甚至导致白血病和其他癌变.彩色光源让人眼花缭乱,不仅对眼睛不利,而且干扰大脑中枢神经,使人感到头晕目眩,出现恶心、呕吐、失眠等症状.科学家最新研究表明,彩光污染不仅有损人的生理功能,还会影响心理健康.

课题4.5　查阅资料,了解核污染的来源

(1)生活中的放射性

任何人都生活在放射性环境中,天空大地、山川草木、房屋建筑、粮食蔬菜、工

厂、医院中，甚至人体本身都存在放射性.一些微量放射性物质所造成的轻微辐射并不影响人类的健康，过量的辐射对人体才会造成危害.不同射线过量照射的危害是不同的.如 α 射线，它的穿透力很低，只有吸入体内才能造成伤害.而 β 射线的大剂量照射可导致皮肤损伤，γ 射线或中子流等穿透力很强的辐射危害较大，一次大剂量全身照射可能引起急性辐射损伤或急性放射病.

(2)核泄漏

核电站中的反应堆可能会发生核泄漏事故，这会释放出危险的放射性物质，居住在附近的人会死亡或受伤，美国三里岛的核电站在 1979 年就发生过泄漏的事故.反应堆中含有一些放射性很强的物质，尽管预防措施是非常严格的，但偶然的事故也会导致少量的泄漏，例如，在美国就发生过被污染的冷却水从核电站中泄漏出来的事故.

(3)核废料

核电站中用过的核棒(称为核废料)仍然具有很强的放射性，如果随意处理，会对生物体造成严重的危害，因此，需要对核废料进行特殊处理，如进行深埋、倾入深海处填埋、加其他物质进行分解处理等.某些国家将核废料用于军事，对其他国家构成很大的威胁.

(4)核武器

1945 年 8 月 6 日～8 月 9 日，是人类将永远铭记的日子，广岛、长崎这两个原本不太起眼的日本城市从此被载入史册.在这两天中，日本人经历了战争的最后极限体验，日本民众遭到了最残酷的杀戮，仅在红光一闪的刹那间，就有十几万人死于非命，其中数以万计的人从地球上消失得无影无踪，没有留下任何痕迹.另外还有近十万人从此生不如死，在以后的数天乃至数十年间，在绝症折磨下痛苦地慢慢死去.两个城市也在一霎时被彻底地变为废墟，寸草不生.

这就是原子弹轰炸(日本人称之为“原爆”).迄今为止，这是人类第一次、也是惟一一次使用原子武器，而日本平民却是核武器的惟一牺牲品.人类文明的最新成果总是最先运用于杀人，然后才会造福人类.20 世纪人类物理学的最新成果首先被转化成为能够消灭人类自身的武器——原子弹.

研究性实践

1.(1)噪声，从物理性质上看，是由声源作_____的声音.从环境保护的角度看，噪声是指一切_____的声音.

(2)当声源的振动频率在 20～20000Hz 这个范围内时，可引起正常人耳的听觉，高于 20000Hz 的声波叫超声波；低于 20Hz 的声波叫次声波.次声波对人体健康的危害非常大，原因在于它的频率与人体内部分器官的固有频率相吻合.因此，

一旦高强度的次声波作用于人体会引起人体某些器官的强烈_____，使人产生头晕、耳鸣、恶心、失眠、神经错乱、四肢麻木、失去知觉等症状.严重的可致人于死地.

(3)噪声的危害概括起来有以下几个方面：

①_____；

②_____；

③_____；

④_____.

2.随着现代化城市的日益发展和繁荣，一种新的都市污染——光污染正威胁着人的健康.光污染源，能干扰人们的神经系统，使人的正常视觉活动受到影响，严重者会导致头痛、头昏、烦躁心悸、失眠、倦怠乏力、食欲不振等；还会伤害人的眼角膜和虹膜，引起视力下降及诱发光敏皮炎等.

(1)按性质分类，光污染源是属于 (　　)

A. 生物污染　B. 化学污染　C. 物理污染　D. 局部污染

(2)人眼中，引起视觉的部分是 (　　)

A. 晶状体　B. 视网膜　C. 虹膜　D. 视觉中枢

(3)人眼相当于下列光学系统中的哪个 (　　)

A. 焦距不变的凸透镜　B. 焦距不变的凹透镜

C. 焦距可变的凸透镜　D. 焦距可变的凹透镜

(4)可见光中 (　　)

①红光光子的平均能量最大

②紫光光子的平均能量最大

③红光通过人眼的晶状体时偏折角最小

④紫光通过人眼的晶状体时偏折角最小

A.①③　B.②③　C.①④　D.③④

(5)当人眼视力下降后，要选戴合适的眼镜 (　　)

①近视眼应配戴镜片是凹透镜的眼镜

②近视眼应配戴镜片是凸透镜的眼镜

③远视眼应配戴镜片是凸透镜的眼镜

④远视眼应配戴镜片是凹透镜的眼镜

A.①③　B.②③　C.①④　D.②④

3.1999年，印度、巴基斯坦先后进行了原子弹爆炸试验，引起了南亚的核军备竞赛，而美国国会拒绝批准在《全面禁止核武器试验》条约上签字.

(1)关于原子弹的原理下列说法正确的是 (　　)

A. 原子的化学反应　　B. 原子核的聚变

C. 原子核衰变的连续反应　D. 原子核裂变的链式反应

(2)原子弹爆炸时将产生放射性物质,会导致被辐射的人患癌症、白血病、新生儿畸形等,这是射线导致生物体变异,其机制是　　(　　)

A. 基因突变　B. 基因重组　C. 基因互换　D. 染色体变异

(3)原子弹爆炸的核反应中,有一个核反应,其未写全的核反应方程为

$^{235}_{92}U+^{1}_{0}n\longrightarrow^{90}_{38}Sr+^{136}_{54}Xe+10[\quad]$

①方程中括号内是质子

②方程中括号内是中子

③这个核反应有质量亏损

④这个核反应是吸能反应

以上列结论正确的是　　(　　)

A.①②　　B.③④　　C.①③　　D.②③

(4)原子弹爆炸后对环境产生长期的作用,其原因是　　(　　)

①爆炸后残留物的放射性

②铀(或钚)的衰变速率很快

③铀(或钚)的半衰期很长

④铀(或钚)的核力很强

A.①②　　B.③④　　C.①③　　D.②③

(5)核能运用于武器引起人们忧虑,但用于发电却能发挥巨大作用,核能发电总量比重最大的国家是　　(　　)

A. 美国　　B. 法国　　C. 日本　　D. 俄罗斯

4. 据 2000 年 5 月 20 日《羊城晚报》报道,重庆某公司宿舍由于墙体内的煤渣砖中的 γ 射线严重超出国家规定的使用标准,造成多户居民入住后患上各种疾病. 另北京某青年由于装修居室使用了放射性含量超标的石材,造成婚后多年不育. 又据 2001 年 2 月 15 日《广州日报》报道,北京市近年来小儿白血病明显增多,经调查发现,十分之九的患者家中在半年内装修过居室. 专家认为,导致白血病的罪魁祸首是装修材料中的有害物质的挥发和放射性物质的辐射. 由此可见,建筑和装修材料的污染是不容忽视的公害之一.

(1)建材中的放射性物质衰变生成具有放射性的氡气. 其中,含量最多的钋 222($^{222}_{84}Po$)发生_____次 β 衰变生成氡 222($^{222}_{86}Rn$).

(2)γ 射线是波长为 $10^{-13}\sim10^{-10}m$ 的_____波,它是伴随_____或_____产生的. 在 α、β、γ 三种射线中 γ 射线的穿透能力最_____(填强或弱),电离能力最_____(填强或弱).

(3)人体细胞受辐射损伤的关键是遗传物质 DNA 分子和_____分子的损伤,射线使这些分子的_____键断裂或生成离子和自由基,或将其击成碎片.由于 DNA 分子结构的改变,这种变异叫_____,属于_____变异.

(4)小议降低家居放射性污染的方法.

5.1900 年,德国物理学家普朗克在研究电磁辐射的能量分布时发现,只有认为电磁波的发射和吸收不是连续的,而是一份一份地进行的,每一份的能量等于 $h\nu$,理论计算的结果才能跟实验事实完全符合,受该理论的启发,其他一些物理学家开展了有关方面的一些研究工作,取得了一些丰富的成果,下列所述符合这种情况的有 (　　)

A. 麦克斯韦提出的光的电磁说

B. 汤姆生提出的原子模型

C. 爱因斯坦提出的光子说

D. 玻尔提出的"玻尔理论"

6.目前,关于人类利用核能发电,下列说法中正确的是 (　　)

A. 核能发电对环境的污染比火力发电要小

B. 核能发电对环境的污染比火力发电要大

C. 还只是利用重核裂变释放大量能量

D. 既有重核裂变、又有轻核聚变释放大量能量

7.北约对南联盟轰炸时,大量使用了贫铀炸弹.贫铀是从金属中提炼铀 235 以后的副产品,其中含铀 238,密度为钢的 2.5 倍.贫铀炸弹的最大穿甲厚度可达 900mm,杀伤力强,残留物可长期起作用.

(1)常规炸弹最大穿甲深度可达 100mm,弹头可穿过 50 个人的人墙,同样形状的贫铀炸弹头可以穿过的人数可达 (　　)

A.100 人　　B.150 人　　C.450 人　　D.900 人

(2)贫铀炸弹的放射性,使生物体发生变异,导致癌症、白血病和新生儿畸形等,这是射线的_____作用,导致生物产生变异的机制是_____.

(3)残留物对环境长期起作用,原因是 (　　)

A. 爆炸的弹片存在放射性

B. 未炸的哑弹存在放射性

C. 铀的衰变速率很快

D. 铀的半衰期很长

8.噪声控制是保护环境的重要工作,一般降低噪声常用吸声处理,即在声传

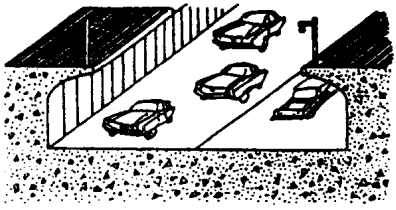
播途径上使用吸声隔音材料的装置，以减少工厂、交通噪声对环境的污染．当然在设计时要考虑经济、技术等诸多方面的问题．

国家法律规定现有工厂噪声应降低到 90dB 以下．现有一厂房，内部面积 800m^2，未经处理时，平均吸声系数是 0.05(即噪声每反射一次被吸收的能量与入射能量的比值)，则总吸声面积为 40m^2，混响时间是 4s(即声强度衰变到百分之一，人耳已听不到声音所历的时间)，声压级为 100dB，这个厂房噪声较严重．如果进行吸声处理，情况如下：

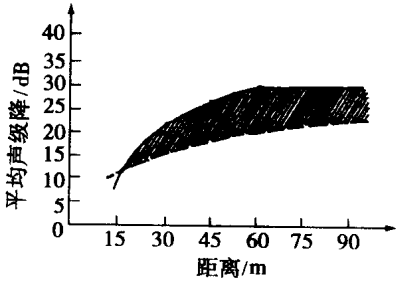
材料平均吸声系数	总吸声面积/m^2	回响时间/s	声压级/dB
0.05	40	4	100
0.2	160	1	94
0.35	280	0.57	91.5
0.5	400	0.4	90

(1)分析以上数据可以得出什么结论？对这间厂房的噪声控制计划，你可提供哪些原则性的意见？

(2)图 3-4-11(甲)是一种凹下公路的设计，图 3-4-11(乙)是这种公路降噪效果图，其中实线给出了路旁不同距离测得的噪声降低分贝数，虚线是理论计算值．请问公路下凹产生了怎样的效果？



(甲)



(乙)

图 3-4-11

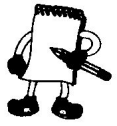
(3)从图 3-4-11(乙)中要看到在距离 15m 处，实际测得的噪声分贝数比理论的还高，分析出现这种情况的原因．

【答案与提示】

1.(1)无规则和非周期性的振动；对人们生活和工作有妨碍　(2)振动、甚至产生共振　(3)①噪声对睡眠的干扰；②噪声对语言交流的干扰；③噪声

损伤听觉；④噪声可引起多种疾病. 2.(1)C (2)D (3)C (4)B (5)A 3.(1)D (2)A (3)D (4)C (5)B 4.(1)二 (2)电磁；α 衰变、β 衰变、强、弱 (3)RNA(核糖核酸)、共价、基因突变、可遗传 (4)主要方法：①勤开窗户通风透光；②不用放射性超标材料 5.C、D 6.A、C 7.(1)C (2)物理化学；基因突变 (3)A、B、D 8.(1)增加声吸收有利于降低噪声，但继续增加吸声材料，每增加 120m^{2}吸声降低的分贝数越来越少，即收益低. 要用声吸收降低噪声时，材料的吸声系数至少要 0.2，总降噪量不宜超过 10dB，否则不经济. (2)图中阴影部分反映了公路下凹产生的效果，降噪可达 10dB 左右，可见公路下凹是简单有效的降低公路交通噪声的措施. (3)这是因为在凹下公路两侧有反射的缘故.

课题 5 重力加速度的研究



引 言

重力加速度是中学物理中一个非常重要的物理量，在很多章节中都要用到它. 在教材中，重力加速度这一物理量是在自由落体运动这一节中被引入的，但教材并未对重力加速度的产生原因、重力加速度的相关因素、如何测量等问题做过多介绍，本课题想对这些问题做一些肤浅的研究.

新教材基础知识摘要

关于重力加速度，自由落体运动一节中是这样介绍的：

(1)物体只在重力作用下从静止开始下落的运动叫自由落体运动，自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动；

(2)在同一地点，一切物体在自由落体运动中的加速度都相同，这个加速度叫做自由落体加速度，也叫做重力加速度，通常用 g 表示；

(3)重力加速度的方向总是竖直向下的，它的大小可以用实验的方法测定，精确地测量发现，在地球上的不同位置，g 的大小是不同的，在赤道，$g=9.780\text{m/s}^2$，在南北两极，$g=9.832\text{m/s}^2$，在北京 $g=9.801\text{m/s}^2$，在通常的计算中，可以把 g 取作 9.8m/s^2，在粗略的计算中，还可以把 g 取作 10m/s^2.

单摆一节中给出了重力加速度测量的方法，由于单摆的周期公式为

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

得到

$$g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

测量出单摆的摆长和周期，就可计算出当地的重力加速度的大小来.

课题研究背景资料透视

巧妙的推理

在同一高度同时释放面积相等的一金属片和一张纸片，可以看到金属片比纸张下落得快.从这里可以得到结论：物体下落的快慢是由它们的重力决定的，物体越重，下落得越快.公元前4世纪古希腊哲学家亚里士多德就是这么认为的，由于他的名望，人们对他的这种观点深信不疑，两千年以后，一位年轻的物理学家伽利略对亚里士多德的观点提出了质疑，并对他的观点提出一个悖论：他在1638年写的《两种科学的对话》中指出，若将两个物体捆在一起，就会出现这样的矛盾：由于重的物体被轻的物体拉着而运动得慢，轻的物体受重物的影响而运动得快，两个物体相捆后，将以介于重物和轻物之间的某一速度运动；又由于两物相捆后的物重比单个重物还重，故它们将比重的物体运动还要快.他用巧妙的推理方法，证明了亚里士多德落体运动理论的错误，从而否定了流传两千年的落体运动的谬论.

落体定律的建立

伽利略根据不同重力的物体几乎同时落地的事实提出假设，他认为，只有假定下落物体速度变化的快慢与物体的重量无关，才能消除一些矛盾，伽利略就是从自由落体运动入手，开始对匀变速直线运动进行研究的.他假定自由落体是初速度为零的匀加速直线运动，于是得到 $v \propto t$ 这一结论.但是要验证这一结论是十分困难的.他首先借助于数学演绎推理的方法，求出了从物体静止开始做自由落体运动的距离与时间的关系 $s \propto t^2$.伽利略进而通过实验验证由假设得到了结论.为了冲淡重力，减缓下落运动，他进行了著名的斜面实验，改变木板的倾斜角，做了无数次的实验，从而证明了在光滑的斜面上从静止开始运动的物体都做匀加速运动，若斜面的倾斜角为90°，就是自由落体运动，由外推方法得到的结论还要经过实验的验证才能得到承认，他是用单摆实验加以验证的，尽管他得出了自由落体的结论，但没有测出重力加速度的大小.

课题研究案例

课题5.1　分析重力加速度产生的原因

加速度是如何产生的，这一点可以从牛顿运动定律和万有引力定律中找到答案，由牛顿第二定律 $F = ma$ 可知，力是产生加速度的原因，地面上一切物体均受到地球的万有引力的作用，我们把由于地球的吸引而使物体受到的力叫做重力，物体因重力作用而产生的加速度叫重力加速度，用 g 表示，它的大小可以表示为 $g = G/m$，其中 G 为物体的重力，重力加速度的方向与重力的方向一致，竖直向下.

课题 5.2　研究重力加速度与地理位置的关系

教材中讲到，在地球的不同地方，重力加速度的大小不同，其中：在赤道附近，重力加速度最小，为 $g = 9.780\text{m/s}^2$；在南北两极，重力加速度最大，为 $g = 9.832\text{m/s}^2$. 这说明了重力加速度的大小与地理位置有关，具体数据如下表所示，那么，如何解释这一现象呢？

这要从重力的产生说起，地球是一个两极半径较小，赤道半径较大的椭球体，假设有一质量为 m 的物体置于地球表面的某一位置，设该点为 P 点，该点到地心的距离为 R（见图 3-4-12），物体受到的引力为 $F_{万} = \dfrac{GMm}{R^2}$，其中 $G = 6.67 \times 10^{-11}\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ 叫做万有引力常量，地球绕太阳公转的同时，也在绕南北轴自转，地球上的物体随地球一起自转，所需的向心力为

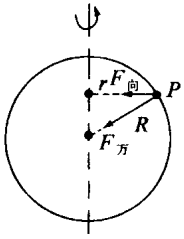


图 3-4-12

重力加速度的数值 g/(m·s²)

标准值　$g = 9.80665\text{m/s}^2$

地点	纬度	重力加速度
赤道	0°	9.780
广州	23°06′	9.788
武汉	30°33′	9.794
上海	31°12′	9.794
东京	35°43′	9.798
北京	39°56′	9.801
纽约	40°40′	9.803
莫斯科	55°45′	9.816
北极	90°	9.832

$F_{向} = mr\omega^2 = mr(2\pi/T)^2$，其中 r 为物体随地球自转的半径，T 为地球自转周期.

地球上的物体，应该受两个力的作用，万有引力和地面的支持力，两个力的合力等于物体随地球的自转做圆周运动所需的向心力，其实重力只是万有引力的一个分力，与支持力是一对平衡力，方向垂直地面向下，由于地球是椭球形的，因此重力的方向并不指向地心. 重力与万有引力的关系可以表示为 $\dfrac{GMm}{R^2} = F_{向} + mg$，（$R$ 为地球半径）随着纬度的增大，向心力越来越小，重力越来越大，在南北两极，

向心力几乎为零，重力最大，这就是为什么同一物体在地球的不同纬度重力不等的原因.

物体随地球自转所需的向心力其实只占了引力很少的一部分，如果以赤道处的物体为例，可以算出质量为 1kg 的物体，受到的万有引力约为 9.814N，而所需的向心力大约为 0.034N. 这说明物体受到的重力非常接近万有引力. 如果不考虑地球自转的因素，就可以认为重力等于万有引力，即 $mg=\frac{GMm}{R^2}$.

通过上面的讨论，可以得出：重力加速度与地理位置有关，随纬度的增大而增大. 用公式表示为 $g=\frac{GMm}{R^2}$，此式适用于任何天体表面重力加速度的计算.

课题 5.3　重力加速度的测量

(1)称重法

利用 $G=mg$，得出 $g=G/m$.

所用器材：天平，弹簧秤.

(2)单摆法

由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得 $g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$. 测量出单摆的摆长和周期，就可测量出当地的重力加速度 g.

所用器材：单摆，刻度尺，秒表，游标卡尺

(3)利用打点计时器

根据匀变速直线运动的规律，$\Delta s=aT^2$，让研究对象作自由落体运动，则有 $g=a=\Delta s/T^2$.

所用装置：使用验证机械能守恒定律的装置.

(4)滴水法

让从水龙头里流出的水滴落到正下方的盘子中，可以清晰地听到水滴碰盘子的声音，调节水龙头的阀门，使第一个水滴碰到盘子的瞬间，第二个水滴刚好从水龙头开始下落. 用秒表测出 n 滴水滴落到盘子中的时间 t，用刻度尺量出水龙头滴水处到盘子的竖直距离 h，由 $g=\frac{2hn^2}{t^2}$ 求出 g.

(5)斜面法

实验器材：倾角固定的斜面，木块，米尺.

方法：a. 测出斜面的长度 s，高度 h；

b. 在最低点给木块一初速度，让其沿斜面匀减速上滑，记下到达最高点的时间 t_1，并测出滑行的距离 s_1；

c. 将木块从斜面顶端自由下滑，测出到达底端的时间 t_2；

d. 由牛顿第二定律知：上滑的加速度 $a_1 = g\sin\theta + \mu g\cos\theta$

下滑的加速度 $a_2 = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$

由运动学的公式：$s_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}$，$s_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$

解得 $g = \frac{\frac{s_1}{t_1^2} + \frac{s_2}{t_2^2}}{\sin\theta}$

(6)压强公式法

利用液柱的压强公式 $p = \rho gh$ 设计实验可测出重力加速度.

研究性实践

1.(1)在一铁塔上同时释放一片羽毛和一个玻璃球，玻璃球先于羽毛到达地面，这主要是因为 (　　)

A. 它们的重力不同

B. 它们的密度不同

C. 它们的材料不同

D. 它们受到的空气阻力不同

(2)在此高塔顶端同时释放大小相同的实心铁球和空心铁球，下列说法中正确的是 (　　)

①它们受到的空气阻力不同

②它们的加速度相同

③它们落地的速度不同

④它们下落的时间相同

A.①③　　B.②④　　C.②　　D.③

2. 利用从高楼顶下垂的单摆，实验室用的刻度尺和秒表，如何测定当地的重力加速度？请你设计一种行之有效的方法，写出简单的实验步骤、实验原理及计算 g 值的公式(注意单摆摆长无法直接测出).

3. 用下列方法可以测定重力加速度：

(1)如图 3-4-13 所示，让从水龙头流出的水滴落到其下方的盘子上，可以清晰地听到水滴碰盘子的声音，细心地调整水龙头阀门，使第一个水滴碰到盘子的瞬间，第二个水滴正好从龙头处开始下落；

(2)听到某滴水落到盘子的响声时开始计时，并数“0”，以后每听到一次响声，顺次加 1，直至数到“100”滴，停止计时，秒表上时间的读数为 40s；

(3)用米尺量出水龙头滴水处到盘子的间距为 78.56cm，试

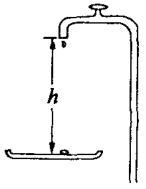


图 3-4-13

根据以上的实验及其测得的数据计算出重力加速度的值为_____m/s^2；

4.准备一倾角固定的斜面(倾角未知)、木块、秒表、米尺：

(1)测出斜面的高 h，斜面的长 L，如图 3-4-14 所示；

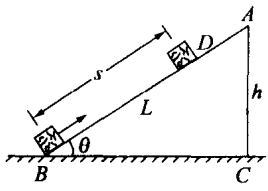


图 3-4-14

(2)在 B 点给木块加一初速度，让其沿斜面匀减速上滑，记下到达最高点 D 的时间 t_1，并测出 BD 长度为 s；

(3)将木块由 D 点静止释放让其沿斜面匀加速下滑，记下到达 B 点的时间 t_2；

(4)求出重力加速度的值.

5.如图 3-4-15 所示，在水池边，给你一根长约 60cm，两端开口的均匀细玻璃管，一把米尺，请设法测出当地重力加速度的值.(大气压强已由气压计读出为 p，水的密度为 ρ)

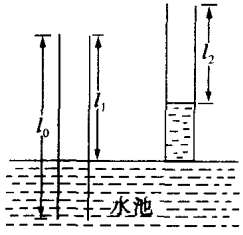


图 3-4-15

6.宇宙飞船进入靠近地球表面的圆形轨道绕行，宇航员通过秒表记下飞船绕行周期为 T，则地球表面的重力加速度为多少？

7.(1)牛顿在 1666 年曾进行过月球绕地球运行的计算，但由于当时他所利用的测地术的数据不够精确，因而地球半径及月球、地球间距离的数值也不准确，使得计算的结果与实际情况有较大的出入.1671 年一法国天文学家测得地面同一经线上 1 纬度之间的距离的较精确的数值，1675 年英国皇家学会得知该数值，1682 年牛顿用这个数值(1 纬度的距离)计算了月球到地球的距离，此距离为地球半径的 60 倍.他根据这个新数据，重新计算了月球绕地球运行的向心加速度和地面上物体重力加速度的数值，结果与实际情况很好地符合，于是证明了万有引力定律的正确性.

已知地球的半径 $R = 6.37 \times 10^3$ km，地球表面的重力加速度值取 $g = 9.8 m/s^2$，设月球绕地球的运行轨道可以看成是圆，试计算月球绕地球做圆周运动的向心加速度大小.

(2)人们发现：月球在绕地球运转时，总是它的一面向着地球，而它的另一面总是不"露面"，这是为什么？试作出解释.

(3)若近似地认为月球绕地球公转与地球绕太阳的公转的轨道在同一平面内，且均为正圆，又知这两种转动同向，如图 3-4-16 所示，月相变化的周期为 29.54d(图是相继两次满月时，月、地、日相对位置的示意图)，求月球绕地球一周

所用的时间.

8.(1)如图 3-4-17 所示,为了测量一个弧形槽的半径 R,让一个半径为 r 的钢珠在槽内做小幅度的摆动.若测出它完成 N 次全振动的时间为 t,则此槽的半径是多大?

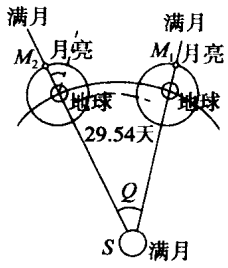


图 3-4-16

(2)将一根细绳剪成两段,分别做成两个单摆,测得单摆的周期分别为 T_1 和 T_2,那么这根细绳不剪开做成的单摆的周期是多大?(摆球半径很小,可以忽略)

(3)已知悬挂在地面的摆长为 L 的单摆,振动周期为 T,地球半径为 R,则地球的密度为多大?设摆长为 1m,周期为 2s,地球半径为 6400km,万有引力常量为 $6.67\times10^{-11}\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$.

9.某同学在做"利用单摆测重力加速度"的实验中,先测得摆线长为 97.50cm,摆球直径为 2.0cm,然后用秒表记录了单摆振动 50 次所用的时间(如图 3-4-18 所示),则:

(1)该摆摆长为_____cm.该单摆的振动周期为_____s;

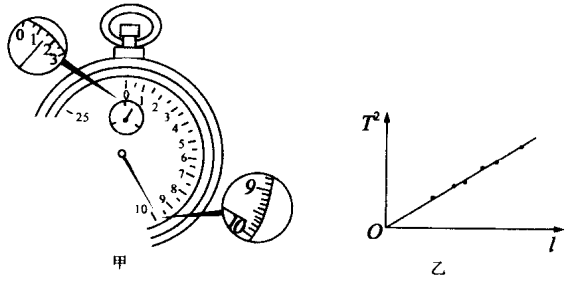


图 3-4-18

(2)如果他测得的 g 值偏小,可能的原因是 (　　)

A. 测摆线长时摆线拉得过紧

B. 摆线上端未牢固地系于悬点,振动中出现松动,使摆线长度增加了

C. 开始计时时,秒表过迟按下

D. 实验中误将 49 次全振动数为 50 次

(3)若根据此实验得到的数据,将不同摆长时单摆振动周期的平方 T^2 和相应的摆长 L 作图进行描点,得到如图3-4-18乙所示的图线,假设该图线的斜率为 k,则用 k 表示出来的重力加速度为_____.

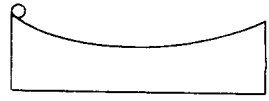


图 3-4-17

10. 高山顶上有一导航灯塔，现要测定塔高和山顶的重力加速度，灯塔既无法爬上去，也没有较好的测量工具，仅有一根 2m 长的毫米刻度尺和手上带的手表. 好在塔顶系有一根废弃的轻质软电缆线直至地面，于是工作人员在底端拴一大石块组成一个巨大单摆后让它自由摆动，测得摆动的周期是 10s，后将电缆线缩短 1.4m 后组成的单摆周期是 9.7s. 由此可算得山顶的重力加速度是_____m/s^2.

11. 某同学利用焊有细钢针的音叉(固有频率为 f_0)、熏有煤油灯烟灰的均匀金属片和刻度尺来测定重力加速度，他的实验步骤有：

a. 将熏有烟灰的金属片静止悬挂，调整音叉的位置，使音叉不振动时，针尖刚好能水平接触金属片，如图3-4-19(a)所示；

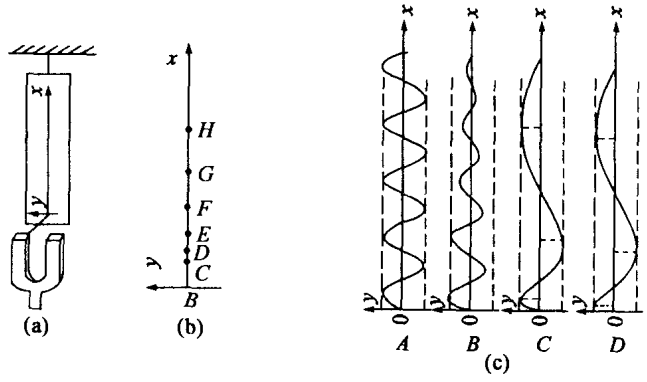


图 3-4-19

b. 轻敲音叉，使它振动，同时烧断悬线，使金属片自由下落；

c. 从金属片上选出针尖划痕清晰的一段，从某时刻起针尖经过平衡位置的点依次为 B、C、D、E、F、G、H，测得它们相邻之间的距离分别为 b_1、b_2、b_3、b_4、b_5、b_6，如图 3-4-19(b)所示：

(1)写出计算重力加速度的表达式；

(2)金属片自由下落后(不计针尖与金属片间的摩擦)，图 3-4-19(c)中四幅图中你认为针尖在金属片上的痕迹正确的是 (　　)

(3)若从悬线烧断瞬间开始计时，钢针开始向左振动，且设向左位移为正，钢针振幅为 A，金属片下落 h 时，则钢针对平衡位置的位移 y 的表达式为 y = _____

【答案与提示】

1. (1)D　(2)D　　2. ①让单摆做简谐运动，测出其周期为 T_0；　②适当缩短摆长，用刻度尺测出缩短之长度 ΔL_1；　③再测出缩短摆长后单摆做简谐运动

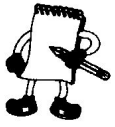
的周期为 T_1； ④重复②、③步骤测 ΔL_2、ΔL_3及它们对应的周期 T_2、T_3； ⑤由 $g=\frac{4\pi^2 L}{T_0^2}$、$g=\frac{4\pi^2(L-\Delta L)}{T^2}$ 得计算公式 $g=\frac{4\pi^2\Delta L}{(T_0^2-T^2)}$，求出相应的 g_1、g_2、g_3，再取 g 的平均值. 3. 9.82m/s^2 4. 由牛顿第二定律可知：上滑和下滑时的加速度分别为 $a_1=g\sin\theta+\mu g\cos\theta$， $a_2=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$， 由运动学公式，有 $L=\frac{a_1 t_1^2}{2}$，$L=\frac{a_2 t_2^2}{2}$， 解得 $g=\frac{(\frac{L}{t_1^2}+\frac{L}{t_2^2})}{\sin\theta}$， 而 $\sin\theta=\frac{h}{L}$，即计算重力加速度的公式为 $g=\frac{L^2}{h}\left(\frac{1}{t_1^2}+\frac{1}{t_2^2}\right)$. 5. 步骤及测量原理如下： ①用米尺测出玻璃管的长度 L_0； ②将玻璃管竖直放置，并将其一部分向下插入池中，测出管中水面上端空气柱的长度 L_1； ③用手封住管口向上提升，至玻璃管的下端刚好在水面处，测出此时管中空气柱的长度为 L_2，以封闭的空气为研究对象，由玻意耳定律列方程，有 $p_0L_1S=[p_0-\rho g(L_0-L_2)]L_2S$，得 $g=\frac{p_0(L_2-L_1)}{\rho(L_0-L_2)L_2}$ 6. $g=\frac{4\pi^2R}{T^2}$ 7. (1)$a=0.0027\text{m/s}^2$. (2)月球绕地球的运动周期与月球的自转周期相等. (3)$T=27.3$ 天. 8. (1)$R=\frac{gt^2+r}{4\pi^2h^2}$. (2)$T=(T_1^2+T_2^2)^{\frac{1}{2}}$. (3)$5.5\times10^3\text{kg/m}^3$. 9. (1)98.50cm；1.96s (2)B (3)$\frac{4\pi^2}{k}$ 10. 9.34m/s^2 11. (1)由 $s_n-s_{n-3}=3at^2$ 得到

$$g=\frac{(b_4+b_5+b_6)-(b_1+b_2+b_3)}{9\times\left(\frac{T}{2}\right)^2}$$

$$=\frac{4f_0(b_4+b_5+b_6-b_1+b_2+b_3)}{9}.$$

(2)D (3)$y=A\sin(2\pi f_0\sqrt{\frac{2h}{g}})$.

课题 6 航天技术的发展



引 言

自古到今，人类从未停止过探索天和地的脚步，并由此积累了丰富的知识，但长期以来，人们只能在地面上隔着大气层观测和了解太空. 20 世纪的来临，带来

了航天技术的飞速发展，把人类的探测平台从地面移到了外太空，扩大了对太空观测的视野；人类创造的各种航天器飞出了大气层，送回了一幅幅真实、生动、璀璨的宇宙画面，将宇宙的奥秘真实地展现在我们面前；轨道空间站和宇宙飞船带着人类走出地球，使人们向往太空、移居太空的美好愿望变为了现实. 本课题将以详实的资料介绍关于航天技术方面的知识.

新教材基础知识摘要

1. 万有引力定律

牛顿研究了许多不同物体间的引力作用，发现它们都遵循相同的规律，他结合开普勒等前人的科学成果，于 1687 年正式发表了万有引力定律：

自然界中任何两个物体都是相互吸引的，引力的大小跟这两个物体质量的乘积成正比，跟它们距离的平方成反比. 如果用 m 和 M 表示两个物体的质量，用 r 表示它们间的距离，那么，万有引力定律可以用公式表示为

$$F = G\frac{mM}{r^2}$$

式中的 G 为引力常量，适用于任何两个物体，在数值上等于 $6.67\times10^{-11}\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$.

万有引力定律的发现是 17 世纪自然科学最伟大的成果之一，它把地面上物体运动的规律和天体运动的规律统一了起来. 对以后物理学和天文学的发展具有深远的影响.

2. 人造卫星和发射速度

人造卫星是靠火箭发射升空的，火箭在运行过程中速度越来越大，当火箭到达预定轨道时，火箭与卫星分离，人造卫星的速度达到最大，这个速度称为发射速度. 如果箭星分离时，卫星正好做圆周运动，则由

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \text{ 可以得到 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

从此式可以看出，卫星距离地面越远，它的运行速度越慢. 对于靠近地面运行的人造卫星，可以认为此时的 r 等于地球的半径 R，这样可以解得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7.9\text{km/s}$$

这就是人造卫星在地面附近绕地球做匀速圆周运动所必须具有的发射速度，叫做第一宇宙速度.

如果人造卫星进入地面附近的发射速度大于 7.9km/s，而小于 11.2km/s，它绕地球运动的轨迹就不是圆形，而是椭圆，当物体的速度等于或大于 11.2km/s 时，卫星就会脱离地球的引力，不再绕地球运行，我们把这个速度叫做第二宇宙速

度.

当卫星的发射速度等于或大于16.7km/s时,就能摆脱太阳系的束缚,这个速度叫做第三宇宙速度.

课题研究背景资料透视

和平号空间站的资料

2001年3月23日,和平号终于走完了15年的坎坷历程,带着它创下的无数成就,带着苏联时代的骄傲,带着全俄罗斯人民和全世界人民的惋惜从地球轨道上消失了,当我们将目光投向和平号在人类空间留下的轨迹时,它确实给全人类留下了美好的回忆.和平号太空站是1986年2月20日升空的,先后有12个国家的100多位宇航员相继登站,在15年中事故频繁发生,据说多达1500多次,尽管道路坎坷,但在这期间完成了24个国际性科研计划,进行了1700多次,16500个科研实验,帮助15个国家的科学家完成了空间研究,研制产生了600项日后可供工业应用的新技术.坠毁时带着27个国家的14吨仪器设备,一起化为灰烬.

世界航天大事摘要

1961年4月12日,前苏联宇航员加加林乘东方1号飞船升空,历时108min,代表人类首次进入太空.

1965年3月18日,前苏联宇航员列昂诺夫走出上升2号飞船,离船5m,停留12min,首次实现人类航天史上的太空行走.

1969年1月14~17日,前苏联的联盟4号和5号飞船在太空首次实现交会对接,并交换了宇航员.

1969年7月21日,美国宇航员阿姆斯特朗走出阿波罗11号飞船的登月舱,在月面停留21h又18min,成为人类踏上月球的第一人.

1971年4月9日,前苏联发射世界上第一艘长期停留在太空的礼炮1号空间站.

1975年7月15~21日,美国的阿波罗号飞船和前苏联的联盟19号飞船在太空联合飞行,成为载人航天的首次国际合作.

1981年4月21日,美国成功发射并返回世界上首架航天飞机哥伦比亚号,使可重复使用的天地往返系统梦想成真.

1984年2月7日,美国宇航员麦坎德列斯和斯图尔特不拴系绳离开挑战者号航天飞机,成为第一批"人体地球卫星".

1984年7月25日,前苏联萨维茨卡娅离开礼炮7号空间站,成为第一位在太空行走的女宇航员.

1985年7月25日,王赣骏乘挑战者号航天飞机进入太空,成为第一位华裔

宇航员.

1986 年 2 月 20 日进入轨道的前苏联和平号空间站,成为寿命最长的空间站.

1986 年 1 月 28 日,挑战者号航天飞机起飞时发生爆炸,7 位宇航员全部遇难,成为迄今最大的一次航天灾难.

1995 年 3 月 2 日～18 日,奋进号航天飞机在太空中飞行,其上的 7 位宇航员加上和平号上的 6 位宇航员,共有 13 位宇航员同时在太空,成为同时在太空中人数最多的一次.

航天飞机最长的一次太空飞行,是 1996 年 11 月 19 日起飞、12 月 7 日降落的哥伦比亚号,历时 17d 15h 又 53min.

1995 年 6 月 29 日,美国亚特兰蒂斯号航天飞机与俄罗斯和平号空间站第一次对接,开始了总计 9 次的航天飞机与空间站的对接,为建造国际空间站拉开序幕.

2001 年 3 月 23 日,和平号走完了 15 年的太空行程,坠入南太平洋.

课题研究案例

课题 6.1　了解人类在航天领域的发展历程

随着空间资源开发而诞生了一门新型高科技航天技术,又称空间技术.它是探索、开发和利用太空以及地球以外天体的综合性工程,也是高度综合的现代科学技术.

人类在航天领域的发展历程,大体上可以概括如下:

20 世纪 50 年代经历了人造地球卫星的概念和可行性论证,卫星及其运载火箭和地面配套设施的研制、试验和发射的探索性试验阶段;

20 世纪 60 年代则在所发射的航天器上使用各种特殊的仪器设备进行遥感、信息传输和收集各种探测数据,这是初期应用试验;

20 世纪 70 年代以来,利用空间环境及其高远位置进行了广泛的应用试验、突破了航天应用领域众多的关键技术,拓展了广泛的应用范围,形成了通信、导航、气象、资源、科学、军事应用、深空探测等卫星系统;

自 20 世纪 60 年代以来的 30 多年间,技术复杂、研制周期长的载人航天技术也已经经历了初期探索性试验的发展阶段.从 1957 年至 1992 年底,世界各国成功地发射了 4396 个各类航天器,有 58 个国家投资发展航天技术,170 多个国家和地区应用航天技术成果,总投资近 7000 亿美元.

课题 6.2　认识千姿百态的航天器

从 1957 年 10 月 4 日苏联发射的第一个航天器"人造卫星"1 号开始,直到今天,人类共向太空发射了近 2000 个航天器.

(1)航天器的分类

航天器可分为无人航天器和载人航天器.

无人航天器又可分为人造地球卫星和空间探测器.

人造地球卫星:科学卫星、应用卫星、技术试验卫星.

空间探测器:月球探测器、行星探测器和星系探测器.

载人航天器又可分为载人飞船、空间站和航天飞机.

载人飞船:卫星式载人飞船、登月式飞船.

(2)人造卫星

人造地球卫星是环绕地球在空间轨道上运行的无人航天器,简称人造卫星或卫星.

通信及广播卫星、对地观测卫星和导航定位卫星,都是开发相对于地面的高位置空间资源的航天器,这类航天器一般又称为应用卫星,是当今世界上发射最多、应用最广泛的航天器.

卫星技术与多种科学技术的交叉和渗透,产生了一些新技术,如卫星通信、卫星气象遥感、卫星导航、卫星侦察等,这些技术统称为卫星应用技术.

(3)载人飞船

载人飞船又称宇宙飞船,是一种运送航天员到达太空并安全返回的一次性使用的航天器.它能基本保证航天员在太空短期生活并进行一定的工作.它的运行时间一般是几天到半个月,一般乘2到3名航天员.

飞船一般由两个舱组成:密封载人舱(又称航天员座舱)和设备舱.密封载人舱内设有能保障航天员生活的供水、供气的生命保障系统,以及控制飞船姿态的姿态控制系统、测量飞行轨道的信标系统、着陆用的降落伞回收系统和应急救生用的弹射座椅系统.设备舱内有使载人舱脱离飞行轨道而返回地面的制动火箭系统、供应电能的电池、储气的气瓶、喷嘴等系统.

载人飞船返回地面一般需经历四个阶段,即制动飞行阶段,大气层自由下降阶段,进入大气层阶段和着陆阶段.

(4)空间站

空间站,又称"航天站"、"轨道站"、"太空站"、"空间站",是一种可供多名宇航员巡访、长期工作和居住的大型载人航天器.可以在固定轨道上运行的载人人造卫星,用作科学观察和实验的基地,并可用来给别的航天器加燃料或从上面发射卫星和导弹.

第一个太空站是前苏联于1971年4月19日发射升空的"礼炮"1号航天站,由于轨道低,6个月之后它进入地球大气层而告失败.

美国于1973年5月14日发射了第一个航天站——太空实验室.这个75吨

重的航天站于 1979 年 7 月进入地球大气层并烧毁.

苏联在 1980 年发射的“礼炮”6 号空间站在空间运行 676 天,1982 年重返地球大气层.

“和平”号空间站于 1986 年 2 月 20 日由苏联发射升空,打算用作永久性载人轨道飞行器的核心部分.但由于资金缺乏、维护欠佳,“和平”号事故不断,在 15 年中事故多达 1500 多次.于 2001 年 3 月 23 日,坠毁在南太平洋中.

“阿尔法国际空间站”由美国、俄罗斯、日本、加拿大和欧洲航天局的 11 个成员合作建造.这是人类航天史上首次多国合作建造的最大空间站,预计总投资 1000 多亿美元.

建成后的国际空间站将是个“太空中的城市”,成为人类在太空中长期逗留的一个前哨.它包括 6 个实验舱和 1 个居住舱、3 个节点舱以及平衡系统、供电系统、服务系统和运输系统,总重量为 454t,空间站主结构长 88m,首尾距离 109m,高度 44m,封闭容积相当于两个波音 747 飞机的内部空间.

(5)航天飞机

可重复使用的用运载火箭发射的飞行器,用于进入地球轨道,在地球与航天器之间运送人员和物资,并滑翔降落于地面.

第一架航天飞机由美国国家航空航天局研制,正式称为太空运输系统(STS),于 1981 年 4 月 12 日发射升空.到 20 世纪 80 年代中期共有 4 架航天飞机服役:“哥伦比亚”号、“挑战者”号、“发现”号和“亚特兰蒂斯”号.1986 年“挑战者”号升空不久爆炸.1991 年“奋进”号航天飞机服役.

课题 6.3　对人造卫星的运行轨道的讨论

(1)卫星作圆轨道和椭圆轨道运行的条件

当火箭与卫星分离时,设卫星的速度为 v,卫星距离地心为 r,并设此时速度与万有引力垂直(通过地面控制可以实现),如图 3-4-20 所示,则

$$F_{万}=\frac{GMm}{r^2}$$

若卫星以 v 绕地球做圆周运动,则所需要的向心力为 $F_{向}=\frac{mv^2}{r}$.

①当 $F_{万}=F_{向}$时,卫星将做圆周运动.若此时刚好是离地面最近的轨道,则可求出此时的发射速度 $v=7.9\text{km/s}$;

②当 $F_{万}<F_{向}$时人造卫星做离心运动,做椭圆运动,远离地球时引力做负功,卫星动能转化为引力势能;

③当 $F_{万}>F_{向}$时,卫星在引力做用下,向地心作椭圆运动,若此时发生在最近轨道,则 $v<7.9\text{km/s}$,卫星将坠

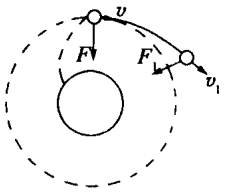


图 3-4-20

入大气层烧毁.

小结:箭星分离时的发射速度是决定卫星运行轨道的主要条件.

(2)卫星如何变轨

卫星从椭圆轨道变到圆轨道或从圆轨道变到椭圆轨道是卫星技术的一个重要方面,卫星定轨和返回都要用到这个技术.

以卫星从椭圆远点变到圆轨道为例加以分析:如图3-4-21,在轨道 A 点,万有引力 $F_A > \frac{mv^2}{r_A}$,要使卫星改做圆周运动,必须满足 $F_A = \frac{mv^2}{r_A}$ 和 $F_A \perp v$,在远点已满足了 $F_A \perp v$ 的条件,所以只需增大速度,让速度增大到 $\frac{mv^2}{r_A} = F_A$,这个任务由卫星自带的推进器完成.

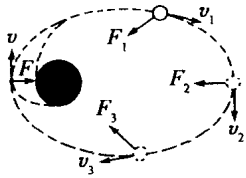


图 3-4-21

这说明人造卫星要从椭圆轨道变到大圆轨道,只要在椭圆轨道的远点由推进器加速,当速度达到沿圆轨道运动所需的速度,人造卫星就不再沿椭圆轨道运动而转到大圆轨道.地球同步卫星就是通过这种技术定点于同步轨道上的.

(3)思考下列问题

怎样让卫星在椭圆轨道的近点改做圆周运动?如何实现从圆轨道到椭圆轨道的转变?太空飞船如何实现与空间站的对接?如何实现卫星的返回?

研究性实践

1.1999年11月20日,我国在酒泉卫星发射中心成功发射"神舟号"载人试验飞船,飞船绕地球14圈后,地面控制中心发出返回指令,飞船启动制动发动机、调整姿态后,在内蒙古中部地区平安降落.

(1)假定飞船速度为 7.72×10^3m/s,沿离地面高度为300km的圆轨道运动,轨道半径为_____;其运行周期为_____分;在该高度处的重力加速度为_____(已知地球半径为 6.4×10^3km,地球质量为 6.0×10^{24}kg,万有引力恒量 $G=6.67\times10^{-11}$N·m^2/kg^2).

(2)飞船脱离原来轨道返回大气层的过程中,其重力势能将_____,动能将_____,机械能将_____(均填增大或减小或不变).

(3)将生物随飞船带入太空,可进行多项科学研究.如植物种子经太空返回地面后种植,往往能得到新的变异特性,这种变异的来源主要是植物种子经太空中的_____辐射后,其_____发生变异.现一般把这种育种方式称为_____.试举出这种育种方式的一个优点.

(4)建国后,特别是改革开放以来,我国航天事业迅速发展,该飞船的成功发射,显示了我国_____的增强.

2.一宇宙空间探测器从某一星球的表面垂直升空,假设探测器的质量恒为1500kg,发动机的推力为恒力,宇宙探测器升空到某一高度时,发动机突然关闭,如图3-4-22表示其速度随时间的变化规律.

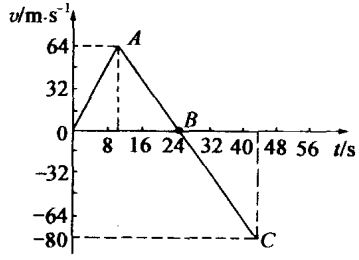


图3-4-22

(1)升空后,9s、25s、45s时(即图线上A、B、C三点对应的时刻),探测器的运动情况如何?

(2)求宇宙探测器在该行星表面所能达到的最大高度?

(3)计算该行星表面的重力加速度;

(4)假设行星表面没有空气,试计算发动机的推进力.

3.静止在太空中的飞行器上,有一种装置,它利用电场加速带电粒子,形成向外发射的高速粒子流,从而对飞行器产生反冲力,使其获得加速度.已知飞行器质量为M,发射的是2价氧离子,发射离子的功率恒为P,加速的电压为U,每个氧离子的质量为m,单位电荷的电量为e.不计发射氧离子后飞行器质量的变化,求:

(1)射出的氧离子速度;

(2)每秒钟射出的氧离子数;

(3)射出离子后飞行器开始运动时的加速度.

4.(1)同步通讯卫星是进行现代通讯的重要工具,我们国家在卫星发射方面已取得了令世界瞩目的辉煌成就,已进入世界航天大国的行列.下面是关于同步通讯卫星的一些问题,请回答或进行讨论.

① 同步通讯卫星的轨道平面有什么特点?

② 同步通讯卫星的轨道离地球表面的距离约为多少?

③ 在同步轨道上均匀分布三颗通讯卫星,能否实现全球通讯,为什么?

(2)发射同步卫星时,先将卫星发射至近地圆周轨道1,然后经点火,使其沿椭

圆轨道 2 运行，最后再次点火，将卫星送入同步圆轨道 3，轨道 1、2 相切于 Q 点，轨道 2、3 相切于 P 点，如图 3-4-23 所示，当卫星在轨道 1、2、3 上正常运行时.

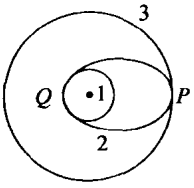


图 3-4-23

①试比较卫星在轨道 1、3 上运行的角速度大小关系，并写出你的推理过程.

②试比较卫星在轨道 1 上经过 Q 点时的加速度与在轨道 2 上经过 Q 点的加速度的大小关系，并说明理由.

5. 1996 年曾在地球的上空完成了以牛顿第二定律为基础的测定质量的实验，实验时，用双子星号宇宙飞船 m_1，去接触正在轨道上运行的火箭组 m_2（如示意图 3-4-24所示），接触以后，开动飞船尾部的推进器，使飞船和火箭组共同加速. 推进器的平均推力 F 等于 895N，推进器开动 7s，测出飞船和火箭组的速度改变是 0.91m/s. 已知双子星号宇宙飞船的质量 $m_1 = 3400\text{kg}$. 求火箭组的质量 m_2 是多大.

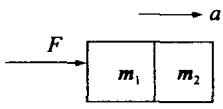


图 3-4-24

6. 空间站是人们认识宇宙、探测宇宙奥秘的航天器，下面是一个关于空间站的问题：一个空间站位于地球上空几千米的轨道上，它是一个圆环形的，绕着通过在 O 点垂直于纸平面的轴自转，这样它便可以提供人造“重力”. 如图 3-4-25 所示是一个半圆形的半个空间站，其中正方形的房间 $ABCD$ 里可以住人，E 点为房间的中心.

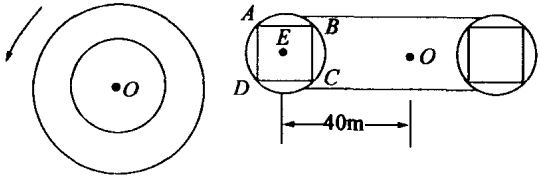


图 3-4-25

(1)房间 $ABCD$ 的地板(即人站立的地方)在哪里？

(2)当空间站稳定地转动时，若在 E 处释放一个物体(对空间站房间中的人来说)会出现什么情况？

(3)若它的半径 OE 长 40m，且 E 处的转速刚能提供和地球表面的实际重力加速度 g 效果相同的人造“重力”的话，那么当它绕 O 轴转动时，E 点的切向速度是多大？

(4)如果空间站不自转，空间站中的人能否测出一个物体的质量？用什么工具与什么方法？

(5)宇航员要从地球进入空间站,可以由航天飞机来完成这一任务.航天飞机在发射的过程中,会产生相当大的加速度,最大加速度可以达到 8g(g 为地球表面的重力加速度).高重力加速度在人的身体中会产生不良作用,甚至可能会产生危险,譬如,从人的身体某些部位抽吸血液,引起身体的其他部位充血,如果大脑抽掉了血,便会失去视觉.模拟实验表明:当人的身体和加速度方向垂直时,人可以经受 15g 的加速度达几分钟之久,而当人的身体顺着加速度方向时,最多只能经受 6g 的加速度.据此判断:当航天飞机在起飞与重新返回大气层时,宇航员的身体与航天飞机的飞行方向应该是什么关系?

7.设地球 E(质量为 M)是沿圆轨道绕太阳 S 运动的,当地球运动到位置 P 时,有一个宇宙飞船(质量为 m)在太阳和地球连线上的 A 处,从静止出发,在恒定的推进力 F 的作用下,沿 AP 方向做匀加速运动,如图 3-4-26 所示,两年后,在 P 处飞船掠过地球上空;再过半年,在 Q 处又掠过地球上空.设地球与飞船之间的力有引力不计,根据以上条件,求地球与太阳之间的万有引力.

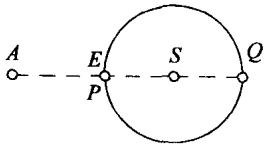


图 3-4-26

8.2001 年 3 月 23 日"和平"号空间站完成了它的历史使命,坠落在浩瀚的南太平洋."和平"号是 20 世纪质量最大、寿命最长、载人最多和技术最先进的航天器.它在空间运行长达 15 年.下面有关"和平"号坠落过程中说法正确的是(　　)

A."和平"号进入较稠密大气层时,将与空气摩擦,空气阻力大大增加

B."和平"号在坠落整个过程中运动轨迹是直线

C."和平"号在坠落整个过程中运动轨迹是曲线

D."和平"号在进入大气层前,高度降低,速度变大

9.人类向空间发展最具可能的是,在太阳系内地球附近建立"太空城".如图 3-4-27 所示是设想的一个圆柱形的太空城,长 1600m,直径 200m,在电力的驱动下,绕自身轴转动.其外壳为金属材料,内壁沿纵向分隔成 6 个部分,窗口和人造陆地交错分布,陆地上覆盖 1.5m 厚的土壤,窗口外有巨大的铝制反射镜,可调节阳光的射入,城内部充满空气.太空城内的空气,水和土壤最初可从地球和月球运送,以后则在太空城内形成与地球相同的生态环境.

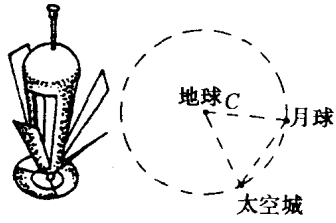


图 3-4-27

(1)为了使太空城的居民能如同在地球上一样具有"重力",以适应人类在地球上的行为习惯,太空城将绕其中心轴以一定角速度转动.试求太空城自转的转速.

(2)太空城内种植绿色植物,它在进行光合作用时,释放出氧气供太空居民呼吸.设植物每合成 Mmol 葡萄糖释放的氧气全部供太空人呼吸,通过体内有氧代谢产生的储存在 ATP 中能量是 (　　)

A.2870MkJ　　B.1255MkJ　　C.1645MkJ　　D.7350MkJ

(3)地、月在相互间的万有引力作用下,绕它们的连线上的一点 C 做等角速度的转动.太空城的首选位置在月球轨道上与月球及地球等距的地方,如图所示,这里,太空城在地、月引力共同作用下,相对于地、月均处于平衡.试证明,太空城在这里所受地、月引力的合力作用线指向 C.

【答案与提示】

1.(1)6700km; 90.9 或 91; 8.9m/s^2　(2)减小; 减小; 减小　(3)宇宙射线; 遗传物质(或基因或 DNA); 诱变育种; 突变速度快(或提高基因突变的频率); 可以加快选育优良品种.　(4)综合国力　2.(1)探测器的运动过程,可划分为三个运动阶段:第一阶段,(0～9s),空间探测器在竖直向上方向上做初速为零的匀加速运动;第二阶段(9～25s),空间探测器继续竖直向上运动,但做匀减速运动,到 25s 末时其速度恰好为零;第三阶段(25～45s),空间探测器竖直向下做匀加速直线运动.最后回到原升空点.　(2)因为空间探测器上升的最大高度在数值上等于$\triangle OAB$ 的面积值,所以有　$H_m = 64 \times \frac{25}{2} = 800(\text{m})$.　(3)因为该行星表面的重力加速度等于 AB 段或 BC 段的斜率,则有　$g = \frac{64}{16} = 4(\text{m/s}^2)$.　(4)选取空间探测器为研究对象,在 0～9s 内,空间探测器受到竖直向上推进力与竖直向下的重力的共同作用,则由牛顿第二定律,得　$F - mg = ma$.又 $a = \frac{64}{9}\text{m/s}^2$,　故有 $F = m(g + a) = 1500 \times (4 + 64/9) = 16666.7(\text{N})$.　3.(1)由于飞行器质量远大于粒子流质量,飞行器反冲速度可忽略,而有　$qU = \frac{mv^2}{2}$,　$v = \left(\frac{2qU}{m}\right)^{\frac{1}{2}} = 2\left(\frac{eU}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$.　(2)设每秒射出的氧离子数为 n,有　$P = nqU$,得　$n = \frac{P}{qU} = \frac{P}{2eU}$.

(3)$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = nmv = \frac{P}{2eU} \cdot m \cdot 2\left(\frac{eU}{m}\right)^{\frac{1}{2}} = P\left(\frac{m}{eU}\right)^{\frac{1}{2}}$,由牛顿第三定律得飞行器加速度大小　$a = \frac{F}{M} = \frac{P}{M} \cdot \left(\frac{m}{eU}\right)^{\frac{1}{2}}$　4.解答:　(1)①同步卫星的轨道平面必须与地球的赤道平面重合,这是卫星运行与地球自转实现同步的必要条件,必须说明,同步卫星发射后并不是直接进入同步轨道的,而是要先进入近地的停泊轨道再进入转移轨道,最后再经过一系列的调整后才进入同步轨道.同步卫星的轨道平面虽然要与地球的赤道平面重合,但发射并不是一定要在赤道上;　②由万

有引力提供向心力，可得 $\frac{GMm}{(R+r)^2}=\frac{m4\pi^2(R+h)}{T^2}$，整理并代入数据得 $h=3.587\times10^4$(km)；③参见图(剪)，我们不妨假设地球为球体，今从卫星处做与地球相切的两条直线，因为同步卫星的高度不是无限大，所以这两根切线总不可能通过地球南北极点 M、N. 由此可见，不管在同步轨道上发射多少颗卫星，都不可能完全覆盖全球. (2)①设卫星在圆轨道上运行的角速度为 ω. 由万有引力提供向心力，得 $\frac{GMm}{R^2}=m\omega^2R$，即得 $\omega=\left(\frac{GM}{R^3}\right)^{\frac{1}{2}}$. 因为轨道 3 的半径大于轨道 1 的半径，所以卫星在轨道 3 上运行的角速度小于它在轨道 1 上运行的角速度；②因为同一颗同步卫星在轨道 1 上经过 Q 点与在轨道 2 上经过 Q 点时所受的地球的引力是相等的，由牛顿第二定律显见，这两个加速度大小是相等的.

5. $m_2=3484.6$kg　6. (1)A、D　(2)垂直落向 AD.　(3)$v_E=20$m/s.　(4)提示：可根据牛顿运动定律或动量守恒的原理　(5)身体方向应与发射方向垂直.

7. 由于 $2R=\frac{a\times2T+a\times2.5T}{2}\times\frac{T}{2}$，$F=ma$，$F'=M\omega^2R=M\frac{4\pi^2}{T^2}R$，解得 $F'=\frac{9\pi^2MF}{4m}$　8. A、C、D　9. (1)3r/min　(2)B　(3)设地球质量为 M_1，月球质量为 M_2，地球与月球间距离为 R，如图，设太空城所受合力作用线与地、月连线的中垂线夹角为 α，太空城所在位置与 C 点连线与中垂线夹角为 β，则

$$\tan\alpha=\frac{\left(\frac{GM_1}{R^2}-\frac{GM_2}{R^2}\right)\cos60^\circ}{\left(\frac{GM_1}{R^2}+\frac{GM_2}{R^2}\right)\sin60^\circ}=\frac{M_1-M_2}{\sqrt{3}(M_1+M_2)}$$

$$\tan\beta=\frac{\frac{R}{2}-\frac{M_2R}{M_1+M_2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}R}=\frac{M_1-M_2}{\sqrt{3}(M_1+M_2)}$$

第四篇　研究性学习实例报告

本篇通过笔者指导学生研究性学习的七个案例，说明研究性学习的方法和思路，选择案例1、案例3、案例7是为了紧密联系教材，拓宽学生的知识面，完善学生的知识体系，培养学生的创新意识和实践能力，选择案例2、案例3是强化引导学生关注社会生活中的热点问题，培养协作精神和关怀意识，在关怀中提高自身的人生品位，选择案例5、案例6是着重强调学生要关注自己身边的事物，所谓“留心处处皆学问”，学以致用.

案例1　研究弹簧振子的周期与小球质量、弹簧劲度系数的关系



一、课题意义

本课题属于探究性的研究课题，研究前并不知道弹簧振子的周期 T 与振子质量 m 及弹簧劲度系数 k 之间的关系，因此要按照一般物理问题的研究步骤，保持一个物理量不变，研究另外两个物理量的关系，最后加以综合推理，得出科学的结论. 在本课题研究中，首先保持弹簧的劲度系数不变，改变振子的质量，测出若干组质量 m 与周期 T 的值，并找出相应的规律；其次，保持振子质量不变，改变弹簧的劲度系数，测出若干组弹簧劲度系数 k 与周期 T 的值，并找出相应的规律；最后研究比较两组规律加以整合，写出最终的研究结果. 通过本课题的研究，可以培养课题组同学科学务实的态度，初步运用计算机处理大量数据信息的能力、分析推理能力、科学预测未知事物规律的能力以及课题组同学之间的协作精神.

二、课题研究内容

如图所示，把一个有孔的小球安在弹簧的一端，弹簧的另一端固定，小球穿在光滑的水平杆上，可以在杆上滑动，小球和水平杆之间的摩擦忽略不计，弹簧的质量比小球的质量小得多，也可忽略不计. 这样的系统称为弹簧振子，其中的小球称为振子，振子静止在 O 点时，弹簧没有发生形变，对振子没有弹力的作用，O 点是振子的平衡位置，把振子拉到平衡位置右方的 A 点，然后放开，弹簧振子就做简谐振动.

1. 选取一根劲度系数为 $k=0.6\text{N/m}$ 的弹簧，保持 k 不变，振子质量取不同的数值，测 15 次全振动的时间为 t，每次实验测两组时间 t_1 和 t_2，对应的周期分别为 $T_1=\frac{t_1}{15}$ 和 $T_2=\frac{t_2}{15}$. 周期的平均值 $T=\frac{(T_1+T_2)}{2}$，测量时间时从振子经过平衡位置开始计时，因为经过平衡位置时振子的速度最大，计时的误差较小. 实验测得的数据如表 1 所示.

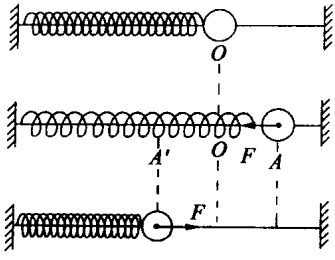


图 4-1　弹簧振子的振动

表 1

m/kg	k/N·m^{-1}	t_1/s	t_2/s	T_1/s	T_2/s	T/s
0.04	0.6	24.38	24.30	1.63	1.63	1.63
0.05	0.6	27.10	28.00	1.81	18.7	1.84
0.06	0.6	29.89	29.94	1.99	2.00	2.00
0.07	0.6	32.10	32.20	2.14	2.15	2.15
0.08	0.6	34.43	34.44	2.30	2.30	2.30
0.09	0.6	36.55	36.63	2.44	2.44	2.44
0.10	0.6	38.58	38.82	2.57	2.59	2.58
0.20	0.6	54.48	55.02	3.63	3.67	3.65

2. 选取振子的质量 $m=0.1\text{kg}$，保持 m 不变，弹簧的劲度系数 k 取不同的数值，测 15 次全振动的时间为 t，每次实验测两组时间 t_1 和 t_2，对应的周期分别为 $T_1=\frac{t_1}{15}$ 和 $T_2=\frac{t_2}{15}$，周期的平均值 $T=\frac{(T_1+T_2)}{2}$，测量时间时从振子经过平衡位置开始计时. 实验测得的数据如表 2 所示.

表 2

m/kg	k/N·m^{-1}	t_1/s	t_2/s	T_1/s	T_2/s	T/s
0.1	0.3	54.00	54.30	3.60	3.62	3.61
0.1	0.4	47.25	46.95	3.15	3.13	3.14
0.1	0.5	42.15	42.45	2.81	2.83	2.82
0.1	0.6	38.40	38.85	2.56	2.59	2.57
0.1	0.7	35.60	35.55	2.37	2.37	2.37
0.1	0.8	33.09	33.00	2.21	2.20	2.20
0.1	0.9	31.09	31.55	2.07	2.10	2.09
0.1	1.0	29.55	29.85	1.97	1.99	1.98

3. 实验数据处理

打开 Excel 2000 应用软件，在 A 列、B 列分别输入表 1 中的小球质量 m 值、弹簧劲度系数 k 值，C 列计算出 $\frac{m}{k}$ 值，在 D 列输入 T 值，完成数值的输入和简单的计算后，选取 A 列的 m 值和 D 列的 T 值，执行“插入”菜单的“图表”选项. 在出现的对话框中，选择图表类型为“XY 散点图”，按图表向导的提示，可绘制出实验数据的 T-m 散点图，选中 T-m 散点图，执行“图表”菜单的“添加趋势线”选项，在出现的对话框中“趋势预测/回归分析类型”选择“乘幂”类型，并选择显示公式、R^2值（R^2值等于或接近 1 时，趋势线可靠性最高），按“确定”按钮，此时在 T-m 散点图中增加了趋势线及趋势线方程、R^2值、如图 4-2 所示，同理，选中 C 列 $\frac{m}{k}$ 值与 D 列 T 值，可获得 T-$\frac{m}{k}$ 的散点图，趋势线方程、R^2值，如图 4-3 所示，图 4-4、图 4-5为 $m=0.1$kg 时 T-k、T-$\frac{m}{k}$ 的散点图、趋势线方程、R^2值.

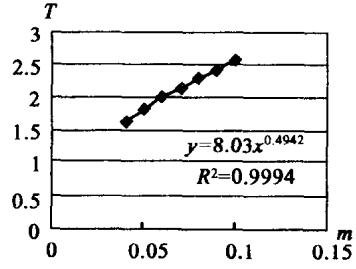


图 4-2

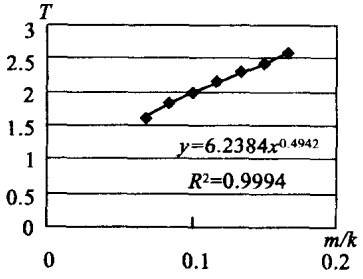


图 4-3

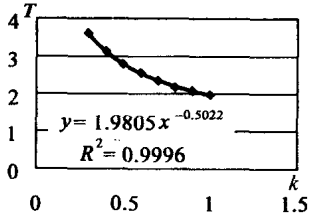


图 4-4

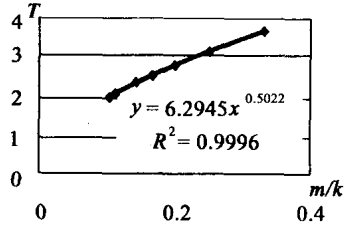


图 4-5

从图 4-2、图 4-3、图 4-4、图 4-5 四个图的 R^2值可知，所得的四个趋势线方程，具有很高的可靠性. 从图 4-2 可知，当 k 一定时，T 与$\sqrt{m}$成正比，从图 4-4 可知，当 m 一定时 T 与$\frac{1}{\sqrt{k}}$成正比；从图 4-3、图 4-5 可知，T 与$\sqrt{\frac{m}{k}}$成正比，而且比例系数约为 $6.28=2\pi$，因此，可得出简谐运动的周期 T 与弹簧劲度系数 k、振子

质量 m 之间的数学表达式 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

三、布置观察项目、调研内容

1. 调研本课题研究中实验误差的主要来源以及如何减小误差.

(a)球与杆之间的摩擦力带来的误差(系统误差);

(b)人计时时人反应延迟、超前带来的误差(偶然误差).

2. 观察计算机处理大量实验数据带来的便利,并实际操作.

四、实验制作研究

1. 串联劲度系数分别为 k_1、k_2的弹簧,用实验测出弹簧的劲度系数,并与计算出的结果相比较.

2. 取一根劲度系数为 k 的弹簧,对半剪断,测出剪断后的弹簧的劲度系数 k_1,将另外的半根再剪去$\frac{1}{3}$,分别测出弹簧的劲度系数 k_2、k_3,并与理论计算出的结果进行比较.

3. 制作单摆,并研究单摆的周期 T 与摆长 L、小球质量 m、重力加速度 g、振幅 A 之间的关系.

五、课题拓展讨论

1. 鉴于本课题测得的实验数据多,实验次数多(共 32 次),并且多次更换小球的质量和弹簧的劲度系数,费时耗力,可编写程序在计算机上做模拟实验,并与实际操作得到的结论进行对比,做出科学的评价.

2. 从理论上证明单摆的振动是简谐振动 $F_{回}=-kx$,并求出比例系数 $k=\frac{mg}{L}$(m 是小球质量,L 是摆长),把 $k=\frac{mg}{L}$ 代入简谐振动的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$,得到单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.

案例 2　温室效应



一、课题意义

"温室效应"导致全球变暖,南极、北极和一些高山积雪、冰川融化,水流向大

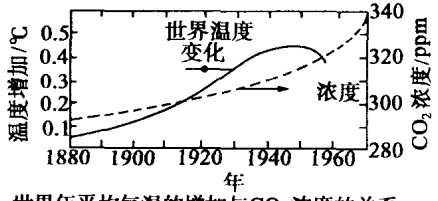
海，使海平面升高．人类不加以控制，估计到21世纪中叶，地球表面的温度每上升1.5℃～4.5℃，海平面将上升0.2～1.6m，产生灾难性的后果是一些沿海大城市，例如我国的上海、美国的纽约、泰国的曼谷等将被淹没，甚至一些国家和地区也难逃厄运，如孟加拉国、荷兰等，大片陆地被淹没，世界上5000万人口将沦为无家可归的“生态难民”．近年来，北美洲出现了历史上罕见的热浪，非洲出现了连续十年的干旱，在干旱的天气里森林大火此起彼伏，屡见不鲜，大火吞噬了大量的森林资源，严寒的冷冬袭击欧洲大陆，亚洲江河泛滥成灾，造成重大的人员和数以千亿美元的经济损失，通过本课题的研究，课题组的同学要学习有关温室效应的知识，寻找和分析温室气体的主要来源和治理温室气体的方法，激发课题组成员的环保意识和环保责任，呼唤民众的意识，加深对人类可持续性发展战略的认识，引导课题组同学关注社会热点、关心人类和环境、提高同学们的关怀意识．在关怀中增强自身的社会责任感．

二、课题研究内容

我们知道，温室是一种用玻璃或透明塑料做成的大房子，玻璃和透明塑料可以让波长较短的太阳光辐射透过，而阻止长波热辐射透过（或者说对长波热辐射强烈地吸收）．这样就能使内部空间的温度逐渐升高，室内的温度比室外温度高出很多，温室对蔬菜或花卉的栽培产生了重要的作用．对于地球来说，包裹地球的大气层与温室玻璃、塑料作用相似．在太阳内部温度高达1000万度以上，在那里进行激烈的热核反应${}_1^2\mathrm{H}+{}_1^3\mathrm{H}\longrightarrow{}_2^4\mathrm{He}+{}_0^1\mathrm{n}$，释放出巨大的能量，太阳每秒钟辐射出来的能量约为$3.8\times10^{26}$J，地球只接受了其中的二十亿分之一．太阳的辐射能主要集中在波长为0.47μm的光谱区域，称为短波辐射（紫外线和可见光）．它们透过大气层到达地球表面，地球吸收太阳辐射后，会使其温度升高，但大气层同时也阻碍热能向外散发，大气层能显著地吸收长波辐射（红外线），这样就保持了地球表面的气温．这种效应同温室的情况差不多，因此称为“温室效应”，大气层中的二氧化碳（CO_2）、氯氟烃（俗称氟利昂是目前压缩式电冰箱和空调机中所用的主要物质）等被称为温室气体，二氧化碳是对温室效应起主要作用的气体，在大气层中的含量增长快，且停留时间长，将直接影响全球的气温．有人测算，如果将CO_2从大气中除去，全球的年平均温度就下降32℃．100年前，大气层中CO_2的含量一直是稳定的．100年来，人类大量使用煤炭和石油，向大气层排放了约3600亿吨的CO_2，使大气层中的CO_2含量提高了10%，现在CO_2的排放速度加快了，估计再过20年，大气层的CO_2含量就增加10%，在未来不到50年时间，CO_2的含量就要增加1倍．

造成温室效应的原因除了人类使用煤炭和石油，向大气层排放大量CO_2外，还有滥砍滥伐大量森林等活动．森林可通过光合作用消耗CO_2，释放出新鲜氧气，

人类的滥砍滥伐活动使森林面积大为减少，进而使 CO_2 的浓度迅速升高. 据联合国粮农组织统计，近 200 年间，地球上的森林已有 $\frac{1}{3}$ 以上被采伐和毁掉，世界仅在 1980 年至 1995 年间，就失去了 1.8 亿公顷的森林. 专家警告，到 2057 年，世界上的热带雨林可能基本消失，这样在 100～150 年的时间内，大气层中 CO_2 将显著增加，“温室效应”会更明显，地球气温升高是不可避免的. 世界年平均气温的增加与 CO_2 浓度的关系如图 4-6 所示.



世界年平均气温的增加与CO_2浓度的关系

图 4-6

大气层中过量的 CO_2 导致了温室效应，而温室效应又导致了全球变暖，使水分蒸发加快，进而改变气流的循环，使气候变化加剧，引发热浪、飓风、暴雨、洪涝及干旱等. 过去 5 年，亚洲地区因全球气候变暖而形成的天灾就造成了约 100 亿美元的经济损失. 人类要减小损失，把温室效应的危害降低到最低限度就必须从源头上控制大气层中的 CO_2. 现在全人类可以而且必须采取的措施：一是植树造林、封山育林，退耕还林等，使每一块荒山都绿起来，让大片的森林自然消耗过量的 CO_2，为人类释放出清新的 O_2；二是人类控制排放 CO_2 等温室气体. 早在若干年前，国际社会中许多国家就在日本签订了《京都协议书》，该协议规定了每个签约国每年温室气体的排放量，并逐年降低的额度等，规定了发达国家和地区向发展中国家以及不发达国家提供资金和技术支援，帮助他们控制温室气体的排放，中国是签约国家，并庄重地实现着自己的承诺，但也有个别国家盛行单边主义，以经济发展为借口退出了该协议，无视全人类的协调、可持续发展，在国际社会上造成了恶劣的影响，并将带来灾难性的后果.

三、布置观察项目、调研内容

1. 上网查询气象资料，调查气候异常现象.
2. 走访老年人和回忆自身感受，调查气候异常现象.
3. 调查空气中 CO_2 气体的含量.
4. 调查人呼出的气体中 CO_2 气体的含量.
5. 调查汽车排放的尾气中 CO_2 气体的含量.

四、实验制作研究

1. 设计实验、估测和比较周围环境中 CO_2 的含量.

2. 设计模拟实验,证实 CO_2 含量增大确实能使实验系统的温室效应显著.

例如,取一个易拉罐和一只有孔橡皮塞,在孔中插入温度计,罐中充满空气,注意密封.通过铁架台,放在石棉网上,用酒精灯均匀加热,每隔 30s 记录一次温度计的温度,第二次把罐中的空气换成 CO_2,用同样的加热方法,也每隔 30s 记录一次温度计的温度,最后把两种情况下的温度随时间变化的图线描绘出来,进行比较,写出研究报告.由此可以定性地了解温室效应的主要原因.

五、课题拓展讨论

1. 温室效应属全球性问题,问题的解决要靠全人类的共同努力,树立"我们只拥有一个地球"的理念.

2. 撰写固体污染(白色污染等)、液体污染(污水等)、气体污染(SO_2 等)小论文,课题组同学之间交流讨论.

案例 3　传感器的研究



一、课题的意义

动物与人都有传感器(触觉、视觉、听觉、嗅觉、味觉等);在自动控制中,传感器是将非电磁物理量(如温度、湿度、光照度等)转换成电磁学物理量(如电压、电流等)的一种元件.它是感知获取和检测信息的窗口,是自动控制设备中不可缺少的元件,自动控制系统要获取的信息都要通过传感器将其转化为容易传输和处理的电信号.在现代生产生活和科学研究中,传感器不仅被广泛运用到宇宙开发、环境保护等领域,而且还广泛应用到各种家用电器上,给人民生活带来许多的便利.

二、课题研究内容

1. 电冰箱中的传感器

电子温控由于温控准确、使用寿命长、可靠性高等特点在冰箱中被广泛采用.电子温控的核心之一是冷藏室传感器和冷冻室传感器.它们是一个负温度系数的热敏电阻.当温度升高时,它的阻值减小;当温度降低时,它的阻值增加.冷藏室传感器用于感知冷藏室温度,控制压缩机的启、停.当冷藏室蒸发器的表面温度上升

到3.5℃以上时，冷藏室传感器通过CPU发出指令，压缩机工作；当冷藏室蒸发器表面温度低到－25℃～－19℃（随温度调节位置而变化）时，冷藏室传感器通过CPU发出指令，压缩机停止工作。冷冻室传感器是专为冷冻室除霜而设计的。冷冻室温度很低，结霜较多。通过安装在冷冻室内的电热丝进行除霜。当化霜定时器工作在化霜位置时，电热丝开始加热，化霜开始，室内温度慢慢升高，当冷冻室内的温度上升到8.5℃以上时，冷冻室传感器通过CPU发出指令，将加热器断电，化霜结束。

2. 空调器中的传感器

空调室温控制及除霜控制电路如图4-7所示。

(1)室温控制

制冷时，空调器通过室内热交换器上的温度传感器TA检测温度的变化，实现室内温度的自动控制。TA为负温度系数热敏电阻，5V电压经TA和电阻R_1分压后，其分压值输入到CPU，当室温上升，TA的阻值变小，分压值增大到开机电压值时，CPU输出压缩机、室外风机开机控制信号。压缩机运行后，室温下降，TA的阻值变大，分压值减小到停机电压值时，CPU输出压缩机、室外风机停机控制信号，以实现室温的自动控制。

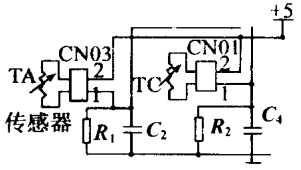


图4-7

(2)除霜控制

制热时，空调器通过室外热交换器上的温度传感器TC检测其温度的变化，实现室外热交换器的除霜自动控制，以提高热交换器的传热效果。TC为负温度系数的热敏电阻，5V电压经TC和电阻R_2分压后，其分压值输入到CPU。制热时，室外热交换器温度下降，TC的阻值变大，分压值减小到化霜电压值时，CPU输出除霜控制信号，使四通换向阀断电后换向，室内、室外风机停机。化霜时，室外热交换器温度上升，TC的阻值变小，分压值减小到停止除霜电压值时，CPU输出停止除霜控制信号，室内外风机运转，四通阀换向通电恢复制热运行。

3. 全自动洗衣机中的传感器

智能型全自动洗衣机可以自动判断水位、衣质衣量、衣物的脏污等情况。用负荷传感器测定电机的惯性转数，并据此估计衣物的量和材质，以决定水量。利用水位传感器测定水位的变化，以确定织物的软、硬。衣物的脏污程度是通过水的透明程度来判断的。在洗衣桶的排水口处加一红外光电传感器，使红外光通过水进入另一侧的接收管，若水的透明程度低，接收管得到光能小，说明衣物较脏；反之则说明衣物较干净。脱水时采用压电传感器，当脱水桶高速旋转时，从脱水桶喷出来的水作用于压电传感器上，根据这个压力变化，来决定继续工作还是停止

脱水.

4. 录像机中的传感器

(1)带端检测

家用录像机装有带端检测传感器,在磁带快进、录、放到带尾或带头时,发出信号,使录像机停机,以防拉坏电机.

图 4-8 为 VHS 方式带端检测方法.

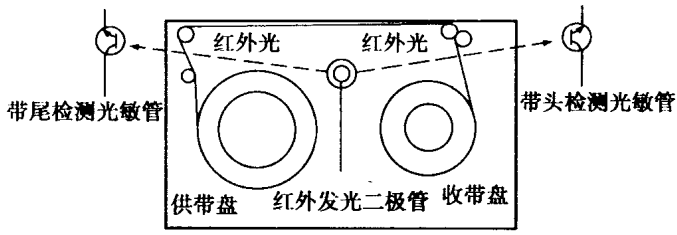


图 4-8

当磁带降到位后,一只红外发光二极管正好插入到磁带背面的小圆孔.二极管发出的红外线照在磁带盒的两个小孔上,当磁带在进带方向走完时,红外光透过带尾透明带正好射到安装在带盒左边的红外光敏管,使之导通,此信号送入 CPU.CPU 发出指令,录像机自动停机.同理,当倒带到带头时,右边光敏管导通,CPU 发出指令,录像机停止倒带,执行一个短小的快进过程,使透明带绕进后停机.

(2)收带盘旋转检测

收带盘旋转检测电路可检测收带盘是否旋转.检测电路有光电型和霍尔型两种,如图 4-9 所示.

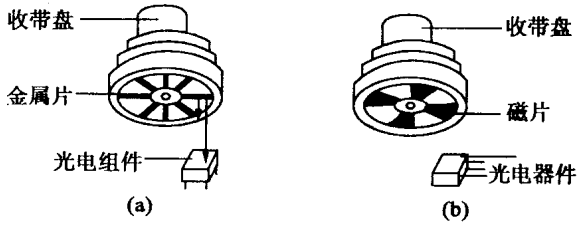


图 4-9

图 4-9(a)是光电型,在收带盘底部贴有反光用的金属片,金属片下方装有光电组件.当收带盘旋转时,发光二极管发出的光经金属片反射,被光敏三极管接受,从而产生反映带盘旋转状态的电脉冲.图4-9(b)是霍尔型,收带盘上装有磁铁,磁铁的对应位置装有霍尔器件,旋转时利用霍尔感应电压把旋装磁场的情况

反映给 CPU.

(3)结露检测

当磁鼓表面因潮湿出现结露时,露水就会使磁带和磁鼓粘连,这样很容易损坏磁头和磁带.为防止这种故障,录像机都设有结露检测电路.通常在磁鼓的表面或磁鼓的附近安装一只湿敏电阻作为潮湿传感器,其阻值能随湿度而变化,当湿度达到一定程度时,CPU 就会发出指令停机,同时接通加热器对录像机去湿.

5. 电视机中的传感器

(1)电视遥控器

遥控发射器将经编码集成电路转换成的信号由无线发射电路发射出去,由电视机中的接收电路接收,经放大整形、解码等处理输出各种控制信号,实现电源通断、选台、音量等控制.图 4-10 是它的示意图.

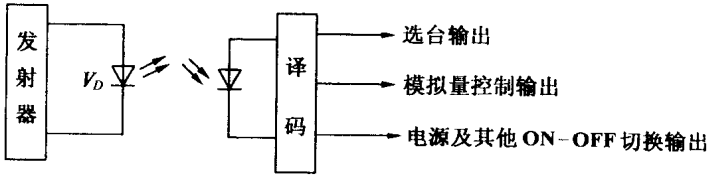


图 4-10

(2)开关电源控制

新型彩电电源的开关控制大都采用光电耦合器.光电耦合器是由发光元件(如发光二极管)和光电接收元件(如光敏三极管)合并使用,以光作为媒介传递信息的光电传感器件.由于它具有小型、高速、非接触等特点,因此在新型彩电中被广泛采用.图 4-11 为长虹 2151 彩电电源控制电路.

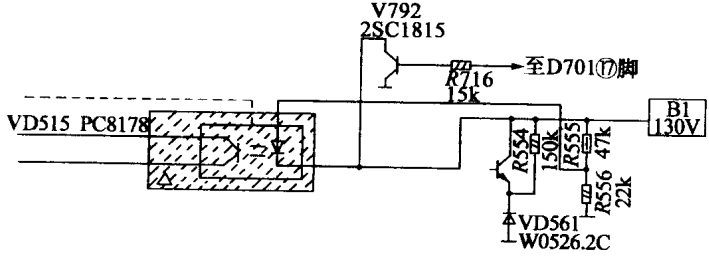


图 4-11

其工作原理是:当按一次"POWER"键,D701 接收到关机指令,CPU 输出高电平经 $R716$ 加到控制管 V792 的基极,V792 饱和导通,流过发光二极管的电流增大,光敏三极管的电流增加,内阻大大减少,使开关电源停止振荡,输出电压为零;反之电源恢复正常工作.

6. 影碟机中的传感器

(1)激光拾信系统

激光光源是一只激光二极管,它发射的激光束经光学器件后照射到光盘上,由光盘反射回来的激光束再经相应的光学组件后,照射到四个光敏二极管上,把光信号转换成电信号.图 4-12 为 SL-PG100 激光头工作原理图.它采用单光束系统,从四只光敏二极管上可以拾取三种信号,即射频信号、循迹误差信号、聚焦误差信号.

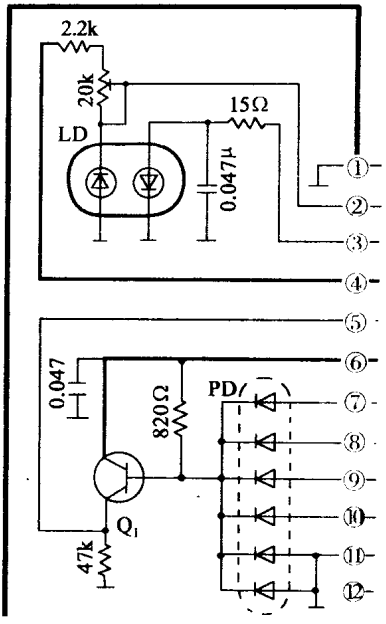


图 4-12

激光头上设一个激光检测的光敏二极管(MD),专用来检测激光的强度.当 LD 发光量增大时→MD 电阻↓→Q_1 集电极电流↓→LD 电流↓→LD 发光量↓.当 LD 发光量减小时,其控制过程相反.通过上述控制过程,使激光管发射的激光量始终保持恒定.从光盘上反射回来的激光束照射到光检测器的四个光敏二极管上.$A_1 + A_2 + A_3 + A_4$ 便可获得 RF 信号,$A_1 + A_2$、$A_3 + A_4$ 经伺服放大处理后,便可获得循迹误差信号、聚焦误差信号.

(2)倾斜传感检测

碟片的翘曲及抖动都会影响激光束和碟片的垂直度,用倾斜传感来检测倾斜度,并输出一个修正电压,保证倾斜伺服系统完成激光束和碟片的垂直定位,从而可以使激光头正确无误地读取信息.

三、布置观察项目、调研内容

1. 考察打印机中的压力传感器.

2. 考察声控、光控路灯.

3. 参观大学智能机器人实验室.

4. 由课题组的同学分工合作,分别介绍大吨位的磅秤(压力传感器);电磁吸盘秤(拉力传感器);热电隅温度计(不同金属受热后产生的电势差)等.

四、实验制作研究

1. 实验:用光敏电阻组成光控电路.
2. 实验:用热敏电阻组成温控电路.

五、课题拓展讨论

仿生学的研究,主要是上网查阅相关资料,阅读科学文献.

案例4 用激光笔做光学实验



一、课题的意义

随着现代科学技术的发展,由于激光的优越特性,激光常用于工业的切割和打孔、医疗上的手术刀、军事上的激光枪和激光炮、通讯上的光纤通信、农业上的激光育种等等,通过本课题的研究,课题组的同学将比较深入地学习有关激光本身特性的知识,激光的应用知识,结合自身的知识、能力,联系自己的学习实际,用激光笔作光源,做光的直进、光的反射、光的折射、光的干涉、光的衍射实验,解释看到的实验现象,并用蜡烛作光源做上述实验,做以比较,培养课题组同学分析判断能力、处理信息的能力、科学评价和合作的能力,同时,培养创新精神和实践能力.

二、课题研究内容

激光是受激材料的所有受激原子或分子从高能级跃迁到低能级发射同一频率和同相位的大量光量子形成的.它具有以下一些主要的特性:一是高度的方向性:激光是以几乎不发散地前进为特点的.因此,它可以发射很远而不大分散,所以能够保持它的高能量.二是高度的单色性:由于激光通常是在极窄的频率范围之内,频率单一,所以颜色几乎是完全单一的,它的单色性比较好的单色光好$10^4 \sim 10^7$倍.三是很高的亮度:因为激光的能量高和方向集中,所以亮度很强.目前大功率激光器的单色亮度是太阳光的单色亮度的$10^{16} \sim 10^{19}$倍.四是高度的相干性:激光的频率或单色性相同,相位也相同,所以极易产生干涉现象.五是高的光子简并度:所谓简并度是同一量子态内性质相同的光子数,大功率激光器发出的激光比可见光的简并度大$10^{17} \sim 10^{19}$倍.

激光笔的功率比较小,最大输出功率一般不超过5mW,做光的直进、光的反射、光的折射、光的干涉、光的衍射实验时,为了能看清激光束的轨迹,实验效果比

较明显，最好是在夜晚做实验或是实验时拉上遮光窗帘.

1. 光的直进

摁下电键，接通电源，激光笔射出一束激光，由于实验室内的尘埃粒子对激光束的反射，可以清楚地看出这束激光的传播轨迹是笔直的. 这就是光在同一种均匀介质中沿直线传播的直接证据，示意图如图 4-13 所示.

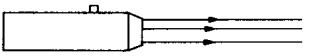


图 4-13

2. 光的反射

在水平面上放一平面镜，垂直平面镜放一白色的平板. 如图 4-14 所示，让红色激光束沿 AO 射入，可以看到经平面镜反射的激光束沿 BO 射出，入射光线 AO 和反射光线 BO 位于法线 NO 的两侧，改变入射角 i，反射角 r 也随之改变，用量角器测得的 i 始终等于 r.

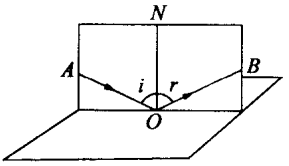


图 4-14

3. 光的折射

如图 4-15 所示，让红色激光束沿 AO 入射，在玻璃中可清晰地看到折射的激光束 OB，入射光线 AO 与折射光线 BO 位于法线 NN' 的两侧，AO、BO、NN' 在同一平面内，用量角器测得多组数据列表所示. 从表中数据可看出随着 i 增大，r 也增大，$\frac{i}{r}$ 增大，同时偏折角 $\theta = i - r$ 也增大，但入射角的正弦跟折射角的正弦成正比，它们比例系数是一常数，用 n 表示，约等于 1.50，即 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$，这个实验用激光笔发出的激光束做与用蜡烛发光的光来做比较，有简洁、方便、直观、清楚的特点，用蜡烛发出的光做此实验效果不明显，很难完成.

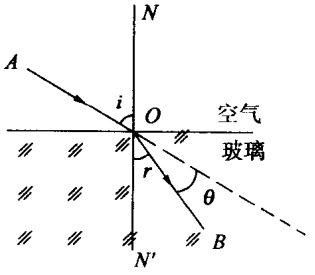


图 4-15　光的折射

入射角 i	折射角 r	$\frac{i}{r}$	$\frac{\sin i}{\sin r}$	偏折角 θ
10°	6.7°	1.50	1.49	3.3°
30°	19.6°	1.53	1.49	10.4°
50°	30.7°	1.63	1.50	19.3°
60°	35.2°	1.70	1.51	24.8°
80°	40.6°	1.97	1.51	39.4°

4. 光的干涉

由于激光是受激材料的受激原子从高能级(一种定态，设能量为 $E_{初}$)向低能级(另一种定态，设能量为 $E_{终}$)跃迁时发射同一频率和同相位的大量光子形成的，即 $h\nu = E_{初} - E_{终}$. 激光的相干特性非常好，极易产生干涉现象，实验如图4-16

所示，在像屏上可清晰地看到明暗相间的干涉条纹，用激光束作光源与用单色光作光源相比，双缝屏前可少一个单缝屏，用单色光作光源时，必须在双缝屏前加一个单缝屏，目的是为了获得相干光源.

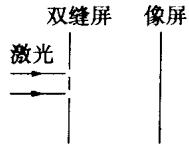


图 4-16

5. 光的衍射

取一个不透光的屏，在它的中间装上一个宽度可以调节的狭缝，用激光束照射，在缝后适当距离处放一个光屏. 当缝调到很窄时，光通过缝后就明显地偏离了直线传播方向，照到了屏上相当宽的地方，并且出现了明暗相间的条纹，如图 4-17 所示.

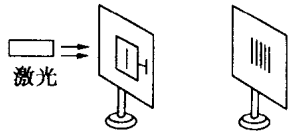


图 4-17　光通过狭缝的衍射

平时我们可以调节游标卡尺的两脚间的距离，形成一个狭缝，然后让狭缝竖直地紧靠眼睛，通过狭缝观看竖直放置的线光源的灯丝，这时在狭缝的两侧可看到彩色条纹，但是值得注意的是不能用此方法去观察激光的衍射现象，因为激光的亮度高，光束能量大，容易灼伤眼睛.

三、布置观察项目，调研内容

1. 与医院联系，观察用激光手术治疗近视眼的过程，并能做出一般意义上的解释.

2. 观察医用激光刀，调研激光刀的应用原理(热作用)，激光刀的特点.

四、实验制作研究

1. 用激光笔、两个半面凸透镜，设计方案，演示干涉观象.

示意如图 4-18 所示

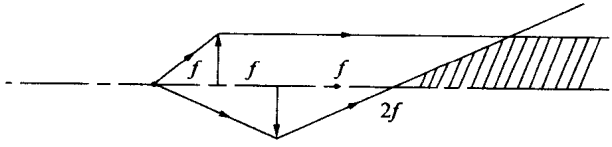


图 4-18

2. 测定激光的高度方向性.

先用游标卡尺测出激光笔的口径 D_1，然后在离口径 20m、30m、40m、50m 的地方，用坐标纸测出光斑的直径 D_2、D_3、D_4、D_5，并进行比较.

五、课题拓展讨论

1. 通讯上的光纤通信(设计方案)画出原理示意图.

2. 上网查询激光在军事上的应用(激光枪、激光炮等).

3. 结合生物、化学知识，了解激光育种的方法、原理.

利用激光对植物种子的照射，使植物出现有益的变异，经过选择后，培育成一个新品种的方法称为“激光育种”.

案例5 灶具的演变



一、课题的意义

从柴灶、煤球炉、蜂窝煤炉、煤油炉、液化气灶、焦炉煤气灶、天然气灶到电炉、电磁炉、微波炉等，灶具的演变过程可以说是科技进步的一个缩影，也是能源从粗放型利用到集约型开发利用的成功典范. 在这个演变过程中，灶具使用越来越方便，越来越经济，越来越安全，越来越清洁卫生，越来越体现人类逐步强化环保意识. 了解灶具的知识及使用方法，并进行比较，培养课题组同学的评价能力和决策能力，通过实际调查和研究培养学生收集处理信息的能力，培养初步的创新精神及实践能力，为课题组同学立志献身科学，为人类造福打下良好的基础.

二、课题研究的内容

干木柴、煤、石油、天然气等都是燃料，它们燃烧时，都能放出热量. 我们把1kg某种燃料在完全燃烧时放出的热量叫做这种燃料的燃烧值. 它的符号是 q，单位是J/kg，下表是几种燃料的燃烧值.

燃料	干木柴	烟煤	无烟煤	柴油	石油	汽油	煤油	天然气
Q(J/kg)	1.2×10^7	2.9×10^7	3.4×10^7	3.3×10^7	4.4×10^7	4.6×10^7	4.6×10^7	4.4×10^7

从柴灶、煤炉到天然气炉，所使用的燃料的燃烧值越来越高. 一般燃料很难完全燃烧，一个重要的体现是在燃烧中产生大量烟，因此燃料燃烧时放出的热量往往少于根据燃烧值计算出来的热量. 此外，燃料燃烧时放出的热量也不可能得到完全的利用. 例如用柴炉烧饭，干柴燃烧放出的热量一部分散失到空气中，一部分供给锅子和炉灶，被饭吸收的只是其中的一小部分. 根据实验数据表明柴炉煮饭的效率约为38%左右. 因此改善燃烧条件使燃料尽可能充分燃烧，同时尽可能减少各种能量损失，是节约燃料的一项重要工作. 在柴炉节约燃料方面要注意以下几点：一是尽可能使木柴干燥，避免潮湿木柴燃烧时产生大量的浓烟污染环境和不能完全燃烧的情况；二是木柴要劈得薄、细、长，让木柴充分和空气中的氧气接触；三是经常铲除锅底的锅垢；四是改进炉灶的结构，使其更趋合理科学. 从根本

上讲，柴炉的存在，吞噬了地球上大量的森林资源，而森林能将大气中的 CO_2 吸收，同时吐出新鲜氧气，调节气温，科学家称之为“吞碳吐氧机”．森林是地球生态系统的主体，是大自然的调度室，是地球的绿色之肺．森林维护地球生态系统环境的这种“能吞能吐”的特殊功能是其他任何物体都不可能取代的．所以人类要保护好森林，不能滥砍滥伐．柴炉应逐渐被其他炉灶代替，干柴也应逐渐为其他燃料所代替．

煤球炉、蜂窝煤炉的燃料是煤．煤球在燃烧时，内部的煤有少部分不能充分燃烧，而煤做成蜂窝状，煤的内外都与空气中的氧气接触，燃烧比较充分．根据实验表明，标准蜂窝状煤球比直径约 5.5cm 的实心煤球的利用率高约 23%．煤球在燃烧时产生大量的 CO_2 污染环境．以北京地区为例，前几年每到冬季工业用煤、取温用煤及家庭用煤产生的大量烟雾笼罩在北京地区的上空，从高空往下看，城区成为灰濛濛的一片，空气指数明显低于其他季节．北京已采取措施以天然气代替煤供生产和生活之用．近年来，空气污染情况已明显好转．另外在需大量用煤的火力发电厂，煤被制成很细的粉末状，通过特殊的装置喷进炉腔，大大提高了煤的利用率．

天然气炉主要是以天然气为燃料．作为燃料，天然气与干柴、煤相比燃烧值比较高，使用起来比较方便、经济、卫生，但要注意安全．我国是天然气资源比较富有的国家，目前国家投资与天然气有关的大的工程是西气东输工程．另外我国在权属海洋地区也探明有大量的天然气资源．

电炉燃料的是电．当电流通过导体时，导体总要发热，这是电流的热效应．电炉就是根据电流的热效应原理制成的，是纯电阻电路，炉丝的电阻较小，当有电流通过时产生大量热量 $Q = I^2Rt = \dfrac{U^2t}{R}$，用以生活之需．电炉使用方便，但要注意防止漏电．

电磁炉是利用电磁感应引起涡流加热的原理来工作的，从上到下它主要是由烹饪锅、炉台台板、感应加热线圈等组成．如图 4-19 所示，电磁炉的台板下面绕有感应线圈，当通以交变电流时，产生很强的交变磁场，磁感应线穿过锅体，就产生

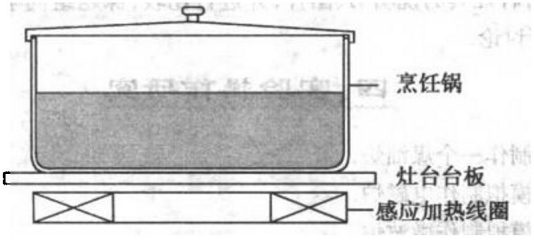


图 4-19

感应电流——涡流.涡流流经金属锅体时产生电流热效应,从而达到加热和烹饪食物的目的.电磁灶产生的交变磁场,不但会产生涡流热,而且会使金属锅体的金属原子运动并互相碰撞,造成摩擦生热,这两种热是直接发生在锅体本身,其内能的损耗很小,所以电磁炉的热效率可达到80%,约比煤气炉灶高近一倍,电磁炉是现代家庭烹饪食物的一种新型炉具,它以加热快、加热均匀效率高、省时省电、安全卫生和使用方便而被越来越多的人们所接受.与其他炉具相比,它有很多优点:一是没有柴、煤、油、气等燃烧产生的CO_2污染环境;二是省电节能效率高;三是加热均匀,烹调质量高,营养破坏少.使用电磁炉时要注意安全,要严格按说明书操作,电磁炉在工作时会产生较强的交变电磁场,交变电磁场在向外传播时会对3m左右范围内的其他家用电器如电视机、电冰箱等都有干扰,特别值得注意的是携带心脏起搏器及佩带磁疗仪的人,不要靠近电磁炉.

微波炉是利用微波的电磁能加热食物的新型灶具.主要由磁控制管、波导管、微波加热器、炉门、直流电源、冷却系统、控制系统、外壳等组成,接通电源后,220V交流电一经变压器,一方面在次级产生3.4V交流电压对磁控管加热,同时在次级产生2200V高压,经整流加到磁控管的阴、阳两极之间,使磁控管产生频率为2450MHz的微波.微波输送至金属制成的加热器(炉腔),被来回反射,微波的电磁作用使食物内分子高频地振动而内外同时迅速变热,并能最大限度地保存食物中的维生素,微波在传播的过程中若遇到金属,则会被金属表面全部反射,但微波在传播过程中能很好地穿过电介质,所以微波炉内加热食品所用的器皿最好是电介质器皿,例如陶瓷容器等,而不能是金属器皿.

微波炉的使用优点:一是效率高,节能省电、省时.二是用途广泛,例如杀菌消毒,快速解冻,保护营养等.

三、布置观察项目、调研内容

1.观察一种焖烧锅,以"锅宝"焖烧锅为例,说明它的工作原理、结构、使用方法,测定焖烧时间与保温能力,制成图表.

2.收集各种灶具的说明书、图片,并进行比较,课题组同学要提出自己的观点、见解,进行讨论.

四、实验操作研究

1.实验:制作一个煤油炉.

2.实验:模拟制作电磁炉.

3.实验:模拟制作微波炉.

五、课题拓展讨论

1. 讨论节能的方法(设计方案).
2. 预测灶具未来的发展(设计太阳能灶的改进方案).
3. 新能源的开发利用,保护环境.

案例6 饮水鸟的奥秘



一、课题意义

俗话说:"物理、物理,见物说理,见物不说理,何必学物理."结合物理学科知识,进行观察研究是研究性学习的一种类型.在我们身旁有许多种各类各样的玩具、模型等.例如航模、海模、遥控赛车、饮水鸟等.为了解释看到的现象,常常要结合自身的知识水平、实践能力大胆地进行猜测,实践验证,并加以解释,解释得不通,就尚需另外的猜测,另外的实践证明,直到合情合理、合乎科学.这正是人类认识未知世界的一个重要的基本思维方式.饮水鸟这种玩具内部没有电源等动力来源却在不停地运动,要解释上述现象,就需要课题组同学细致的观察、创新的思维、大胆的科学猜测,并有实验操作验证猜测的能力.

二、课题研究内容

如图4-20所示的玩具,称为饮水鸟.在饮水鸟的小瓷缸中注满水,再把饮水鸟的头按下,使其嘴没入水当中,待会儿松开手释放.我们能观察到:小鸟抬起头来,不一会儿,小鸟又缓缓低下头,其间振荡几下最终把嘴插入小瓷缸的水中,然后又抬起头来,不一会儿又低下头去,重复上述过程,往复不断地运动.这种现象使我们产生了一种疑问:饮水鸟内部没有电池等动力来源,为什么会周而复始地抬头、低头?这是不是一种永动机?

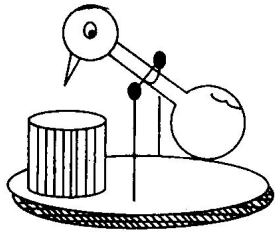


图4-20

通过学习,我们知道自然界中能量是守恒的,即能量不会凭空产生,也不会凭空消失,它只能从一种形式转化为另一种形式,只能从一个物体转移到另一个物体,永动机是永远不会造成的.为了回答饮水鸟在没有电源等动力来源的基础上不停地抬头、低头,有必要细致地观察饮水鸟的内部结构,大胆猜测,实践验证,最

终科学地解释上述现象.

课题组的同学经过仔细地观察,发现饮水鸟的内部装有乙醚液体.乙醚是一种很容易挥发的液体,乙醚在挥发时部分液体分子变为气体分子,气体对外界做功,分子势能变大.增大的分子势能部分是靠液体内能减小转化而来的,因此,蒸发时液体的温度要降低,这就是所谓的蒸发制冷.课题组的同学多次仔细观察,并相互激烈地讨论,开始猜测小鸟低头是将管中的水吸到头上使重心前移,逆时针的力矩大于顺时针力矩引起的,但为什么会抬头呢?抬头后没有饮水,为什么又低下头来呢?这用重心前移,力矩的知识又不能解释,说明猜测错了.后来,发现了管中的液柱上升,因此,假设由于液柱上升而使重心前移,但是怎样解释液柱会上升呢?继续细致地观察,发现小鸟的头部有一层湿润的材料覆盖,它与液柱上升,有没有联系呢?经过反复激烈的讨论,课题组同学认为:尾泡中有乙醚的液体,将头泡和尾泡隔开形成两个气室.乙醚具有易挥发的特点,头泡和尾泡的气室中充满了乙醚的饱和汽.饱和汽是指敞开容器中的液体表面要不断地向空气中蒸发,加盖后,随着蒸发的进程,封闭空间中汽的密度越来越大,到一定的程度达到饱和,即进入空气中的分子数与返回液体中的分子数相等,此时的汽称为饱和汽.饱和汽的性质与理想气体不同,饱和气压的大小与气体的体积无关,随温度的升高(降低)而迅速地加大(减小).像乙醚这种液体,饱和气压随温度的变化特别灵敏.课题组同学们猜想到了液柱上升的原因可能是尾泡与头泡间的温度差.而温度差的形成,是由于头泡表面吸湿后水的蒸发造成的.这样就得到如下的逻辑推理顺序:温度差导致了压强差;压强差导致了液柱上升;液柱上升导致了重心升高;重心升高导致小鸟低头.饮水鸟低头后为什么会抬起头来呢?同学们根据发现小鸟每次低头在颈部玻璃管处都有一个气泡产生,气泡又从玻璃管的尾部出来,因此,大胆地猜测:当小鸟的头倾倒到一定程度时,尾部玻璃泡中的玻璃管口离开液面,气泡沿管上升,头泡中的气体压强变大,液体倒流回尾泡,从而使饮水鸟又抬起头来.这种猜测能很好解释观察到的现象.

饮水鸟低头、抬头、低头……整个过程可做如下的解释:由于头泡表面对材料浸润的水分蒸发,使头泡温度降低,内部的饱和气压减小,而尾泡内的气压不变,因此,管内的液柱上升.当整体的重心到达支点的前上方时,逆时针力矩大于顺时针力矩,小鸟低头饮水.一旦低到使尾泡内的玻璃管口与其中的气室相通时,乙醚气体就沿管上升,头部中气体的压强变大,于是玻璃管中液体就会倒流入尾泡内,从而使小鸟又抬起头来.如此循环往复,整个过程的示意图如图 4-21 所示.

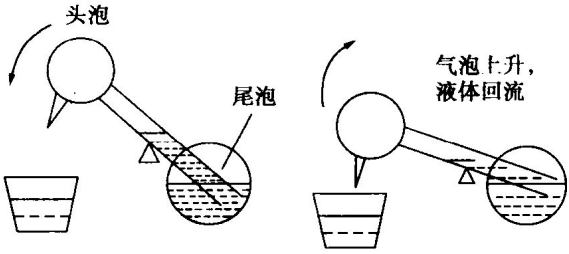


图 4-21

三、布置观察项目，调研内容

1. 观察遥控赛车及遥控板的内部结构，并就工作原理做出简单的解释.

2. 调研玩具市场中具有科技含量的玩具与普通玩具的价格，列表比较，并就市场销售情况、消费群体做一番调查，在调查分析后写出一份市场建议书.

四、实验制作研究

1. 实验：除去乙醚后，设计实验方案在饮水鸟的头泡和尾泡之间产生温度差，观察小鸟是否低头、抬头.

2. 实验：设计实验方案加快小鸟低头、抬头的频率.

3. 实验：把饮水鸟放进封闭的容器中，用真空泵抽尽空气，观察现象并加以解释.

五、课题拓展讨论

1. 课题组同学用能量守恒的观点解释饮水鸟的低头、抬头现象. 小鸟的运动最终要靠杯中水来提供，随时间的推移，杯中水越来越少，要加水就必须有外界做功，做功就要消耗其他形式的能量.

2. 课题组同学讨论制作有科技含量，又有趣的玩具，并进行评比.

案例 7　考察研究测量仪表及装置



一、课题的意义

在实际生产生活中需要测量的物理量很多，例如测量电功（电能表）、测量用水量（水表）、测量电功率（电功率表）、测量车速（汽车速度表）、测量水位（存水

量)、测量风速(加速度)、测量车流、人流等.通过本课题的研究及实际测量,课题组的同学能掌握测量的原理、方法、技巧、知道测量的数据与得到的结论之间相互关联的关系,了解测量误差(包括系统误差和偶然误差)产生的原因,并掌握减小误差的本领,从而修正结论,使结论更趋于科学合理,还能培养课题组同学搜集信息,处理信息和设计实验方案的能力,提高科学评价和参与决策的能力.

二、课题研究内容

在各种物理量的测量中,有一类要测量的物理量可以从测量的表中直接读出,这一类测量方法叫直接测量法,例如用秒表测时间,用万用表的欧姆档测电阻的阻值;而另一类要测量的物理量不能从表中直接读出,需要首先间接测出相关的物理量,再通过公式计算求出需要测量的物理量,这一类测量方法叫间接测量法,例如用伏安法测电阻,从电压表、电流表上直接读出电压值、电流值,再通过公式 $R=\frac{U}{I}$ 算出电阻的阻值,还有诸如此类利用单摆测定物体的重力加速度等.

现讨论利用两种电路测量两节二号电池的电动势及内电阻,比较测量装置,分析误差产生的原因并进行修正.在如图 4-22 所示电路中改变 R 的值,从电压表、电流表中读出两组 U_1、I_1 和 U_2、I_2.处理数据有两种方法:一是计算法,$E=U_1+I_1r$,$E=U_2+I_2r$,求出电动势 E 和内阻 r 的值.这种方法的好处是快捷简单,缺憾是误差较大,可以通过改变 R 的值,多测几组 U、I 值,算出几组 E、r 值,再求出 E、r 各自的平均值,这样做可以减小误差.二是作图法;根据闭合电路的欧姆定律:$E=U+Ir$,$U=-rI+E$,由于 r、E 是常量,U-I 图象应是一条直线.改变 R 值,多测几组 U、I 值,由于有实验误差,根据实验测出的数据作图的点不会严格地刚好落在一条直线上,画直线时应尽可能使直线两侧的点数相等,大部分点在一直线上,目的是为了减小误差(课题组同学讨论为什么这样做可以减小误差)下表是在一次实验中测得的数据:

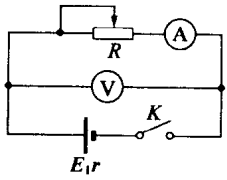


图 4-22

U/V	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
I/A	2.48	2.02	1.50	1.02	0.41

根据表中数据作出图 4-23:

值得注意的是作图时适当选择横坐标、纵坐标的比例和坐标的起点,使实验数据布满整个坐标纸,目的是为了减小误差(课题组同学讨论后要做出合理的解释).

在图 4-23 中直线跟纵轴交点 $I=0$,它表示外电路断开,路端电压 U 等于电源电动势 E;直线跟横轴的交点 $U=0$,它表示电源两端短路,这时的电流是短路

电流.从图中可求出直线的斜率 E/I 就是内电阻 r.

对图 4-22 分析可看出电压表测出的是路端电压 U,而安培表测出的电流只能是近似地看作干路电流 I,实际上它比干路电流小,因电压表分流而从电压表上流过的电流,$\Delta I=\frac{U}{R_V}$,R_V 表示电压表的内阻,因此要对测出的电流值进行修正,每个电流值都应加上各自的 $\Delta I=\frac{U}{R_V}$ 值,ΔI 值随 U 值的不同而不同,需要注意的是当电路短路时 $U=0$,$\Delta I=\frac{U}{R_V}=0$,这组值不需修正,既然电流值要修正,那么作出的图4-23也要进行相应的修正,如图4-24所示:对比根据测量值作出的图形可知,电动势的测量值比真实值小,测出的内电阻也偏小,这种误差是实验仪器和实验原理所引起的,属于系统误差.

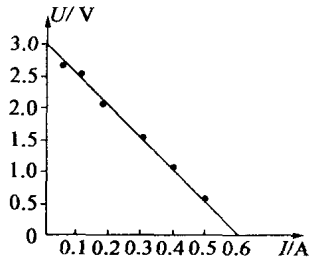


图 4-23

现采用图 4-25 所示的电路测干电池的电动势和内电阻,图 4-25 与图 4-22 相比,图 4-25 中的电流表采用了外接法.根据实验数据也可作出 U-I 图像.分析图 4-25 可发现,电流表测得的是干路电流,而电压表测得的电压可近似看作是路端电压,实际上它比路端电压小,因电流表分压的电压 $\Delta U=IR_A$,R_A 是电流表的内阻,因此,要对测得的电压值进行修正,每个电压值都应加上各自的 $\Delta U=IR_A$ 值,ΔU 值随 I 值的不同而不同,需要注意的是当 $I=0$ 时,即外电路开路时,$\Delta U=IR_A=0$,这组 U、I 值无需修正.根据实验测出的数据和实验测出后经修正过的数据作出图 4-26:从图中可知,电动势 E 的测量值等于电源电动势的真实值,内电阻的测量值大于内电阻的真实值,这种误差也是由于实验仪器和原理引起的,属于系统误差.

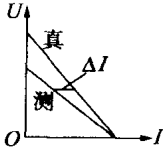


图 4-24

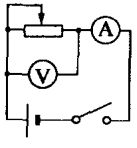


图 4-25

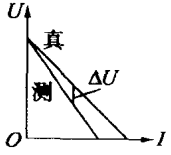


图 4-26

三、布置观察项目,调研内容

1. 观察家用电能表、水表.
2. 观察汽车的速度表与油量表.

3. 观察电功率表.

4. 观察天然气表.

5. 观察万用表及电阻箱.

四、实验制作研究

1. 实验:用一个电流表、一个电阻箱、一个电键、若干导线设计出测一节干电池的电动势和内电阻的电路图,分析误差产生的原因并进行改进.

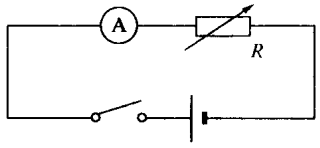


图 4-27

实验电路如图 4-27 所示,根据 $E = U + Ir$,测出多组 I、R 值,求出 $U = IR$,解方程组,求 E、r 的平均值.误差的来源主要是电压 $U = IR$ 比路端电压小,电流表上分得的部分电压.

2. 实验:用一只电压表、一只电阻箱、一个电键、若干导线设计出测一节干电池的电动势和内电阻的电路图,分析误差产生的原因,并进行改进.

实验电路如图 4-28 所示,根据 $E = U + Ir$,测出多组 U、R 值,求出 $I = \dfrac{U}{R}$,解方程组,求 E、r 的平均值.误差的来源,主要是电流 $I = \dfrac{U}{R}$ 比干路电流小了流过电压表的电流.

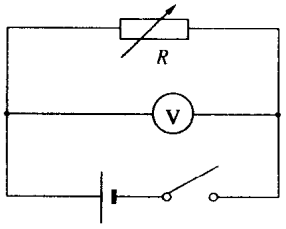


图 4-28

3. 实验:用两只内阻未知的电压表 A 和 B,一个电键、若干导线设计出测干电池的电动势的电路图.

第一次采用图 4-29 所示电路测出 A 电压表的读数 U_A;

第二次采用图 4-30 所示电路测出 A、B 电压表的读数 U_A'、U_B'

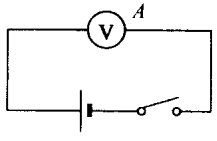


图 4-29

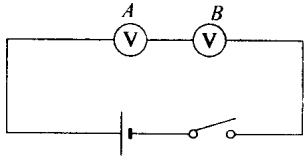


图 4-30

$$U_A = \frac{ER_A}{R_A + r} \qquad ①$$

$$U'_A = \frac{ER_A}{R_A + R_B + r} \qquad ②$$

$$U'_B=\frac{ER_B}{R_A+R_B+r} \qquad ③$$

由②/③得：$\frac{U'_B}{U'_A}=\frac{R_B}{R_A}$ ④

由②得：$U'_A=\frac{ER_A}{R_A+R_B+r}=\frac{E}{1+\frac{R_B}{R_A}+\frac{r}{R_A}}=\frac{E}{1+\frac{U'_B}{U'_A}+\frac{r}{R_A}}$ ⑤

由①得：$U_A=\frac{ER_A}{R_A+r}=\frac{E}{1+\frac{r}{R_A}}$ ⑥

联立⑤、⑥可解出 E 值.

五、课题拓展讨论

1. 讨论测量风速、加速度的方法(设计方案).

2. 讨论测量液面升降的方法(设计方案).

利用电容器的性质、光的反射、电磁作用等.

龙门专题

LONGMEN ZHUANTI

●责任编辑：王　敏　韩　博
●封面设计：郭　建

研究性学习

- 高中数学研究性学习
- 高中物理研究性学习
- 高中化学研究性学习
- 高中地理研究性学习
- 高中生物研究性学习

- 中考中的数学思想方法
- 中考中的物理思想方法
- 中考中的化学思想方法
- 高考中的数学思想方法
- 高考中的物理思想方法
- 高考中的化学思想方法

- 初中化学实验动画演示

ISBN 7-80160-781-3

9 787801 607812 >

ISBN 7-80160-781-3

定价：9.00元