JP Olympic

金牌之路

竞赛辅导

主编 彭大斌

初中物理

陕西师范大学出版社

通向金牌之路

王淦昌

作者简介

彭大斌，特级教师。执教于长沙市一中。教学业绩突出，受到多种表彰和奖励。包括被国家教育部和人事部共同授予“全国模范教师”的称号，被湖南省人民政府授予“湖南省优秀专业技术工作者”称号，四次荣获“湖南省神箭英才导师奖”等。所教学生在历届高考和各类竞赛中均列湖南省之前茅，先后已有15名学生代表湖南省参加全国中学生物理竞赛决赛，在决赛中曾取得过全国第1、3、4名等好名次，并有3名学生被选入国家代表队分别参加了第21、24、27届国际物理奥林匹克竞赛，取得1枚金牌和2枚铜牌。

ISBN 7-5613-1748-4

01>

9 787561 317488

ISBN7－5613－1748－4

G·1306 定价：10.50元

读金牌之路 圆金牌之梦

金牌之路

竞赛辅导

初中物理

主 编：彭大斌
编 写：彭大斌 冯健强
武建谋

陕西师范大学出版社

图书代号:JF3N0185

图书在版编目(CIP)数据

初中物理竞赛辅导/彭大斌主编. - 西安:陕西师范大学出版社,2000.6(金牌之路丛书)

ISBN 7-5613-1748-4

Ⅰ. 初… Ⅱ. 彭… Ⅲ. 物理-竞赛-初中-教学参考资料
Ⅳ. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 09685 号

责任编辑	田均利
责任校对	陈常宝
出版发行	陕西师范大学出版社
社　　址	西安市陕西师大 120 信箱(邮政编码:710062)
网　　址	http://www.snuph.com
经　　销	新华书店
印　　制	潼关县印刷厂
开　　本	850×1168　1/32
印　　张	9.5
插　　页	2
字　　数	224 千
版　　次	2003 年 7 月第 2 版
印　　次	2003 年 7 月第 1 次
定　　价	10.50 元

开户行:光大银行西安南郊支行　账号:0303070-00330004695

读者购书、书店添货或发现印装问题,请与本社营销中心联系、调换。

电　话:(029)5307864　5233753　5251046(传真)

E-mail:　if-centre@snuph.com

前　言

金牌教练　倾心铸造

《金牌之路》丛书由培养国际金牌获得者的全国一流专家联袂编写，涉及到10个省市20个中学的26位作者。他们培养的学生获得国际及国内奖牌数均在全国名列前茅。

著名金牌教练、特级教师张大同自1991年以来培养的学生获国际物理竞赛金牌8枚、银牌1枚，这在全国是独一无二的；

武钢三中特级教师刘诗雄培养的学生获国际数学竞赛金牌7枚；

湖南师大附中特级教师李安等人培养的学生获国际化学竞赛金牌5枚、银牌2枚；

特级教师高建军培养的学生获国际生物竞赛金牌2枚、银牌3枚；

特级教师江文哉培养的学生获国际计算机竞赛金牌5枚、银牌1枚、铜牌1枚。

他们在长期的教学和竞赛辅导中，积累了丰富的参赛经验，丛书汇集了他们培养金牌得主的良方妙计。

竞赛辅导　引路夺冠

新版的特点：融入了最新的教改理念，沉淀了专家的高超智慧，展示了奥赛的国际水平，记载了中国的竞赛历程。

新版的体例：以我国现行的竞赛大纲为依据，将竞赛大纲涉及的内容按专题讲座的形式编写，每个专题作为一讲，每讲分四个部分进行辅导。

第一部分：竞赛导入。全面介绍竞赛中涉及的问题。精析重点，分解难点。

第二部分：解法点拨。提出问题，介绍解决问题的策略。运用方法，点拨解题思路，以达到激活思维、灵活运用知识的目的.

第三部分:点面突破。通过例题,展示知识的综合利用和解题方法的灵活运用,达到点面突破。

第四部分:实战冲刺。有针对性地选择和设计一些对竞赛有指导意义的名题、佳题、新题,为读者提供一个强化知识、开阔视野、提高能力的机会。

书后附有参考答案,对较难的题目,给出了解答提示。

竞赛辅导将伴随您走向金牌之路,上名牌学校,圆金牌梦。

目录

第一讲　力学中基本物理量的测量

竞赛导入 …… 1
　(一) 物理量和国际单位制 …… 1
　(二) 测量工具 …… 1
　(三) 有效数字和科学计数法 …… 2
　(四) 误差 …… 3
解法点拨 …… 4
点面突破 …… 7
实战冲刺 …… 11

第二讲　直线运动　声现象

竞赛导入 …… 15
　(一) 机械运动 …… 15
　(二) 匀速直线运动 …… 15
　(三) 变速直线运动 …… 16
　(四) 有关相对运动的问题 …… 16
　(五) 声现象 …… 17
解法点拨 …… 18
点面突破 …… 22

实战冲刺…………………………………………………… 37

第三讲　密度　力和运动

竞赛导入…………………………………………………… 42
（一）密度 ………………………………………… 42
（二）力 …………………………………………… 43
（三）力和运动 …………………………………… 45
解法点拨 …………………………………………………… 46
点面突破…………………………………………………… 48
实战冲刺…………………………………………………… 59

第四讲　压强　浮力

竞赛导入…………………………………………………… 63
（一）压力和压强的概念 ………………………… 63
（二）液体的压强 ………………………………… 63
（三）气体的压强 ………………………………… 64
（四）浮力的概念 ………………………………… 65
（五）物体的浮沉条件及其应用 ………………… 65
解法点拨…………………………………………………… 66
点面突破…………………………………………………… 68
实战冲刺…………………………………………………… 88

第五讲　简单机械　功和能

竞赛导入…………………………………………………… 95
（一）简单机械 …………………………………… 95
（二）功和功率 …………………………………… 97
（三）机械能 ……………………………………… 98
解法点拨…………………………………………………… 99
点面突破…………………………………………………… 101

实战冲刺……………………………………………… 114

第六讲　热　学

竞赛导入……………………………………………… 120
（一）热现象 ……………………………………… 120
（二）分子运动论 ………………………………… 121
（三）内能 ………………………………………… 121
（四）热量的计算 ………………………………… 122
（五）内燃机 ……………………………………… 122
解法点拨……………………………………………… 123
点面突破……………………………………………… 124
实战冲刺……………………………………………… 147

第七讲　光　学

竞赛导入……………………………………………… 152
（一）光的直线传播 ……………………………… 152
（二）光的反射 …………………………………… 153
（三）光的折射 …………………………………… 154
解法点拨……………………………………………… 157
点面突破……………………………………………… 158
实战冲刺……………………………………………… 167

第八讲　电　路

竞赛导入……………………………………………… 171
（一）简单的电现象 ……………………………… 171
（二）电流 ………………………………………… 172
（三）电路 ………………………………………… 172
解法点拨……………………………………………… 173
点面突破……………………………………………… 175

实战冲刺…………………………………… 182

第九讲　电流的定律

竞赛导入…………………………………… 185
(一) 电流 ………………………………… 185
(二) 电压 ………………………………… 185
(三) 电阻 ………………………………… 186
(四) 欧姆定律 …………………………… 187
(五) 串联电路和并联电路的规律 ……… 187
解法点拨…………………………………… 188
点面突破…………………………………… 192
实战冲刺…………………………………… 225

第十讲　电功　电功率

竞赛导入…………………………………… 229
(一) 电功 ………………………………… 229
(二) 电功率 ……………………………… 229
(三) 焦耳定律 …………………………… 230
(四) 生活用电 …………………………… 230
解法点拨…………………………………… 231
点面突破…………………………………… 232
实战冲刺…………………………………… 268

第十一讲　电和磁

竞赛导入…………………………………… 273
(一) 磁场 ………………………………… 273
(二) 电磁感应 …………………………… 274
解法点拨…………………………………… 275
点面突破…………………………………… 276

实战冲刺……………………………… 282

第十二讲　能源的开发和利用

竞赛导入……………………………… 285

（一）能的多种形式 ……………………… 285

（二）能源 ……………………………… 285

（三）核能 ……………………………… 286

（四）太阳能 …………………………… 287

点面突破……………………………… 287

实战冲刺……………………………… 289

参考答案 ……………………………… 290

第一讲　力学中基本物理量的测量

竞赛导入

（一）物理量和国际单位制

量度物质属性和描述物质运动状态时所用的各种量值，叫做物理量.例如，量度物体中含有物质多少的质量、描述物体运动快慢的速度等.

物理学中有7个基本物理量，其中长度、质量和时间是力学中的基本物理量.

多种单位制的并存严重影响了计量科学的进步，影响了科学技术的交流和发展，因此国际上制定了一种通用的适合一切计量领域的单位制，这就是“国际单位制”，国际代号为“SI”.在国际单位制中，长度的单位是米(m)，质量的单位是千克(kg)，时间的单位是秒(s).

（二）测量工具

1. 基本工具

测量长度的基本工具是刻度尺；测量时间的基本工具是钟表；测量质量的基本工具是天平.

2. 如何选择测量工具

要正确选用测量工具，首先必须了解测量工具.要知道测量工具是测量什么物理量的，测量工具上刻度的单位是什么，测量工具的量程是多少，测量工具的最小刻度是多少，测量工具的零刻度在哪里，如何调节和使用测量工具等.

正确选择测量工具的依据是：

(1) 根据被测对象所要达到的准确程度来选择测量工具.测

量时所能达到的准确程度是由测量工具的最小刻度决定的.例如,为了制作窗帘而测量窗户的长度,准确到厘米就足够了,所以我们可选用最小刻度为厘米的刻度尺来测量;为了安装窗玻璃而测量窗框的长和宽,就要准确到毫米,所以我们应选用最小刻度为毫米的刻度尺来测量.

(2) 根据被测对象估计值的大小,选择量程合适的测量工具.例如,测量一支钢笔的质量,可用天平;而测量一个人的质量,则不能用天平(因为人的质量大于天平的量程),必须用磅秤.

3. 如何使用测量工具

(1) 使用测量工具进行测量之前,应对测量工具进行必要的调整.例如,使用托盘天平前,应将托盘天平放在水平桌面上,将游码置于零刻度后调节横梁平衡.

(2) 按照各种测量工具的具体使用要求,正确地操作,以获得较准确的测量数据,避免损坏测量工具.例如,用刻度尺测量物体的长度时,应将刻度紧贴被测物体,读数时,视线应与刻度尺垂直;使用托盘天平时,不能将潮湿的物体或化学药品直接放在天平盘内,要用镊子夹取砝码,测量结束后要将砝码放回砝码盒内,左右秤盘不能互换(左盘标“1”号,右盘标“2”号);使用物理天平时,还要勤旋转止动旋钮以保护刀口.

(3) 要正确、完整、有条理地记录测量数据.数据要列成表格.测量数据要随读随记.测量数据要记录到最小刻度的下一位,其中最后一位数字为估计值,前面的几位数值为准确值.测量数据后面一定要写上单位.

(4) 测量完毕,应检查、整理好测量工具,保证测量工具的完好无损.

(三) 有效数字和科学计数法

1. 有效数字

如图 1-1,我们用一支最小刻度为 1 cm 的刻度尺来测量一物块 A 的长度时,读得其长度为 13.4 cm,其中前两位数字是根据

尺的刻度准确地确定的,我们把它称之为可靠数字,而最后一位数字(4)则是凭眼睛观察估计出来的,它不一定很准确(比如也可能估计为3或者估计为5),我们把它称之为可疑数字.一般情况下,可疑数字只能保留一位,这种由一位或多位可靠数字和一位可疑数字组成的数字叫有效数字.

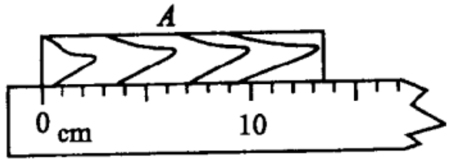


图1-1

有效数字中可靠数字的位数与可疑数字的位数之和称为该有效数字的位数.比如前述的13.4是三位有效数字,7是一位有效数等,2.0是两位有效数字.

对有效数字进行数学运算时,可靠数字与可靠数字相加、减、乘、除时,所得结果仍为可靠数字,而任何一个可疑数字与别的数字相加、减、乘、除时,所得结果均为不可靠数字.

2. 科学计数法

把一个有效数字写成为一个带小数点的小数与10的几次方的乘积,这种计数方法就是科学计数法.例如,有效数字2345就应计为2.345×10^3.科学计数法可以清楚准确地表示有效数字,比如2.0×10^2m和2.00×10^2m,两者表示的意义就有差别:它们对应的测量准确度是不相同的.

(四) 误差

测量的结果不可能是绝对精确的.测出的数值与真实值的差异叫做误差.

从来源看,误差可分为系统误差和偶然误差.

系统误差是由于仪器本身不精确,或实验方法不细致,或实验原理不完善而产生的.例如,刻度尺的刻度不准确,天平的两臂长度不相等或砝码不准,称质量时没有考虑空气浮力的影响等,都会产生系统误差.系统误差的特点是在多次重做同一实验时,误差总是同样地偏小或偏大,不会出现这几次偏大而另几次偏小的情况.

要减小系统误差,必须校准测量仪器,改进实验方法,设计在原理上更为完善的实验.

偶然误差是由各种偶然因素对实验者、测量仪器、被测物理量的影响而产生的.例如,用最小刻度为 1 mm 的刻度尺测量物体的长度,1 mm 以下的数值只能用眼睛来估计,各次测量的结果就不一致,有时偏大,有时偏小.偶然误差总是有时偏大,有时偏小,并且偏大和偏小的机会相同.因此,我们可多进行几次测量,各次测量值的平均值就比一次测量的值更接近于真实值.

解法GANBO

在测量过程中,对有些不易直接测量出来的物理量,可以根据具体情况找出特殊方法进行测量.

常用的特殊方法有:

(一) 化曲为直法

被测长度是“弯曲的”时,设法将它“拉直”后再测量.

例如,要测地图上长沙至北京的铁路线长度,我们可以把一根柔软的细棉线与地图上长沙至北京的铁路线重合,并在棉线上用钢笔标出长沙和北京的位置,然后把棉线拉直,用直尺量出棉线上两点间的距离,即测出了地图上长沙至北京的铁路线长度.

测量圆柱体横截面的周长也可以用纸条紧包在圆柱体的侧面上,在纸条重叠处用大头针扎个孔,然后把纸条展开,用刻度尺测量两孔之间的距离.

(二) 化小为大法

由于测量工具精确度的限制,无法直接测量某些微小量.如果测量时把很多个相同的微小量集中起来进行测量,再将测量的结果除以被测量的微小量个数,就可以得出被测量的值.这种测量方法叫做“化小为大法”.

例如,用普通刻度尺无法测量出 1 张纸的厚度,但能测出 100 张同样的纸的厚度.把测得的厚度除以总张数,即得到一张纸的

厚度.

同样地,要用天平测量 1 cm 长的棉线的质量,就可以先用天平测出一大团棉线的总质量,再用刻度尺测出这团棉线的总长度,用总质量除以总长度的厘米数,即得到 1 cm 长的棉线的质量.

例 1 有一段长约 50 cm 的细金属丝,其直径小于 1 mm. 怎样利用一把最小刻度为 1 mm 的刻度尺,测出该金属丝的直径?

分析 用最小刻度是 1 mm 的刻度尺无疑是不能直接测出题中金属丝的直径的. 我们可采用"化小为大法"来进行测量.

解 找一支圆铅笔,把细金属丝在铅笔上紧密排绕 n 圈,测出这个线圈的总长度 L,则可算出该金属丝的直径

$$D=\frac{L}{n}$$

值得注意的是,若上述 $n=10$,则测量结量可准确到 $\frac{1}{10}$mm,估计到 $\frac{1}{100}$mm;如果 $n=100$,则测量结果可准确到 $\frac{1}{100}$mm,估计到 $\frac{1}{1000}$mm.

(三) 借助辅助工具法

有些物理量(如圆锥体的高)不能用测量工具直接、准确地测出,但我们可以借助其他辅助工具来测量. 这种方法叫做"借助辅助工具法".

如测量圆锥体的高时,我们可以照图 1-2 那样用直角三角板和刻度尺配合进行测量.

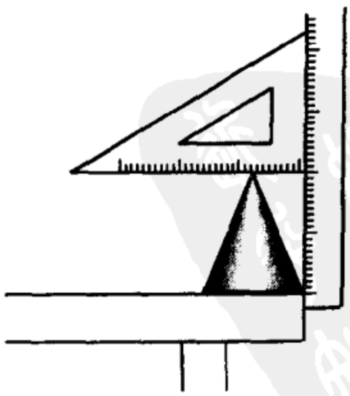


图 1-2

例 2 如何测量 π 值?

分析 π 值是不能直接测量出来的,但我们如果能想办法测出圆的周长和直径,就可算出 π 值.

解 取一圆柱体和一纸条，将纸条紧包在圆柱体的侧面上，在纸条重叠处用大头针扎个小孔，然后把纸条展开，用刻度尺测出两孔之间的距离，即得到圆的周长 L.

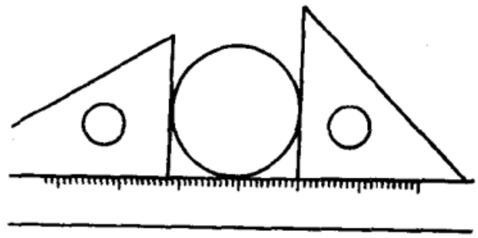


图 1－3

再利用直角三角板和刻度尺测出圆柱体的直径 D，如图 1－3 所示.

利用公式 $\pi=\frac{L}{D}$ 即可求出 π 值.

(四) 替代法

某个物理量不易直接测量时，我们可以测量一个与所测量相等的量，用以代替对应测量的直接测量. 这种方法叫做“替代法”.

前文所述利用软棉线来测量地图上长沙至北京的铁路线长度，就是用的替代法.

三国时期，“曹冲称象”时用石头代替大象，然后用秤分几次称出石头的总质量，就知道了大象的质量.

例 3 如果只有钩码，没有天平，你能否借助其他工具测量出某个物体的质量？

分析 可用“替代法”来进行测量.

解 取一根弹簧(或橡皮筋)，挂上待测物体后弹簧(或橡皮筋)被拉长，记下弹簧(或橡皮筋)伸长后挂钩的位置. 取下物体，若弹簧(或橡皮筋)能恢复原长，再在弹簧(或橡皮筋)下挂上钩码，通过增减钩码，使弹簧(或橡皮筋)的伸长与下面挂待测物体时相同，那么钩码的总质量就等于待测物体的质量.

(五) 公式法

用来测量各种物理量的器材有很多种，但并不是所有的物理

量都可以用相应的器材直接测出.这就需要我们利用所学的物理知识和数学知识来间接测量.

例如,要测量物质的密度,我们可先测出一定量的该种物质的质量 m 和体积 V,然后利用公式“$\rho=\frac{m}{V}$”求出该物质的密度.这种方法叫做“公式法”.

当然,测量时要用到的特殊方法远不止上述五种.在测量过程中,我们要根据实际情况灵活运用所学的知识,寻找更科学、更简便的方法,正确地进行测量.

【点面突破】

例 1 几位同学用一最小刻度为 1 mm 的刻度尺,测量同一物体的长度.以下分别是他们的测量结果记录,其中正确的是

A. 25.3 mm　　B. 25.3

C. 25.30 mm　　D. 2.5 cm

分析 测量结果的记录应包括三部分:准确值、估计值和单位.用刻度尺测量物体的长度时,准确值是刻度尺最小刻度的整数倍,估计值则是在一个最小刻度的十分位内的人为估计数.用最小刻度是 1 mm 的刻度尺测量物体的长度时,测量结果的记录应准确到毫米,估计值为十分之几毫米.

在上述四个选项中,B 选项没有单位,C 选项估计到了百分之几毫米,D 选项没有估计值,故 B、C、D 都不正确.

解 选项 A 正确.

例 2 两位同学分别用两把刻度尺测物理课本的长度,甲同学记录的数据是 26.0 cm,乙同学记录的数据是 26.00 cm.这两个数据表示的意义有无不同?

分析 这两个数据表示了甲、乙两位同学所用的刻度尺的准确程度不同,也就是他们所用刻度尺的最小刻度不同.甲同学所

用刻度尺的最小刻度是1 cm,乙同学所用刻度尺的最小刻度是1 mm.刻度尺的最小刻度越小,测量的准确程度越高,测量结果的位数也越多.

解 不同.

例3 某同学四次测量同一物体的长度,测量结果分别为50.1 mm、50.3 mm、50.2 mm、50.3 mm.则他的测量结果应写为

A. 50.2 mm　　B. 50.3 mm

C. 50.22 mm　　D. 50.225 mm

分析 多次测量取平均值能减小测量中出现的偶然误差.平均值取几位数应根据测量所能达到的准确程度来决定,即由刻度尺的最小刻度来决定.该同学的测量准确到了毫米,他所用的刻度尺的最小刻度也就是1 mm(测量结果的最后一位是估计值),平均值也应准确到毫米.

根据该同学的四次测量数据,平均值应为

$$\frac{(50.1+50.3+50.2+50.3)\mathrm{mm}}{4}=50.225\ \mathrm{mm}$$

由于平均值应准确到毫米,故该同学最后的测量结果应取50.2 mm.

解 A.

例4 某同学缓慢地骑着自行车沿椭圆形跑道行驶一周,测出前轮共转了 N 圈.已知自行车车轮的半径为 R,则跑道有多长?

分析 本题实际上介绍了一种测曲线长度的方法.若自行车车轮的半径为 R,则车轮转1圈自行车通过的路程就等于车轮的周长 $2\pi R$.车轮转 N 圈自行车所通过的路程即跑道长

$$L=N\cdot 2\pi R$$

解 跑道长度为 $2\pi NR$.

例 5 用天平可方便地称量物体的质量是因为天平的两臂等长,在天平平衡时,右盘内砝码的质量与左盘内待测物体的质量相等(在不使用游码时).假若一架天平两臂不等长,还能用这架天平准确地测出物体的质量吗?怎样测?

分析 若天平不等臂,我们仍可利用杠杆平衡的知识来测物体的质量(见第五讲).在本讲中,只介绍"替代法".

解 先将待测物体放入天平左盘中,在天平右盘中加砝码,待天平平衡时,将左盘中的待测物体取出,而右盘中的砝码保持原状.然后在左盘中加入另外一些砝码,待天平平衡时,记下左盘中砝码的总质量,这个质量就是待测物体的质量.

例 6 有一把钢卷尺,一支粉笔,不许通过任何数学计算,不许打开油桶,你怎样才能直接测量出圆柱形封闭薄油桶内的最长直线距离?

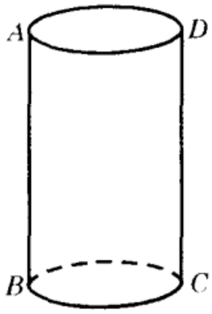


图 1-4

分析 桶内的最长直线距离即图 1-4 中 A、C 两点间连线或 B、D 两点间连线的长度.若测出了油桶的高 h 和直径 D,即可利用勾股定理求出.但题目要求不通过任何数学计算,所以必须采用特殊方法测量.

解 测量的具体步骤如下:

①用粉笔依桶底画一个圈;

②将桶平移到与所画圆相切;

③利用卷尺找出切点正上方桶缘上的点;

④用卷尺直接测出切点正上方桶缘上的点至所画圆周上的最大直线距离即为所求.

例 7 使用托盘天平测量物体的质量前,要对天平进行调

节.某同学调节大平时未将游码放在标尺左端的零刻度处,测量的结果将

A. 偏大　　B. 偏小

C. 正常　　D. 无法确定

分析　横梁平衡后,未称量时,读数应为零.但题述情况的结果不为零,为游码所对刻度值.故偏大.

解　A.

例8　有一空火柴盒如图1-5所示,试说明:怎样测出图中火柴盒的两相对顶点 AG 之间的距离?可供使用的器材有:刻度尺和不可伸长的细线.

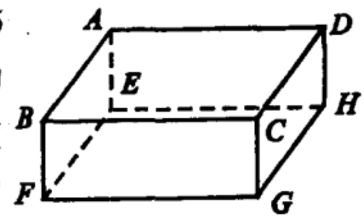


图1-5

分析　由于火柴盒内空间太小无法直接用刻度尺测量 A、G 两点间的距离,故可用替代法进行如下的测量.

解法一　用细线连接 A、G 两点,并在线上以颜色做记号记下 A、G 两点的位置,取出细线,再以刻度尺量出两记号之间的距离即为所求之长度.

分析　由于火柴盒为一长方体,所以四边形 $ABCD$ 和 $ACGE$ 均为长方形,则根据勾股定理有:

$$AC^2 = AB^2 + BC^2$$

$$AG^2 = AC^2 + CG^2 = AB^2 + BC^2 + CG^2$$

据此,可用间接测量的方法而得出 AG.

解法二　用刻度尺测出火柴盒的三条棱 AB、BC、CG 之长度,代入算式

$$AG=\sqrt{AB^2+BC^2+CG^2}$$

即可得出 AG 的长度.

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1. 用刻度尺测得某同学的身高为 1.680 m,则所用刻度尺的最小刻度是

A. dm　　B. cm

C. mm　　D. μm

2. 某同学用最小刻度是 1 mm 的刻度尺测量物体的长度,若用米作为单位记录数据,则测量结果的小数点后面应有几位数?

A. 1 位　　B. 2 位

C. 3 位　　D. 4 位

3. 某同学用最小刻度是 1 mm 的刻度尺先后四次测量同一圆柱体的长,各次测量的结果记录如下:$L_1=2.144\times10^2$mm, $L_2=2.140\times10^2$mm, $L_3=2.139\times10^2$mm, $L_4=2.147\times10^2$mm. 下列说法中正确的是

A. 四次测量中最准确的是 L_1

B. 四次测量的平均值是 $L=2.143\times10^2$mm

C. 四次测量的平均值是 $L=2.1425\times10^2$mm

D. 多次测量的平均值会更接近于真实值

4. 裁判员用秒表测量运动员跑 100 m 所用的时间.若裁判员在运动员已经跑了几步后才开始按表计时,运动员刚好到达终点时按表结束计时,则裁判员记录的时间与运动员跑完 100 m 实际用时间相比较

A. 偏大　　B. 偏小

C. 相等　　D. 无法比较

5. 用一架托盘天平测量物体的质量时,若所用的砝码中有一个已磨损,则测量结果与待测物体的实际质量相比较

A. 偏大　　B. 偏小

C. 相等　　D. 无法比较

6. 一架托盘天平的全部砝码为:10 g 一只,20 g 两只,50 g 一只,100 g 一只,200 g 一只. 现用它们测量物体的质量,已知待测物体的质量约为 275 g. 测量时,下列四种加减砝码的顺序最为合理的是("+"号表示在右盘中加入砝码,"-"号表示取去砝码)

A. +200 g+100 g-100 g+50 g+20 g+20 g-20 g+10 g-10 g+游码

B. +200 g+50 g+20 g+10 g-10 g+游码

C. +200 g+50 g+20 g+游码

D. +200 g+10 g+20 g+20 g+游码-游码-20 g-10 g+50 g+游码

7. 为测定一张邮票的质量,以下列举的方法中,有效可行的是

A. 用托盘天平直接测出一张邮票的质量

B. 用天平测出一张邮票和一块铁的共同质量,再单独测出该铁块的质量,两质量之差就是该邮票的质量

C. 用天平测出数量足够多的 n 张邮票的总质量,则此质量的$\frac{1}{n}$便是一张邮票的质量

D. 一张邮票的质量太小,无论如何也测不出来

8. 下列关于误差的说法中,正确的是

A. 认真细致地测量就可以避免误差

B. 误差是由于测量时未遵守操作规则而引起的

C. 误差就是实验中产生的错误

D. 选用精密仪器,改进实验方法,就可以减小误差

9. 给以下各测量结果填上合适的单位:

教室窗户高 2.10 ________;

头发丝的直径约 70 ________;

一位中学生的质量 40 ________;

一位中学生的 100 m 跑成绩是 13.6 ________.

10. 在调节托盘天平时,如果发现指针偏向零刻度线的左边,说明天平横梁的________侧下沉,________侧上翘,应使横梁右端的调节平衡螺母向______移动(填"左"或"右").

11. 有一把毫米刻度线间距离比标准刻度尺毫米刻度线间距离大些的刻度尺,用这把不标准的尺测量物体的长度,其测量结果比待测物体的真实长度大些还是小些?

12. 试分析下列因素对测量长度结果的影响:

①刻度尺的热胀;

②刻度尺的冷缩;

③刻度尺零刻线磨损;

④视线歪斜;

⑤钢刻度尺弯曲;

⑥皮尺拉伸过长.

13. 使用天平测量物体的质量,为什么要把物体放在天平的左盘内,砝码放在天平的右盘内?

14. 如图 1－6 所示的 A、B 两块木板是从同一块厚薄均匀、质地相同的木板上截下来的,其中 A 是正方形,B 的形状不规则.给你一架天平(有砝码)、一把刻度尺,你能测出 B 木板的面积吗?

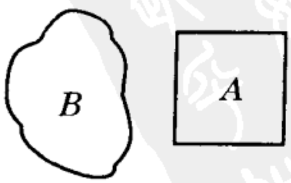


图 1－6

15. 在测量一个正方形的边长时,测得边长是 20.25 cm. 若此正方形边长的真实值是 20.00 cm,则测量边长的误差是________cm,计算出的面积的误差是____cm^2.

第二讲　直线运动　声现象

竞赛导入

（一）机械运动

一个物体相对于另一个物体的位置变化,叫做机械运动,简称运动.机械运动是宇宙中最普遍的现象.

在研究机械运动中,事先将假定不动的物体叫做参照物.参照物的选择是任意的.相对于不同的参照物体描述同一物体的运动,其结果是不同的.实际选取参照物时,往往要考虑研究问题的方便,使运动的描述尽可能简单.研究地面上物体的运动,一般取地球做参照物.

（二）匀速直线运动

物体在一条直线上运动,如果在任何相等的时间内,通过的路程都相等,这种运动叫做匀速直线运动.

做匀速直线运动的物体,其速度大小可用公式 $v=\frac{s}{t}$ 来计算,速度的单位是米/秒(m/s).

1 m/s = 3.6 km/h

我们可利用图像来描述匀速直线运动.

做匀速直线运动的物体,其速度的大小不随时间而变化,因此匀速直线运动的速度-时间图像(即用来反映运动物体的速度随时间而变化的关系的图像)是一条平行于时间轴的直线,如图 2-1 所示.

做匀速直线运动的物体通过的路程跟时间成正比,因此匀速直线运动的路程-时间图像(即用来反映运动物体通过的路程随

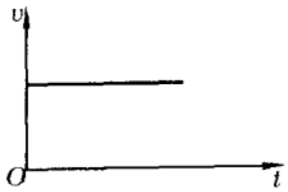


图 2－1

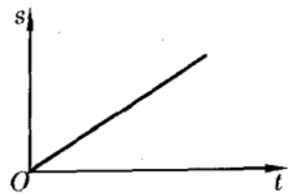


图 2－2

时间而变化的关系的图像)是一条通过原点的倾斜直线,如图 2－2 所示.

(三) 变速直线运动

物体在一条直线上运动,如果在任何相等的时间内,通过的路程不都相等,这种运动叫做变速直线运动.

为了粗略地描述做变速直线运动的物体的运动快慢,我们引入了平均速度的概念.如果运动物体在时间 t 内通过的总路程为 s,则在这段时间内的平均速度为

$$\bar{v}=\frac{s}{t}$$

平均速度是用来描述做变速直线运动的物体在某一段时间内或通过某一段路程运动快慢的物理量.同一物体做变速直线运动时,在不同的一段时间内(或通过不同的一段路程)的平均速度一般是不同的.例如,一物体自空中自由下落,第 1 s 内下落 5 m,第 2 s 内下落 15 m,第 3 s 内下落 25 m.则该物体在第 1 s 内的平均速度为 5 m/s,第 2 s 内的平均速度为 15 m/s,第 3 s 内的平均速度为 25 m/s,前 2 s 内的平均速度是 10 m/s,前 3 s 内的平均速度是 15 m/s.

值得注意的是:平均速度不是速度的算术平均值,不能用求算术平均值的办法来求平均速度(见点面突破的例 1).

(四) 有关相对运动的问题

如果甲物体静止不动,乙物体以速度 v 向东匀速运动,则以甲物体为参照物,乙物体以速度 v 向东匀速运动;以乙物体为参

照物,甲物体以速度 v 向西匀速运动.

如果甲物体以速度 v_1 向东匀速运动,乙物体以速度 v_2 向西匀速运动,则以甲物体为参照物,乙物体以速度 v_1+v_2 向西匀速运动;以乙物体为参照物,甲物体以速度 v_1+v_2 向东匀速运动.

如果甲物体以速度 v_1 向东匀速运动,乙物体以速度 v_2 向东匀速运运,$v_1>v_2$,则以甲物体为参照物,乙物体以速度 v_1-v_2 向西匀速运动;以乙物体为参照物,甲物体以速度 v_1-v_2 向东匀速运动.

在流水问题中,如果划行小船的速度为 v_1,水流速度为 v_2,则小船顺流而下时相对于岸的速度是 $v_{顺}=v_1+v_2$;小船逆流而上时相对于岸的速度是 $v_{逆}=v_1-v_2$.

在自动扶梯问题中,若自动扶梯向上运行的速度为 v_1,人在静止的扶梯上行走的速度为 v_2,则人沿扶梯上行时,对地速度 $v_{上}=v_1+v_2$;人沿扶梯下行时,对地速度 $v_{下}=v_1-v_2$.

(五) 声现象

1. 声音的发生和传播

声音是由于发声体的振动而发生的,振动停止,发声也停止.有声音必有发声体的振动,有物体的振动却不一定有声音.

声音靠介质(一切固体、液体、气体)由近及远地传播.真空不能传声.声音在固体、液体中比在空气中传播得快.

回声是声音遇到山崖、墙壁、高大建筑物等障碍物时被反射回来传入人耳的声音.人耳区分回声和原声的最短时间间隔是0.1s.利用回声可以测定海底的深度、冰山的距离、敌方潜水艇的远近.

2. 乐音的三要素

物体有规律地振动发出的声音叫乐音.乐音听起来和谐悦耳,乐器发出的声音都是乐音.

音调、响度、音色是乐音的三要素.音调由发声体的振动频率来决定,频率越大,音调越高;频率越小,音调越低.响度跟发声体

的振幅和观察者距离发声体的远近有关系.我们能分辨出不同的乐音和人的声音,是由于这些声音的音色不同.

3. 减小噪声的途径

①在声源处减弱.

②在传播过程中减弱.

③在耳朵处减弱.

解法点拨 JIEFA DIANBO

解答有关直线运动的问题时,首先必须明确研究对象,即这一问题中,讨论的是哪一个物体的运动,这个物体就是我们的研究对象,其次就是要明确研究的是在哪一个过程中此物体的运动,对于这个过程,应该明确在时间上它是自何时刻开始至何时刻结束,或者从空间上看它是由何位置开始至何位置结束.这样,即使是对于较为复杂的题,也能得出清晰的思路和解法,有时甚至还能得出较为简捷的解法.

例 1 某工厂每天早晨都派小车按时接总工程师上班.有一天,总工程师为了早些到厂,比平日提前 1 h 出发步行去厂.走了一段时间后,遇到来接他的小车才上车继续前进.进入工厂大门后,他发现只比平时早到 10 min.问总工程师在路上步行了多长时间才遇到来接他的汽车?设人和汽车都做匀速直线运动.

分析 本题中既没有告诉我们总工程师的家到工厂的距离,又没有告诉我们总工程师步行的速度和车速,要求步行的时间确实不容易.这就需要我们在设立未知量的情况下,灵活运用所学知识来解决问题.

解法一 设车速为 v m/min,工厂到总工程师住所的距离为 L m,则平日总工程师由家到厂所需时间

$$t = \frac{L}{v} \qquad ①$$

又设当天汽车由工厂出发走了距离 L_1 m 后遇到总工程师，总工程师步行的时间为 t_2 min，则汽车行驶 L_1 m 所花时间

$$t_1 = \frac{L_1}{v} \tag{2}$$

根据题意，有

$$t_1 + t_2 = \frac{L_1}{v} + t_2 = (t - 10) + 60 \tag{3}$$

①代入③，有

$$\frac{L_1}{v} + t_2 = \frac{L}{v} + 50 \tag{4}$$

即

$$t_2 = \frac{L}{v} - \frac{L_1}{v} + 50 \tag{5}$$

汽车少行驶了 $2(L - L_1)$ 的路程而提前 10 min 回厂，因此有

$$\frac{2(L - L_1)}{v} = 10$$

即

$$\frac{L - L_1}{v} = 5 \tag{6}$$

将⑥式代入⑤式，有

$$t_2 = \frac{L - L_1}{v} + 50 = 5 + 50 = 55(\text{min})$$

也就是说，总工程师在路上步行的时间是 55 min.

解法二 接总工程师的汽车较平时早回厂 10 min，即车比平时少行驶了 10 min，这 10 min 是由于汽车在途中接到总工程师立即返回工厂而未继续开到总工程师家再返回工厂所节约出来的时间. 可见，当车在途中遇到总工程师时若不立即返回工厂而是继续开往工程师家，则尚需 5 min（由此处至总工程师家往返时间则为 10 min），即此时刻后再过 5 min 就是平时小车到达总工程师家的时刻. 而这次总工程师比平时小车到达他家的时刻提早了 1 h 出发，故至车与总工程师在途中相遇的时刻，总工程师已步行了的时间为：

$t = 60\text{ min} - 5\text{ min} = 55\text{ min}$

本题描述的情景中,运动的对象有两个,即汽车和总工程师,而涉及的运动过程则有三个,即总工程师的步行、此次汽车的运动和平日汽车的运动.弄清楚了对象及其运动过程,分别对这三个过程列出方程,本题的答案也就容易得出了.

而如果能进一步对本题的三个过程进行综合和比较,找出其间的联系和差别,则可以少用一些方程而同样得出答案,以上的解法二就是这样做的.

解答有关物体运动的问题,还应该注意选用适当的参照物.通常情况下提及地面上物体的运动,都是以地面(或者是以相对于地面不动的物体)为参照物的,但某些情况下,也可以取相对于地面运动的物体作参照物使问题得到简化,例如讨论一位旅客在行驶的火车中的运动情况,可以取火车为参照物,也可以取地面为参照物,但这时取火车为参照物来讨论可能会更简单一些.

例 2 一只船运载木料逆水而行.经过某桥下时,一块木料不慎落入水中,经 30 min 后才发觉,立即回程追赶,在桥下游 5 km 处赶上木料.设小船顺流和逆流时的划行速度相同,求

(1) 小船回程追赶所需的时间;

(2) 水流速度.

分析 一般的解法是以地面为参照物.船逆流而上时,相对于岸的速度是$(v_{船}-v_{水})$;船顺流而下时,相对于岸的速度是$(v_{船}+v_{水})$.由于 $v_{船}$、$v_{水}$ 都未知,故解题过程繁冗.

如果以流水为参照物,解题过程将大大简化.

解法一 以岸为参照物求解.

(1) 设船的划行速度为 $v_{船}$,水流速度为 $v_{水}$,则木料落入水中后即以速度 $v_{水}$ 顺水向下游漂.设船向上游运动的时间(即题中的 30 min)为 t_1,船向下游运动的时间(即船回程追赶的时间)为 t_2,则在时间 t_1 内小船向上游前进的路程

$$s_1=(v_{船}-v_{水})t_1 \qquad ①$$

在时间(t_1+t_2)内木料向下游漂流的路程

$$s_2 = v_{水}(t_1 + t_2) \quad ②$$

在时间 t_2 内小船向下游行驶的路程

$$s_3 = (v_{船} + v_{水})t_2 \quad ③$$

依题意有

$$s_3 = s_2 + s_1 \quad ④$$

即 $(v_{船} + v_{水})t_2 = v_{水}(t_1 + t_2) + (v_{船} - v_{水})t_1$

$$= v_{水}t_2 + v_{船}t_1$$

$\therefore$ $$v_{船}(t_1 - t_2) = 0 \quad ⑤$$

$\because$ $$v_{船} \neq 0$$

$\therefore$ $$t_1 - t_2 = 0$$

即 $$t_2 = t_1 = 30\ \text{min} = 0.5\ \text{h}$$

(2) 由②式得水流速度

$$v_{水} = \frac{s_2}{t_1 + t_2} = \frac{5}{0.5 + 0.5} = 5(\text{km/h})$$

解法二 以河水为参照物求解.

(1) 取流水为参照物,则木料落水后保持静止状态,而小船顺流和逆流时的速度相等(都等于 $v_{船}$)! 因此小船回程追赶所需的时间与自木料落入水中到发觉的时间相等,即等于 0.5h.

(2) 从木料落入水中至小船追上木料共花时间

$$t = 0.5 + 0.5 = 1(\text{h})$$

在这段时间内木料顺水漂流了 5 km,故水流速度即木料漂流的速度

$$v_{水} = \frac{s}{t} = \frac{5}{1} = 5\ (\text{km/h})$$

比较以上的两种解法,我们可以看出,灵活地选用参照物对解题是能提供很大帮助的.

【点面突破】

例 1 一汽车沿平直公路往返于甲、乙两地.已知汽车从甲地到乙地的速度为 v_1,从乙地到甲地的速度为 v_2,则汽车在甲、乙两地之间往返一次的平均速度多大?

分析 计算物体运动的平均速度,必须用总路程除以总时间来求,而不能用求算术平均值的方法来求.物体运动的平均速度不一定等于$\frac{v_1+v_2}{2}$.

解 设甲、乙两地的距离为 s,汽车从甲地到乙地所花的时间为 t_1,从乙地到甲地所花的时间为 t_2,则

$$t_1=\frac{s}{v_1},t_2=\frac{s}{v_2}$$

汽车往返一次的平均速度

$$\bar{v}=\frac{s_{总}}{t_{总}}=\frac{2s}{t_1+t_2}=\frac{2s}{\frac{s}{v_1}+\frac{s}{v_2}}=\frac{2}{\frac{1}{v_1}+\frac{1}{v_2}}=\frac{2v_1v_2}{v_1+v_2}$$

例 2 一队解放军战士以 $v_1=5.4$ km/h 的速度匀速前进,队伍长 $L=1200$ m.行进途中,通讯员接到部队首长的命令后,骑马从队尾匀速赶到排头传达命令,并立即以原速度返回队尾,完成这项任务共花时间 5 min.求通讯员的速度 v_2.

解 设通讯员从队尾赶到排头所花时间为 t_1,从排头返回队尾所花时间为 t_2.由于通讯员从队尾赶到排头的过程中比队伍多走了 L 的路程,因此有

$$v_2t_1-v_1t_1=L \quad ①$$

即

$$t_1=\frac{L}{v_2-v_1} \quad ②$$

通讯员从排头返回队尾的过程中,他和队伍共走了 L 的路程,因此有

$$v_2t_2 + v_1t_2 = L \quad ③$$

即
$$t_2 = \frac{L}{v_2 + v_1} \quad ④$$

根据题意可知

$$t_1 + t_2 = 5\ \text{min} = 300\ s \quad ⑤$$

将②、④两式代入⑤式，有

$$\frac{L}{v_2 - v_1} + \frac{L}{v_2 + v_1} = 300 \quad ⑥$$

将 $v_1 = 5.4\ \text{km/h} = 1.5\ \text{m/s}$、$L = 1200\ \text{m}$ 代入⑥式，有

$$\frac{1200}{v_2 - 1.5} + \frac{1200}{v_2 + 1.5} = 300$$

解之得 $v_2 = -0.5\ \text{m/s}$(不合题意，舍去)或 $v_2 = 4.5\ \text{m/s}$.

故通讯员的速度为 4.5 m/s.

例 3 A、B 两地相距 $s = 100\ \text{km}$，甲、乙两人分别从两地骑自行车同时出发，相向而行，行驶的速度都是 $v_1 = 20\ \text{km/h}$，假如有一只苍蝇来回飞行于甲、乙之间，飞行的速度是 $v_2 = 30\ \text{km/h}$，问在从甲、乙两人出发至他们相遇的这段时间内，苍蝇共飞了多少路程?

分析 解此题时，如果要一步一步地计算苍蝇来回飞行的路程，那就必然使你陷入迷宫. 其实，本题的核心是：苍蝇飞行的时间就等于甲、乙两人出发至他们相遇的时间. 只要求出了上述时间 t，利用公式 $s_2 = v_2t$ 就可求出苍蝇总共飞行的路程 s_2.

解 设从出发到相遇，甲、乙两人骑车行驶的时间为 t，则在时间 t 内，甲、乙两人骑车行驶的路程之和就等于 A、B 两地的距离. 即

$$v_1t + v_1t = s \quad ①$$

甲、乙两人从出发到相遇的时间

$$t = \frac{s}{2v_1} = \frac{100}{2 \times 20} = 2.5(\text{h}) \quad ②$$

苍蝇在时间 t 内飞行的路程

$$s_2 = v_2 t = 30 \times 2.5 = 75(\mathrm{km})$$

例 4 队伍长 120 m，通讯员从队尾赶到排头再返回到队尾，这时队伍前进了 288 m，如果队伍和通讯员都做匀速直线运动，则通讯员在这段时间内共走了多远？

解 设通讯员的速度为 v_1，走的路程为 s，队伍的速度为 v_2. 由于通讯员所走 s 的路程与队伍前进 288 m 所花的时间相等，因此有

$$\frac{s}{v_1} = \frac{288}{v_2} \tag{①}$$

队伍前进 288 m 的时间等于通讯员从队尾赶到排头所花的时间加上通讯员从排头返回队尾所花的时间，即

$$\frac{288}{v_2} = \frac{120}{v_1 - v_2} + \frac{120}{v_1 + v_2} \tag{②}$$

本题有三个未知数：v_1、v_2 和 s，但只能列出上述两个方程，从数学上看好像无法得出确切解. 但若将①、②两式变形，得出方程

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{s}{288} \tag{③}$$

$$288\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 - 240\left(\frac{v_1}{v_2}\right) - 288 = 0 \tag{④}$$

并将$\frac{v_1}{v_2}$看作一个未知数，即可解出

$$\frac{v_1}{v_2} = 1.5$$

$$s = 432 \text{ m}$$

即通讯员在这段时间内通过的路程是 432 m.

例 5 船在静水中往返于甲、乙两码头一次的时间为 t；在水流速度为 u 的河流中往返相同的距离所需时间为 t'. 设船的划

行速度 v 大小不变，船的行驶方向与水流方向在同一直线上，则 t 和 t' 哪个大？

解法一 设甲、乙两码头的距离为 s，则船在静水中往返一次需时间

$$t = \frac{2s}{v}$$

船在流水中往返一次需时间

$$t' = \frac{s}{v+u} + \frac{s}{v-u} = \frac{s(v-u)}{v^2-u^2} + \frac{s(v+u)}{v^2-u^2}$$

$$= \frac{2sv}{v^2-u^2} = \frac{2s}{v - \frac{u^2}{v}}$$

$$\therefore \qquad t' > t$$

解法二 用假想极限法.

设水流速度恰好等于船速 v，可知船逆水行驶时相对岸的速度为0，逆水行驶的时间将是无限长！所以，船在流水中往返一次的时间 t' 一定比在静水中往返一次的时间长，即 $t'>t$.

例 6 图2－3所示为汽车沿直线运动时的路程-时间图像.图中 s 轴表示汽车离开出发点的路程.请根据此图分析汽车的运动情况，并画出描述汽车在这段时间内运动的速度-时间图像.

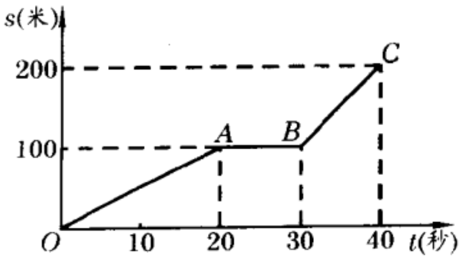


图2－3

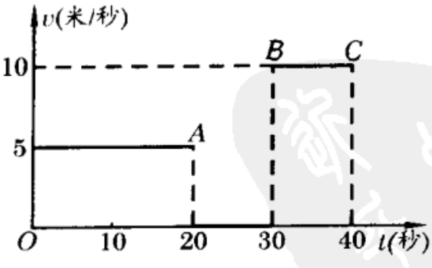


图2－4

解 OA 段：表示汽车做匀速直线运动.

在 $t_1=20$ s 内，汽车通过的路程为 $s_1=100$ m，其速度大小为

$$v_1=\frac{s_1}{t_1}=\frac{100}{20}=5(\text{m/s})$$

AB 段：表示汽车静止在离出发点 100 m 处.

在这 10 s 内，汽车的速度 $v_2=0$.

BC 段：表示汽车做匀速直线运动.

这段时间 $t_3=40-30=10\text{s}$，在这段时间内汽车通过的路程 $s_3=200-100=100(\text{m})$. 汽车运动的速度是

$$v_3=\frac{s_3}{t_3}=\frac{100}{10}=10(\text{m/s})$$

汽车在整个 40 s 内的速度－时间图像如图 2－4 所示.

例 7 如图 2－5 所示，一人站在距平直公路 $h=50$ m 远处的 B 点，公路上有一辆汽车以 $v_1=10$ m/s 的速度行驶，当汽车与此人相距 $L=200$ m 时，人以 $v_2=3$ m/s 的速度向公路奔跑. 为了使人跑到公路上时，能与车相遇或赶在车前面，问此人应朝什么方向跑？

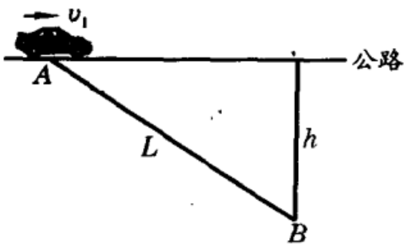


图 2－5

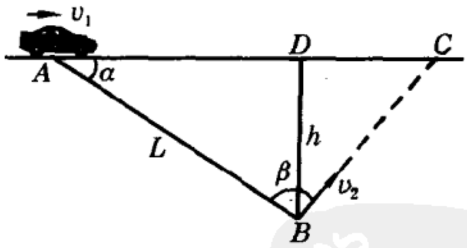


图 2－6

解 设人沿 BC 方向奔跑，如图 2－6 所示. 并设车从 A 点驶到 C 点需时间 t_1，人从 B 点跑到 C 点需时间 t_2，$\angle CAB=\alpha$，$\angle ABC=\beta$，则根据正弦定理，有

$$\frac{v_1t_1}{\sin\beta}=\frac{v_2t_2}{\sin\alpha} \quad ①$$

$$\therefore \qquad \sin\beta = \frac{v_1 t_1}{v_2 t_2}\sin\alpha = \frac{v_1 t_1}{v_2 t_2}\cdot\frac{h}{L} = \frac{h v_1}{L v_2}\cdot\frac{t_1}{t_2} \qquad ②$$

欲使人与车在 C 点相遇,则

$$t_1 = t_2 \qquad ③$$

欲使人赶到车的前面,则

$$t_1 > t_2 \qquad ④$$

将③、④两式代入②式,则有

$$\sin\beta \geqslant \frac{h v_1}{L v_2} = \frac{50\times 10}{200\times 3} = \frac{5}{6} \qquad ⑤$$

查表得:$56.5° \leqslant \beta \leqslant 123.5°$.

也就是说,人跑动的方向应在与人、车连线成 56.5°至 123.5°角之间.

例 8 高为 h 的人在路灯下朝远离路灯的方向以速度 v 匀速行走,灯距地面 H 高,试求人影顶端在地面上移动的速度.

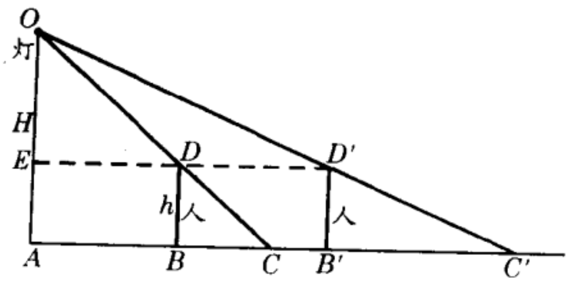


图 2－7

解 设人影顶端在地面上移动的速度为 u,则在时间 t 内,人由 BD 处到 $B'D'$ 处行走的路程为 vt,人影顶端由 C 处到 C' 处通过的路程为 ut,如图 2－7 所示.

$$\because \qquad \triangle OAC \backsim \triangle OED$$

$$\therefore \qquad \frac{OD}{OC} = \frac{OE}{OA} = \frac{H-h}{H} \qquad ①$$

$$又 \qquad \triangle ODD' \backsim \triangle OCC'$$

$$\therefore \qquad \frac{OD}{OC}=\frac{DD'}{CC'}=\frac{BB'}{CC'}=\frac{vt}{ut}=\frac{v}{u} \qquad ②$$

将①、②两式联立，有

$$\frac{v}{u}=\frac{H-h}{H}$$

∴　人影顶端在地面上移动的速度

$$u=\frac{H}{H-h}v$$

小结　从上述几个例题的解法中，我们可以看到数学方法不仅仅是解方程，而且在解决物理问题时也至关重要. 对我们分析问题、解决问题有很大的帮助. 可以说，我们所学的数学知识，在解决物理问题时都能用到.

例 9　在一静水湖的南北两岸，有两只船同时相向开出，各以其速度垂直于湖岸匀速驶向对岸. 两船在离北岸 800 m 处迎面相会，相会后继续驶向对岸. 靠岸后立即返航，两船又在离南岸 600 m 处迎面相会. 若不计两船靠岸的时间，求湖宽.

解法一　设湖宽为 s，从北岸出发的船行驶速度为 v_1，从南岸出发的船行驶速度为 v_2. 依题意可知，从出发到第一次迎面相会，从北岸出发的船通过的路程是 800 m，从南岸出发的船通过的路程是 $(s-800)$ m，两船行驶的时间相等，因此有

$$\frac{800}{v_1}=\frac{s-800}{v_2} \qquad ①$$

从出发到第二次相会，从北岸出发的船通过的路程是 $(s+600)$m，从南岸出发的船通过的路程是 $(2s-600)$m，两船行驶的时间相等，因此有

$$\frac{s+600}{v_1}=\frac{2s-600}{v_2} \qquad ②$$

联立①、②两式，将 $\frac{v_1}{v_2}$ 看作一个未知数，解之可得

$$s=1800(\mathrm{m})$$

即湖宽为 1800 m.

解法二 设湖宽为 s. 依题意可知,从出发到第一次迎面相会,从北岸出发的船通过的路程是 800 m,两船通过的路程之和是 s;从出发到第二次迎面相会,从北岸出发的船通过的路程是 $(s+600)$ m,两船通过的路程之和是 $3s$,因此有

$$\frac{s+600}{800}=\frac{3s}{s}=3$$

即 $$s+600=2400$$

∴ $$s=1800(\mathrm{m})$$

即湖宽为 1800 m.

例 10 一湖的南北两岸各有一码头 A 和 B,有甲、乙两船分别于 A、B 间往返穿梭匀速航行,且船每到一码头立即返航(不计船在码头的停靠时间). 某刻,甲船和乙船刚好同时分别自 A 和 B 出发. 此后,两船第一次相遇点距 A 300 m,第二次相遇点距 B 200 m,求湖宽是多少? 自第一次相遇后,甲船至少还要航行多少航程,这两船才会在第一次相遇的位置同样地相遇?

分析 两船的两次相遇有几种可能的情况,这可以从图 2-8 所示的两船的位置-时间图像上看出:其中图线 4 表示乙船的位置-时间图线;图线 1 表示甲船的速度比乙船的速度大很多时甲船的位置-时间图线,此时两船的两次相遇都是在乙船尚未第 1 次到达南岸时(两船的相遇点在图上以"·"表示);图线 2 表示两船速度大小相差不多时甲船的位置-时间图线,此时两船分别第一次达到对岸后又返航才发生第二次相遇(相遇点在图中以"。"表示);图线 3 表示甲船速度比乙船速度小很多时甲船的位置-时间图线,此时两船的两次相遇都是在甲船尚未第一次到达北岸时(相遇点在图中以"+"表示). 对于本题,应根据上述三种情况分别列式求解.

设甲、乙两船各自在湖中往返一次的时间分别为 $T_甲$ 和 $T_乙$,

则两船第一次相遇后，经历时间

$$t = nT_{甲} \qquad (n=1,2,\cdots).$$

时，甲船将和第一次"同样地"出现在两船第一次相遇的位置. 经历时间

$$t' = nT_{乙} \qquad (n=1,2,\cdots)$$

时，乙船将和第一次"同样地"出现在两船第一次相遇的位置. 显然，若 $t = t'$ 时，则甲船和乙船便和第一次"同样地"相遇了. 而连续两次这样相遇中间的时间间隔应为 $T_{甲}$ 和 $T_{乙}$ 的最小公倍数 T.

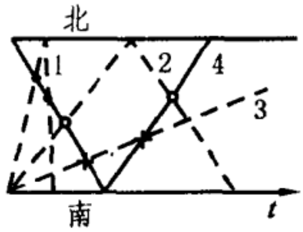


图 2－8

解 设湖宽为 x，以 a 表示两船第一次相遇时与南岸的距离，b 表示两船第二次相遇时与北岸的距离，以 $v_{甲}$ 和 $v_{乙}$ 分别表示甲、乙两船的航速. 考虑到两船的航速各自恒定，故自其出发至第一次相遇两船航程之比与自其出发至第二次相遇两船航程之比应该相等. 据此，可对上述的三种可能情况分别解答如下：

(1) 对于图线 1 所示的情况应有

$$\frac{a}{x-a} = \frac{x+b}{b}$$

以 $a = 300$ m，$b = 200$ m 代入上式并整理得

$$x^2 - 100x - 120000 = 0$$

解之得 （舍去负根 $x = -300$ m）

$$x = 400 \text{ m}$$

$$\therefore \qquad \frac{v_{甲}}{v_{乙}} = \frac{a}{x-a} = \frac{300}{400-300} = \frac{3}{1}$$

则 $$\frac{T_{甲}}{T_{乙}} = \frac{v_{乙}}{v_{甲}} = \frac{1}{3}$$

可见，$T_{甲}$、$T_{乙}$ 的最小公倍数即为 $3T_{甲}$，则两船第一次相遇后，甲船需再航行

$$s_1 = 400 \times 2 \times 3 \text{ m} = 2400 \text{ m}$$

两船又和第一次"同样地"相遇.

(2) 对于图线 2 所示的情况应有

$$\frac{a}{x-a}=\frac{x+b}{2x-b}$$

将 a、b 之值代入并整理得

$$x^2-700x=0$$

$\therefore$ $$x=700\ \text{m}$$

$\therefore$ $$\frac{v_{甲}}{v_{乙}}=\frac{a}{x-a}=\frac{300}{700-300}=\frac{3}{4}$$

$$\frac{T_{甲}}{T_{乙}}=\frac{v_{乙}}{v_{甲}}=\frac{4}{3}$$

可见，$T_{甲}$、$T_{乙}$ 的最小公倍数为 $3T_{甲}$，则两船第一次相遇后，甲船需再航行

$$s_2=700\times2\times3\ \text{m}=4200\ \text{m}$$

两船又和第一次“同样地”相遇.

(3) 对于图线 3 所示的情况应有

$$\frac{a}{x-a}=\frac{x-b}{2x-b}$$

以 a、b 之值代入上式并整理得

$$x^2-1100x+120000=0$$

解之得上方程的两根为

$$x_1=(550+50\sqrt{73})\text{m}\approx977\ \text{m}$$

$$x_2=(550-50\sqrt{73})\text{m}\approx123\ \text{m}$$

依题述数据，湖宽至少应超过 300 m，则上述的根 x_2 与实际不符，应取湖宽为

$$x=977\ \text{m}$$

$\therefore$ $$\frac{v_{甲}}{v_{乙}}=\frac{a}{x-a}$$

$$=\frac{300}{(550+50\sqrt{73})-300}=\frac{6}{5+\sqrt{73}}$$

$$\frac{T_{甲}}{T_{乙}}=\frac{v_{乙}}{v_{甲}}=\frac{5+\sqrt{73}}{6}$$

由于 $T_甲$ 与 $T_乙$ 的比值为无理数,故两者间无最小公倍数,即在这种情况下,两船不可能再有和第一次"同样地"相遇的情况发生了.

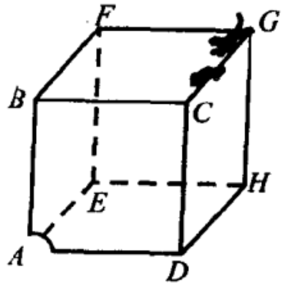


图 2-9

例 11 一位电脑动画爱好者设计了一个"猫捉老鼠"的动画游戏,如图 2-9 所示.在一个边长为 a 的大立方体木箱的一个顶角 G 上,老鼠从猫的爪间逃出,选择了一条最短的路程,沿着木箱的棱边奔向洞口,洞口处在方木箱的另一顶角 A 处.若老鼠奔跑中保持速度大小 v 不变,并不重复跑过任何一条棱边及不再回到 G 点,聪明的猫也选择了一条最短的路线奔向洞口(设猫和老鼠同时从 G 点出发).则猫奔跑的速度为多大时,猫恰好在洞口再次捉到老鼠?

分析 依题述,老鼠只可能是先后沿此立方体的三条棱逃跑而到达 A 处(如沿棱 GC、CD、DA 逃跑),则老鼠逃跑通过的路程为 $3a$.

而猫选择的则是由 G 至 A 的最短路程,这一最短路程则不是沿立方体的棱奔跑而是在立方体的表面上奔跑.比如,猫可先在平面 $BCGF$ 上奔跑,然后在平面 $ABCD$ 上奔跑而到达 A.为确定这一方案下猫运动的最短路程,可以假设将立方体的外表面展开,使平面 $ABCD$ 和平面 $BCGF$ 两者位于同一平面内,如图 2-10 所示,显然,猫通过的最短跑程为直线 GA.这一路程的长度为

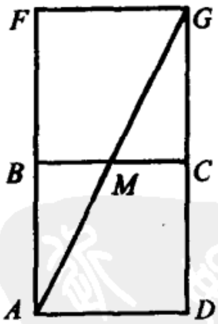


图 2-10

$$GA=\sqrt{GD^2+AD^2}$$
$$=\sqrt{(2a)^2+a^2}=\sqrt{5}a$$

以上是猫先后通过平面 $BCGF$ 和平面 $ABCD$ 由 G 至 A 的最短路程.可以看到,猫还可以选择沿别的平面由 G 到达 A,而同上的分析仍可得到其最短路程长度仍然是 $\sqrt{5}a$.

解 设猫的奔跑速度大小为 v',则猫由 G 点沿最短路程跑至 A 点所用的时间为

$$t'=\frac{\sqrt{5}a}{v'}$$

而老鼠由 G 至 A 所用的时间为

$$t=\frac{3a}{v}$$

显然,若 $t'=t$,则猫刚好在洞口 A 再次抓到老鼠,即

$$\frac{\sqrt{5}a}{v'}=\frac{3a}{v}$$

故得所求猫的速度大小应为

$$v'=\frac{\sqrt{5}}{3}v$$

讨论 作为一个思考的问题,请读者考虑一下:猫自 G 点至 A 点,可以选择的最短路程共有几条?(答案:6 条)

例 12 一架喷气式飞机在离地面 3000 m 的高空以 680 m/s 的速度水平飞行,某刻,它飞过地面上一人的正上方,问此后还要经历多久,此人才能听到飞机的轰鸣声?已知声音在空气中的传播速度是340 m/s.

分析 由于飞机的飞行速度大于声音在空气中传播的速度,故在飞机飞过后,其轰鸣声不可能传到飞机的前面,而只能传到飞机的后方及其两侧的一定范围之内.下面我们先来确定这一范围.

如图 2-11,设飞机在沿直线飞行时,某刻位于 A_1 点,历时 t 而飞到了 A_n 点,当它到达 A_n 点时,它原来在 A_1 点所发出的声音已传播到以 A_1 为圆心,以 $R_1=v_{声}t$ 为半径的圆(在空间则是一

球)的范围之内.同理,飞机经过 A_2、A_3…诸点时所发出的声音则对应地传到了图中各对应圆范围之内.可见此时在空中有声音传播到的范围是图中的 $\angle MA_nN$(在空间则为以 A_1A_n 为轴旋转的锥形)区域之内,而 A_nM 和 A_nN 则是声音传到的区域和尚未传到的区域的分界线,显然,它是图中那些圆的公切线,以 α 表示图中的 $\angle A_1A_nN$,则有

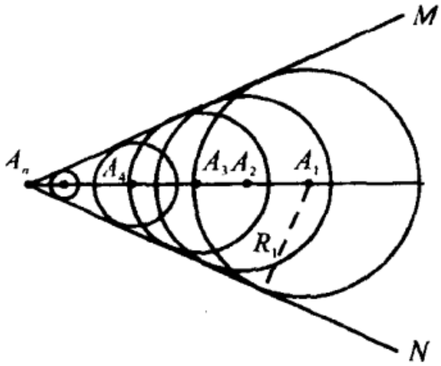


图 2-11

$$\sin\alpha=\frac{R_1}{A_1A_n}=\frac{v_{声}t}{v_{飞}t}=\frac{v_{声}}{v_{飞}}$$

上式中 $v_{声}$ 和 $v_{飞}$ 分别表示声音在空气中的传播速度和飞机的速度.

解　如图 2-12,设 CA 为飞机的水平航线,人位于地面上的 B 位置,当飞机飞到 A 处时,其声音才传到人耳中,则由前分析有

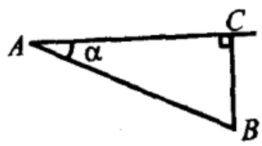


图 2-12

$$\sin\alpha=\frac{v_{声}}{v_{飞}}=\frac{340}{680}=\frac{1}{2}$$

$\therefore\qquad \alpha=30^\circ$

$\therefore\qquad AC=BC\cot\alpha=\sqrt{3}BC=3000\sqrt{3}\text{ m}$

则飞机由 C 飞至 A 所用的时间为

$$t=\frac{AC}{v_{飞}}=\frac{3000\sqrt{3}}{680}\text{s}=7.6\text{ s}$$

即飞机飞过人的正上方 7.6 s 后，人才能听到飞机的声音.

(讨论) 请思考：人最初听到的声音，是不是飞机在人的正上方时发出的声音？（答案：不是，是飞机在此位置之前离 C 点距离为 1732 m 处时所发出的声音）

例 13 在不调节收音机的音量调节旋钮的情况下，把收音机从室内拿到室外，为什么听到的声音会小些？

解 这是因为在室内和在室外，声音在传播过程中的情况不同.

在室外，收音机发出的声音只有很小一部分到达人耳中，大部分都向四周传开了.

而在室内，收音机发出的声音也只有很小一部分到达人耳中，大部分传向四面八方. 但是传向四面八方的声音遇到墙壁、家具等物体就会被反射回来，重新进入人的耳朵. 房屋的空间有限，在这么短的距离内，人耳是无法区别回声和原声的（回声与原声相隔 0.1 s 人耳才能分辨），于是回声就和收音机直接发出的声音混在一起了. 事实上，这种反射可以多次进行，人在室内听到的声音是收音机发出的声音及其上百次反射而形成的回声的总和，所以听起来就比室外响得多了.

例 14 在汽车行驶的正前方有一座高山，汽车以 $v_1 = 43.2$ km/h 的速度行驶. 汽车鸣笛 $t = 2$ s 后，司机听到回声. 问：若声音在空气中的传播速度 $v_2 = 340$ m/s，则司机听到回声时，汽车距山多远？

分析 图 2－13 中，A 为汽车鸣笛的位置，O 为高山的位置，B 为汽车司机听到回声的位置. 汽车在 A 处鸣笛后仍继续前进，到 B 处声音正好

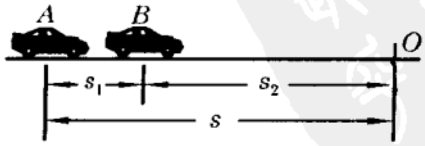


图 2－13

反射回来.

解 汽车行驶速度

$$v_1 = 43.2\ \text{km/h} = 12\ \text{m/s}$$

设汽车鸣笛时距高山 s，司机听到回声时汽车距高山 s_2，则在这 2 s 内汽车行驶的路程

$$s_1 = v_1 t = 12 \times 2 = 24(\text{m})$$

声音传播的距离

$$s + s_2 = 2s_2 + s_1 = 2s_2 + 24(\text{m})$$
$$= v_2 t = 340 \times 2 = 680(\text{m})$$

所以司机听到回声时，汽车与高山相距

$$s_2 = \frac{680 - 24}{2} = 328(\text{m})$$

例 15 不少同学都有“单放机”和立体声耳机，在课余时间听一听音乐，大有身临其境的感觉，请说明一下立体声是怎么一回事？

分析 在空间某一点的声源发出声音后，传到人的两只耳朵内，都能引起听觉，由于声源到两耳的距离不等，致使转到两耳的声音强弱和时间先后都有差别.比如，位于人的左侧的声源发出的声音，在时间上就会先到达左耳而后到达右耳，在声音强弱上就会是左耳感受的比较强，这就是“双耳效应”.由于有双耳效应，所以人们根据自己的听觉便能判断出声源的一些特征，如声源的空间位置、声源的发出声音的强弱等等.

解 在音乐厅里我们欣赏交响乐时，由于有双耳效应，就能判别出各种乐器在舞台上的不同位置，就有“立体感”.这时所听到的交响乐，就属立体声.“单放机”放音时使用的是立体声录音带，这种录音带在录制时，用了两个以上的传声器录音，从左右两具不同位置把声源发出的声音分别记录在同一磁带上，即常见的双声道录音，放音时，又相应的用了两个以上的喇叭或耳机听筒，分别放

出左、右两个声道录下来的声音,这样使人获得的对声音的感受,就如同在录音现场时双耳对声音的感受一样,如同身临其境一般.

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1. 火车站的自动扶梯用 1 min 可将一个站在扶梯上的人送上去.若自动扶梯不动,人沿梯走上去要 3 min.若此人沿运动的扶梯走上去,则需时间

A. 1 min　　B. 2 min

C. 0.75 min　　D. 0.67 min

2. 甲、乙两船相距 50 km 同时起航,且保持船速不变.若两船同时在逆水中航行,甲船航行 100 km,恰赶上乙船;若两船都在顺水中航行,则甲船赶上乙船需航行

A. 50 km 的路程

B. 100 km 的路程

C. 大于 50 km 而小于 100 km 的路程

D. 大于 100 km 的路程

3. 河中有甲、乙两只船,甲在河中某漂浮物上游 200 m 处,乙在该漂浮物下游 200 m 处.若两船同时以相同的划行速度去打捞.则

A. 甲船先赶到　　B. 乙船先赶到

C. 两船同时赶到　　D. 无法判断谁先到

4. 甲、乙二人同时从同一地点 A 出发沿直线同向到达地点 B.甲在前一半时间和后一半时间内的运动速度分别是 v_1 和 v_2 $(v_1 \neq v_2)$;乙在前一半路程和后一半路程内的运动速度分别是 v_1 和 v_2.则

A. 甲先到达 B 点

B. 乙先到达 B 点

C. 两人同时到达 B 点

D. 不知 v_1、v_2 哪个大，故无法判断谁先到达 B 点

5. 图 2－14 中表示同一运动规律的是

A. a 和 c　　　B. a 和 d

C. b 和 c　　　D. b 和 d

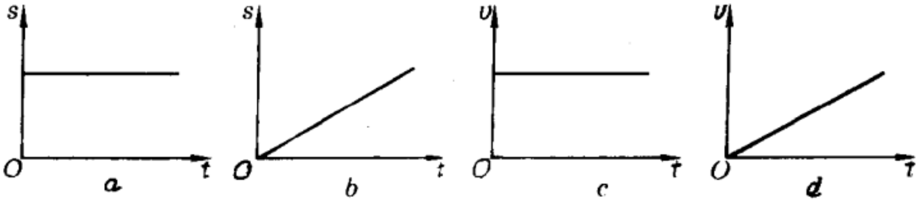


图 2－14

6. 在雷雨来临之前，电光一闪即逝，但雷声却隆隆不断，这是由于

A. 雷一个接一个打个不停

B. 双耳效应

C. 雷声经过地面、山岳和云层多次反射

D. 电光的速度比雷声传播的速度大

7. 甲同学说话时，声带在 3 s 内振动 900 次；乙同学说话时，声带 5 s 内振动 1470 次．则这两位同学的音调相比较

A. 甲的高些　　　B. 乙的高些

C. 相同　　　D. 无法比较

8. A、B、C 三地在同一直线上，B 地在 A、C 两地之间．A、B 两地的距离是 B、C 两地距离的 3 倍．某人由 A 出发沿公路向 C 运动，他在 AB 段的平均速度为 $v_1=2$ m/s，在 BC 段的平均速度为 $v_2=1$ m/s. 那么，他在整个过程中的平均速度为 $\overline{v}=$______ m/s

9. 在纵贯南北的水平公路上，甲、乙两辆汽车都在做匀速直线运动，向北方的城市前进. 它们的速度分别是：$v_甲=18$ m/s，$v_乙=54$ km/h，如以甲车为参照物，乙车的运动方向是向________

的，速度大小是________m/s.

10. 火车钢轨每根长 12.5 m，车轮滚到钢轨接头处要发出一次撞出声. 如果车内一乘客从某一次撞击声起计时并将这一次撞击声记为第 1 声，数到第 50 声时共需时间 25 s，则火车的平均速度为____________.

11. 定点于地球赤道上空用于传输电视、通讯信号的卫星通常称为同步通讯卫星，所谓同步卫星是相对于________________________而言的.

12. 把一个闹钟放在一个抽成真空的密闭玻璃柜中，能看见闹钟的振锤在打铃，但却听不到声音. 这个现象说明了________________________.

13. 船往返于甲、乙两码头，已知此二码头在河的同一岸，河水流速为 v_1，船在静水中的速度是 v_2，求船在甲、乙间往返一次的平均速度多大?

14. 有艘汽艇，顺着河流从甲地到乙地，要行驶 3 h，逆水返回要行驶 6 h. 如果汽艇不用发动机，顺水从甲地漂到乙地，需多少时间?

15. 甲、乙两列火车，甲车的速度是 54 km/h，乙车的速度是 10 m/s. 若两车同向行驶时错车时间比相向行驶时错车时间多 40 s，甲车长 $L_{甲}=100$ m，求乙车的长度.

16. 第一次测定声音在水中的传播速度是 1827 年在日内瓦湖上进行的：两只船相距 14 km，在一只船上的实验员向水中放入一口钟，当他敲钟的同时，船上的火药同时发光. 在另一只船上，实验员向水里放一个听音器，当他看到火药发光后 10 s 听到了水下的声音. 请你根据上述数据，计算一下这次实验测得的声音在水中传播的速度大小.

17. 甲乘火车从 A 地到 B 地去，当离开 A 地 55 km 时，遇到一辆往 B 地去的马车. 火车到达 B 地时，马车还离 B 地36 km. 已

知马车行驶 5 km 的时间为火车行驶全程所需时间的$\frac{1}{4}$,求 A、B 两地间的距离.

18. 长沙与株洲间的公共汽车运行时间为 2 h. 两站均每隔 20 min 发出一辆车开往对方,若汽车的运动可看作匀速运动,问:从长沙开往株洲的一辆公共汽车,沿途可遇到几辆从株洲开往长沙的公共汽车?

19. 火车从甲站到乙站的正常行驶速度是 60 km/h. 有一次火车从甲站开出,由于迟开了 5 min,司机把速度提高到 72 km/h,才刚好正点到达乙站. 求甲、乙两站的距离和火车从甲站到乙站正常行驶的时间.

20. 如图 2－15 所示,A 船从港口 P 出发去拦截正以速度 v_0 沿直线航行的船 B,P 与 B 所在航线的垂直距离为 a,A 船启航时,B 船与 P 的距离为 $b(b>a)$,若忽略 A 启动的时间,认为它一启航就匀速运动,求 A 船能拦到 B 船所需的最小速度 $v_{\min}$.

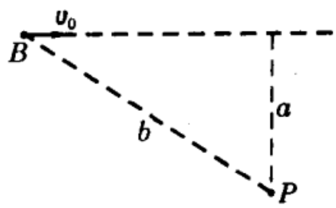


图 2－15

21. 在第二次世界大战中,在苏联的卫国战争中,曾发生一个故事,在一列以 15 m/s 的速度驶向战争前线的列车上,有一节宽 2.4 m 的车厢,被垂直于车厢移动方向上飞来的枪弹击穿,位于车厢两壁上的弹孔,彼此间相对位移量为 6 cm,试问枪弹的速度是多大?

22. 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,也就是说,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 为一恒量,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. 假说大爆

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.

(1) 由上述理论和天文观测结果,可估算出宇宙年龄 T,请写出估算宇宙年龄 T 的表达式;

(2) 根据近期观测,哈勃常数 $H=3\times10^{-2}$m/秒·光年,其中光年是光在一年中行进的距离．试据此估算宇宙年龄约为多少年?

第三讲 密度 力和运动

竞赛导入

（一）密度

1．密度的概念

密度表示在体积相等的情况下，不同物质的质量不同的这一性质．

密度是物质的一种特征．密度的大小由物质本身的性质决定，与物体的形状、体积、质量无关．

对于不同的物质，若体积相同，则密度大的质量大；若质量相同，则密度大的体积小．

一般来说，物体是热胀冷缩的．因此，一般物质在温度升高时密度变小，在温度降低时密度变大．

气体的密度还与压强有关．压强越大，气体的密度越大；压强越小，气体的密度越小．

2．密度的单位

在国际单位制中，密度的单位是 kg/m^3．常用的密度单位还有：kg/dm^3，g/cm^3．

3．密度的测量

直接测量：用密度计测液体的密度．

间接测量：根据 $\rho=\frac{m}{V}$，通过测量物体的质量 m、体积 V，计算出物质的密度 ρ；根据压强的知识，利用公式 $p=\rho gh$ 来测量；根据浮力的知识来测量等．

4. 密度知识的应用

我们可以根据密度来鉴别物质、选用合适的材料、判断土壤肥力的高低(土壤中含的有机物越多,其密度越小,肥力越大)、间接测量物体的质量或体积、测算物体中所含各种物质的成分、判定物体是实心的还是空心的.

(二) 力

1. 力的概念

力是物体对物体的作用.离开了物体,就不会有力的作用.当物体间发生力的作用时,一定既有施力物体,又有受力物体.

力的作用是相互的.两个物体间的相互作用力大小相等、方向相反,作用在一条直线上.

力的作用效果有两个:一是可以使物体发生形变;二是可以改变物体的运动状态.

力的大小、方向和作用点叫做力的三要素.用一条带箭头的线段表示力的三要素的方法叫做力的图示.两个力只有在大小相等、方向相同时才能说是相等的.

在国际单位制中,力的单位是牛.

力的大小可以用测力计测量.常用的测力计是弹簧秤.

2. 力学中常见的几种力

如果根据力的效果来命名,力可分为拉力、推力、压力、支持力、动力、阻力等;如果根据力的性质来命名,在力学中的力可分为重力、弹力和摩擦力.

(1) 重力

由于地球的吸引而使物体受到的力叫做重力.地面附近的一切物体都受到重力.重力的方向总是竖直向下的.物体所受重力的大小与物体的质量成正比,即

$$G = mg$$

其中 $g = 9.8\ \mathrm{N/kg}$.

物体所受重力的作用点叫做物体的重心.重心的位置不一定

在物体上.形状规则、质量分布均匀的物体的重心在其几何中心,形状不规则的物体的重心可用悬挂法(或支撑法)测出.

(2) 弹力

发生形变的物体,由于要恢复原状,对跟它接触的物体会产生力的作用,这种力叫做弹力(推力、拉力、压力、支持力都是弹力).

弹力产生于直接接触、且发生弹性形变的两物体之间.弹力作用在使之发生弹性形变的物体上,方向垂直于接触面或沿绳(或弹簧)方向.

弹簧的弹力大小 F 跟弹簧的伸长(或缩短)的长度成正比,即

$$F = kx$$

式中 k 叫做弹簧的劲度系数,其大小决定于弹簧本身.k 的单位是 N/m.这就是胡克定律.

(3) 摩擦力

滑动物体受到的摩擦力叫做滑动摩擦力.滑动摩擦力的方向与物体相对运动的方向相反.滑动摩擦力作用的效果总是阻碍物体的相对滑动.两个物体之间的滑动摩擦力大小跟这两个物体间的压力、接触面的材料及粗糙程度有关.压力越大,滑动摩擦力越大;接触面越粗糙,滑动摩擦力越大.

发生在两个相对静止的物体之间的摩擦力,叫做静摩擦力.静摩擦力的方向跟物体相对运动趋势的方向(即假设摩擦力不存在时可能出现的相对运动方向)相反.

一个物体在另一个物体表面滚动时受到的摩擦力,叫做滚动摩擦力.滚动摩擦力比滑动摩擦力小得多,因此用滚动代替滑动是减小摩擦力的主要措施之一.

3. 力的合成

如果一个力产生的效果跟另外两个力共同作用的效果相同,这个力就叫做那两个力的合力.求两个力的合力叫做力的合成.

同一直线上、方向相同的两个力的合力大小等于这两个力的大小之和,合力的方向跟这两个力的方向相同.

同一直线上、方向相反的两个力的合力大小等于这两个力的大小之差，合力的方向跟较大的那个力的方向相同.

作用在一个物体上的两个互成角度的力的合力，可用平行四边形定则计算：以两个分力为两相邻边作平行四边形，作出以分力作用点为起点的对角线即表示合力的大小和方向.

4．物体受力情况分析

受力分析的基本步骤是：明确研究对象；根据重力、弹力、摩擦力产生的条件，顺次分析物体是否受到这些力；画出物体的受力示意图.

(三) 力和运动

物体保持匀速直线运动状态或静止状态的性质，叫做惯性.一切物体在任何情况下都有惯性.物体惯性的大小只与它的质量有关，质量越大的物体惯性越大.惯性是物体本身的属性，惯性不是力.

一切物体在没有受到外力作用的时候，总保持静止状态或匀速直线运动状态，这就是牛顿第一定律，也叫惯性定律.惯性定律揭示了力是使物体运动状态发生变化的原因，而不是使物体运动的原因.

惯性定律是指物体不受外力作用时遵循的一条规律；而惯性是一切物体在任何情况下都具有的一种性质，与物体的受力情况无关.

物体在受到几个力作用时，如果保持静止状态或匀速直线运动状态，我们就说这几个力相互平衡.几个相互平衡的力的合力为零.

二力平衡的条件是：作用在一个物体上的两个力，大小相等，方向相反，并且在同一直线上.

解法点拨 JIEFA DIANBO

(一) 灵活运用密度公式

1．根据密度公式直接计算物质的密度和物体的质量或体积.

对于由单一物质组成的实心物体,根据密度公式

$$\rho=\frac{m}{V}$$

则在 ρ、m、V 三个物理量中,只要已知其中的任意两个量,便可求出第三个量.通常,根据密度来鉴别物质的种类,判别一个物体是空心的还是实心的等类型的问题,其解题途径往往就是要根据这一公式进行相应的计算.

2．利用密度公式求出不同物质的密度或物体的质量、体积的比值关系.

对于一种确定的物质,其质量与体积成正比.因此,对于质量(或体积)相同的两种不同的物质,根据它们的密度关系,我们便可知道它们的体积(或质量)关系.

3．利用密度公式作为某些测量的理论依据.

对于不便于直接测量质量或体积(或长度、或面积)的物体,我们可以根据密度公式转换测量量,间接地计算出所需求的量.

例 密度瓶是实验室里用来测定液体密度或不溶于液体的固体物质的密度的仪器.它是一个带有与瓶口非常密合的瓶塞的瓶子,瓶塞中央还有一小孔,其作用是使过满的液体能从小孔溢出,从而保证瓶内液体体积一定.

现利用密度瓶进行如下的测量:先在空气中用天平称出不溶于水的固体碎粒的质量 m,然后将密度瓶盛满水后,称出其质量 m_1,再将前述固体碎粒全面投入盛满水的密度瓶中,称得溢出一部分水后瓶及瓶内水和瓶内小颗粒的总质量为 m_2,则这种待测碎粒物质的密度为多少?

分析 这里利用了一个替代关系，即投入水中的固体颗粒的体积与由瓶中溢出的水的体积，即相当于求出那些固体颗粒的体积，进而便可求出这些小颗粒物质的密度了.

解 瓶内溢出水的质量

$$\Delta m = m + m_1 - m_2$$

以 ρ_0 表示水的密度，则溢出水的体积为

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho_0} = \frac{m + m_1 - m_2}{\rho_0}$$

注意到 ΔV 也就是投入瓶中固体颗粒的体积，则此固体颗粒的物质密度为

$$\rho = \frac{m}{\Delta V} = \frac{m}{m + m_1 - m_2}\rho_0$$

（二）如何分析弹力的有无

首先要看两物体间是否发生了接触. 只有互相接触的物体音才可能产生（注意是“可能产生”，不一定“一定产生”）弹力作用，没有互相接触的物体间不可能产生弹力作用.

其次要看两个互相接触的物体是否由于接触而发生了形变，如果由于接触，使两者均产生了形变（包括很小的、看起来不明显的形变），则两者间有弹力存在. 反之，若两物体虽有互相接触，但并未由于接触而产生了形变，则两者之间并不存在弹力. 如图 3－1 表示一个光滑球放在水平面 BC 上，它的一侧与一个斜面 AB 相接触，此时球和 BC 面有接触，且球对 BC 面有向下的压力，使得球和 BC 面均因此而发生形变，所以球和 BC 面之间有弹力作用. 但是，球与 AB 面之间虽然有接触，却不存在相互挤压作用，因此其间并无弹力作用.

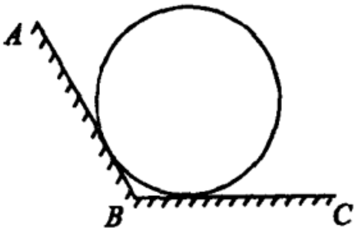


图 3－1

（三）如何分析摩擦力的有无

两物体间存在有摩擦力的条件是：

(1) 两物体互相接触；

(2) 两物体的接触面是粗糙的；

(3) 两物体通过接触面有压力作用；

(4) 两物体间有相对运动或相对运动趋势.

只有在上述几个条件都具备的情况下两物体间才有动摩擦力(有相对运动时)或静摩擦力(没有相对运动但有相对运动趋势时).

【点面突破】

例 1 某种合金由两种密度分别为 ρ_1 和 ρ_2 的金属构成，求下列两种情况下合金的密度.

(1) 两种金属的体积相等；

(2) 两种金属的质量相等.

分析 合金的密度等于合金的总质量除以合金的总体积.而合金的总质量等于组成合金的两种金属的质量之和，合金的总体积等于组成合金的两种金属的体积之和.

解 (1) 设组成合金的两种金属的体积都为 V，则密度为 ρ_1 的金属的质量

$$m_1 = \rho_1 V$$

密度为 ρ_2 的金属的质量

$$m_2 = \rho_2 V$$

合金的密度

$$\rho = \frac{m_{总}}{V_{总}} = \frac{m_1 + m_2}{V + V} = \frac{\rho_1 V + \rho_2 V}{2V} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

(2) 设组成合金的两种金属的质量都为 m，则密度为 ρ_1 的金属的体积

$$V_1 = \frac{m}{\rho_1}$$

密度为 ρ_2 的金属的体积

$$V_2 = \frac{m}{\rho_2}$$

合金的密度

$$\rho = \frac{m_{总}}{V_{总}} = \frac{2m}{V_1 + V_2} = \frac{2m}{\frac{m}{\rho_1} + \frac{m}{\rho_2}} = \frac{2}{\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}}$$

$$= \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$$

例 2 有一件用铜、金两种金属制成的工艺品,质量是 20 kg,体积是 1.8 dm^3.那么,这件工艺品中含金、铜各多少千克?

解 设金、铜的密度分别为 ρ_1、ρ_2,工艺品中含有金的质量、体积分别为 m_1、V_1,含有铜的质量、体积分别为 m_2、V_2,工艺品的质量、体积分别为 m、V,则有

$$m_1 + m_2 = m \quad ①$$

$$V_1 + V_2 = V \quad ②$$

$$m_1 = \rho_1 V_1 \quad ③$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 \quad ④$$

将③、④两式代入②式,有

$$\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} = V \quad ⑤$$

将①式代入⑤式,有 $$\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m - m_1}{\rho_2} = V$$

$$\therefore \quad m_1 = \frac{\rho_1(m - \rho_2 V)}{\rho_1 - \rho_2} = \frac{19.3 \times (20 - 8.9 \times 1.8)}{19.3 - 8.9}$$

$$\approx 7.4(\text{kg})$$

将 m_1 的值代入①式，有

$$m_2 = 20 - 7.4 = 12.6(\text{kg})$$

也就是说，该工艺品中含有金 7.4 kg，含有铜 12.6 kg.

例 3 空瓶可用来测固体的密度.一空瓶质量为 200 g，装满水后总质量为 700 g.现在瓶内先装一些金属粒，使瓶和金属粒的总质量为 1 kg，然后再在瓶内装满水，则三者的总质量为 1200 g.问瓶内装的可能是何种金属？

分析 要判断是何种金属，就要知道金属粒的密度.本题实际上介绍了一种测固体(密度大于水，且不溶于水)密度的方法.只要算出金属粒的质量和体积，就不难求出金属粒的密度.

解 瓶中金属粒的质量

$$m = 1000\ \text{g} - 200\ \text{g} = 800\ \text{g}$$

瓶中只装满水时，水的质量

$$m_水 = 700\ \text{g} - 200\ \text{g} = 500\ \text{g}$$

这部分水的体积

$$V_水 = \frac{m_水}{\rho_水} = \frac{500}{1} = 500(\text{cm}^3)$$

盛有金属粒的瓶中装满水时，水的质量

$$m_水' = 1200\ \text{g} - 1000\ \text{g} = 200\ \text{g}$$

这部分水的体积

$$V_水' = \frac{m_水'}{\rho_水} = \frac{200}{1} = 200(\text{cm}^3)$$

瓶中金属粒的体积即金属粒排开水的体积

$$V_金 = V_水 - V_水' = 500\ \text{cm}^3 - 200\ \text{cm}^3 = 300\ \text{cm}^3$$

金属粒的密度

$$\rho_金 = \frac{m_金}{V_金} = \frac{800}{300} \approx 2.7(\text{g/cm}^3)$$

查密度表可知，这种金属可能是铝.

例 4 一滴油滴在静止的水面上,展开为均匀圆形薄膜,如果知道油滴的质量为 M,圆形油薄膜的半径为 R,油的密度为 ρ,则这个油膜的厚度 D 等于多少?

分析 油滴滴在水面上后,油会在水面上散开,形成单分子油膜.此时单分子油膜的厚度就可以认为等于油分子的直径.本题实际上是向我们介绍了一种粗略测定分子大小的方法——油膜法.

解 油滴的体积

$$V = \frac{M}{\rho}$$

圆形油薄膜的体积

$$V = \pi R^2 D$$

因此,油膜的厚度

$$D = \frac{V}{\pi R^2} = \frac{M}{\pi \rho R^2}$$

例 5 把质量相同的水和水银一起倒入横截面积为 S 的圆柱形容器中,它们的总高度是 73 cm,此时水银柱的高度是多少厘米?

解 设水的质量、体积、高度、密度分别为 m、V_1、h_1、ρ_1,水银的质量、体积、高度、密度分别为 m、V_2、h_2、ρ_2,水银和水的总高度为 h,则有

$$h = h_1 + h_2 \quad ①$$

$$V_1 = h_1 S \quad ②$$

$$V_2 = h_2 S \quad ③$$

$$m = \rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \quad ④$$

将②、③两式代入④式,有

$$\rho_1 h_1 S = \rho_2 h_2 S$$

即

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \quad ⑤$$

将①式代入⑤式，有

$$\rho_1(h - h_2) = \rho_2 h_2$$

$$h_2 = \frac{\rho_1 h}{\rho_1 + \rho_2} = \frac{1 \times 73}{1 + 13.6} = 5(\mathrm{cm})$$

即水银柱的高度为 5 cm.

例 6 体积是 30 cm^3 的空心铜球质量是 89 g，将它的中空部分注满某种液态物质后称量，总质量是 361 g，问注入的液态物体是什么？

解 89 g 铜所占体积

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} = \frac{89}{8.9} = 10(\mathrm{cm}^3)$$

空心部分容积即注入液体的体积

$$V_2 = V - V_1 = 30 - 10 = 20(\mathrm{cm}^3)$$

注入液体的质量

$$m_2 = m - m_1 = 361 - 89 = 272(\mathrm{g})$$

注入液体的密度

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{272}{20} = 13.6(\mathrm{g/cm}^3)$$

查密度表可知，注入的液体是水银.

例 7 一对平衡力和一对相互作用力的主要区别是什么？

解 一对平衡力一定是作用在同一物体上，而一对相互作用力则是作用在两个不同的物体上.

一对相互作用力一定是同时产生、同时消失的，而一对平衡力则不一定同时产生、同时消失.

一对相互作用力一定是同种性质的力，而一对平衡力则不一定是同种性质的力.

例 8 三只完全相同的弹簧秤，按图 3－2 所示的方法连接起来，在第三只弹簧秤的下面挂一个物体.已知第一、二只弹簧秤

的示数分别为 2 N、1.5 N,第三只弹簧秤刻度不清楚.根据第一、二只弹簧秤的示数可知物体所受重力大小是多少牛?

解 设物体重为 G_1,每个弹簧秤重为 G_2.第三只弹簧秤下只挂了一个物体,因此第三只弹簧秤的示数

$$F_3 = G_1 \quad ①$$

第二只弹簧秤下挂了一个弹簧秤(第三只弹簧秤)和一个物体,因此第二只弹簧秤的示数

$$F_2 = G_1 + G_2 \quad ②$$

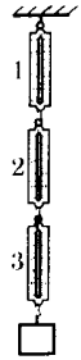


图 3-2

第一只弹簧秤下挂了两个弹簧秤(第二只和第三只弹簧秤)和一个物体,因此第一只弹簧秤的示数

$$F_1 = G_1 + 2G_2 \quad ③$$

③式减去②式,有

$$F_1 - F_2 = G_2 \quad ④$$

将已知条件 $F_1 = 2$ N、$F_2 = 1.5$ N 代入④式中,即得到每个弹簧秤的重

$$G_2 = F_1 - F_2 = 2 - 1.5 = 0.5(\text{N}) \quad ⑤$$

将⑤式代入②式,有

$$G_1 = F_2 - G_2 = 1.5 - 0.5 = 1(\text{N})$$

即物体重 1 N.

例 9 一弹簧受 10 N 的拉力时,总长为 7 cm;受 20 N 拉力时,总长为 9 cm.求

(1) 弹簧的原长;

(2) 该弹簧受多大拉力时,伸长 3 cm?

分析 弹簧的原长即弹簧未受拉力时的长度.弹簧的伸长等于弹簧伸长后的长度减去弹簧的原长.

解 (1) 设弹簧的原长为 l_0,弹簧受 $F_1 = 10$ N 的拉力时伸长

$$x_1 = l_1 - l_0 \qquad ①$$

其中 $l_1=7$ cm 为弹簧受 10 N 的拉力时的长度.

弹簧受 $F_2=20$ N 的拉力时伸长

$$x_2 = l_2 - l_0 \qquad ②$$

其中 $l_2=9$ cm 为弹簧受 20 N 的拉力时的长度.

设弹簧的劲度系数为 k,则有

$$F_1 = kx_1 \qquad ③$$

$$F_2 = kx_2 \qquad ④$$

联立③、④两式,有

$$\frac{F_1}{x_1} = \frac{F_2}{x_2} \qquad ⑤$$

将①、②两式代入⑤式,有

$$\frac{F_1}{l_1 - l_0} = \frac{F}{l_2 - l_0}$$

$$\therefore \quad l_0 = \frac{F_2 l_1 - F_1 l_2}{F_2 - F_1} = \frac{20 \times 7 - 10 \times 9}{20 - 10} = 5(\text{cm}) \qquad ⑥$$

即弹簧的原长为 5 cm.

(2) 将⑥式代入①式,有

$$x_1 = 7 - 5 = 2(\text{cm}) \qquad ⑦$$

将⑦式代入③式,有

$$k = \frac{F_1}{x_1} = \frac{10}{2} = 5(\text{N/cm})$$

弹簧伸长 $x_3=3$ cm 时,弹簧受拉力

$$F_3 = kx_3 = 5 \times 3 = 15(\text{N})$$

例 10 如图 3-3 所示,某人用 $F=200$ N 的水平压力将物体压在竖直墙上.已知物重 $G=50$ N,若物体静止不动,则此物体所受的摩擦力多大?

分析 如果物体不受摩擦力,则会掉下来,也就是说物体

相对于墙会向下运动.物体之所以没有掉下来,是由于受到了一个竖直向上的静摩擦力,这个力与物体所受的重力平衡.因此,物体共受到四个力的作用:重力 G(竖直向下)、压力 F(水平向左)、墙对物体的支持力 N(水平向右)、静摩擦力 f(竖直向上).其中压力 F 与支持力 N 平衡,重力 G 与静摩擦力 f 平衡.

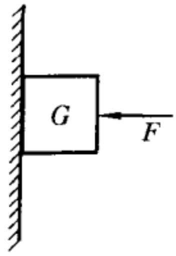


图 3-3

解 物体相对竖直墙有向下运动的趋势,因此墙对物体的静摩擦力 f 方向竖直向上.要使物体静止不动,f 必与物体所受重力 G 平衡.

由二力平衡的知识可知,物体所受的静摩擦力 f 与物体所受重力 G 大小相等,即

$$f = G = 50\ \mathrm{N}$$

即物体所受的摩擦力大小为 50 N.

例 11 如图 3-4 所示,物体 A 和物体 B 叠放在粗糙的水平地面上,处于静止状态.若用水平拉力 $F=10$ N 向右拉 B 而未拉动,则物体 A、物体 B 及地面所受摩擦力的情况如何?

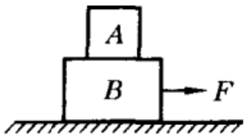


图 3-4

分析 本题必须分别取物体 A、物体 B、地面为研究对象来讨论它们的受力情况.

解 取物体 A 为研究对象:根据牛顿第一定律及二力平衡可知,因为物体 A 处于静止状态,所以物体 A 在水平方向上没有受到力的作用或只是受到了一对平衡力的作用.若物体 A 受到了物体 B 对它的摩擦力,又没有其他力与这个摩擦力平衡,则物体 A 将不能保持静止状态.因此,物体 A 没有受到物体 B 对它的摩擦力.

取物体 B 为研究对象:由于物体 B 对物体 A 没有摩擦力的

作用,而力的作用是相互的,因此物体 B 没有受到物体 A 所施的摩擦力.在水平方向上,物体 B 受到了向右的拉力 F,而物体 B 又是静止的,由二力平衡可知,物体 B 受到了地面对它的大小为 F、方向向左的摩擦力作用.

由于力的作用是相互的,由相互作用力的知识可知物体 B 对地面也有摩擦力作用,这个摩擦力的大小也为 F,方向水平向右.

例 12 有两个力 F_1、F_2 作用在同一物体上.当 F_1、F_2 方向相同时,其合力大小为 150 N;当 F_1、F_2 方向相反时,其合力大小为 50 N,且与 F_1 方向相同.求 F_1、F_2 的大小.

解 当 F_1、F_2 的方向相同时,它们的合力大小等于 F_1、F_2 之和.根据题意,有

$$F_1 + F_2 = F_{合} = 150\ \text{N} \quad ①$$

当 F_1、F_2 的方向相反时,它们的合力大小等于 F_1、F_2 之差,方向与大的那个力相同.根据题意可知 $F_1 > F_2$,且

$$F_1 - F_2 = F'_{合} = 50\ \text{N} \quad ②$$

①、②两式相加,有

$$2F_1 = F_{合} + F'_{合}$$

$$\therefore \quad F_1 = \frac{1}{2}(F_{合} + F'_{合}) = \frac{1}{2}(150 + 50) = 100(\text{N})$$

代入①式,有

$$F_2 = F_{合} - F_1 = 150 - 100 = 50(\text{N})$$

例 13 大小分别为3 N和9 N的两个力同时作用在一个物体上,它们的合力可能等于

A. 12 N　B. 6 N　C. 7 N　D. 3 N

分析 作用在同一物体上的两个互成角度的力的合成遵循平行四边形定则.

由三角形的知识可知,三角形的任意两边之和大于第三边.因此,两个力的合力大小最大等于两分力大小之和,最小等于两分力

大小之差的绝对值.

解 正确的是 A、B、C.

例 14 人在雪地上或泥泞道路上行走时,如果滑倒,总是仰面朝天;而急速行走被绊到时,总是俯扑朝地.试解释这种现象.

解 因为滑倒是由于脚下的摩擦力突然减小,使脚向前运动的速度突然加快.而人的上半身由于惯性却仍保持原来的速度留在后面,所以滑倒时人总是仰面朝天的.

绊倒是由于脚绊到障碍物时突然停止,而人的上半身由于惯性继续向前运动,所以绊倒时人总是俯扑朝地的.

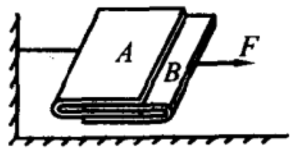


图 3-5

例 15 如图 3-5 所示,有两本完全相同的书 A、B,书重均为 5 N,若将两本书等分成若干份后,交叉地叠放在一起置于光滑桌面上,并将书 A 固定不动,用水平向右的力把书 B 抽出,现测得一组数据如下:

实验次数	1	2	3	4	…	n
将书分成的份数	2	4	8	16	…	逐页交叉
力 F 的大小(N)	4.5	10.5	22.5	46.5	…	190.5

根据以上数据,试求

(1) 若将书分成 32 份,力 F 应为多大?

(2) 该书的页数.

(3) 如果我们把纸与纸接触面间的滑动摩擦力 f 和压力 N 的比值叫做动摩擦因数 μ,即

$$\mu=\frac{f}{N}$$

且两本书的任意两张纸之间的动摩擦因数 μ 相等，则 μ 为多少?

解 (1) 对表中的数据分析可知：将书分成 4 份时，力 F 比前一次增加 6 N. 将书分成 8 份时，力 F 比前一次增加 12 N，将书分成 16 份时，力 F 比前一次增加 24 N，依此类推，可知当将书分成 32 份时，力 F 应比前一次增加 48 N. 故得此时力的大小应为

$$F=46.5\ \text{N}+48\ \text{N}=94.5\ \text{N}$$

(2) 同上分析可知，该书的页数为 64 张.

(3) 以书分成 2 份为例，如图 3－5，以 G 表示一本书的重量，则对于书 B，其上面一半的上表面受压力大小为$\frac{G}{2}$，则拉动时该处的摩擦力大小为 $\mu\cdot\frac{G}{2}$；书 B 上面一半的下表面受压力大小为 G，则拉动时该处摩擦力的大小为 μG；书 B 下面一半的上表面受压力大小为$\frac{3}{2}G$，则拉动时该处的摩擦力大小为 $\mu\cdot\frac{3}{2}G$；由于桌面光滑，则书 B 的最下表面不受摩擦力作用. 显然，拉动书 B 时，拉力 F 应等于上述诸摩擦力之和，即

$$F=\frac{1}{2}\mu G+\frac{2}{2}\mu G+\frac{3}{2}\mu G$$

$$\therefore\qquad \mu=\frac{F}{3G}$$

以题中的数据代入可得

$$\mu=\frac{4.5}{3\times5}=0.3$$

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1．医院的氧气瓶内装有一定压强和密度的氧气.在一次抢救病人时,用去了一些氧气,则瓶内剩下的氧气的压强和密度是

A．压强变小,密度不变

B．压强不变,密度变小

C．压强和密度均不变

D．压强和密度均变小

2．实验室有用两种材料分别制成的体积相同的实心小球甲和乙.若在已调平衡的天平左盘上放三个甲球,在天平右盘上放2个乙球,天平恰好平衡.由此可知

A．甲球的密度是乙球密度的1.5倍

B．乙球的密度是甲球密度的1.5倍

C．两种球的密度可能相等

D．条件不够,无法判断哪种球的密度大

3．一定质量的水完全结成冰,它的体积将比原来

A．增大$\frac{1}{10}$　　B．增大$\frac{1}{9}$

C．减小$\frac{1}{10}$　　D．减小$\frac{1}{9}$

4．利用天平和量筒测比水密度小的木块的密度,下列步骤中错误的或多余的步骤是

A．用天平测出木块的质量

B．再取一铁块,用天平测出它的质量

C．将铁块浸没在盛水的量筒内,记下液面的高度差,即得铁块的体积

D．将铁块和木块系在一起后浸没在量筒的水中,记下液面差,即得铁块和木块的总体积

E. 利用公式及已测出的量,求出木块的密度

5. 几位同学在操场上进行爬杆比赛.若杆是竖直放置的,则使人能够上升的力是

A. 重力　　　　B. 弹力

C. 摩擦力　　　D. 人对自己的作用力

6. 天花板下用一根灯线悬吊着一盏灯.若不计灯线受到的重力,当灯静止时,下述各种力中,哪些是一对平衡力?

A. 灯受到的重力和灯线对灯的拉力

B. 灯对灯线的拉力和灯线对灯的拉力

C. 天花板对灯线的拉力和灯对灯线的拉力

D. 天花板对灯线的拉力和灯线对天花板的拉力

7. 汽车发动机通过变速器和后轮相连.当汽车由静止开始向前开动时,前轮和后轮所受地面的摩擦力的方向是

A. 前轮受到的摩擦力向前,后轮的向后

B. 前轮受到的摩擦力向后,后轮的向前

C. 前、后轮受到的摩擦力都向后

D. 前、后轮受到的摩擦力都向前

8. 如图 3-6 所示,在光滑水平桌面上叠放着甲、乙两个物体.甲物体用细线拴在左边竖直墙上.现用力把乙物体从右端匀速拉出来,所用水平力 $F=10$ N,则甲、乙二物体受到的摩擦力是

A. $f_{甲}=0$, $f_{乙}=10$ N,方向向左

B. $f_{甲}=f_{乙}=10$ N,方向都向左

C. $f_{甲}=f_{乙}=10$ N,方向都向右

D. $f_{甲}=f_{乙}=10$ N, $f_{甲}$ 向右, $f_{乙}$ 向左

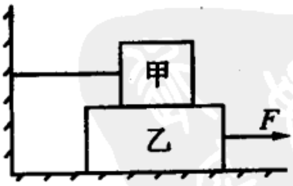


图 3-6

9. 以下现象哪些属于没有接触而有力的相互作用

A. 二人相撞

B. 人用手推门

C. 月球绕地球旋转

D. 相互靠近的铁钉和磁铁互相吸引

10. 下面吊着小石块的氢气球在空中加速上升. 如果吊着小石块的线断后,小石块将

A. 减速上升,然后加速下落

B. 立即加速下落

C. 保持原来的速度匀速上升

D. 匀速下落

11. 量筒的刻度是________的,量杯的刻度是________的. (填"均匀"或"不均匀")

12. 一物体沿斜面匀速下滑时,受到的斜面对它的摩擦力大小是 10 N. 若用力 F 把这个物体沿同一斜面匀速向上推,则此推力为________ N.

13. 一根绳一端固定在墙上,在另一端用 1000 N 的力恰好把绳子拉断. 现在用此绳来拔河,若两边都用 800 N 的力拉,则绳子将________被拉断. (填"会"或"不会")

14. 水平放置的水平仪的密闭玻璃管正中间有一个气泡. 当用力推动水平仪使玻璃管突然向右运动时,气泡将相对于玻璃管向________运动.

15. 用盐水选种时,要求盐水的密度是 $1.1\times10^3\text{kg/m}^3$. 现有密度为 $1.14\times10^3\text{kg/m}^3$ 的盐水 $2\times10^{-3}\text{m}^3$ 和密度为 $1.08\times10^3\text{kg/m}^3$ 的盐水 $1\times10^{-3}\text{m}^3$,它们混合后能达到要求吗? 如果不行,还需要加盐还是加水? 需加多少?

16. 一件用金、银制成的工艺品,体积是 20 cm^3,质量是 280 g,求这件工艺品中含金的百分比. 已知 $\rho_{金}=19.3\times10^3\text{kg/m}^3$,$\rho_{银}=10.5\times10^3\text{kg/m}^3$.

17. 有一件铝锰合金的工件,所受重力为 98 N. 合金中铝的质量占 98.5%,锰占 1.5%,求合金的密度. 已知锰的密度为 $7.43\times10^3\text{kg/m}^3$,铝的密度为 $2.7\times10^3\text{kg/m}^3$.

18. 一支圆柱形的铅笔,质量是 5 g,长 17.5 cm,横截面的直

径是 0.7 cm，笔心的横截面直径是 0.2 cm，木材的密度是 $0.6\times10^3 kg/m^3$，求笔芯的密度.

19. 给你一支铅笔、一段保险丝，怎样比较甲、乙两种液体密度的大小？

20. 一只重 400 N 的大木箱放在一个大磅秤上，木箱内有一个质量为 50 kg 的人站在木箱内的小磅秤上. 问

(1) 大、小磅秤的示数各为多少？不计小磅秤的质量.

(2) 如果此时人用力向上推木箱的顶板，则大、小磅秤的示数分别如何变化？

21. 小明站在桌上，把一幅新年画往墙上挂，可是挂来挂去总是挂不端正. 请你用所学过的物理知识替小明想个办法，让他能很快就把年画挂正.

22. 如图 3－7 所示，一物体用一细绳 a 系住吊在天花板下，物体下面系有另一根相同的细绳 b. 当用手向下缓慢地拉下面的细绳 b 时，a、b 两绳哪根先断？

如果用手向下猛地一拉 b 绳，情况又怎样？

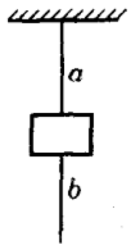


图 3－7

第四讲 压强 浮力

竞赛导入

（一）压力和压强的概念

两物体间由于相互挤压而产生的垂直作用在物体表面上的力叫做压力.压力属于弹力.

物体单位面积上所受的压力叫做压强.压强反映了压力作用在不同的物体表面上所产生的效果.

压强公式 $p=\dfrac{F}{S}$ 普遍适用于固体、液体、气体.

在国际单位制中,压强的单位是帕斯卡,简称为帕.

$1\ \text{Pa}=1\ \text{N/m}^2$.

在日常生活和生产中,可以通过改变压力的大小或改变受力面积的大小,来增大或减小压强.

（二）液体的压强

液体内部压强的特点是:液体内部向各个方向都有压强;液体内部的压强随深度的增加而增加;在同一深度,液体向各个方向的压强相等.

液体内部压强产生的原因是:液体受到重力作用,又具有流动性.

液体内部压强的计算公式是 $p=\rho gh$.式中 ρ 是液体的密度,h 是液体的深度.液体的压强大小与液体的质量、体积及容器的大小、形状等无关.

解答有关固体、液体压强问题时,应注意:对固体来说,是"先压力,后压强",即必须先确定了压力的大小,再求压强;对液体来

说,是“先压强,后压力”,即只有先求出了压强的大小,才能求压力的大小.

液体对容器底部的压力,不一定等于容器中的液体受到的重力.只有侧壁竖立的容器,底部受到的液体压力才等于容器内的液体重.

液体对容器侧壁也有压力.液体对容器侧壁的压力可用平均压强来求.液体对容器侧壁的平均压强就等于侧壁上受液体压力作用部分的中心点所受的液体压强.液体对容器侧壁的压力 F 等于平均压强乘以受力面积.

底部连通的容器叫做连通器.连通器内如果只有一种液体,在液体不流动的情况下,各容器中的液面保持水平;连通器内如果盛有两种密度不同、不相混合的液体,在液体不流动的情况下,密度大的液体的液面总是低于密度小的液体的液面.

(三) 气体的压强

因为空气也受到重力作用,且空气也具有流动性,所以地球周围的大气对浸在它里面的物体也要产生压强,这个压强叫做大气压.

马德堡半球实验是历史上最著名的证明大气压存在的实验.利用托里拆利实验可测定大气压的值.

$$1\ \text{atm} = 760\ \text{mmHg} = 1.01 \times 10^5\ \text{Pa}.$$

大气压的值与离地面的高度及天气的变化有关.在海拔 2000 m 以内,可近似地认为每升高 12 m,大气压降低 1 mm 水银柱,一般说来,晴天的大气压比阴天的高,冬天的大气压比夏天的高.

一切液体的沸点,都是在气压减小时降低,气压增大时升高.

一定质量的气体的压强与它的体积和温度有关.在温度不变的情况下,一定质量的气体体积增大,即密度减小,压强就减小;体积减小,即密度增大,压强就增大.例如,使用活塞式抽水机抽水时,活塞要向上提,这时活塞筒内气体的体积增大,压强随之减小,这样就在活塞筒内外形成压强差,管外的水在大气压的作用下不

断地被压入活塞筒内.

一定质量的气体,在体积不变的情况下,温度越高,压强越大;温度越低,压强越小.

(四) 浮力的概念

浸在流体(液体、气体)中的物体,受到流体对它向上托的力,这个力叫做浮力.浮力的方向总是竖直向上的.浮力的施力物体是流体,受力物体是浸在流体中的物体.

浮力是由物体周围的流体对物体向上和向下的压力差产生的.

(五) 物体的浮沉条件及其应用

浸没在流体中的物体,如果受到的浮力大于它受到的重力,物体就上浮;如果浮力小于重力,物体就下沉;如果浮力与重力大小相等,物体就可以停留在流体中任何深度的地方.

对于实心物体,浮沉条件还可以用物体密度和流体密度的关系表示出来:浸没在流体中的物体,如果物体的密度小于流体的密度,物体就上浮;如果物体的密度大于流体的密度,物体就下沉;如果物体的密度等于流体的密度,物体就可以停留在流体中任何深度的地方(即悬浮在流体中).

潜水艇的潜水和上浮是通过排水和放水改变自身受到的重力来实现的.

气球和飞艇是通过"充气"、"放气"改变它们所受到的浮力来实现的.

使用密度计测液体的密度时,密度计总是漂浮在液体的表面上,因此密度计在不同的液体中受到的浮力都相等.但密度计在不同的液体中排开液体的体积不一样,因此可根据其浸入的深度来测量液体的密度.根据阿基米德原理可知,由于密度计所受浮力一定,因此排开的液体体积与液体的密度成反比,这就决定了密度计的刻度值是"上小下大";密度计上的刻度是不均匀的,其间距是"上疏下密".

解法点拨

(一) 压力不是重力

某些场合下,压力的大小和重力的大小相等,但压力和重力是两个概念不同的力,例如,一本书放在桌面上,书的重力是由于地球对书的吸引而使书受到的力,而压力则是书压桌面而使桌面受到的力,显然两者并非同一个力.一般说来可以从以下几个方面对它们予以区分:

从力的性质来看,压力属于弹力,而重力属于场力;从产生的原因来看,弹力是相互接触的物体由于发生了弹性形变而产生的力,而重力则是由于地球对物体的吸引而使物体受到的力;从施力物体来看,压力的施力物体是与受力物体相接触的另一个物体,而重力的施力物体是地球;从是否接触来看,压力的施力物体和受力物体一定要直接接触,而重力的施力物体和受力物体则不一定要直接接触;从方向上看,重力的方向一定是竖直向下的,而压力的方向则既可以竖直,也可以水平,也可以沿空间任意方面(只要是垂直于两物体的接触面即可);从大小上看,压力的大小有时可能等于重力,但更多的时候都是与重力的大小无关.

(二) 关于压强的计算

1. 对公式 $p=\rho gh$ 的理解和应用

液体压强的计算公式 $p=\rho gh$ 是指一段高为 h、密度为 ρ 的液柱由于其自身重力作用而在其底部所产生的压强.如果这段液柱只受本身重力而不受到别的向下的力的作用时,则此液柱对其底部支持物的压强大小就为 ρgh,而如果这段液柱还受到别的向下的力的作用,则此液柱底部的压强就不会再是 ρgh 了,如图 4-1 所示的量筒中,下部盛有水(以 h_1 表示其深度,ρ_1 表示其密度),上部盛有油(以 h_2 表示其深度,ρ_2 表示

图 4-1

其密度),则由于筒中液体的自重在筒底处产生的压强就不是 ρ_1gh_1 而应为$(\rho_1gh_1+\rho_2gh_2)$,注意到油的上表面还受到大气压(设大气压的大小为 p_0),则水对筒底的压强大小应为大气压与筒中液体自重产生的压强之和,即为

$$p=\rho_1gh_1+\rho_2gh_2+p_0$$

2. 灵活选用压强的单位

压强的国际单位制单位是帕斯卡,在相应的计算中,一般都应采用此单位进行计算,但在某些问题中,也可友采用"标准大气压"、"厘米汞柱"、"厘米水柱"等作为单位来进行计算而使计算得到简化.

(三) 计算浮力的一些常用方法

1. 重力差法

如果在空气中测得某物体所受的重力为 $G_空$,将该物体浸在某种液体中时,用弹簧秤测得其视重(即物体对弹簧秤的拉力大小)为 $G_液$,则物体在液体中所受浮力

$$F_浮=G_空-G_液$$

如果在真空中测得某物体所受的重力为 $G_真$,将该物体放在空气中时,用弹簧秤测得其视重为 $G_气$,则物体所受空气的浮力

$$F_浮=G_真-G_气$$

2. 压力差法

对于形状规则的长方体、圆柱体,可用流体对物体向上和向下的压力差来求它所受到的浮力.即

$$F_浮=F_{向上}-F_{向下}$$

值得注意的是:当物体的下表面与容器底部密合时,物体的下表面没有受到流体向上的压力,此时浮力就不存在了.

3. 阿基米德原理法

浸入流体里的物体受到向上的浮力,浮力的大小等于它排开的流体受到的重力.即

$$F_{浮} = \rho_{流} g V_{排}$$

其中 $\rho_{流}$ 是流体的密度，$V_{排}$ 是物体排开流体的体积，即物体浸入流体中的那部分体积. 若物体浸没在流体中，则 $V_{排}$ 等于物体的体积 $V_{物}$；若物体没有完全浸没在流体中，则 $V_{排} < V_{物}$.

4. 二力平衡法

当物体悬浮在流体中或漂浮在液面上时，由于物体静止不动，根据二力平衡可知物体所受浮力与物体所受重力大小相等，即

$$F_{浮} = G_{物}$$

【点面突破】

例 1 如图 4－2 所示，物体 A 放在水平地面上静止不动，试证明物体 A 对水平地面的压力与物体 A 所受重力大小相等.

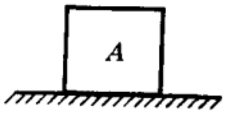


图 4－2

证明 物体 A 受到两个力（重力 G、地面的支持力 N）作用，由于物体 A 静止不动，根据二力平衡的知识可知，重力 G 与支持力 N 大小相等，即 $G=N$.

物体对地面的压力 N' 与地面对物体的支持力 N 是一对相互作用力，根据相互作用力的知识可知，压力 N' 与支持力 N 大小相等，即 $N'=N$.

由于重力 G 和压力 N' 的大小都等于支持力 N，因此 $N'=G$.

例 2 在图 4－3 的各图中，物体 A 重 15 N，力 $F=7$ N，求物体 A 对支持面的压力各是多少？

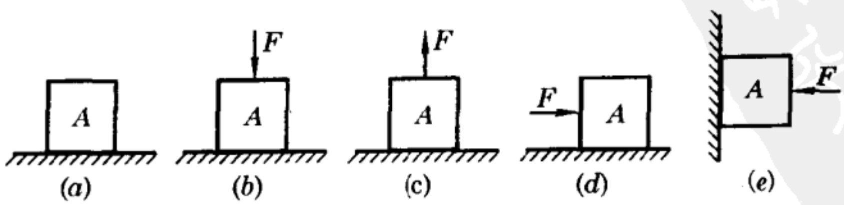


图 4－3

解 (a) 图中，$N_a = G_A = 15\ \text{N}$.

(b) 图中，$N_b = G_A + F = 15 + 7 = 22(\text{N})$.

(c) 图中，$N_c = G_A - F = 15 - 7 = 8(\text{N})$.

(d) 图中，$N_d = G_A = 15\ \text{N}$.

(e) 图中，$N_e = F = 7\ \text{N}$.

例 3 如图 4－4 所示，A、B 两长方体叠放在一起置于水平桌面上. 已知 A 物体的密度为 ρ_A、底面积为 S_A，B 物体的密度为 ρ_B、底面积为 S_B，且 $S_A < S_B$. 若 A 对 B 的压强与 B 对桌面的压强恰好相等，则 A、B 两物体的厚度之比 $\dfrac{h_A}{h_B} = ?$

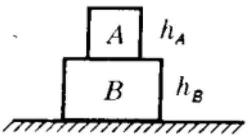


图 4－4

解 A 物体对 B 物体的压强

$$p_A = \frac{G_A}{S_A} = \frac{\rho_A g h_A S_A}{S_A} = \rho_A g h_A$$

B 物体对水平桌面的压强

$$p_B = \frac{G_A + G_B}{S_B} = \frac{\rho_A g h_A S_A + \rho_B g h_B S_B}{S_B}$$

$\because$ $p_A = p_B$

$\therefore$ $\rho_A g h_A = \dfrac{\rho_A g h_A S_A + \rho_B g h_B S_B}{S_B}$

即 $\rho_A g h_A S_B = \rho_A g h_A S_A + \rho_B g h_B S_B$

$\therefore$ $\dfrac{h_A}{h_B} = \dfrac{\rho_B S_B}{\rho_A (S_B - S_A)}$

例 4 如图 4－5 所示，放在水平桌面上的 A、B、C 三个容器底面积相等，容器中水面高度相等，每个容器所受的重力相等，问：

(1) 哪个容器对桌面的压力最大？

(2) 哪个容器对桌面的压强最大？

(3) 哪个容器底部受到的水的压强最大？

(4) 哪个容器底部受到的水的压力最大？

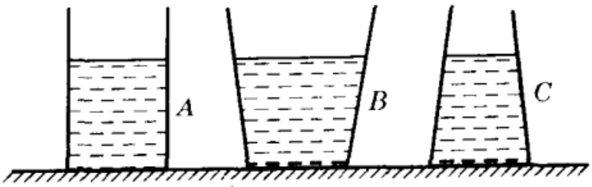


图 4-5

解 (1) 因为 B 容器内水的质量最大，所以 B 容器对桌面的压力最大.

(2) 因为三个容器与桌面的接触面积相等，而 B 容器对桌面的压力最大，所以 B 容器对桌面的压强最大.

(3) 因为水对容器底部的压强 $p=\rho gh$，三个容器中装的都是水，其 ρ 值相同；三个容器中的水面一样高，其 h 值相同. 所以，三个容器底部受到的水的压强相等.

(4) 因为三个容器底部受到的水的压强相等，受力面积也相等，所以三个容器底部受到的水的压力相等.

例 5 如果放在水平桌面上的侧壁竖直的容器内装有水银，当水银受热膨胀时，若不计容器的热膨胀，水银对容器底部的压强将如何变化？

分析 水银受热膨胀时，质量保持不变，体积增大，密度减小；同时，由于容器没有热膨胀，故水银的深度增加.

解 设容器中水银的质量为 m，受热膨胀前水银的深度为 h，容器的底面积为 S，则受热膨胀前水银的密度

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{Sh}$$

容器底部受到的液体压强

$$p = \rho gh = \frac{m}{Sh}gh = \frac{mg}{S}$$

水银膨胀后，因不计容器的热膨胀，容器的底面积不变，故水银的深度会增加．设此时水银深度变为 h'，则水银密度变为

$$\rho' = \frac{m}{V'} = \frac{m}{Sh'}$$

容器底部受到的压强

$$p' = \rho' g h' = \frac{m}{Sh'} g h' = \frac{mg}{S} = p$$

可见容器底部所受水银的压强不随温度而变．

例 6 如图 4－6(a)所示，杯中盛有密度为 ρ 的均匀混合液体，杯的形状是上大下小．经过一段时间后，混合液体变成密度分别为 ρ_1 和 ρ_2($\rho_2 > \rho_1$)的两层均匀液体，如图 4－6(b)所示，且总体积不变．问液体对杯底的压强将如何变化？

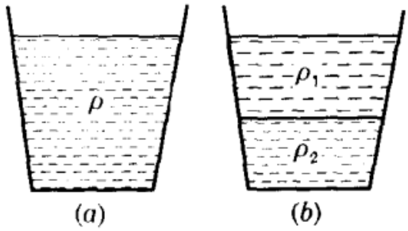


图 4－6

分析 混合液体变成两层均匀液体的过程中，除总体积没有发生变化外，还有一个重要的物理量没有变：液体的总质量没有变．抓住这两个不变的量，应用液体压强的公式，就可知道液体对杯底的压强如何变化．

解 设液体总高度为 h，混合液体的平均横截面积为 S，变化后上、下层液体的高度分别为 h_1、h_2，平均横截面积分别为 S_1、S_2，则由图可知

$$S_1 > S > S_2 \qquad ①$$

液体的总体积不变，则有

$$hS = h_1 S_1 + h_2 S_2 \qquad ②$$

液体的总质量不变，则有

$$\rho hS = \rho_1 h_1 S_1 + \rho_2 h_2 S_2 \quad ③$$

②式两边同乘以 ρ,得

$$\rho hS = \rho h_1 S_1 + \rho h_2 S_2 \quad ④$$

由③、④两式,有

$$(\rho - \rho_1)h_1 S_1 = (\rho_2 - \rho)h_2 S_2 \quad ⑤$$

比较①、⑤两式,有

$$(\rho - \rho_1)h_1 < (\rho_2 - \rho)h_2 \quad ⑥$$

设混合液体对杯底的压强为 p,变化后两层液体对杯底的压强为 p',大气压为 p_0,则

$$p = p_0 + \rho gh = p_0 + \rho gh_1 + \rho gh_2 \quad ⑦$$

$$p' = p_0 + \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 \quad ⑧$$

⑧式减去⑦式,得

$$\begin{aligned} p' - p &= \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 - \rho gh_1 - \rho gh_2 \\ &= (\rho_2 - \rho)gh_2 - (\rho - \rho_1)gh_1 \\ &= [(\rho_2 - \rho)h_2 - (\rho - \rho_1)h_1]g > 0 \end{aligned}$$

$$\therefore \quad p' > p$$

故液体对杯底的压强增大.

例7 置于水平桌面上的烧杯中盛有适量的水(未盛满).若在水中插入一个手指(手指不与杯底或杯壁接触),则烧杯底受到的水的压力会不会变化?为什么?

分析 这样的问题可从下面两个角度来着手研究:从浮力和物体间力的作用是相互的知识入手讨论;或从液体的压强和压力的知识入手进行讨论.

解法一 手指插入水中时会排开一定量的水,根据阿基米德原理可知手指受到水施予的向上的浮力.而物体间力的作用是相互的,所以手对水也有一个向下的作用力.手指对水的作用力通过水传递到杯底,从而使烧杯底部受到的水的压力增大.

解法二 手指插入水中时，会排开一定量的水，烧杯中的水面就会上升，根据液体压强的公式

$$p = \rho g h$$

可知，h 增大，烧杯底部受到的水的压强也就会增大. 因此，烧杯底部受到的水的压力也就增大.

例 8 连通器粗管直径是细管直径的 4 倍，先在连通器中注入水银，如图 4 - 7 所示. 然后向细管注入 70 cm 高的水（注入水后细管中仍有水银），问粗管中水银面上升多少厘米？细管中水银面下降多少厘米？

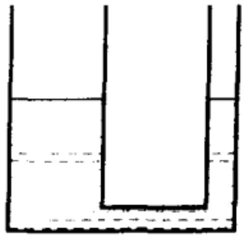


图 4 - 7

分析 由于水银几乎不可被压缩，因此细管中减少的水银体积与粗管中增加的水银体积相等，也就是说，细管中水银面下降的高度是粗管中水银面升高的高度的 16 倍.

解 设粗管中水银面升高 Δh_1 cm，则细管中水银面下降的高度

$$\Delta h_2 = 16\Delta h_1 (\mathrm{cm})$$

注入水后粗管中水银面比细管中水银面高

$$h_1 = \Delta h_1 + \Delta h_2 = 17\Delta h_1 (\mathrm{cm})$$

由于两竖直管中液体的压强相等，故有

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$$

其中 $\rho_2 = 1 \times 10^3\ \mathrm{kg/cm^3}$ 是水的密度，$\rho_1 = 13.6 \times 10^3 \mathrm{kg/cm^3}$ 是水银的密度，$h_2 = 70$ cm 是细管中水柱的长度，因此

$$h_1 = \frac{\rho_2 h_2}{\rho_1} = \frac{1 \times 10^3 \times 70}{1.36 \times 10^3} \approx 5.15 (\mathrm{cm})$$

故粗管中水银面升高

$$\Delta h_1 = \frac{h_1}{17} = \frac{5.15}{17} \approx 0.3 (\mathrm{cm})$$

细管中水银面下降

$$\Delta h_2 = 16\Delta h_1 = 16 \times 0.3 = 4.8(\text{cm})$$

例 9 洗手池的排水管为什么是弯曲的？(如图 4－8 所示)

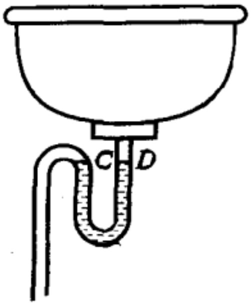


图 4－8

解 我们仔细观察一下洗手池的排水管，就会发现排水管不是竖直地通入地下，而是弯曲的，弯曲的 U 型管实际上是一个连通器. 水池的水排出以后，弯管会存留一定量的水. 连通器内若装有同种液体，液体静止时，各容器中的液面总保持相平，由管子的形状所决定，连通器左侧的液面不可能高于 C，所以在水不流动时，右侧液面也只能保持在与 C 一样高的 D 处. 当洗手池需要排水时，我们就将池底的橡皮塞拔开，这时连通器右侧管中的水面就大大高于左侧管中的水面，水就会流动，直至两侧液面相平. 池中水排尽后，弯管中仍保持一定量的水.

地下水道中的腐臭气沿水管进入室内是令人烦恼的事，而弯管中存留的这些水帮助我们隔绝了地下水道中臭气进入室内的通道.

弯曲管道还有另一个作用：洗手池中有一些会使管道堵塞的杂物，它们将停留在弯曲的管道中而不致堵塞地下水道. 这段弯管往往做成活动连接或在底部装有可取的塞子，很容易从这里打开，清理管道中堵塞的杂物，这比直接疏通地下水道的堵塞要方便得多.

例 10 在大气压强 $p_0=76$ cm 水银柱的情况下，一端封闭的玻璃管内有 $h=10$ cm 长的水银柱. 在下述三种情况下，若水银柱静止，则玻璃管内被封闭的空气的压强分别是多大？

(1) 如图 4－9(a)所示，将玻璃管水平放置；

(2) 如图 4－9(b)所示，将玻璃管开口向上竖直放置；

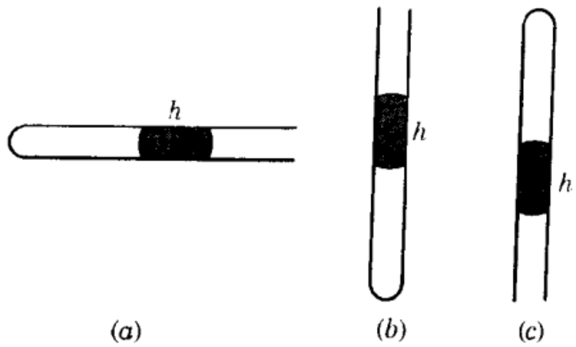


图 4－9

(3) 如图 4－9(c)所示，将玻璃管开口向下竖直放置.

解 (1) 以水银柱为研究对象. 水银柱在水平方向上只受两个力作用：大气对它向左的压力 p_0S 和被封闭的空气柱对它向右的压力 p_1S，其中 S 是玻璃管的横截面积.

水银柱静止时，上述两个力平衡. 根据二力平衡的知识可知

$$p_0S = p_1S$$

因此，被封闭的空气柱的压强

$$p_1 = p_0 = 76\ \text{cmHg}$$

(2) 以水银柱为研究对象. 水银柱在竖直方向上受到三个力作用：重力 mg、大气对它向下的压力 p_0S、被封闭的空气柱对它的向上的压力 p_2S.

水银柱静止时，有

$$mg + p_0S = p_2S$$

而

$$mg = \rho Vg = \rho Shg$$

其中 ρ 是水银的密度.

∴

$$\rho Shg + p_0S = p_2S$$

因此，被封闭的空气的压强

$$p_2 = p_0 + \rho gh = 86\ \text{cmHg}$$

(3) 被封闭的空气的压强

$$p_3 = p_0 - \rho gh = 66\ \text{cmHg}$$

(请读者自己推出此答案)

说明 本题的(2)、(3)两问也可以用划液片的方法来求，即取水银柱的下表面为研究对象，利用向上和向下的压强相等来求.

例 11 如图 4－10 所示，在做托里拆利实验时，已知大气压强 $p_0=75$ cm 水银柱，但竖直插入水银槽中的玻璃管只露出 50 cm，管内充满水银.

(1) 图中管内 A 处受到的水银向上的压强是多大?

(2) 若在 A 处打一个小孔，水银会向上喷出来吗? 为什么?

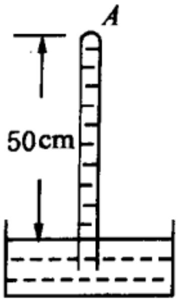


图 4－10

解 (1) 设 50 cm 水银柱产生的压强为 p_h，则 A 处受到的水银向上的压强

$$p_A = p_0 - p_h = 75 - 50 = 25(\text{cmHg})$$

(2) 若在 A 处打一个小孔，管内水银面会下降，直至与水银槽内水银面相平.

这是因为在 A 处打一个小孔后，玻璃管上方的空气就与大气相连通，此时玻璃管和水银槽组成了一个连通器.

例 12 如图 4－11 所示的瓶中有水，瓶塞不漏气.不许打开瓶塞，不许用嘴向外吸，也不许将瓶子倾倒，怎样才能把瓶内的水通过玻璃管引进杯子里?

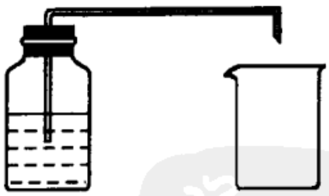


图 4－11

分析 我们利用吸管吸汽水时，实际上是借助于瓶内大气压大于嘴里的气体压强而将汽水压入嘴里的.现在，若使瓶内气体压强增大，则瓶内气体就会将水压出来.

解法一 用嘴向管内吹气，使瓶内气体的压强增大，停止吹气后，瓶内的气体就能把瓶内的水压出来了.

解法二 给瓶加热，使瓶内气体的压强增大，瓶内的气体就能把瓶内的水压出来.

例 13 图 4－12 中所示的是马略特瓶.瓶内盛有水，瓶的侧壁上有三个被木塞塞住的小孔，两端开口的管 d 内未进水，其底端与 b 等高.

(1) 若拔去 a 塞，会有什么现象发生？

(2) 若拔去 b 塞，会有什么现象发生？

(3) 若拔去 c 塞，会有什么现象发生？

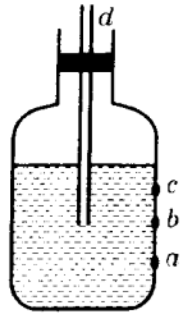


图 4－12

分析 a 处水的压强 $p_a=p_0+\rho gh_{ab}$，其中 p_0 是大气压，h_{ab}是 a、b 两处的高度差.由于 $p_a>p_0$，故拔去 a 塞后，有水从 a 孔流出.当水从 a 孔流出时，瓶内水面降低，封闭空气的体积增大、压强减小，外面的空气会通过 d 管进入瓶内，使瓶内封闭空气的压强增大，使 d 管下端到水面之间的水产生的压强与水面上方空气的压强之和等于玻璃管下端处的大气压强.因此，在瓶内水面降至 b 处之前，a 处水的压强始终为 $p_a=p_0+\rho gh_{ab}$不变，在这段时间内，水以稳定的速度流出，不会因为水面下降而使水越流越慢.当瓶内水面降至低于 b 处后，a 处水的压强就会小于 $p_0+\rho gh_{ab}$，而且随着水面越来越低，a 处水的压强会越来越小，因此在这段时间内，仍有水从 a 孔流出，但越流越慢.水面到达 a 时，再没有水从 a 孔中流出，整个系统达到平衡.

c 处水的压强 $p_c=p_0-\rho gh_{bc}$，其中 h_{bc}是 b、c 两处的高度差.由于 $p_c<p_0$，故拔去 c 塞后，外界有空气从 c 孔中进入瓶内，使瓶内封闭气体的压强增大.瓶内封闭气体的压强增大后，就有水被压进 d 管，直到 d 管内水面与 c 孔等高时，c 孔内外压强相等，空气停止进入 c 孔，整个系统达到平衡.

b 孔内外压强相等，故拔去 b 塞后，整个系统处于平衡状态，空气不进入瓶内，瓶内的水也不流出.

解 (1) 若拔去 a 塞，水开始稳定地流出，至瓶内水面降至 b

处后，水越来越慢地流出. 瓶内水面降至 a 处时，整个系统达到平衡.

(2) 若拔去 b 塞，空气不进入瓶内，瓶内的水也不流出.

(3) 若拔去 c 塞，外界有空气从 c 孔中进入瓶内，有水进入 d 管. 至 d 管内水面与 c 孔等高时，整个系统达到平衡.

例 14 一个球用密度为 $2\times10^3\text{kg/m}^3$ 的金属制成，在空气中称时，弹簧秤的示数是 14.7 N；浸没在水中称时，弹簧秤的示数是 4.9 N. 问这个球是空心的还是实心的？

分析 由题意可知球的质量，由浮力的求法可算出球的体积. 要判断该金属球是空心的还是实心的，有三种办法：一是利用上述质量和体积求出球的实际密度，看这密度是小于还是等于题中给出的 $2\times10^3\text{kg/m}^3$；二是利用上述质量和题中给出的密度求出实心球的体积，看这个体积是小于还是等于上述体积；三是利用上述体积和题中给出的密度求出实心球的质量，看这个质量是大于还是等于上述质量.

下面，我们用第二种办法来求解. 同学们可试一试用其他两种方法求解.

解 金属球的质量

$$m=\frac{G_{空}}{g}=\frac{14.7}{9.8}=1.5(\text{kg})$$

金属的体积

$$V=\frac{m}{\rho_{金}}=\frac{1.5}{2\times10^3}=0.75\times10^{-3}(\text{m}^3)$$

金属球浸没在水中时受到的浮力

$$F_{浮}=G_{空}-G_{水}=14.7-4.9=9.8(\text{N})$$

根据阿基米德原理可知，金属球排开的水的体积

$$V_{排}=\frac{F_{浮}}{\rho_{水}g}=\frac{9.8}{1\times10^3\times9.8}=1\times10^{-3}(\text{m}^3)$$

∵ $V_{排} > V$

∴ 金属球是空心的.

例 15 漂浮在杯中液面上的冰块熔化后,杯中液面的高度如何变化?设冰块熔化后,杯中无液体溢出.

分析 冰块能漂浮在液面上,因此 $\rho_{冰} < \rho_{液}$. 冰熔化成水后,$\rho_{冰} < \rho_{水}$. 仅仅根据题意,是无法比较 $\rho_{水}$ 和 $\rho_{液}$ 的大小.

解 由于冰块漂浮在液面上,根据二力平衡知识可知

$$F_{浮} = G_{冰}$$

即

$$\rho_{液} g V_{排} = \rho_{冰} g V_{冰}$$

$$V_{排} = \frac{\rho_{冰}}{\rho_{液}} V_{冰} \qquad ①$$

冰熔化后,质量不变,即

$$m_{冰} = m_{水}$$

$$\rho_{冰} V_{冰} = \rho_{水} V_{水} \qquad ②$$

将②式代入①式,有

$$V_{排} = \frac{\rho_{水}}{\rho_{液}} V_{水}$$

若 $\rho_{液} = \rho_{水}$,则 $V_{排} = V_{水}$,冰熔化后液面高度不变;

若 $\rho_{液} < \rho_{水}$,则 $V_{排} > V_{水}$,冰熔化后液面高度下降;

若 $\rho_{液} > \rho_{水}$,则 $V_{排} < V_{水}$,冰熔化后液面高度上升.

例 16 漂浮在杯中水面上的冰块内分别含有铁粒、木块和气泡,冰块熔化后,杯中水面高度如何变化?

解 (1) 若冰块内含有铁粒,则设铁粒质量为 $m_{铁}$,密度为 $\rho_{铁}$. 冰块熔化前,根据阿基米德原理和二力平衡

$$\rho_{水} g V_{排} = (m_{冰} + m_{铁}) g$$

即

$$V_{排} = \frac{m_{冰}}{\rho_{水}} + \frac{m_{铁}}{\rho_{水}}$$

冰完全溶化后,铁粒和冰溶化成的水的总体积

$$V_{熔}=\frac{m_{冰}}{\rho_{水}}+\frac{m_{铁}}{\rho_{铁}}$$

$\because$ $$\rho_{铁}>\rho_{水}$$

$\therefore$ $$V_{熔}<V_{排}$$

即冰全部熔化后,杯中的水面会下降.

(2) 若冰块内含有木块,设木块的质量为 $m_{木}$,密度为 $\rho_{木}$,则冰熔化前

$$\rho_{水}gV_{排}=(m_{木}+m_{冰})g$$

$$V_{排}=\frac{m_{木}}{\rho_{水}}+\frac{m_{冰}}{\rho_{水}}$$

冰全部熔化后,冰化成水的体积

$$V_{熔}=\frac{m_{冰}}{\rho_{水}}$$

木块会浮在水面上,所以有

$$\rho_{水}gV_{木排}=m_{木}g$$

$\therefore$ $$V_{木排}=\frac{m_{木}}{\rho_{水}}$$

由以上各式可知,

$$V_{熔}+V_{木排}=V_{排}$$

即冰全部熔化后,杯内水面高度不会变.

(3) 若冰块内含有气泡,由于气泡的质量很小,可忽略不计,故冰熔化前排开水的体积

$$V_{排}=\frac{m_{冰}}{\rho_{水}}$$

冰全部熔化后的体积

$$V_{熔}=\frac{m_{冰}}{\rho_{水}}=V_{排}$$

故冰全部熔化后,杯中水面高度不变.

图 4－13

例 17 某一合金浸在水银与水两种液体的分界面处而静止不动,如图 4-13 所示.若浸没在水和水银中的体积之比为 2:5,求这种合金的密度.

分析 合金球受三个力作用:重力 mg、水银的浮力、水的浮力.在这三个力的作用下,合金球处于静止状态,因此二浮力的合力与重力 mg 平衡.

解 设合金球的体积为 V,由题意可知合金球浸在水中的体积 V_1 和浸在水银中的体积 V_2 满足

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = V \\ \dfrac{V_1}{V_2} = \dfrac{2}{5} \end{cases}$$

$$\therefore \qquad \begin{cases} V_1 = \dfrac{2}{7}V \\ V_2 = \dfrac{5}{7}V \end{cases}$$

设合金球的密度为 ρ,水的密度为 ρ_1,水银的密度为 ρ_2,由力的平衡的知识可知

$$mg = \rho_1 g V_1 + \rho_2 g V_2$$

即 $$\rho V g = \rho_1 g \cdot \frac{2}{7}V + \rho_2 g \cdot \frac{5}{7}V$$

$$\therefore \quad \rho = \frac{2}{7}\rho_1 + \frac{5}{7}\rho_2 = \frac{2}{7} \times 1 \times 10^3 + \frac{5}{7} \times 13.6 \times 10^3$$

$$= 10 \times 10^3 (\mathrm{kg/m^3})$$

也就是说,该合金的密度为 $10 \times 10^3 \mathrm{kg/m^3}$.

例 18 一只装载着石块的船浮在水池中,如果将石块投入水里,池中水面的高度会不会发生变化?

分析 石块投入水中前,船和石块的整体受到的浮力

$$F_{浮} = G_{石} + G_{船}$$

石块投入水中后，船仍漂浮在水面上，此时船所受的浮力

$$F'_{浮1} = G_{船}$$

石块投入水中会下沉，此时石块受到的浮力

$$F'_{浮2} < G_{石}$$

石块投入水中后，石块和船受到的浮力之和

$$F'_{浮} = F'_{浮1} + F'_{浮2} < G_{船} + G_{石}$$

$$\therefore \quad F'_{浮} < F_{浮}$$

根据阿基米德原理可知，石块投入水中后，船和石块排开的水的总体积会减小，所以池中水面会下降.

解 池中水面的高度会下降.

例 19 一木块浮在水面上，如果把质量为 m_1 的铁块放在木块上面，刚好能使木块淹没在水中，如图 4-14(a)所示. 如果把质量为 m_2 的铁块系在木块下面，也刚好能使木块淹没在水中，如图 4-14(b)所示. 求 m_1 与 m_2 的比值.

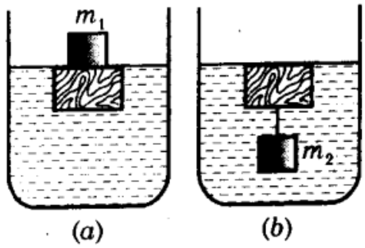


图 4-14

解 在图 4-14(a)所示的情况下，将木块和 m_1 看作一个整体，设木块的质量为 m，根据二力平衡的知识，有

$$F_{木浮} = mg + m_1 g$$

$$\therefore \quad m_1 g = F_{木浮} - mg \tag{1}$$

在图 4-14(b)所示的情况下，将木块和 m_2 看作一个整体，根据二力平衡的知识，有

$$F_{木浮} + F_{铁浮} = mg + m_2 g$$

$$\begin{aligned} \therefore \quad m_2 g &= F_{木浮} + F_{铁浮} - mg \\ &= F_{木浮} - mg + \rho_{水} g V_{铁} \\ &= F_{木浮} - mg + \frac{\rho_{水}}{\rho_{铁}} m_2 g \end{aligned}$$

即
$$m_2 g=\frac{F_{木浮}-mg}{1-\frac{\rho_{水}}{\rho_{铁}}}=\frac{\rho_{铁}(F_{木浮}-mg)}{\rho_{铁}-\rho_{水}} \quad ②$$

①、②两式相比，得

$$\frac{m_1}{m_2}=\frac{F_{木浮}-mg}{\frac{\rho_{铁}(F_{木浮}-mg)}{\rho_{铁}-\rho_{水}}}=\frac{\rho_{铁}-\rho_{水}}{\rho_{铁}}=\frac{7.9-1}{7.9}\approx 0.87$$

例 20 一只 U 形管，左端封闭，右端开口，内盛水. 左端内的水中有一封闭有空气柱的倒扣着的玻璃杯，杯处于静止状态，如图 4－15 所示，如果向开口一端的管中再加一些水，那么，含有空气柱的玻璃杯是上浮，是下沉，还是仍保持静止？为什么？

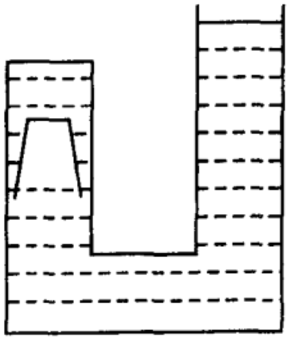


图 4－15

解 玻璃杯会下降.

因为玻璃杯处于静止状态时，封闭有空气柱的玻璃杯所受的重力与所受的浮力平衡. 若向开口端的管中再加一些水，玻璃杯所在处所受的液体压强就会增大，玻璃杯内的空气也就会被进一步压缩，杯内封闭空气的体积减小，封闭有空气柱的玻璃杯所受的向上的浮力就会减小，此时浮力就小于重力，玻璃杯会下沉.

例 21 公共厕所自动冲洗用的水箱里有一个圆柱形浮筒 P，出水管口有一个圆片形盖子，如图 4－16 所示，两者用短链相连. 若水箱的深度足够，要实现自动定时冲水，应满足的条件是

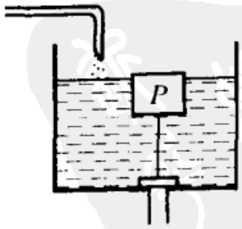


图 4－16

A．只要浮筒的体积足够大

B．只要浮筒的质量足够小

C．盖子必须比浮筒 P 轻

D. 浮筒 P 的横截面积必须大于盖子的横截面积

分析 设浮筒重 G_1、横截面积为 S_1，盖子重 G_2、横截面积为 S_2，短链拉紧时浮筒底至水箱底的距离为 l，水深为 h.

以浮筒为研究对象，浮筒受三个力作用：重力 G_1、浮力 $F_浮$、短链向下的拉力 T. 根据阿基米德原理，浮筒所受浮力

$$F_浮 = \rho g V_排 = \rho g S_1(h-l) \quad ①$$

短链向下的拉力

$$T = F_浮 - G_1 = \rho g(h-l)S_1 - G_1 \quad ②$$

以盖子为研究对象，盖子受三个力作用：重力 G_2、水向下的压力 $F_压$、短链向上的拉力 T'. 其中 $T'=T$（相互作用力大小相等）. 水对盖子向下的压力

$$F_压 = pS_2 = \rho g h S_2 \quad ③$$

要将盖子提起，则

$$T > G_2 + F_压 \quad ④$$

将②、③两式代入④式，有

$$\rho g(h-l)S_1 - G_1 > G_2 + \rho g h S_2$$

即

$$\rho g h(S_1 - S_2) > G_1 + G_2 + \rho g l S_1$$

∴

$$S_1 - S_2 > \frac{G_1+G_2}{\rho g h} + \frac{lS_1}{h} > 0$$

即

$$S_1 > S_2$$

解 答案D正确.

例22 按照一定的重量要求，为生活在古代世界的国王吉耶龙定做了一顶王冠. 该王冠在空气中称得重为 9.81 N，而在水中称得其重则为 9.22 N，古希腊学者阿基米德在没有损坏成品的情况下，确定了这顶王冠是否是用纯金制造的. 试问阿基米德是如何判断的？已知金的密度是 19.3 g/cm^3.

解 阿基米德是在假定该王冠是由纯金制得的前提下，根据密度公式算出此王冠的体积 V，然后再根据它在水中受浮力的关

系算出其实际体积 V'，再比较 V 和 V'，看其是否相等，即可对该王冠是否由纯金制成作出判断．按照阿基米德的思路，具体演算如下．

假设王冠由纯金制成，以 G_1 表示它在空气中的重量，则由密度公式可知其体积 V 应为

$$V=\frac{G_1}{\rho g}=\frac{9.81}{19.3\times10^3\times9.8}\mathrm{m}^3=0.052\times10^{-3}\mathrm{m}^3$$

又设该王冠在水中时排开水的体积为 V'，此时称得其重为 G_2，则其所受浮力 F 的大小应等于 G_1 与 G_2 之差，即

$$G_1-G_2=F$$

又应有 $$F=\rho_{水}V'g$$

$$\therefore\quad V'=\frac{G_1-G_2}{\rho_{水}g}=\frac{9.81-9.22}{1\times10^3\times9.8}\mathrm{m}^3=0.060\ \mathrm{m}^3$$

比较 V' 和 V 可见，此王冠的实际体积（即它在水中时排开水的体积）大于纯金王冠的体积，故知该王冠不是由纯金制成的．

例 23 在一只装有水和油的杯子中悬浮着一块冰（冰块的上表面已完全浸没在油中），当冰熔化之后，总液面的高度将如何变化？这时，水和油的分界面将向什么方向移动？

分析 冰熔化后，杯中原有的水和油的体积不会发生变化，因此，只需比较原有冰块的体积和这块冰熔化后所得水的体积两者的大小，即可确定冰熔化后杯内总液面高度的变化情况．

为确定冰熔化后，水和油的分界面移动的情况，则需比较原来冰块浸在水中部分的体积和冰熔化后所得水的体积两者的大小．

解 由于冰的密度小于水的密度，故冰熔解成水后，所得水的体积将小于原来冰块的体积，可见冰熔解后，杯中的总液面将下降．

当冰悬浮在水和油中时，它所受到的浮力大小与其重力大小相等．设冰块的体积为 V，它浸没在水中部分的体积为 V_1，则它浸没在油中部分的体积为 $V-V_1$．此时冰块所受浮力为水对它的

浮力与油对它的浮力之和，即

$$G = F_{水浮} + F_{油浮}$$

∴ $$\rho_{冰} Vg = \rho_{水} V_1 g + \rho_{油}(V - V_1)g$$

故得 $$V_1 = \frac{\rho_{冰} - \rho_{油}}{\rho_{水} - \rho_{油}} V$$

以 V' 表示冰熔化后所得水的体积，则有

$$\rho_{冰} V = \rho_{水} V'$$

∴ $$V' = \frac{\rho_{冰}}{\rho_{水}} V$$

由此可得

$$V' - V_1 = \frac{\rho_{冰}}{\rho_{水}} V - \frac{\rho_{冰} - \rho_{油}}{\rho_{水} - \rho_{油}} V$$

$$= \frac{\rho_{油}(\rho_{水} - \rho_{冰})}{\rho_{水}(\rho_{水} - \rho_{油})} V$$

∵ $$\rho_{水} > \rho_{冰}, \quad \rho_{水} > \rho_{油}$$

∴ $$V' - V_1 > 0$$

即 $$V' > V_1$$

可见，冰熔化后，杯中水和油的分界面将向上移动.

例 24 一个体积为 V 的实心长方体，放入水里，静止时长方体能浮在水面.现将它露出水面的部分切去，再把它的剩余部分放入水里.若要求长方体剩余部分静止时，露出水面的体积 V' 与长方体的体积 V 的比值最大，则长方体的密度应为多少？

分析 以 ρ_1 和 ρ_2 分别表示水的密度和此长方体的密度，以 V 表示长方体的体积，V_1 表示长方体静止在水面时长方体浸没在水中部分的体积，则由此时长方体的重力与其所受的浮力大小相等有

$$\rho_2 Vg = \rho_1 V_1 g$$

∴ $$\frac{V_1}{V} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

显然，以上比值仅由长方体的密度和水的密度来决定，而与长方体本身的体积大小无关.

解 由上面分析知，将原长方体静止在水面时露出水面部分切去后，其剩余部分的体积为

$$V_1=\frac{\rho_2}{\rho_1}V$$

若再将这部分投入水中静止时，它在水中部分的体积与其总体积 V_1 之比仍为$\frac{\rho_2}{\rho_1}$，这时，它露出水面部分的体积 V'则为

$$V'=\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)V_1=\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\cdot\frac{\rho_2}{\rho_1}V$$

则 V'与 V 的比值k 为

$$k=\frac{V'}{V}=\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\cdot\frac{\rho_2}{\rho_1}$$

显然，由于$\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)+\frac{\rho_2}{\rho_1}=1$ 为常量，故当 $1-\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{\rho_2}{\rho_1}$时，$k$ 有最大值，即

$$1=\frac{2\rho_2}{\rho_1}$$

$$\therefore\qquad \rho_2=\frac{1}{2}\rho_1$$

$$=\frac{1}{2}\times1\times10^3\text{kg/m}^3$$

$$=5\times10^2\text{kg/m}^3$$

即当此长方体的密度为 $5\times10^2\text{kg/m}^3$ 时，V'与 V 的比值最大.

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1. 三种材料的密度之比是 1:2:3，质量之比为 3:2:1，制成高度相同的圆柱体.将它们竖立在水平桌面上时，对桌面产生的压强之比为

A. 1:2:3　　B. 3:2:1　　C. 3:4:3　　D. 1:4:9

2. 图 4－17 所示的容器中盛有一定质量的水.若将它倒置，则水对容器底面的压力和压强变化情况是

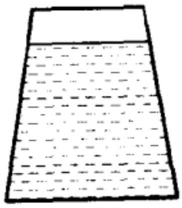


图 4－17

A. 压力减小，压强增大

B. 压力增大，压强减小

C. 压力和压强都增大

D. 压力和压强都减小

3. 在水平桌面上置有一长方体容器，容器的底面为边长为 a 的正方形，高为 b.当此容器充满水时，容器的一个侧壁所受水产生的压力与底面所受水产生的压力大小相等，则 $a:b$ 等于

A. 2:1　　B. 1:2　　C. 1:1　　D. 不能确定

4. 如图 4－18 所示，一个上细下粗的玻璃筒下端用一重力不计的薄片盖住后浸入水中，薄片因水的压力而不落下.若轻轻地往筒中注入 150 g 水后恰能使薄片下落，则下列哪种做法也可使薄片下落？

A. 在薄片的中央轻轻放一个 150 g 的砝码

B. 轻轻地往筒中注入 150 g 酒精

C. 轻轻地往筒中注入 150 g 水银

D. 将玻璃筒向下压一些

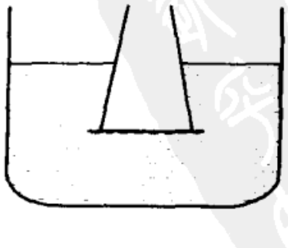


图 4－18

5. 如图 4－19 所示是一个水位控制器，A 为进水管，B 为出口.设在相等的时间内，A 处进水量比 B 处出水量小，则 B 处开始出水时，水位的高度和最后出水时最低

水位的高度分别为

A. h_1 和 h_2　　B. h_2 和 h_1

C. h_1 和 h_1　　D. h_2 和 h_2

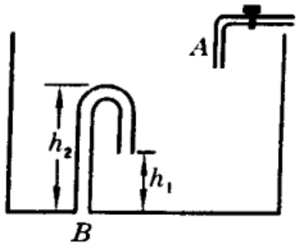


图 4－19

6. 学习了大气压强的知识后，某同学用一根 1 m 长的两端开口的直玻璃管做类似托里拆利测大气压的实验. 他先在玻璃管一端蒙上一块薄橡皮膜，使橡皮膜很平地将管的一端封闭. 然后将玻璃管开口端朝上灌满水，用手指堵住开口端倒过来插入水槽中. 放开手后，管内仍充满水，则橡皮膜的形状是

A. 向上凸起　　B. 向下凹降

C. 仍是平的　　D. 条件不足，无法判定

7. 某同学设计了一个如图 4－20 的抽水装置，其水管长度不超过 2 m，可以通过直杆 P 向上提起活塞 S. 那么，将活塞 S 向上提起的过程中，将会发生的现象是

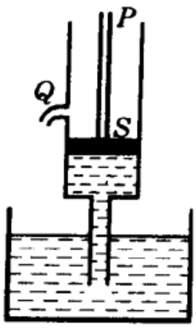


图 4－20

A. 活塞 S 上升到出水口 Q 之前，水将被向上抽起

B. 活塞 S 稍高于出水口 Q 时，水将从出水口 Q 流出

C. 活塞 S 稍高于出水口 Q 时，装置内水面会降至与槽内水面相平

D. 活塞 S 从出水口 Q 继续向上提起，装置内的水面保持与 Q 等高

8. 粗细均匀的长直蜡烛底部粘一小铁片后置于水中，蜡烛可直立地漂浮在水面上，并有一部分露出水面. 若沿水面切掉蜡烛露在水面上的一段，剩余在水中的部分将会

A. 沉入水下

B. 向上浮起，又有部分蜡烛露出水面

C. 悬浮在水中

D. 条件不足,无法判定

9. 一空心球恰好能悬浮在水中,则制作空心球的材料的密度 ρ 与水的密度 ρ' 相比较

A. $\rho=\rho'$　　B. $\rho<\rho'$

C. $\rho>\rho'$　　D. 无法比较

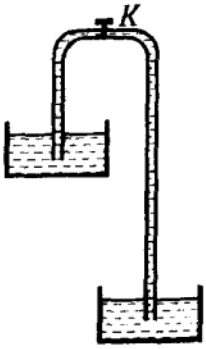


图 4-21

10. 两端开口的弯管中充满水,两端分别插入两水槽中.弯管的顶部装有阀门 K,原来 K 是闭合的,如图 4-21 所示.则打开阀门 K 后,管顶部的水流动情况是

A. 向左流　　B. 向右流

C. 不流动　　D. 无法判定

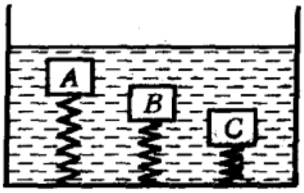


图 4-22

11. 如图 4-22 所示,A、B、C 是三个用不同材料制成的体积相同的物体.现将它们用相同的弹簧连接于容器底部,然后在容器中注入水使 A、B、C 三物体浸没于水中,三物体静止的位置如图所示,则

A. A 物体的密度最大

B. B 物体的密度最大

C. C 物体的密度最大

D. 三物体的密度相等

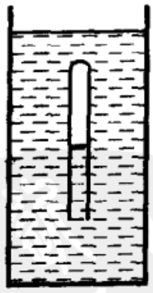


图 4-23

12. 如图 4-23 所示,在水中有一支试管处于悬浮状态.现用细棒在试管上端轻轻往下按一下,则

A. 试管将下沉,最后沉底

B. 试管将上浮,最后漂浮

C. 试管先下沉,然后回到原来位置

D. 试管先下沉,接着在原位置附近上下振动

13. 水底有个气泡,向上升的过程中(没有破裂),它所受到的浮力

A. 大小不变　　B. 逐渐减小

C. 逐渐增大　　D. 无法确定是否变化

14. 将质量相等的一个空心铁球和一个实心铁球放入足够深的水中,则

A. 空心铁球受到的浮力大些

B. 实心铁球受到的浮力大些

C. 两铁球受到的浮力一样大

D. 无法比较两铁球受到的浮力大小

15. 船上载着许多钢材,此时甲板离水面的高度为 h_1,如果把这些钢材都放到水中用绳挂于船下,甲板离水面的高度为 h_2. 则 h_1 与 h_2 相比较

A. $h_1 = h_2$

B. $h_1 < h_2$

C. $h_1 > h_2$

D. 无法比较

16. 如图 4－24 所示,容器中的水面上浮有木块 a 和 b,已知木块 a 和木块 b 的密度相等. 若将木块 a 从木块 b 上取下投入水中,则水面将

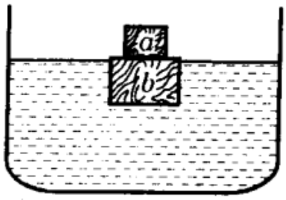


图 4－24

A. 升高

B. 降低

C. 不变

D. 不知木块密度,无法判断

17. 砖的标号表示砖能承受的最大压强. 例如,标号 100 的砖所能承受的最大压强为 $10^3 N/cm^2$. 如果用这种标号的砖来砌墙,墙最多能砌________ m 高. 已知 $\rho_{砖} = 1.8 g/cm^3$,砖缝中的泥忽略不计.

18. 如图 4－25 所示,一端封闭的 U 型管内盛有水银.若大气压为 76 cm 水银柱,那么水银柱对封闭端 A 处的压强是________.

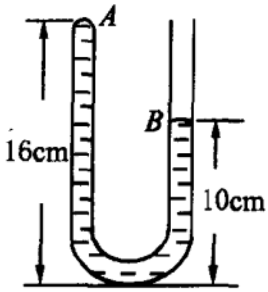


图 4－25

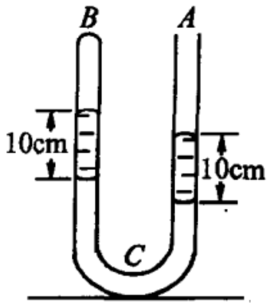


图 4－26

19. 如图 4－26 所示,竖直放置的 U 型玻璃管 A 端开口,B 端封闭,两侧竖管中各有一段长 10 cm 的水银柱,封住 B、C 两段空气柱.如果当时大气压是 75 cm 水银柱,则 C 中气体的压强是________,B 中气体的压强是________.

20. 将一个空心铝球放入水中,铝球恰好在水中悬浮,铝球的体积与中空部分的体积之比是__________.

21. 如 4－27 所示,木块的体积为 20 cm^3,密度为 $0.5\times10^3 kg/m^3$.在木块下方吊一质量为________ g 的铁块,恰好能使木块全部浸入水中.

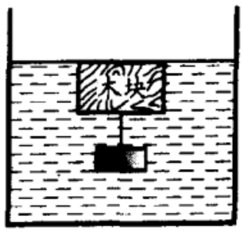


图 4－27

22. 有一圆柱体,用弹簧吊起来置于空气中时,弹簧伸长 10 mm;如果把它一半的体积浸入水中,弹簧伸长 4 mm.那么,这个圆柱体的密度是__________.

23. 水平桌面上有一叠圆形金属片,如图 4－28 所示摆放.最下面一块重为 G,面积为 S;与它相邻的上面一块金属片重为 $\frac{G}{2}$,面积为 $\frac{S}{2}$;第三块重为 $\frac{G}{4}$,面积 $\frac{S}{4}$;……以此类推,金属块的重和面

积均依次减半，一直叠下去.则每个金属片上表面所受的压强之比为________，桌面受到的压强为________.

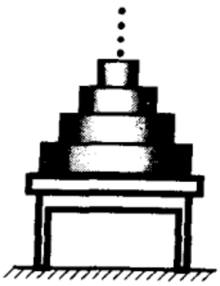


图 4－28

24．一只平底玻璃管重 0.1 N，管的底面积是 4 cm^2.若在管内装质量为 20 g 的铅粒，将玻璃管竖直放入水槽中.玻璃管静止后，有一部分露出水面.求

(1) 管底所受水的压强是多大？

(2) 管底处的深度是多少？

25．从水中捞起两块紧粘在一起的玻璃后，为何难将它们分开？怎样做才能轻松地将它们分开？

26．设地球表面大气压为 1 个大气压，地球半径为 6400 km，试估算地球表面的空气质量是多少？

27．星期天，石健和刘明到公园去玩.天热口渴，他们各买了一瓶汽水.刘明用吸管吸汽水，石健则嫌用吸管太细不过瘾，他要探索一种新的方法，便直接用嘴对准瓶口吸汽水.试问石健的实验能否成功？为什么？

28．把一端封闭、一端开口的玻璃管插入水中，玻璃管可以如图 4－29 所示那样竖直地浮在水中.设玻璃管的质量为 $m=40$ g，横截面积 $S=2$ cm^2，玻璃管壁厚度不计，管内空气质量不计，求管内外水面的高度差 h.

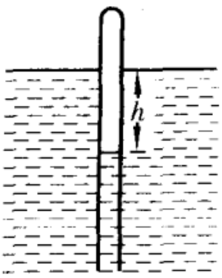
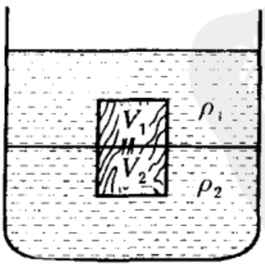


图 4－29



4－30

29．如图 4－30 所示，有一密度为 ρ 的均匀立方块，浮在两种

不相混合的液体的分界面上，它在上层液体中的体积为 V_1，在下层液体中的体积为 V_2，已知上层液体的密度为 ρ_1，试求下层液体的密度 ρ_2.

30．某食盐溶液的密度随深度 h 而变化，其变化规律为

$$\rho = \rho_0 + kh$$

式中 $\rho_0 = 1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$，$k = 0.01 \times 10^5 \text{kg/m}^4$. 向溶液中投放两只用一根 10 cm 长的线系在一起的小球 A 和 B，每个球的体积为 $V = 1\ \text{cm}^3$，其质量分别为 $m_A = 1.2$ g 和 $m_B = 1.4$ g. 如果每个球在溶液中都处于静止状态时，线是拉紧的. 求

(1) 此时小球 A 所处的深度；

(2) 此时细线对小球 A 的拉力大小.

31．在对平底船的船底进行预防性维修时，贴上了一层 3 cm 厚的塑料，把船放入水里后发现，船的水上部分的高度减少了 1.8 cm. 试求该塑料的密度.

32．一根长度为 3.5 m，直径 0.3 m 的圆柱形松木漂浮在水面上. 试问质量为多少的人可以站在此圆木上而不致沾湿双脚？已知松木的密度为 700 kg/m³.

第五讲　简单机械　功和能

竞赛导入

(一) 简单机械

1. 杠杆及其平衡条件

在力的作用下,能够绕固定点转动的硬棒叫做杠杆.杠杆的形状可以是多种多样的:可长可短、可粗可细、可方可圆、可直可弯.

杠杆绕着转动的固定点叫做杠杆的支点.从支点到力的作用线的垂直距离叫做力臂,力臂分动力臂和阻力臂两种.

杠杆处于静止状态或匀速转动的状态时,我们就说杠杆处于平衡状态.杠杆的平衡条件是:动力乘以动力臂等于阻力乘以阻力臂,即

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

或

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

当 $l_1 > l_2$ 时,$F_1 < F_2$,此时动力臂 l_1 是阻力臂 l_2 的多少倍,动力 F_1 就是阻力 F_2 的多少分之一.这样的杠杆是省力杠杆,但费距离.

当 $l_1 < l_2$ 时,$F_1 > F_2$,这样的杠杆是费力杠杆,但省距离.

当 $l_1 = l_2$ 时,$F_1 = F_2$,这样的杠杆既不省力也不费力,称为等臂杠杆.天平就是一种等臂杠杆.

2. 杠杆类简单机械

滑轮和轮轴都是变形的杠杆.

滑轮是一个周边有槽的小轮,它可以绕着装在框子里的轴

转动.

定滑轮的轴固定不动,它实质上是一个等臂杠杆.使用定滑轮不省力,但可以改变力的方向.

动滑轮的轴跟物体一起移动,它实质上是一个动力臂等于2倍阻力臂的杠杆.使用动滑轮可以省一半力,但不能改变力的方向.

定滑轮和动滑轮组合在一起叫做滑轮组.使用滑轮组既可以省力,也可以改变力的方向.使用滑轮组时,重物和动滑轮的总重由几段绳子承担,提起重物所用的力就是总重的几分之一.即动力

$$F = \frac{G}{n}$$

其中 G 为重物和滑轮的总重,n 为承担总重的绳子段数(即与动滑轮连接的绳子段数).

使用滑轮组时,如果物体上升的高度为 h,则绳子的自由端移动

$$s = nh$$

由轮和轴组成,能绕着共同轴线旋转的简单机械叫做轮轴.轮轴实质上是一种能够连续转动的杠杆,支点在轴心上,轮半径和轴半径就是两个力臂.轮轴转动时,轮转一周,轴也转一周.由杠杆平衡条件可知

$$F_1R = F_2r$$

其中 F_1 是作用在轮上的力,F_2 是作用在轴上的力.使用轮轴时,只有动力加在轮上才能省力,此时轮半径是轴半径的几倍,作用在轮上的动力就是作用在轴上的阻力的几分之一.使用轮轴也能改变用力方向.

3. 斜面及斜面类简单机械

斜面是一种常见的简单机械.使用斜面时,若不考虑摩擦,则斜面长 L 是斜面高的几倍,匀速将物体沿斜面向上推的力 F 就是物重 G 的几分之一,即

$$F = G\frac{h}{L}$$

利用斜面可以省力.对同样高的斜面,斜面越长越省力,但也要多移动距离.

螺旋是斜面类简单机械.利用螺旋举起重物时,若用 h 表示螺纹的螺距,用 L 表示螺旋把手的末端到螺旋轴线的长,用 F 表示作用在把手末端的力,用 G 表示物重,在不计摩擦的情况下,有

$$F = \frac{h}{2\pi L}G$$

由于 h 总是比 $2\pi L$ 小很多,因此 F 比 G 也就小很多.也就是说,使用螺旋可以省力.

(二) 功和功率

1. 功

做功的两个必要因素是:作用在物体上的力和物体在力的方向上通过的距离.以下三种情况下,力对物体不做功:一是没有力作用在物体上;二是有力作用在物体上,但物体没有移动位置;三是有力作用在物体上,物体也移动了一段距离,但移动的距离跟力的方向垂直.

功等于作用在物体上的力跟物体在力的方向上通过的距离的乘积.即

$$W = Fs$$

在国际单位制中,功的单位是焦(J).1 J=1 N·m.

2. 功率

功率是表示物体做功快慢的物理量.单位时间里完成的功,叫做功率.功率的计算公式是

$$P = \frac{W}{t}$$

如果在力 F 作用下,物体以速度 v 沿力 F 的方向做匀速运动,则物体通过距离 s 时,力 F 做功

$$W = Fs$$

力 F 做功的功率

$$P=\frac{W}{t}=\frac{Fs}{t}=Fv$$

在国际单位制中，功率的单位是瓦(W).

1 W = 1 J/s

1 kW = 10^3 W

3．功的原理

使用机械时，人们所做的功，都等于不用机械而直接用手所做的功．这个结论叫做功的原理．

功的原理也可以这样表述：使用任何机械都不省功．

功的原理是一个普遍的结论，对于任何机械都适用．

4．机械效率

机械工作的时候，对人们有用的功叫做有用功；对人们没有用，但又不得不做的功叫做额外功；动力对机械做的功叫做总功．总功等于有用功和额外功之和，即

$$W_{总}=W_{有用}+W_{额外}$$

有用功跟总功的比值叫做机械效率．机械效率的计算公式是

$$\eta=\frac{W_{有用}}{W_{总}}$$

机械效率是表征机械性能的一个物理量．在实际使用机械做功时，由于机械自重和摩擦力等因素的存在，有用功总是小于总功，所以实际机械的机械效率总是小于 1 的．

机械效率这个物理量没有单位．

实际应用时，往往把各种机械联合起来使用．如果各种机械的效率分别为 $\eta_1,\eta_2,\eta_3,\cdots,\eta_n$，那么整个装置的总效率

$$\eta_{总}=\eta_1\cdot\eta_2\cdot\eta_3\cdot\cdots\cdot\eta_n$$

(三) 机械能

一个物体能够做功，我们就说它具有能量．物体能做的功越多，它具有的能量就越大．物体做功时，它具有的能量要发生变化，

物体做了多少功，它具有的能量就要变化多少.

物体由于运动而具有的能量叫做动能. 运动物体的动能大小与物体的质量和速度有关：物体的质量越大，运动速度越大，动能也就越大.

物体由于被举高而具有的能叫做重力势能. 物体具有的重力势能大小与物体的质量和高度有关：物体的质量越大，举得越高，它具有的重力势能就越大.

物体由于弹性形变而具有的能叫做弹性势能. 物体的弹性形变越大，它具有的弹性势能就越大.

动能和势能统称为机械能.

势能可以转化为动能，动能也可以转化为势能. 在动能和势能相互转化的过程中，机械能的总量保持不变.

解法点拨 JIEFA DIANBO

(一) 从作用原理认识各类简单机械

杠杆和斜面是两类最基本的简单机械，滑轮和轮轴则是杠杆的变形，它们是怎样变形而得的，在滑轮和轮轴上，对应于杠杆的支点、动力、阻力、动力臂、阻力臂是什么？螺旋是斜面的变形，这是怎么变过来的？螺旋的哪些量与斜面的长和高是对应的？如果把这些问题都弄清楚了，则不仅对于解有关滑轮、轮轴和螺旋的问题大有帮助，而且也使我们对杠杆和斜面这两类最基本的简单机构有更深入的理解.

(二) 灵活认识物体的“转动轴”

在杠杆的转动过程中，保持不动的点称为支点. 实际上物体的转动大多是绕一个固定的转动轴进行的，支点就是在固定转动轴上支持杠杆的一点，当然这里所说的转动轴，有时不一定是真正存在的一根轴，只要杠杆能绕过那一点的轴转动而杠杆又未发生转动而处于平衡，便可以假设过那一点有一转轴即取那一点为杠杆的支点来列杠杆的平衡方程. 例如一根自重不可忽略的斜放着的

杠杆,一端在地面上的 A 点,另一端靠在竖直墙面上的 B 点,则这一根杠杆,它既可以绕 A 点转动,也可以绕 B 点转动,则对于它我们既可以假设 A 点为支点列杠杆平衡方程,也可以假设 B 点为支点列杠杆平衡方程.

例 将如图 5-1(1)所示的车轮推上高为 h 的台阶,问应在车轮上的何处,施以什么方向的力,才能最省力?

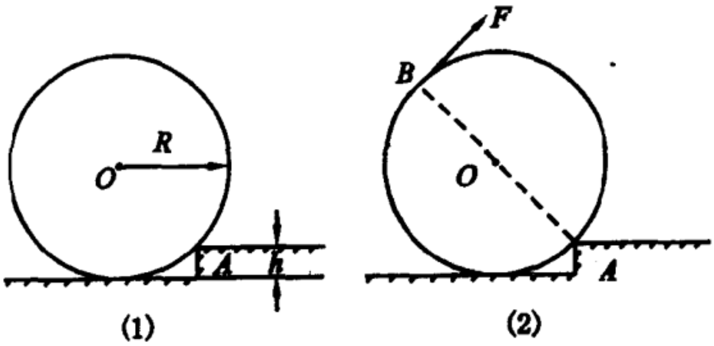


图 5-1

分析 把车轮推上台阶的过程中,车轮将绕台阶与轮缘的接触点 A 转动(注意不能机械地认为轮就是只能绕其轮心 O 转动),故此时可将车轮视为绕 A 点转动的杠杆,其阻力即为车轮本身的重力,而动力只能作用在车轮上.要使动力最小,则需动力臂应尽可能长.由图 5-1(2)可见,作用在车轮上的力能取的最长力臂是车轮的直径.

解 如图 5-1(2)所示,AB 为此轮的一条直径,则推力应作用于 B 点,其方向与 AB 垂直而斜向上,才能取得最省力的效果.

讨论 有人说此推力应作用于轮的最高点且沿水平向右方向才能最省力.这一说法是错误的,为什么?

(三) 正确理解和运用公式 $W=Fs$

运用这个公式时,要特别注意以下两点:

1. 公式中 s 是物体沿力的方向移动的距离,如果物体移动的

方向与力的方向相同,则我们说力对物体做了正功;如果物体移动方向与力的方向相反,则我们说力对物体做了负功,或者说物体克服力 F 做了功;如果物体移动方向与力的方向垂直,则力 F 对物体不做功.

2. 公式中 F 为大小和方向均不变的恒力,变化的力对物体做功的计算,可以采用分段处理或取平均值的方法,把变力化为恒力来处理.

【点面突破】

例 1 假若一架天平两臂不等长,还能用这架天平准确地测出物体的质量吗?怎样测?

分析 可以用"替代法"来测量(见第一讲例 5).也可以根据杠杆平衡的条件,利用"复称法"来测量.

解 先将待测物体放在天平的左盘内,在右盘内加放砝码,直至天平平衡,记下此时右盘内砝码的质量 m_1.

取出右盘内的砝码,将待测物体放在右盘内,在左盘内加放砝码,直至天平平衡,记下此时左盘内砝码的质量 m_2.

设天平左、右两臂长分别为 l_1、l_2.根据杠杆平衡条件可知,第一次天平平衡时

$$mgl_1 = m_1gl_2 \qquad ①$$

其中 m 是待测物体的真实质量.

天平第二次平衡时,有

$$m_2gl_1 = mgl_2 \qquad ②$$

①、②两式相比,得

$$\frac{m}{m_2} = \frac{m_1}{m}$$

因此,待测物体质量

$$m = \sqrt{m_1m_2}$$

例 2 给你一根木棒、一根细绳、一个弹簧秤(量程略小于木棒重),如何才能测出这根木棒的重?

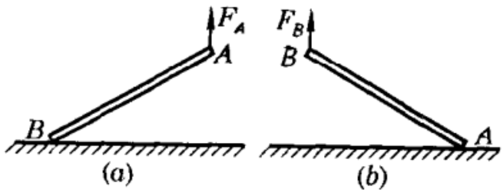


图 5-2

解 用细绳捆住木棒的 A 端,通过弹簧秤将木棒的 A 端略向上抬离地面,如图 5-2(a)所示.测出木棒 A 端所受竖直向上的拉力 F_A.以木棒 B 端为支点,根据杠杆的平衡条件,可知

$$F_A l_1 = G l_2 \quad ①$$

其中 l_1 是木棒的长,G 是木棒的重,l_2 是木棒重心到 B 端的距离.

同理,用细绳捆住木棒的 B 端,通过弹簧秤将木棒的 B 端略向上抬离地面,如图 5-2(b)所示.测出木棒 B 端所受竖直向上的拉力 F_B.以木棒的 A 端为支点,根据杠杆的平衡条件,可知

$$F_B l_1 = G(l_1 - l_2) \quad ②$$

①、②两式相加,得

$$(F_A + F_B) l_1 = G l_1$$

因此,木棒的重 $G = F_A + F_B$.

上述方法测得的 G 值与 l_1、l_2 无关.可见,用这样的方法测木棒的重,与木棒质量是否均匀无关.

例 3 轻质杠杆的两端分别挂重为 100 N 和 20 N 的实心铁球时,杠杆处于平衡状态.如果将这两个铁球同时浸没于水中,则杠杆还能平衡吗?

分析 “轻质”管杆是一个理想模型,即杠杆的质量不计,所受的重力不计.

铁球浸入水中前,两铁球对杠杆的拉力大小分别是 $F_1 = G_1 = 100$ N,$F_2 = G_2 = 20$ N.铁球浸入水中后,将受到浮力的作用,此时铁球对杠杆的拉力大小等于铁球重减去浮力.

解 设挂 100 N 的铁球处离支点 l_1(m)，挂 20 N 的铁球处离支点 l_2(m). 铁球浸入水中前，两铁球对杠杆的拉力大小分别是 $F_1 = G_1 = 100\ \text{N}$，$F_2 = G_2 = 20\ \text{N}$.

根据杠杆平衡条件，有

$$F_1 l_1 = F_2 l_2 \tag{①}$$

设水和铁的密度分别为 $\rho_{水}$、$\rho_{铁}$. 重 100 N 的铁球质量和体积分别为

$$m_1 = \frac{G_1}{g}$$

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_{铁}} = \frac{G_1}{g\rho_{铁}} \tag{②}$$

重 20 N 的铁球质量和体积分别为

$$m_2 = \frac{G_2}{g}$$

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho_{铁}} = \frac{G_2}{g\rho_{铁}} \tag{③}$$

重 100 N 的铁球浸没于水中时受到的浮力

$$F_{浮1} = \rho_{水} g V_1 = \frac{\rho_{水}}{\rho_{铁}} G_1 \tag{④}$$

重 20 N 的铁球浸没于水中时受到的浮力

$$F_{浮2} = \rho_{水} g V_2 = \frac{\rho_{水}}{\rho_{铁}} G_2 \tag{⑤}$$

重 100 N 的铁球浸没于水中时对杠杆的拉力

$$F_1' = G_1 - F_{浮1} = G_1\left(1 - \frac{\rho_{水}}{\rho_{铁}}\right) \tag{⑥}$$

重 20 N 的铁球浸没于水中时对杠杆的拉力

$$F_2' = G_2 - F_{浮2} = G_2\left(1 - \frac{\rho_{水}}{\rho_{铁}}\right) \tag{⑦}$$

两铁球都浸没入水中时，若要使杠杆平衡，则两力臂之比

$$\frac{l_1'}{l_2'}=\frac{F_2'}{F_1'}=\frac{G_2\left(1-\dfrac{\rho_{水}}{\rho_{铁}}\right)}{G_1\left(1-\dfrac{\rho_{水}}{\rho_{铁}}\right)}=\frac{G_2}{G_1} \qquad ⑧$$

由①式可知，两球都不浸入水中，杠杆平衡时，

$$\frac{l_1}{l_2}=\frac{F_2}{F_1}=\frac{G_2}{G_1} \qquad ⑨$$

比较⑧、⑨两式，得

$$\frac{l_1'}{l_2'}=\frac{l_1}{l_2}$$

也就是说，铁球浸没于水中后，杠杆仍能平衡.

例4 你一把杆秤(带有自己的秤砣)，一个玻璃瓶(瓶的质量比秤砣的质量小，但容积足够大)，一些细砂，一根细绳.要求只用这些器材测出上述杆秤的秤砣质量，你有什么方法?

分析 杆秤是一杠杆，可利用杠杆平衡条件来测量秤砣的质量.也可用替代法来测量.

解法一 如图5－3是杆秤的示意图.图中A是挂钩处(或挂秤盘处)，B是提钮处，O是零刻度处.

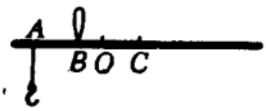


图5－3

若将秤砣放在O处，手提提钮，杆秤一定能平衡.设想此时有一同样的秤砣挂在B处，杆秤应仍平衡.

再设想挂在B处的秤砣移到A处，那么挂在零刻度处的秤砣必须向右移动AB长的距离，杆秤才能衡.取OC长等于AB长(可用细绳量)，则原在零刻度O处的秤砣必须移到图中C处，杆秤方可平衡.

此时杆秤上C处的刻度即为该杆秤秤砣的质量.

解法二 首先，取下杆秤上的秤砣，用细绳将瓶子系好，悬挂在杆秤的零刻度处.

然后，在瓶中加入细砂，直至杆秤平衡．这样，瓶及瓶中细砂的总质量就等于秤砣的质量．

最后，用杆秤称出装有细砂的玻璃瓶的总质量，即得到秤砣的质量．

例 5 “一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃．”三个和尚都不愿自己比别人多出力．你有办法可使三个和尚合抬一桶水时，并用同样大的力吗？

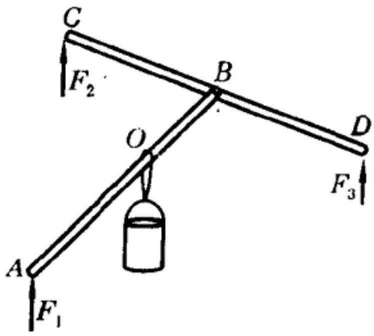


图 5－4

解 只要做一根如图 5－4 所示的丁字形扁担，抬法如图所示就行了．例如，若图中 AB 长 1.2 m，CD 长 1 m，AB 垂直于 CD．则只要 BC 长与 BD 长相等，AO 长等于 BO 长的 2 倍就行了．

例 6 如图 5－5 所示，一根均匀杠杆，每米长重 $G_0 = 30$ N．现以杆的 A 端为支点，在杆的 B 端施一竖直向上的力 F，在距杆的 A 端 $a = 0.2$ m 处挂一重为 $G = 300$ N 的重物．要使杠杆在水平位置平衡，问：杠杆多长时，加在 B 端的力 F 有最小值？这个最小值是多大？

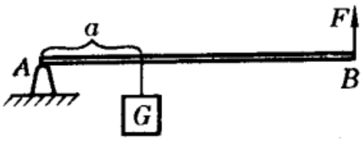


图 5－5

分析 如果不考虑杆重，则杠杆越长，力 F 就越小．若不考虑重物 G 的作用，则杠杆越长，杠杆就越重，力 F 就越大．

现在要考虑杆重，又要考虑重物 G 的作用，杠杆就既不是越长越好，也不是越短越好了．

解 设杠杆长为 L，则杆重为 G_0L，力 F 的力臂长为 L，杠杆所受重力的力臂长为 $\frac{L}{2}$．根据杠杆的平衡条件，有

$$FL = Ga + G_0L \cdot \frac{L}{2}$$

$$\therefore \qquad F = \frac{Ga}{L} + \frac{G_0L}{2}$$

$$= \left(\sqrt{\frac{Ga}{L}}\right)^2 + \left(\sqrt{\frac{G_0L}{2}}\right)^2 - 2\sqrt{\frac{Ga}{L}} \cdot \sqrt{\frac{G_0L}{2}}$$

$$+ 2\sqrt{\frac{Ga}{L}} \cdot \sqrt{\frac{G_0L}{2}}$$

$$= \left(\sqrt{\frac{Ga}{L}} - \sqrt{\frac{G_0L}{2}}\right)^2 + \sqrt{2GG_0a}$$

显然,当

$$\sqrt{\frac{Ga}{L}} - \sqrt{\frac{G_0L}{2}} = 0$$

即

$$L = \sqrt{\frac{2Ga}{G_0}} = \sqrt{\frac{2 \times 300 \times 0.2}{30}} = 2(\mathrm{m})$$

时,F 有最小值,为

$$F_{\min} = \sqrt{2GG_0a} = \sqrt{2 \times 300 \times 30 \times 0.2} = 60(\mathrm{N})$$

例 7 有一水果店,所用的秤是吊盘式杆秤,量程为 10 kg. 现有一较大的西瓜,超过此秤的量程. 店员 A 找到另一秤砣,与此秤砣完全相同,把它与原秤砣结在一起作为秤砣进行称量. 平衡时,双砣位于 6.5 kg 处. 他将此读数乘以 2 得 13 kg,作为此西瓜的质量,卖给顾客. 店员 B 对这种称量结果表示怀疑. 为了检验,他取另一西瓜,用单秤砣正常称量得 8 kg,用店员 A 的双秤砣法称量,得读数为 3 kg,乘以 2 得 6 kg. 由此证明了店员 A 的办法是不可靠的. 试问,店员 A 卖给顾客的那个西瓜的实际质量是多少千克?

解 如图 5-6 所示,设杆秤的提纽 C(即支点)与秤盘悬挂点 A 的距离为 d,零刻度 O 到支点 C 的距离为 l_0,秤杆上每千克刻

度长为 λ,秤砣质量为 m_0.

设秤杆和秤盘的重为 G,秤杆的拉力的力臂为 L(以 C 为支点).在秤盘中不放物体的情况下,为使秤平衡,秤砣应放在 O 点处.根据杠杆平衡条件,有

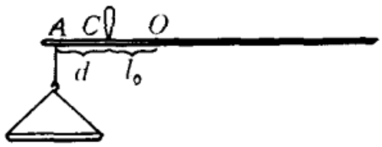


图 5-6

$$m_0 g l_0 = GL \quad ①$$

当秤盘中放有质量为 m 的物体时,要使杠杆平衡,秤砣应离 O 点 λm.根据杠杆平衡条件,有

$$m_0 g(l_0 + \lambda m) = mgd + GL \quad ②$$

由①、②两式,可得

$$mdg = m_0 \lambda mg$$

即

$$d = \lambda m_0 \quad ③$$

用双秤砣称量质量为 m 的物体时,设读数为 m',平衡时应有

$$mgd + GL = 2m_0 g(l_0 + \lambda m') \quad ④$$

将①式代入④式,有

$$md = m_0 l_0 + 2dm'$$

即

$$2m' = m - \frac{m_0 l_0}{d} \quad ⑤$$

因此,用 $2m'$ 作为称量结果时,其值与实际质量之差为

$$\Delta m = 2m' - m = -\frac{m_0 l_0}{d} \quad ⑥$$

此差值与待测物体的质量 m 无关.

由店员 B 的检验可知

$$\Delta m = -2\ \text{kg} \quad ⑦$$

既然 Δm 与所称物体质量无关,可知店员 A 卖给顾客的那个西瓜的实际质量为

$$m = 2m' - \Delta m = 13 + 2 = 15(\text{kg})$$

例 8 如图 5－7 所示，重为 G 的物体吊在滑轮 C 下，不计滑轮和绳质量和一切摩擦，为使物体处于静止状态，加在绳子端点的力 F 应为多大？

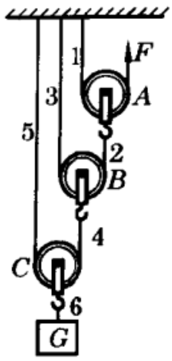


图 5－7

分析 在解决有关滑轮的问题时，若不计绳子质量及摩擦，可认为同一根绳对各物体的拉力大小相等. 例如，图 5－7 中绳 1 对滑轮 A 向上的拉力 F_1 大小就是 F.

以滑轮 A 为研究对象，滑轮 A 所受的力有三个：两个大小都为 F 的向上的拉力，绳 2 对它的向下的拉力 F_2. 由于滑轮 A 静止不动，因此

$$F_2=F_1+F=2F$$

同理，可知绳 3 对滑轮 B 向上的拉力 F_3 大小为

$$F_3=F_2=2F$$

绳 4 对滑轮 B 向下的拉力和对滑轮 C 向上的拉力 F_4 的大小为

$$F_4=F_2+F_3=4F$$

绳 5 对滑轮 C 向上的拉力 F_5 大小为

$$F_5=F_4=4F$$

绳 6 对滑轮 C 向下的拉力和对重物 G 向上的拉力 F_6 大小为

$$F_6=F_4+F_5=8F$$

取重物 G 为研究对象，它在重力 G 和拉力 F_6 作用下处于静止状态，因此

$$F_6=G$$

$$\therefore \quad F=\frac{G}{8}$$

解 $F=\dfrac{G}{8}$.

例 9 如图 5－8 所示,是一个提升物体的装置,在粗细不等的轴上分别按反方向缠绕着绳子.设粗轴的半径为 R_1,细轴的半径为 R_2,手柄至轴线的距离为 R,则当手柄按粗轴上绳子的缠绕方向旋转一周时,重物大约升高多少? 试讨论使用这个装置时省力的情况.

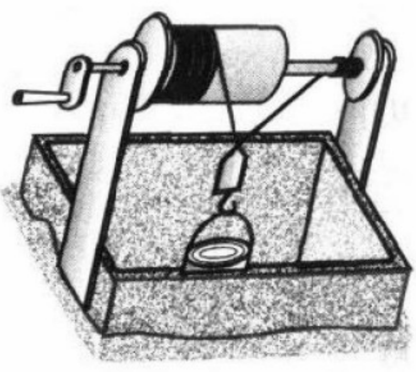


图 5－8

解 手柄旋转一周后,粗轴卷上了 $2\pi R_1$ 长的绳子,细轴则放下了 $2\pi R_2$ 长的绳子.也就是说,悬挂着的绳子缩短了 $2\pi(R_1-R_2)$.

由于有两段绳子与重物相连,故重物被提升了 $\pi(R_1-R_2)$.

设匀速提升重物时,垂直加在转动手柄上的力为 F,重物所受重力为 G,则手柄转动一周的过程中力 F 做功

$$W_F = F \cdot 2\pi R$$

将重物提升 $\pi(R_1-R_2)$ 的高度,需做功

$$W_G = G \cdot \pi(R_1 - R_2)$$

如果不计摩擦及滑轮重,由功的原理可知

$$W_F = W_G$$

即 $$F \cdot 2\pi R = G \cdot \pi(R_1 - R_2)$$

∴ $$F = \frac{R_1 - R_2}{2R}G$$

事实上,$2R > R_1 - R_2$,因此,利用该装置是可以省力的.如果 $2R$ 是 (R_1-R_2) 的几倍,力 F 就是重物重 G 的几分之一.

例 10 一辆汽车功率为 5.88×10^4W,在从甲地开往丙地的途中要经过乙地.已知从甲地到乙地的距离与从乙地到丙地

的距离相等，汽车的功率一定. 如果汽车匀速地从甲地到乙地时所受阻力为 3920 N，匀速地从乙地到丙地时所受阻力为 4900 N，求汽车从甲地到丙地的平均速度大小.

分析 汽车做匀速直线运动时，在水平方向上受到的两个力（牵引力和阻力）平衡，也就是说汽车的牵引力 F 和阻力 f 大小相等.

解 汽车从甲地匀速运动到乙地的过程中，汽车的功率

$$P = F_1 v_1$$

汽车的速度

$$v_1 = \frac{P}{F_1} = \frac{P}{f_1} = \frac{5.88 \times 10^4}{3920} = 15(\text{m/s})$$

汽车从乙地匀速运动到丙地的过程中，汽车的功率

$$P = F_2 v_2$$

汽车的速度

$$v_2 = \frac{P}{F_2} = \frac{P}{f_2} = \frac{5.88 \times 10^4}{4900} = 12(\text{m/s})$$

由平均速度的知识，可知汽车从甲地到丙地的平均速度大小

$$\bar{v} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = \frac{2 \times 15 \times 12}{15 + 12} = 13.3(\text{m/s})$$

例 11 飞机、轮船运动时受到的阻力大小与运动速度有关. 当运动速度很大时，阻力的大小与速度的平方成正比. 如果这时要将飞机、轮船做匀速运动的速度增大到原来的 2 倍，则发动机的输出功率要增大到原来的几倍?

解 当飞机、轮船的速度很大时，所受阻力的大小 f 与速度 v 的平方成正比，即

$$f = kv^2 \tag{①}$$

其中 k 为比例系数，与 v 的值无关.

飞机、轮船做匀速运动时，所受阻力 f 与牵引力 F 平衡. 发动

机的输出功率

$$P = Fv = fv \qquad ②$$

将①式代入②式，有

$$P = kv^2 \cdot v = kv^3 \qquad ③$$

当飞机、轮船的速度由 v 增大到 $2v$ 时，发动机的输出功率

$$P' = k \cdot (2v)^3 = 8kv^3 \qquad ④$$

由③、④两式可知

$$P' = 8P$$

即发动机的输出功率增大为原来的 8 倍.

例 12 一块长 4 m 的木板，一端放在地上，另一端搁在离地面 1 m 高的汽车车厢上. 装卸工人把一个重 4×10^3 N 的木箱沿着木板匀速推到车厢里，若木箱受到的摩擦阻力为木箱重的 0.25，则

(1)装卸工人沿木板向上推木箱的力多大?

(2)该斜面的机械效率多大?

分析 装卸工人在沿木板将木箱推上汽车的过程中，做的功是总功. 如果不利用斜面，要将木箱匀速提高 $h=1$ m，需做功 Gh，这个功是有用功. 在将木箱沿木板推上汽车的过程中，必须克服摩擦阻力做功 fl，这个功是额外功.

解 (1)在沿木板将木箱推上汽车的过程中，装卸工人做的功

$$W_{总} = Fl \qquad ①$$

其中 $l=4$ m 是木板长，F 是装卸工人沿木板向上推木箱的力.

在这个过程中，应做的有用功

$$W_{有用} = Gh \qquad ②$$

其中 $G=4\times10^3$ N 是木箱重，$h=1$ m 是斜面的高.

在这个过程中，做的额外功

$$W_{额外} = fl \qquad ③$$

其中 $f=0.25G=0.25\times4\times10^3=1\times10^3$(N)是木箱受到的摩擦

阻力大小.

$$\because \qquad W_{总} = W_{有用} + W_{额外} \qquad ④$$

将①、②、③式代入④式，有

$$Fl = Gh + fl$$

因此，装卸工人沿木板向上推木箱的力

$$F = \frac{Gh}{l} + f = \frac{4 \times 10^3 \times 1}{4} + 1 \times 10^3 = 2 \times 10^3(\mathrm{N})$$

(2)该斜面的机械效率

$$\eta = \frac{W_{有用}}{W_{总}} = \frac{Gh}{Fl} = \frac{4 \times 10^3 \times 1}{2 \times 10^3 \times 4} = 50\%$$

例13 如图 5－9 所示，某人利用动滑轮牵引物体 A 在水平地面上做匀速直线运动. 已知绕过动滑轮的绳子对固定墙 B 的拉力为 12 N，动滑轮的机械效率为 $\eta=75\%$，图中的绳子都与水平地面平行. 求物体 A 受到的地面的摩擦阻力多大?

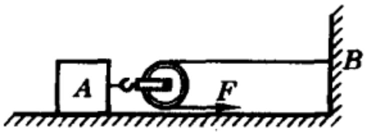


图 5－9

分析 由于动滑轮的机械效率 $\eta<1$，因此，绳与滑轮间有摩擦，此时拉力 F 与绳对固定墙的拉力 $T_1=12$ N 不相等.

解 设物体 A 受到的摩擦力大小为 f. 取滑轮为研究对象，滑轮受到三个水平力作用：物体 A 通过绳子向左拉滑轮的力 T_2，墙 B 通过绳向右拉滑轮的力 $T_1=12$ N，人通过绳子向右拉滑轮的力 F. 由于滑轮随物体 A 向右匀速运动，因此

$$T_2 = T_1 + F \qquad ①$$

以物体 A 为研究对象，物体 A 受到两个水平力的作用：滑轮通过绳子向右拉物体 A 的力(大小也是 T_2)，地面对物体 A 向左的摩擦力 f. 由于物体 A 做匀速运动，根据二力平衡的知识可知

$$T_2 = f \qquad ②$$

滑轮的机械效率

$$\eta=\frac{W_{有用}}{W_{总}}=\frac{fs}{F\cdot 2s}=\frac{f}{2F} \qquad ③$$

将②式代入①式，有

$$F=T_2-T_1=f-T_1 \qquad ④$$

将④式代入③式，有

$$\eta=\frac{f}{2(f-T_1)}$$

因此，物体 A 受到的摩擦力

$$f=\frac{2\eta T_1}{2\eta-1}=\frac{2\times 0.75\times 12}{2\times 0.75-1}=36(\text{N})$$

例 14 一台输出功率 $P_{出}=10\ \text{kW}$、效率为 80% 的电动机，带动一台效率是 70% 的起重机工作．当起重机匀速提起 1 t 货物时，货物上升的速度多大？在 1 s 内，电流对电动机做的功是多少?.

解 起重机对货物做功的功率

$$P_{起}=\eta_1 P_{出}=0.7\times 10\times 10^3=7\times 10^3(\text{W})$$

由功率的公式

$$P_{起}=Fv$$

可知，货物上升的速度

$$v=\frac{P_{起}}{F}=\frac{P_{起}}{G}=\frac{7\times 10^3}{10^3\times 9.8}=0.714(\text{m/s})$$

电动机消耗的电功率

$$P_{电}=\frac{P_{出}}{\eta_2}=\frac{10\times 10^3}{0.8}=1.25\times 10^4(\text{W})$$

1 s 内，电流对电动机做功

$$W_{电}=P_{电}t=1.25\times 10^4\times 1=1.25\times 10^4(\text{J})$$

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1．下列各种器材中，不是轮轴的有

A．收音机上选台用的旋钮　　B．自行车前轮的轮和轴

C．拧螺丝用的螺丝刀　　D．录音机的功能键

2．为了避免秤杆损坏，制秤时在秤杆两端各包上质量相等或相近的两块小铜片．现在秤杆一端的铜片脱落丢失，主人怕影响秤的准确性，把另一端的铜片也取了下来．用这样的杆秤来称量，结果是

A．称量出的读数比实际质量大

B．称量出的读数比实际质量小

C．不论两铜片的质量是否完全相等，都可以恢复秤的准确性

D．只有在两铜片的质量完全相等的情况下，才能恢复秤的准确性

3．一根均匀木条，支点在中点时恰好平衡．如果把右端锯下全长的$\frac{1}{4}$，并迭放在右端剩余部分的上面，则此木条

A．仍平衡　　B．右端下沉

C．左端下沉　　D．无法判断是否仍平衡

4．用如图5－10所示的滑轮组提升重物，能提高机械效率的方法是

A．改变绳子的绕法

B．增加提升的高度

C．减小提升的高度

D．增加重物的质量

5．如图5－11所示，滑轮本身

图5－10

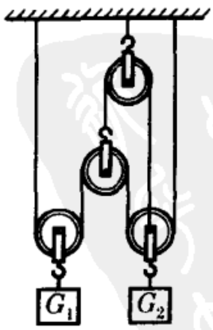


图5－11

的质量和摩擦阻力不计，整个系统处于平衡状态，重物 G_1、G_2 之间的关系是

A. $G_2=G_1$　　B. $G_2=\frac{3}{2}G_1$

C. $G_2=2G_1$　　D. $G_2=\frac{2}{3}G_1$

6. 在水平桌面上放一个重 120 N 的物体 A，物体 A 与桌面间的摩擦力大小为 60 N. 若用图 5－12 所示的滑轮组使物体在桌面上匀速移动，则水平拉力 F 应该是

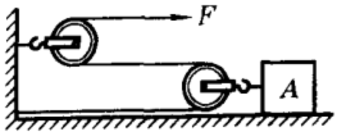


图 5－12

A. 30 N　　B. 60 N　　C. 120 N　　D. 180 N

7. 甲、乙两个相同的乒乓球在离地相同的高度处，分别以 v_1 和 v_2 的速度竖直向下抛出，且 $v_1>v_2$，那么

A. 反弹的高度相比较，甲球大于乙球

B. 总机械能相比较，甲球大于乙球

C. 反弹到最高处的动能相比较，甲球等于乙球

D. 反弹到最高处的重力势能相比较，甲球等于乙球

8. 如图 5－13 所示，利用动滑轮把重为 G 的物体匀速拉上长为 L、高为 h 的斜面，忽略一切摩擦和滑轮的重，则需用的力为

A. $F=\frac{GL}{2h}$　　B. $F=\frac{Gh}{L}$

C. $F=\frac{2Gh}{L}$　　D. $F=\frac{Gh}{2L}$

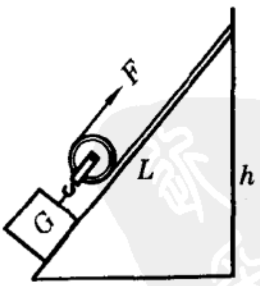


图 5－13

9. 有一块砖沿斜面匀速下滑，以下结论中正确的是

A. 砖的动能增大，重力势能减小

B. 砖的动能不变，重力势能减小

C. 砖的动能增大，重力势能不变

D. 砖的重力势能减小，机械能的总量保持不变

10. 滑轮组的机械效率是 80%，利用它可以用 100 N 的力匀速提起 400 N 的重物. 则此时负担重物和动滑轮重力的绳子股数是

A. 3 股　B. 4 股　C. 5 股　D. 6 股

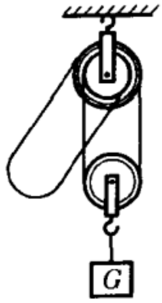


图 5-14

11. 差动滑轮装置如图 5-14 所示，两个连在一起的定滑轮同轴转动，绳在滑轮上不滑动. 设拉力为 F，重物重为 G，大定滑轮半径为 R，小定滑轮半径为 r，则该装置的机械效率为

A. $\eta=\frac{Gr}{FR}$　B. $\eta=\frac{Gr}{2FR}$

C. $\eta=\frac{G(R-r)}{FR}$　D. $\eta=\frac{G(R-r)}{2FR}$

12. 一把均匀直尺放在水平桌面上，其全长的$\frac{1}{3}$伸出桌面，如图 5-15 示. 在直尺的 B 端挂一重 1 N 的物体 C 后，直尺的 A 端刚刚开始翘起，则此尺重________ N.

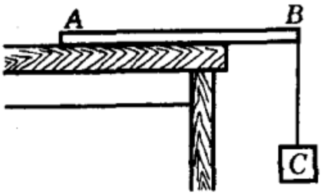


图 5-15

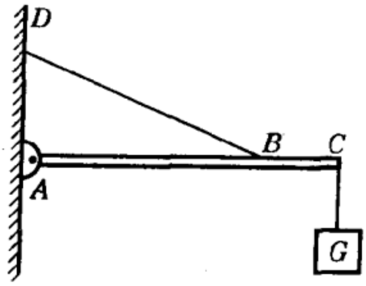


图 5-16

13. 如图 5-16 所示，重物挂在水平横杆的右端. 水平横杆左端有一可转动的固定轴（支点为 A），杆 AC 质硬但很轻. 当挂重物的悬点由 C 点向 A 点移动的过程中，BD 绳子的拉力将________（填变大、变小或不变）.

14. 举重螺旋的螺距为 0.5 cm，把手长为 0.4 m. 如果不考虑摩擦力的影响，当用 120 N 的力作用在把手末端时，此螺旋最多可将重________ N 的重物匀速举起.

15．功率为 60 kg 的电车 1 min 内匀速行驶了 600 m，它受到的阻力大小为________．当它上坡时，阻力增大为原来的 2.5 倍，则它的速度将减小为________．

16．有一水电站每秒钟水流量为 1000 m^3，水的落差为 40 m．如果水落下做的功全部都变成电能，该水电站的发电功率为__________kW．

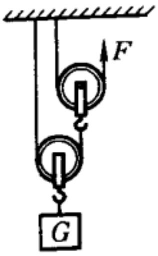


图 5－17

17．图 5－17 中，每个滑轮重 1 N，重物重 12 N，当重物匀速上升时，力 F 应为______N，整个装置的机械效率是 η＝______．

18．一青年人和一小孩都要过一条河沟．一个从河沟的左岸到右岸，一个从河沟的右岸到左岸．现两岸都有一块结实的木板，但每块木板都略短于河宽．试问该用什么办法可使此二人都能顺利到达对岸？

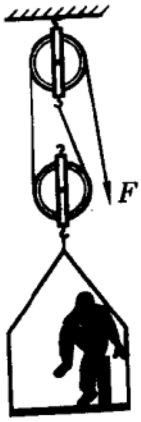


图 5－18

19．如图 5－18 所示，一人站在由滑轮组等组成的升降机内，人、动滑轮和吊篮的总质量为 160 kg，求在下述两种情况下使吊篮匀速上升所需要的拉力（不计摩擦）：

(1)由站在地面上的另一人拉绳子．

(2)由在升降机内的人自己拉绳子．

20．一实心物体浸没在水中（不接触容器底部）时，使原长 20 cm 的弹簧伸长 5 cm．如果用此弹簧及一重可忽略不计的杠杆安装成图 5－19 所示的装置，则当杠杆在水平位置平衡时，弹簧伸长到 27.5 cm，此时物体有 $\frac{1}{5}$ 的体积露出水面，求此物体的密度．已

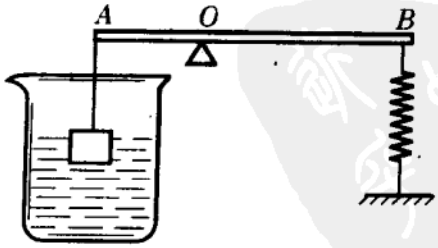


图 5－19

知图中 $BO=\frac{2}{3}AB$，$g=10\ \mathrm{N/kg}$.

21．如图 5－20 所示，由三块质量均匀、质量和形状完全相同的长方形木块搭积成梁，每个长方形木块长 12 cm，求 AB 间的最长距离.

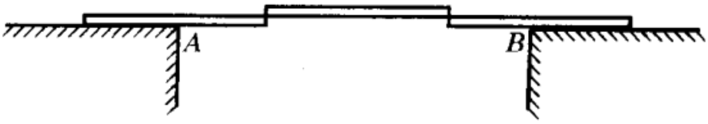


图 5－20

22．斜面长 0.5 m，高 0.2 m，用一个沿斜面向上的拉力把一重 2.7 N的木块匀速地从斜面底端拉到斜面顶端. 已知该斜面的机械效率是 90%，木块的运动速度大小为 0.1 m/s，求拉力的功率.

23．如图 5－21 所示，通过一滑轮组从水中提起一铜块. 已知铜块 A 的体积为 $0.01\ \mathrm{m^3}$，当铜块 A 全部浸没在水中时，匀速提起铜块的过程中作用在绳的自由端上的拉力 $F=450\ \mathrm{N}$，求此滑轮组的机械效率.

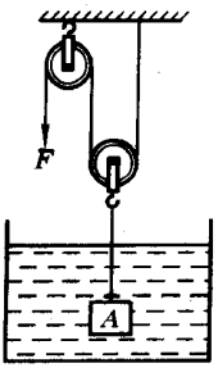


图 5－21

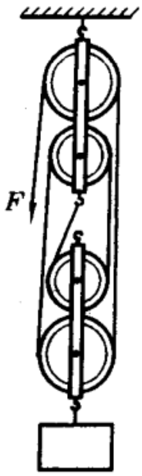


图 5－22

24．如图 5－22 所示，某人利用滑轮组来提升重物，若不计摩擦，将 800 N 的重物匀速提升时，人需用 250 N 的力拉绳子，问若

将 1000 N 的重物匀速提升,人应用多大的力?

25. 如图 5-23 所示,A、B 两物体体积相等,B 物体浸没于水中时,图中等臂杠杆恰好处于平衡状态,求两物体的密度之差.

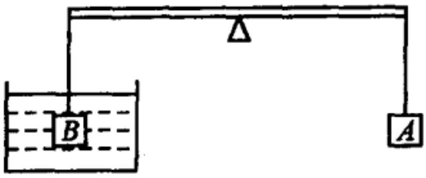


图 5-23

26. 为了保证市场的公平交易,我国已有不少地区禁止在市场中使用杆秤.杆秤确实容易为不法商贩坑骗顾客提供可乘之机.请看下例.

秤砣质量为 1 kg,秤杆和秤盘的总质量为 0.5 kg,定盘星到提纽的距离为 2 cm,秤盘到提纽的距离为 10 cm,如图 5-24 所示.若有人换了一个质量为 0.8 kg 的秤砣,售出 2.5 kg 的物品,物品的实际质量是多少?

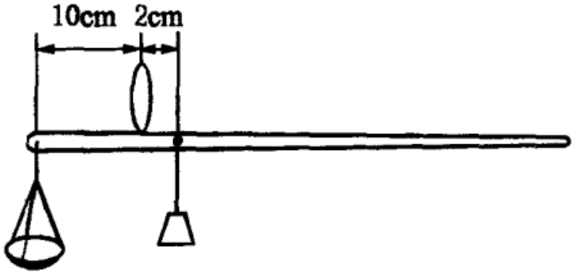


图 5-24

第六讲 热 学

竞赛导入

(一) 热现象

1. 温度

物体的冷热程度叫温度.

温度的高低可以用摄氏温度和热力学温度来表示,热力学温度 T 与摄氏温度 t 的关系是

$$T = t + 273\ \mathrm{K}$$

测量温度的装置是温度计,常用的温度计是根据液体的热胀冷缩的性质而制成的.在用温度计测温度时,应注意所测温度不能超过温度计的量程,测量中要正确操作和正确读数.

2. 熔解和凝固

固态、液态、气态是物质存在的三种状态,例如水的三种状态分别是固态的冰、液态的水和气态的水蒸气.

物质从固态变成液态叫熔化(例如冰熔成水),从液态变成固态叫凝固(例如水结成冰).

固体分成晶体和非晶体两大类,晶体都有一定的熔化温度,叫做它的熔点.非晶体熔化时没有固定的温度,即无熔点.

固体熔化成液体时要吸热,反之,液体凝固成固体时要放热.

3. 汽化和液化

物质由液态变成气态叫汽化,从气态变成液态叫液化.

汽化又包括蒸发和沸腾两种现象,蒸发是任何温度下都能发生并且是只在液体表面发生的汽化现象.影响蒸发快慢的因素有:温度的高低、液体表面积的大小、液体表面上气流的快慢.而沸腾

则是在一定温度下且在液体表面和内部同时进行的剧烈的汽化现象.

降低温度可以使气体液化,压缩气体的体积也可以使气体液化(但有些气体单靠压缩不能使它液化,还必须使它的温度降低到一定温度以下才能使它液化).

液体汽化时要吸收热量,气体液化时则要放出热量.

4. 升华和凝华

物质从固态直接变成气态叫升华,从气态直接变成固态叫凝华.物质在升华过程中要吸收热量,在凝华过程中要放出热量.

(二) 分子运动论

物质是由大量分子组成的.分子是极为微小的微粒,它的直径是用 10^{-10}m 来量度的.

扩散现象和其他的实验事实表明:一切物体的分子都在不停地做无规则的运动.

物体内部的分子间存在有间隙,分子之间有相互作用力,这种作用力既有引力又有斥力.当分子间距离为某一距离 r_0 时,引力刚好等于斥力,r_0 的大小也是用 10^{-10}m 来量度的.当分子间的距离大于 r_0 时,分子间的引力大于斥力,其总作用力表现为引力;当分子间的距离小于 r_0 时,分子间的引力小于斥力,其总作用力表现为斥力.

(三) 内能

1. 内能的概念

物体内部所有分子做无规则运动的动能和分子势能的总和,叫物体的内能.

内能与机械能是两种不同形式的能量.内能由物体内部分子热运动的情况和分子相互作用的情况来决定;机械能则由物体整体的机械运动情况来决定.

2. 内能的改变

做功和热传递都可以改变物体的内能.在不发生热传递的条

件下,外界对物体做功时,物体的内能增多,物体对外界做功时,物体的内能减少;在没有做功的条件下,物体吸收热量时,其内能增多,物体放出热量时,其内能减少.

(四) 热量的计算

1. 比热容

单位质量某物体温度升高1℃所吸收的热量叫这种物质的比热容,简称为比热,以字母 c 表示.

质量为 m 的物体,由于吸收了热量而使其温度由 t_1 升至 t_2 时,则其所吸收的热量为

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

2. 燃料的燃烧值

1 kg 某种燃料完全燃烧所放出的热量,叫做这种燃料的燃烧值.

(五) 内燃机

1. 汽油机

其工作原理是在气缸内燃烧汽油生成的高温高压燃气,使燃气推动活塞而对外做功.其工作过程包括吸气冲程、压缩冲程、做功冲程和排气冲程四个冲程循环进行.

2. 柴油机

其工作原理和工作过程都与汽油机基本相同,两者的差别主要在于:结构上柴油机气缸顶部没有火花塞,而有一个喷油嘴;工作过程中,汽油机靠火花塞产生的电火花点燃燃气,而柴油机则是利用压缩冲程末气缸内被压缩的空气温度已超过柴油的燃点,则当喷油机向缸内喷出雾状柴油时将立即在缸内燃烧起来.

3. 热机的效率

热机是利用燃料燃烧来做功的装置,用来做有用功的那部分能量和燃料完全燃烧放出的能量之比,叫热机的效率.内燃机和蒸汽机都是热机,其中,蒸汽机的效率只有6%～15%,汽油机的效

率是 20% ~30%，柴油机的效率是 30% ~45%.

解法点拨 JIEFA DIANBO

(一) 掌握基本概念是正确理解和解释热现象的基础

初中物理热学部分的问题，很多都是要求对一些简单热现象进行解释性的说明，这就要求对相关的概念有正确的理解，在此基础上才可能找出某一现象产生的前因后果，即它与周围环境的各种条件联系.显然，没有理解什么是汽化和液化及其产生的条件，没有理解什么是升华和凝华及其产生的条件，要说明任何一个物态变化现象是无从下手的.例如有一个这样的现象：在一个密封的瓶中盛有少量的水，然后急剧地将瓶内气体抽出，很快瓶内就出现冰块，要解释这一现象，就涉及影响蒸发快慢的因素，蒸发和蒸发吸热，凝固和凝固放热等，而如果还要对其进行定量计算，则还要涉及比热、熔解热、汽化热等.反之，如果对上述这些概念都很熟悉，则解释说明这一物理现象又是很容易的事了.

(二) 关于热平衡方程

一个由多个物体(或一个物体的各个部分)所组成的一个系统，经历了某一过程，在此过程中系统与外界无热交换而系统内各物体(或各部分)间有热交换，则这一过程中所有放热物体所放出的热量之总和(记为 $Q_{放}$)必等于所有吸热物体所吸收的热量之总和，即

$$Q_{放} = Q_{吸}$$

这就是热平衡方程.

由上可见，利用热平衡方程解题时，应该注意弄清楚的是：

1. 系统是由哪些物体组成的？2. 系统经历的过程如何？此过程中系统与外界是否无热交换？此过程中谁是放热物体，谁是吸热物体？放热和吸热各为多少？

利用热平衡方程解题，有时还涉及系统内物体发生了物态变化.对于这类问题，往往需根据物态变化的条件先对系统的最后状

态(或所求的状态)作出判断,再根据所判断出的情况列出热平衡方程才能对问题求解(例如,本讲"点面突破"例 18 就是这样一个例子).

(三) 关于内燃机的计算

内燃机把热能转化为机械能,它通过燃料在气缸内的燃烧推动活塞再带动曲轴转动而对外做功,计算内燃机做功时,值得注意的几点是:

1. 每个气缸内的活塞是连续经历四个冲程才做功一次,即对应于曲轴每转两周才做功一次,从时间上来说,即曲轴转动两周的时间内,只有转半周的时间对应为活塞做功的时间.

2. 内燃机气缸的缸数.内燃机有几个气缸,则曲轴每转两周,就共有几次做功.例如四缸内燃机,则曲轴每转两周共有四次做功.这样通过合理的配置就可以使得四缸内燃机在任何时刻都有且只有一个缸内的活塞在做功.

【点面突破】

例 1 量程都是 100℃ 的甲、乙、丙三支酒精温度计,最小刻度都是 1℃;玻璃泡的容积,甲大些,乙、丙相同;玻璃管的内径,甲、乙相同,丙粗些.由此可判断此三支温度计的相邻的两条刻度线间的距离

A. 甲最长,丙最短

B. 甲最短,丙最长

C. 乙最长,但不能比较甲与丙的长短

D. 乙最短,但不能比较甲与丙的长短

解 由于甲的玻璃泡容积最大,乙、丙相同,则都升高相同的温度时,甲内酒精膨胀增加的体积 $\Delta V_{甲}$ 最大,而乙、丙内酒精膨胀增加的体积较小,且两者相等,即 $\Delta V_{乙}=\Delta V_{丙}$.

$$\Delta V_{甲} > \Delta V_{乙} = \Delta V_{丙} \quad ①$$

由于酒精的体积膨胀,将会使玻璃管内酒精柱长度增加,以 S

表示玻璃管的内截面积(即酒精柱的截面积),则酒精的长度增加量为

$$\Delta l = \frac{\Delta V}{S} \qquad ②$$

(这里忽略了玻璃本身热膨胀造成的影响)由题述三者的内径大小是:甲、乙相同,丙粗些,即

$$S_{甲} = S_{乙} < S_{丙} \qquad ③$$

由①、②、③三式显然可以得到

$$\Delta l_{甲} > \Delta l_{乙} > \Delta l_{丙}$$

上述结论是对三者升高相同的任意一个温度值(在0℃至100℃范围内)而言的,当然对同时都升高1℃也是成立的.而对于同时都升高1℃,则Δl便表示温度计上相邻两刻度线间的距离,可见本题的正确答案是A.

例2 要给体温计消毒,应采用下述的哪种方法

A. 在沸水中煮

B. 在酒精灯火焰上烧

C. 用蘸了酒精的棉花球擦

D. 用自来水冲洗

解 体温计的刻度范围一般是35℃至42℃,而沸水的温度是100℃,酒精灯火焰的温度高达数百摄氏度,这些温度都远远超过体温计的量度范围.显然,如将体温计置于这种温度下,体温计会被损坏(会被胀破).

自来水可以清洁污物,但无杀菌的功能;而酒精则既可清洁污物,又有杀菌的功能,故给体温计清毒时应用蘸有酒精的棉球擦,而题述其他的办法都不行.故得本题答案应选C.

例3 假如我们要生产三种温度计:实验室用的能测出铅、锡熔点的温度计;便宜的测室温用的寒暑表;便宜的能测开水温度的温度计.假如我们手边可以利用的液体有:比较贵的水银、很便宜的甲苯和酒精.那么,制造每种温度计应该用哪种液体呢?说明

理由.

解 从初中物理课本上,我们可以查到:酒精的沸点是78℃,甲苯的沸点是111℃,水银的沸点是357℃,铅的熔点是328℃,锡的熔点是232℃,另外我们还知道开水的温度是100℃,通常的室温在40℃以下.我们选用某材料来制作某种温度计时,应使待测温度的最高值低于所选用的作为温度计材料的液体的沸点.由此,依题述要求应分别选用的是:

选用水银作为实验室用的能测出铅、锡熔点的温度计内的液体,选用甲苯作为能测开水温度的温度计内的液体,选用酒精作为测室温用的寒暑表内的液体.

例4 下列有关液体蒸发的说法中,正确的是

A. 液体蒸发时,液体本身的温度一定降低

B. 液体蒸发时,液体一定要从外界吸收热量

C. 液体在0℃以下是不会蒸发的

D. 液体蒸发将促使其分子的平均动能减少

解 液体蒸发时,是液体中做热运动最激烈的分子即动能较大的分子脱离液面而成为气体,这样,留下来在液体中的分子就是热运动动能较小的分子,可见单纯由于蒸发,将使液体的温度降低,分子的平均热运动动能减小.但蒸发过程中,由于液体温度与环境温度可能有差别,这样,液体与周围环境之间还可能发生热交换.由此,液体本身的温度不一定降低,液体也不一定是从外界吸热.例如,倒一杯开水放在室内,则杯内的水将一边蒸发一边向外散热.又如在烧热水时,水是一边蒸发一边升温.可见题述的选项A和B是不对的.蒸发是可以在任何温度下进行的,则在0℃以下同样是可以蒸发的.故题述选项C是不对的,由前述,单纯由于蒸发,将促使液体热运动动能大的分子减少,则液体分子的平均动能减少.故题述选项D是正确的.

例5 我国南方有一种陶土做的凉水壶,夏天将开水放入

后会很快冷却,且一般都比气温低,这是为什么?

解 陶土容器中的水可以渗透出来,到了容器壁外的水会很快地蒸发,蒸发时要从容器和它里面的水里吸收大量的热,因而使水温很快地降低.当水温降低到和气温一样时,水还会继续渗透、蒸发,还要从水中吸热,使水温继续降低.但因为水温低于气温后,水又会从周围空气中吸收热量,使水温不会降得过低.

例 6 用高压锅煮粥,熄火后,立即用冷水冷却锅盖,取下限压阀后打开锅盖,居然看到锅内粥还在继续沸腾,并持续一段时间.而用普通铝锅、铁锅煮粥时却看不到这一现象.造成这一现象的主要原因是

A. 高压锅比普通锅厚

B. 粥的温度高于 100℃,熄火后,若不取去限压阀不打开锅盖,粥也会在锅内继续沸腾并保持一段时间,只是看不见而已

C. 粥是粘稠状的不易冷却

D. 打开锅盖后,锅内气压降低

解 这一现象产生的原因是:熄火前,高压锅内由于锅盖的限压阀起着封闭作用,锅内气压可达到 2 大气压,温度可达 120℃.熄火后,将高压锅盖用冷水迅速冷却并打开锅盖时,由于锅内的粥并未冷却到 100℃以下,而外界的压强则已变为 1 大气压,即此时粥的温度仍超过水在 1 大气压下的沸点,故粥将继续沸腾,直至其温度降至 100℃为止.可见产生题述现象的主要原因是由于打开锅后,锅内气压降低.

另外值得说明一下的是题述的 B 项,即刚熄火后,粥的温度是仍高于 100℃,但由于锅仍处于密封状态(未取去限压阀和打开锅盖),锅内压强不会骤然减小,而熄火了外界也不会继续对锅加热,所以锅内的粥并不会继续沸腾,只是逐渐地冷却而已.

综合以上可见本题答案应选 D.

例 7 在一个密闭的绝热容器中,装有半瓶 0℃的水,水的

质量为 100 g. 今用抽气机迅速从容器上方抽出气体，容器内的水则急剧蒸发，而另一部分水则结成冰，当容器内的水刚好完全消失时，取出容器内的冰，测得其质量为 88 g.

(1) 说明产生上述现象的道理；

(2) 若在 0℃时，1 g 水结成冰能放出热量 336 J，则此时 1 g 水变成水蒸气需吸收的热量为多少？

解 (1)这一现象产生的原因是，由于容器内水的急剧蒸发，使水变成水蒸气，这一过程需要吸热，而容器是绝热的，所以这些热量只可能由容器中其余的水来提供. 而这时的水已是 0℃，当其再放出热量时，则使一部分水结成冰. 持续这一过程，将使容器中的水全部消失——不是变成了水蒸气，便是变成了冰.

(2) 由于容器是绝热的，故不考虑系统与外界的热交换，则此过程中，结成冰的那部分水放出的热便全部被蒸发成水蒸气的那部分水所吸收. 以 m_1 表示冰的质量，m_2 表示水蒸气的质量，以 λ 表示单位质量的 0℃ 的水结冰所放出的热，以 L 表示单位质量的 0℃ 的水气化成水蒸气所吸收的热，则依题意应有

$$m_1\lambda = m_2L$$

依题给条件本题有

$$\lambda = 336\ \mathrm{J/g}$$

$$m_1 = 88\ \mathrm{g}$$

$$m_2 = m_0 - m_1 = 100\ \mathrm{g} - 88\ \mathrm{g} = 12\ \mathrm{g}$$

$$L = \frac{m_1}{m_2}\lambda = \frac{88}{12} \times 336\ \mathrm{J/g} = 2464\ \mathrm{J/g}$$

即 0℃ 时，1 g 水气化成水蒸气需吸热 2464 J.

例 8 对下列各种天气现象形成原因的叙述，正确的是

A. 露是水蒸气液化而形成的

B. 霜是水凝固而形成的

C. 雾是冰升华而形成的

D. 雪是水蒸气凝华而形成的

解 露和霜的出现都是由于白天空气中有一定量的水蒸气，到夜晚时气温降低，使空气中的部分水蒸气转化而成的. 若夜晚温度没有降至0℃以下，则空气中的这部分水蒸气只凝结成水，便是我们早晨在草木上看到的露水；若夜晚温度降至0℃以下，则空气中的这部分水蒸气将直接凝华成为固态，即成为霜.

当空气中的水蒸气很多时，其中一部分凝结成为小水滴，这些水滴很小，可以飘浮在空中，便成为雾.

当高空中水蒸气较多而温度又低于0℃时，这些水蒸气中的一部分将会直接凝华成固态，变成了雪花而飘飘下落.

综合上述可见本题的答案中，只有A和D是正确的.

例9 下列各现象中，可以说明分子之间存在有斥力的是

A. 气体容易被压缩

B. 固体、液体很难被压缩

C. 铁棒被折断后很难再合成一个整体

D. 气体会无限地扩散

解 分子间相互作用力的特征是：它只在分子间距离很小时才发生. 一般情况下，当分子间距离小于10^{-10}m时，斥力起主要作用；当分子间距离大于10^{-10}m时，引力起主要作用；当分子间距离大于分子直径的10倍(约为10^{-9}m)时，分子间的作用力已十分微弱而可以忽略不计了. 气体分子之间的距离很大，其间的分子作用力可以忽略不计，因此，气体的压缩、扩散都可认为与其分子作用力无关. 而铁棒被折断后分子间距离变得很大，分开的两部分再合在一起时，大部分分子间的距离均无法达到使分子间引力起作用的要求，因而不能再合成为一整体，这当然也不是分子斥力作用的结果. 固体、液体分子间距离约为10^{-10}m，当再压缩它们时，分子间的作用力便为斥力从而使其很难压缩.

综合上述可见本题的正确答案为B.

例10 水滴由离地面高$h=20$ m处落下，若下落过程中

重力对它所做的功有 $\eta = 40\%$ 转化为水滴本身的内能而使它升温,试求此过程中水滴的温度将升高多少?已知水的比热为 $c = 4.2\times10^3\ \mathrm{J/(kg\cdot℃)}$.

解 此过程中重力做功

$$W = mgh$$

而水升温 Δt 需要的热量为

$$Q = cm\Delta t$$

依题意应有

$$Q = \eta W$$

即

$$cm\Delta t = \eta mgh$$

$$\Delta t = \frac{\eta gh}{c}$$

$$= \frac{0.4\times9.8\times20}{4.2\times10^3}℃ = 1.87\times10^{-2}℃$$

故得此过程中水滴的温度将升高 1.87×10^{-2}℃.

例 11 已知冷水的温度为 t_1,热水的温度为 t_2,现要取适量的冷水和热水混合而得到温度为 t 的水,$t > t_0 = \frac{t_1+t_2}{2}$,以 m_1 和 m_2 分别代表所用冷水和热水的质量,则 m_1 与 m_2 应满足何关系?不计混合过程中热损失.

解法一 以 c 表示水的比热,依题意有此过程中热水放出的热量等于冷水吸收的热量,即

$$cm_1(t-t_1) = cm_2(t_2-t)$$

$$\therefore \quad m_1(t-t_1) = m_2(t_2-t)$$

$$\because \quad t > \frac{t_1+t_2}{2}$$

$$\therefore \quad t-t_1 > t_2-t$$

$$\therefore \quad m_1 < m_2$$

即要满足题述要求,热水质量 m_2 应大于冷水质量 m_1.

解法二 设以等质量的热水和冷水相混合,则热水降低的温

度必定与冷水升高的温度相等,即其末温为 $t_0=\frac{t_1+t_2}{2}$.今要得到的末温高于 t_0,显然应在上述所得的温度为 t_0 的水中加入高温的水才有可能.这样,在最后得到的温度为 t 的水中,混合时所用的总的热水量就大于所用的冷水量.

解法三 本题也可以通过下述的特例来求解,解法如下.由于是用 t_1 和 t_2 两温度的水来混合,则其末温 t 必定满足

$$t_2 > t > t_1$$

而题述要求是

$$t > t_0 = \frac{t_1+t_2}{2}$$

由以上两式可见 t 只要满足

$$t_2 > t > t_0$$

即可,在上式的范围内,可取一特例为 t 比 t_2 只略小一些,即混合后水温比 t_2 只下降了少许,与这种情况对应应为掺入的温度为 t_1 的冷水应该很少,即热水质量 m_2 与冷水质量 m_1 间应有

$$m_2 > m_1$$

这一由特例所得出的结论也就是满足题述要求的结论.

例 12 工业生产中,经常需要制取各种合金,对合金的各种性质包括比热,生产者是需要了解的.某厂在试制某合金时,把 200 g 锡与 100 g 铅混合,形成铅锡合金.设铅锡在未混合前与混合后,在相同的温度变化下吸收的热量并不发生变化.已知锡的比热为 214 J/(kg·℃),铅的比热为 130 J/(kg·℃),则这种合金的比热应为

A. 185 J/(kg·℃)　　B. 172 J/(kg·℃)

C. 214 J/(kg·℃)　　D. 130 J/(kg·℃)

解 以 m_1 表示锡的质量,c_1 表示锡的比热,则当它的温度升高 Δt 时,它需吸热

$$Q_1 = c_1 m_1 \Delta t$$

以 m_2 表示铅的质量，c_2 表示铅的比热，则当它的温度升高 Δt 时，它需要吸热

$$Q_2 = c_2 m_2 \Delta t$$

以 M 表示铅锡合金的质量（$M = m_1 + m_2$），c 表示合金的比热，则当此合金温度升高 Δt 时，它要吸热

$$Q = cM\Delta t$$

依题给条件铅锡在混合前后升高相同温度时吸收的热量不发生变化，故上述合金所吸的热量应该等于铅锡分别吸热之和，即应有

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 \\ cM\Delta t &= c_1 m_1 \Delta t + c_2 m_2 \Delta t \\ c &= \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2}{M} = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2}{m_1 + m_2} \\ &= \frac{214 \times 0.2 + 130 \times 0.1}{0.2 + 0.1} \mathrm{J/(kg \cdot ℃)} \\ &= 185\ \mathrm{J/(kg \cdot ℃)} \end{aligned}$$

可见本题应选答案 A.

例 13 用两支完全相同的温度计，去分别测量温度比温度计原示数高的甲、乙两种液体的温度，测得结果相同.已知两温度计原来的示数相同，甲、乙两种液体的质量相等，并且都比较小.乙液体原来的温度高于甲液体原来的温度.如果考虑温度计跟液体之间发生热传递，而没有与外界发生热交换，则可断定

A. 甲液体的比热大于乙液体的比热

B. 乙液体的比热大于甲液体的比热

C. 两种液体的比热相等

D. 无法比较甲、乙两种液体比热的大小

解 由于不考虑系统与外界的热交换，故题述过程仅涉及温度计与被测液体之间的热交换，显然，这一关系应为：待测液体降温所放出的热量等于温度计升温所吸收的热量.

由于两支温度计相同，且两温度计的初温、末温各自对应相等，则在题述的测量过程中，两温度计所吸收的热量相等，即两液体对应放出的热量相等.

液体降温时，所放出的热量为

$$Q = cm\Delta t$$

对于甲、乙两种液体，甲的初温较低，而两者的末温又相等，则应有 $\Delta t_{甲}<\Delta t_{乙}$；题述又有两者质量相等，即 $m_{甲}=m_{乙}$，前已得出 $Q_{甲}=Q_{乙}$，便有

$$c_{甲} m_{甲} \Delta t_{甲} = c_{乙} m_{乙} \Delta t_{乙}$$

可见

$$c_{甲}>c_{乙}$$

即甲液体比热较大，本题答案应选 A.

例 14　190 型单缸柴油机气缸直径为 90 mm，活塞冲程是 100 mm，做功冲程的平均压强为 69.3 N/cm²，求做功冲程气体做功多少？如果曲轴转速为 2000 r/min，柴油机的功率是多大？

解　做功冲程中，气缸内的燃气对活塞的平均压力为

$$\begin{aligned} F &= pS = p\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 \\ &= 69.3\times3.14\times4.5^2\ \text{N} = 4407\ \text{N} \end{aligned}$$

活塞的冲程为

$$l = 100\ \text{mm} = 0.1\ \text{m}$$

则在做功冲程中气体所做的功为

$$W_0 = Fl = 4407\times0.1\ \text{J} = 440.7\ \text{J}$$

柴油机曲轴转速为 2000 r/min，依柴油机的工作原理可知，曲轴每转 2 转，缸内经历 1 个做功冲程，则在 $t=1\ \text{min}=60\ \text{s}$ 内，缸内共经历有 1000 个做功冲程，所做的总功为

$$W = 1000W_0 = 440700\ \text{J}$$

则此柴油机的功率为 $P=\frac{W}{t}=\frac{440700}{60}\text{W}=7345\text{ W}$

例 15 汽车发动机功率为 40 马力，发动机的效率为 20%，它带有汽油 20 L，如果车速是 36 km/h，则这些汽油还可供汽车行驶多远？已知汽油的燃烧值为 $q=4.7\times10^7$ J/kg，汽油的密度 $\rho=0.8\times10^3$ kg/m^3.

解 汽车发动机在 1 s 内所做的功为

$W=Pt=40\times735\times1\text{ J}=29400\text{ J}$

由于发动机效率 $\eta=20\%$，则此发动机在 1 s 内实际消耗的能量 E 满足

$$\eta E=W$$

$$\therefore\quad E=\frac{W}{\eta}=\frac{29400}{20\%}\text{ J}=147000\text{ J}$$

上述能量由燃烧汽油而得，则 1 s 内需燃烧的汽油质量 m 满足

$$qm=E$$

$$m=\frac{E}{q}=\frac{147000}{4.7\times10^7}\text{ kg}=3.13\times10^{-3}\text{kg}$$

汽车所带汽油的质量为

$$M=\rho V=0.8\times10^3\times20\times10^{-3}\text{kg}=16\text{ kg}$$

这些汽油燃烧可使发动机工作的时间为

$$t=\frac{M}{m}=\frac{16}{3.13\times10^{-3}}\text{s}=5112\text{ s}$$

汽车匀速行驶的速度 $v=36$ km/h $=10$ m/s，故这些汽油还可供汽车行驶的距离为 $s=vt=10\times5112\text{ m}=51120\text{ m}=51.12\text{ km}$

例 16 某同学为了测定单位质量的0℃的冰熔化成 0℃的水所需吸收的热量，他在室温为 15℃的实验室中进行了如下的实验.

取一个铝筒，用天平量得其质量为 50 g，然后在筒内盛入热水，再量得筒和水的总质量为 150 g. 以温度计测得此时筒中的水

温为 60℃，然后从事先准备好的冰水混合物中取出纯冰块（用吸水纸将冰块表面的水吸干后）投入铝筒中，待投入筒中的冰全部熔化后，读得温度计的示数为 25℃．又用天平测得此时筒和水的总质量为 185 g．已知铝的比热为 0.88×10^3 J/(kg·℃)，水的比热为 4.2×10^3 J/(kg·℃)．

（1）根据该同学所得的实验数据，计算出的单位质量的 0℃的冰熔化成 0℃的水要吸收的热量是多少？

（2）试分析指出该同学所得的实验结果比这一数据的真实值是偏大了还是偏小了？应如何改进这一实验以使实验所得的结果更准确？

分析 由于铝很容易传热，故铝筒总会保持与筒内的水温度相同，故随着筒内水温的升高或者降低，筒也会升高或者降低同样的温度并吸收或者放出对应的热量．

解 （1）以 m_1 表示铝筒的质量，以 m_2 表示最初筒内装入的热水的质量，以 m_3 表示投入筒内的冰块的质量，则由题述有

$$m_1 = 50\text{ g} = 0.05\text{ kg}$$

$$m_2 = 150\text{ g} - 50\text{ g} = 100\text{ g} = 0.1\text{ kg}$$

$$m_3 = 185\text{ g} - 150\text{ g} = 35\text{ g} = 0.035\text{ kg}$$

以 c_1 表示铝的比热，c_2 表示水的比热，t_1 表示热水的温度，t 表示冰刚好全部熔化时筒内的水温，则热水和铝筒温度由 t_1 降至 t 时所放出的热量为

$$Q_{放} = c_1m_1(t_1 - t) + c_2m_2(t_1 - t)$$

由于冰块是由已达到热平衡的冰水混合物中取出的，则其温度必为 0℃，以 λ 表示单位质量的 0℃的冰熔化成 0℃的水所需吸收的热量，则这些冰块由 0℃的冰熔化成 0℃的水并且再由 0℃的水升温至 t 所需吸收的总热量为

$$Q_{吸} = \lambda m_3 + c_2m_3(t - 0)$$

根据 $Q_{吸}=Q_{放}$，有

$$\lambda m_3 + c_2 m_3 t = c_1 m_1(t_1 - t) + c_2 m_2(t_1 - t)$$

$$\therefore \quad \lambda = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(t_1 - t)}{m_3} - c_2 t$$

$$= \frac{(0.88\times10^{-3}\times0.05+4.2\times10^3\times0.1)(60-25)}{0.035} - 4.2\times10^3\times25$$

$$= 3.59\times10^5(\mathrm{J/kg})$$

即该同学所得的实验结果为：使 1 kg 0℃ 的冰熔化成 0℃ 的水需要吸热 3.59×10^5J.

(2) 该同学的实验设计中，没有考虑铝筒、热水、冰块所组成的系统与外界(即周围空气的)热交换，而这种热交换是不可避免地会发生的，由此则可能造成实验结果的误差. 事实上，在本题所述的条件下，筒内水的初温为 60℃，末温为 25℃，而室温仅为 15℃，显然，这一过程中自始至终都会发生筒和水向空气散热的现象，这样，筒和水的温度由 60℃ 降至 25℃ 的过程中所放出的热量，就没有全部传给冰块(和它以后所变成的冷水)，而我们在计算中却认为是全部由冰块(和它变成的冷水)所吸收了，这样就把冰块熔化所吸收的热算多了. 故此实验的结果(使单位质量的 0℃ 的冰熔化成 0℃ 的水所需吸收的热量)比其真实值应该是偏大了.

针对上述问题，对本实验可作如下改进：适当地选用冰和水的质量以及水的初温，使得实验中铝筒内水的初温略高于室温而铝筒内水的末温则略低于室温，且这两个温度差值也相差不大(如室温为 15℃ 时，可取初温为 20℃ 左右，末温为 10℃ 左右). 这样将使得实验的前一阶段系统向外界散热(水温高于室温)，后一阶段系统从外界吸热(水温低于室温)，整个过程中系统与外界的吸热与放热互相补偿，这时认为系统与外界没有热交换而来进行计算时，前述由于系统与外界发生热交换而造成的误差便可减小.

例 17 单位质量某物质从固态熔化为同温液态(或从液

态凝固为同温固态)时所需吸收(或放出)的热量叫该物质在此温度下的熔解热.通常以 λ 表示.

已知冰的熔解热为 3.36×10^5 J/kg,冰的比热为 2.1×10^3 J/(kg·℃),水的比热为 4.2×10^3 J/(kg·℃).现将 -20℃的冰 100 g 与 20℃的水 400 g 相混合,忽略系统(即这些冰和水组成的整体)与外界的热交换,求系统最后的状态.

分析 题述冰和水混合后,由于原来两者温度不等,其间必发生热交换直至最后达到热平衡,即水将放出热量而降温,冰将吸收热量而升温,系统的最后状态则有以下的三种可能:一是系统内的冰全部熔化,最后全系统为某一温度的水;二是系统内的水全部结冰,最后全系统为某一温度的冰;三是系统内呈现为一种"冰水共存"状态,即这时系统内既有冰,又有水,且冰和水的质量各自保持不变,这种状态下,系统的温度必为 0℃.还值得注意的是此时系统内冰的质量和水的质量一般情况下都与题述的最初状态的冰的质量和水的质量并不对应相等(当然在某一特殊情况下也可能相等).

如何来确定系统的最后状态到底是属于上述三种可能情况中的哪一种呢?通常的办法是:先可根据题述条件作出粗略的判断,有的题是明显地可以看出其最后结果必定是全部熔成水或全部结成冰的,则可认定其最后状态全部是水(或冰)来列方程求解;而有的问题则不容易一下子就直接看出来系统最后到底会全部熔成水或全部结为冰或是呈"冰水共存"状态,对于此类问题,可以先假定将系统内的水全部降温至 0℃,并计算出它能放出的热量 $Q_{放}$,假定将系统内的冰全部升温至 0℃,并计算出它要吸收的热量 $Q_{吸}$,再比较上述的 $Q_{放}$ 和 $Q_{吸}$,若 $Q_{放}>Q_{吸}$,则表明放出的热量在冰的升温中尚来用完,余下来的则可继续使冰熔化,若其使系统内的冰全部熔化后还有剩余,则可使系统内的水(此时系统内全部为 0℃的水了)由 0℃开始升至某一温度.若 $Q_{放}=Q_{吸}$,则最后状态

为冰水共存，且冰和水的质量各自维持不变．若 $Q_{放}<Q_{吸}$，表明水放出的热尚不足以使冰升温至0℃．这样，等于上述两量的差值的热量将由已降温至0℃的水结冰来提供，若其全部结成冰仍不足以提供足够上述的量，则系统将全部为冰且温度降至零下的某一数值．

解 20℃的400 g水温度降至0℃所放出的热量为

$$\begin{aligned}Q_{放} &= c_1 m_1 \Delta t_1 \\ &= 4.2\times10^3\times0.4\times20\ \text{J} = 3.36\times10^4\ \text{J}\end{aligned}$$

−20℃的冰100g温度升至0℃所需吸收的热量为

$$\begin{aligned}Q_{吸} &= c_2 m_2 \Delta t_2 \\ &= 2.1\times10^3\times0.1\times20\ \text{J} = 4.2\times10^3\ \text{J}\end{aligned}$$

由于 $Q_{放}>Q_{吸}$，显然，上述水降温所放出的热可使0℃的冰熔化，这些可用来熔化冰的热量为

$$\begin{aligned}\Delta Q &= Q_{放} - Q_{吸} \\ &= 3.36\times10^4\ \text{J} - 4.2\times10^3\ \text{J} = 2.94\times10^4\ \text{J}\end{aligned}$$

设被熔化的冰的质量为 Δm，则

$$\Delta m=\frac{\Delta Q}{\lambda}=\frac{2.94\times10^4}{3.36\times10^5}\ \text{kg}=0.0875\text{kg}=87.5\ \text{g}$$

这样，系统的最后状态为：温度为0℃，冰水共存，其中有冰的质量为

$$m_{冰}=m_2-\Delta m=100\ \text{g}-87.5\ \text{g}=12.5\ \text{g}$$

其中有水的质量为

$$m_{水}=m_1+\Delta m=400\ \text{g}+87.5\ \text{g}=487.5\ \text{g}$$

例18 将−30℃的冰800 g与10℃的水100 g相混合，不计系统与外界的热交换，求系统最后的状态．

分析 假设系统内原有的冰和水的温度都变化到0℃，则系统内原有的水降温到0℃时所放出的热量为

$$Q_{放} = c_1 m_1 \Delta t_1$$

$$= 4.2 \times 10^3 \times 0.1 \times 10\ \mathrm{J} = 4.2 \times 10^3\ \mathrm{J}$$

系统内原有的冰升温到0℃时所需吸收的热量为

$$Q_{吸} = c_2 m_2 \Delta t_2$$
$$= 2.1 \times 10^3 \times 0.8 \times 30\ \mathrm{J} = 5.04 \times 10^4\ \mathrm{J}$$

比较以上的 $Q_{吸}$ 和 $Q_{放}$ 可见，水降温至0℃所放出的热不足以使冰升温至0℃，这样，降温至0℃的水将结冰而继续放出热量. 设质量为 Δm 的0℃的水结成0℃的冰时放出的热量恰为上述的差值，即再放出这部分热量供原有的冰吸收后，原有的冰的温度可升至0℃，则 Δm 应满足

$$\lambda \Delta m = Q_{吸} - Q_{放}$$

$$\Delta m = \frac{Q_{吸} - Q_{放}}{\lambda}$$
$$= \frac{5.04 \times 10^4 - 4.2 \times 10^3}{3.36 \times 10^5}\mathrm{kg} = 1.38\ \mathrm{kg}$$

由于 $\Delta m > m_1$，说明原有的水即使全部结成冰所放出的热量仍不足以使原有的冰温度升至0℃，则原有的水所结成的0℃的冰将与原有的冰之间再发生热交换而达到一个共同的平衡温度. 显然，这个温度必在0℃以下，且系统全部为冰.

解 由以上分析知系统最后必全部为冰，设其温度为 t，则原有的水由其初温 t_1 降至0℃时所放出的热量为

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - 0) = c_1 m_1 t_1$$

这些水由0℃的水结成0℃的冰所放出的热量为

$$Q_2 = m_1 \lambda$$

这些刚结成的冰由0℃降至温度 t 时所放出的热量为

$$Q_3 = c_2 m_1 (0 - t) = - c_2 m_1 t$$

原有的冰由其初温 t_2 升至末温 t 时所需吸收热量为

$$Q_4 = c_2 m_2 (t - t_2)$$

依题述不考虑系统与外界的热交换，则应有

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4$$

即
$$c_1 m_1 t_1 + m_1 \lambda - c_2 m_1 t = c_2 m_2 (t - t_2)$$

$$\therefore t = \frac{m_1(c_1 t_1 + \lambda) + c_2 m_2 t_2}{c_2(m_1 + m_2)}$$

$$= \frac{0.1 \times (4.2 \times 10^3 \times 10 + 3.36 \times 10^5) + 2.1 \times 10^3 \times 0.8 \times (-30)}{2.1 \times 10^3 \times (0.1 + 0.8)} ℃$$

$$= -6.7℃$$

故得系统的最后状态为全部是 -6.7℃的冰.

例 19 物体受热膨胀时,其体积通常满足

$$V_t = V_0(1 + \beta t)$$

上式中 V_t 表示物体在温度 t 时的体积,V_0 表示物体在 0℃时的体积,t 表示摄氏温度,β 叫做组成该物体的物质的体膨胀系数.

今有一质量为 80 g 的玻璃瓶,在 0℃时盛满酒精后测得其总质量为 $m_1 = 317$ g,加热至 50℃时,由于玻璃的体膨胀系统 β 小于酒精的体膨胀系数 β',而使一部分酒精溢出,这时测得全部溢出的酒精质量为 $\Delta m = m_1 - m_2 = 12$ g.求

(1) β 的单位是什么?

(2) 若酒精的体膨胀系数 β' 的数值为 1.1×10^{-3},则玻璃的体膨胀系数 β 为多少?

解 (1) 由题给公式变形有

$$\beta = \frac{1}{t}\left(\frac{V_t}{V_0} - 1\right)$$

可见 β 的单位由 $\frac{1}{t}$ 决定,t 为摄氏温度,故 β 的单位应为 1/℃.

(2) 假设有两块外形相同的玻璃,它们中一块是实心的,一块是空心的,则当温度升高时,它们都会发生膨胀,显然,仅就其外部看来,两者随温度的变化是相同的.这样,可以想像到,空心玻璃内空缺部分也是随温度升高而膨胀的,且其膨胀规律应与实心玻璃内那部分对应的玻璃的膨胀情况相同.显然,一个玻璃瓶可以相当于上述的一个空心玻璃块,故可得到下述的结论:玻璃瓶的容积随

温度升高而增大,这一容积对应的体膨胀系数与玻璃的体膨胀系数相等.

设题述玻璃瓶在0℃时的容积为 V_0,这也就是题述的全部酒精在0℃时的体积,则当温度升至 t 时,瓶的容积应变为

$$V = V_0(1+\beta t)$$

而此时题述全部酒精的体积则应为

$$V' = V_0(1+\beta' t)$$

由上两式可得

$$\frac{V'}{V} = \frac{1+\beta' t}{1+\beta t} \qquad ①$$

另一方面,又依题述可知0℃时瓶内酒精的质量为

$$m_0 = 317\ \mathrm{g} - 80\ \mathrm{g} = 237\ \mathrm{g}$$

当温度升至 $t=50$℃时,留在瓶内的酒精的质量为

$$m_{50} = 237\ \mathrm{g} - 12\ \mathrm{g} = 225\ \mathrm{g}$$

由于温度升至 $t=50$℃时,留在瓶内的酒精的体积为 V,而题述的全部237 g酒精的体积则为 V'.显然这两体积之比应该等于其对应的质量之比,即

$$\frac{V'}{V} = \frac{m_0}{m_{50}} \qquad ②$$

由①、②两式得

$$\frac{1+\beta' t}{1+\beta t} = \frac{m_0}{m_{50}}$$

故得玻璃的体膨胀系数为

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{1}{t}\left[\frac{m_{50}}{m_0}(1+\beta' t) - 1\right] \\ &= \frac{1}{50}\left[\frac{225}{237}(1+1.1\times 10^{-3}\times 50) - 1\right]\cdot 1/℃ \\ &= 3.16\times 10^{-5}/℃\end{aligned}$$

例20 小明有一支温度计,虽然它的内径和刻度都是均

匀的，其标度却不准确．它在冰水中的读数是 -0.7℃，在沸水中的读数是 102.3℃．求

（1）当它指示的温度是 -6℃时，实际温度是多少？

（2）它在什么温度附近误差很小，可以当做刻度正确的温度计来使用？

分析 在冰水中，标准温度计的读数是0℃，在沸水中，标准温度计的读为100℃，两温度之差值为100℃．而小明的这支不准的温度计显示的这两温度之差却为 $102.3℃-(-0.7℃)=103℃$．即这支不准温度计上的1℃相当于实际温度为 $\frac{100}{103}$℃．

解 （1）由于实际温度是0℃时，不准温度计显示的温度是 -0.7℃，则当它显示为 -6℃时，实际温度为

$$t_1=[-6-(-0.7)]\times\frac{100}{103}℃=-5.15℃$$

（2）设在某一温度 t_2 时，实际温度值和这支不准的温度计显示的值相等，这时不准温度计的示数与它在冰水中的示数的差值为 $t_2-(-0.7℃)$，与这一差值相当的实际温度值是 $[t_2-(-0.7℃)]\times\frac{100}{103}$，由于此时的实际温度值就是 t_2，这样便有

$$[t_2-(-0.7℃)]\times\frac{100}{103}=t_2$$

$$100t_2+70℃=103t_2$$

$$\therefore\qquad t_2=23.3℃$$

由于这支不准的温度计每显示的1℃相当于实际温度 $\frac{100}{103}$℃，两者相差很小，而在 $t_2=23.3$℃时，这支不准温度计显示的数值又刚好和实际温度相等，则这支不准温度计在23.3℃附近所显示的温度值与实际温度相差很小，故在这一范围内，可将这支不准温度计当做正确温度计来使用．

例 21 某同学想要测家用电烤炉的温度，他用一个质量为 $m_1 = 200$ J 的铁块（铁的比热为 $c_1 = 0.1$ cal/g·℃）放在电烤炉中烧一段较长的时间，然后迅速将其投入准备好的量热器中，量热器为铜质（铜的比热为 $c_2 = 0.09$ cal/g·℃），其质量为 $m_2 = 100$ g，内装有质量为 $m_3 = 300$ g 的水，它们的初温为 $t_1 = 20$℃，投入铁块后，水温最终升到了 $t_2 = 40$℃，则电烤炉内的温度应为

A. 349℃　　　　B. 349℃以上

C. 349℃以下　　D. 无法判断

分析 本题可进行初步的计算，然后再对所得结果进行分析而得出结论.

解 此过程中，铁块放出的热量为

$$Q_{放} = c_1 m_1 (t - t_2)$$

上式中 t 为铁块的初温，即炉内的温度. 同时，量热器和水吸收的热量为

$$Q_{吸} = c_2 m_2 (t_2 - t_1) + c_{水} m_3 (t_2 - t_1)$$

根据热平衡方程

$$Q_{吸} = Q_{放}$$

有
$$c_2 m_2 (t_2 - t_1) + c_{水} m_3 (t_2 - t_1) = c_1 m_1 (t - t_2)$$

$$\therefore \quad t = t_2 + \frac{c_2 m_2 (t_2 + t_1) + c_{水} m_3 (t_2 - t_1)}{c_1 m_1}$$

$$= 40℃ + \frac{0.09 \times 100(40 - 20) + 1 \times 300(40 - 20)}{0.1 \times 200}℃$$

$$= 349℃$$

以上计算忽略了搅拌器，温度计吸收的热量，也没有考虑其他热损失，这样造成 $Q_{吸}$ 偏小，算出的 t 也就偏小，实际炉温应比 349℃高. 故本题应选 B.

例 22 有一温度计的测温范围是 -15℃～50℃，请设计一个用这支温度计来测量沸水温度的方案. 要求：

(1) 说明测量的原理和方法.

(2) 简要说明测量的步骤(包括使用的仪器、测量的物理量,计算公式等).

(3) 说明测量时必须满足的条件.

分析 水在1个大气压下的沸点是100℃,当气压大小有变化时,水的沸点也将随之发生变化,要直接测量水的沸点应有能测100℃的或略大于100℃的温度计才行.本题所给的温度计最高只能测量50℃,所以不能直接测量沸水的温度,我们又知道,沸水和冷水混合后的温度一定低于沸水的温度.故可采用沸水和冷水混合,通过测出冷水的初温和混合后的末温(应低于50℃),并分别测出冷水和沸水的质量,便可根据热平衡关系求出沸水的温度,这样就间接地测出了沸水的温度.

解 (1) 根据热平衡方程,可以采用混合法间接测出沸水的温度.

(2) 测量步骤为

a. 取足量的冷水,用天平测出其质量 m_1;

b. 用温度计测出上述冷水的温度 t_{01};

c. 取适量沸水与冷水在量热器中混合,并测出其混合后的平衡温度 t;

d. 用天平测出沸水的质量 m_2;

e. 不计热损失,忽略量热器的吸热,根据热平衡方程,可得沸水温度 t_{02}的计算公式为

$$t_{02}=t+\frac{m_1(t-t_{01})}{m_2}$$

(3) 由于混合后的温度 $t\leqslant 50℃$ 才能用该温度计测量,故冷水和沸水的质量之比必须满足的条件是

$$t=\frac{m_1t_{01}+m_2t_{02}}{m_1+m_2}\leqslant 50℃$$

即 $$m_1t_{01}+m_2t_{02}\leqslant(m_1+m_2)50℃$$

∴ $$\frac{m_2}{m_1}\leqslant\frac{50℃-t_{01}}{t_{02}-50℃}$$

例如，以 $t_{01}=30℃$、$t_{02}=100℃$ 代入上式可得此时应满足的关系是 $m_1\geqslant2.5m_2$.

例 23 有3个盛满了水的容积为5 L的容器，其内的水温分别为 $t_1=20℃$、$t_2=80℃$ 和 $t_3=100℃$，另外还有两个空容器，其容积分别为1 L和10 L. 试求如何利用现有的器材和水来获得10 L $t=70℃$ 的水？容器的热量和倒灌时损耗的热量均忽略不计.

分析 由于提供的容器中，最小容量为1 L，故在倒灌过程中，为确定水的数量，只能以升为单位.

解 以 c 表示水的比热，ρ 表示水的密度，设所需用的温度分别为 t_1、t_2、t_3 的水的体积分别为 V_1、V_2、V_3，则在混合过程中，温度为 t_1 的水吸热量为

$$Q_{吸1}=cm_1(t-t_1)=c\rho V_1(t-t_1)$$

温度为 t_2 和 t_3 的水分别放出的热量为

$$Q_{放2}=cm_2(t_2-t)=c\rho V_2(t_2-t)$$

$$Q_{放3}=cm_3(t_3-t)=c\rho V_3(t_3-t)$$

由热平衡方程知应有

$$Q_{吸1}=Q_{放2}+Q_{放3}$$

即 $$c\rho V_1(t-t_1)=c\rho V_2(t_2-t)+c\rho V_3(t_3-t)$$

以 t、t_1、t_2、t_3 之值代入上式并整理之，可得

$$5V_1=V_2+3V_3$$

依题述还应满足条件

$$V_1+V_2+V_3=10\text{ L}$$

且 V_1、V_2、V_3 均只能取不大于5 L的整数，这样，由上两式便可得到

$$V_1=3\ \mathrm{L}, V_2=4\ \mathrm{L}, V_3=3\ \mathrm{L}$$

例 24 将一勺热水倒入原盛有水的量热器中，平衡后，量热器中水温升高了 5℃，在补充一勺同样的热水后，量热器内温度再升高 3℃，如果再倒入 8 勺同样的热水，试求量热器内温度还能上升多少？量热器本身的热容量忽略不计，混合过程中的热损失忽略不计.

解 设量热器内原有水的质量为 m，温度为 t_0，每勺热水的质量为 Δm，温度为 t_1.

当第一勺热水倒入量热器中达到热平衡后

$\because$ $$Q_{吸}=Q_{放}$$

$\therefore$ $$cm\Delta t_1=c\Delta m[t_1-(t_0+5℃)]$$

$$m\cdot 5℃=\Delta m[t_1-(t_0+5℃)] \tag{1}$$

同样对于第二勺热水倒入量热器中达到热平衡后应有

$$c(m+\Delta m)\Delta t_2=c\Delta m[t_1-(t_0+5℃+3℃)]$$

$\therefore$ $$(m+\Delta m)\cdot 3℃=\Delta m[t_1-(t_0+8℃)] \tag{2}$$

而再倒入 8 勺热水后，设量热器的温度升高量为 Δt_3，则同前可得

$$c(m+2\Delta m)\Delta t_3=8c\Delta m[t_1-(t_0+8℃+\Delta t_3)]$$

$\therefore$ $$(m+2\Delta m)\Delta t_3=8\Delta m[t_1-t_0-8℃+\Delta t_3] \tag{3}$$

由(1)有 $$t_1-t_0=\left(5\frac{m}{\Delta m}+5\right)℃$$

由(2)有 $$t_1-t_0=\left(3\frac{m}{\Delta m}+11\right)℃$$

$\therefore$ $$5\frac{m}{\Delta m}+5=3\frac{m}{\Delta m}+11$$

得 $$\frac{m}{\Delta m}=3 \tag{4}$$

由 $$t_1-t_0=(5\times 3+5)℃=20℃ \tag{5}$$

以(4)、(5)两式代入(3)式中可解得

$$\left(\frac{m}{\Delta m}+2\right)\Delta t_3=8(20℃-8℃-\Delta t_3)$$

$$5\Delta t_3 = 96℃ - 8\Delta t_3$$

$$\therefore \quad \Delta t_3 = 7.4℃$$

故解得再倒入8勺热水后，量热器中的水温将再上升7.4℃.

实战冲刺 SHIZHANCHONGCI

1. 我们说今天天气很热，这里的热是指__________.摩擦生热，这里的热是指__________.

2. 一支尚未刻度的温度计，在1大气压下，插入冰水混合物中时，其内酒精柱长为7 cm；插入沸水中时，其内酒精柱长为32 cm；插入某液体中时，其内酒精柱长27 cm.则该液体的温度应为

A. 54℃　　B. 103℃

C. 64℃　　D. 80℃

3. 在演出文艺节目的舞台上，经常可以看到施放的白色雾气，犹如流动的白云，给舞台增色不少，它是利用了干冰（固态二氧化碳）在常温下

A. 迅速液化而形成的白色雾气

B. 迅速熔解后再蒸发而变成白色雾气

C. 迅速升华变成二氧化碳气，即白色雾气

D. 迅速升华变成二氧化碳气，空气中的水汽与其相遇，凝结成小水滴而形成白色雾气

4. 夏天打开冰箱冷冻室门后，看到门里放出“白气”，产生这一现象的原因是

A. 冰箱内冰蒸发产生的水蒸气

B. 冰箱内冰升华产生的水蒸气

C. 冰箱外空气中的水蒸气遇到由冰箱内流出的冷气而凝结成小水珠

D. 冰箱内的冰熔解成水后迅速蒸发所生成的

5. 在高山上用普通锅煮食物，长时间煮不熟，其主要原因是

A. 高山上气压太低，水的沸点很低

B. 高山上温度太低

C. 高山上缺氧，木材燃烧时放出的热量少

D. 高山上风太大，对流快，水的温度升不高

6. 用久了的白炽灯泡的内表面会逐渐发黑，造成这种现象的原因是

A. 由于日久天长，玻璃在灯光的照射下其本身会发生变化

B. 原来填充灯泡内部的气体不纯，其内所含的杂质在灯泡内壁沉积所致

C. 由于灯丝温度很高，组成灯丝的材料钨升华以后，又在温度较低的灯泡内壁凝华而成

D. 以上说法都不对

7. 在烧煮食物时，若用水煮，只要水不烧干，食物总不会煮焦；若把食物放在油中炸，虽然油未烧干，而食物却有可能变焦，这主要是因为

A. 水的比热较大，油的比热较小

B. 水易渗入食物中，而油则不易渗入食物中

C. 水的沸点较低，油的沸点较高

D. 水的导热性能差，油的导热性能好

8. 铅的比热是 130 J/(kg·℃)，其物理意义是

A. 1 kg 铅温度升高 130℃ 需吸热 1 J

B. 1 kg 铅温度升高 1℃ 需吸热 130 J

C. 130 kg 铅温度升高 1℃ 需吸热 1 J

D. 130 kg 铅温度升高 1℃ 需吸热 130 J

9. 铜的比热为 390 J/(kg·℃)，铅的比热为 130 J/(kg·℃)，现使质量之比为 1∶2，初温相同的铜块和铅块，分别吸收相同的热量后，再使它们接触，这时下面的说法中正确的是

A. 铜块将吸热，铅块将放热

B. 铜块将放热，铅块将吸热

C. 铜块和铅块都将既不放热也不吸热

D. 条件不足,不能判断它们是否放热或吸热

10. 甲、乙两球质量相等,温度相同.今将甲球投入一杯热水中,平衡后水温降低了10℃,取出甲(设热量和水量均无损失),再把乙球投入杯中,平衡后水温又降低了10℃,由此可以得到

A. 甲、乙两球的比热相等

B. 甲球的比热大于乙球的比热

C. 甲球的比热小于乙球的比热

D. 条件不够,无法比较两球比热的大小

11. A、B两块金属,一同放入沸水中,煮了相当长的时间后,将它们取出并立即分别放进两个盛有等量等温的温水容器里,结果水和金属块达到热平衡后,两容器中的温度也相同,这说明两块金属的比热的大小关系是

A. A金属块的比热较大

B. B金属块的比热较大

C. 两金属块的比热相等

D. 条件不足,无法比较两金属块的比热的大小

12. 把比热为c_1、质量为m_1的金属甲和比热为c_2、质量为m_2的金属乙熔合为合金,设甲、乙在合金中吸热升温的情况与它们各自单独存在时的情况相同,则此合金的比热为

A. c_1+c_2　　B. $\dfrac{c_1+c_2}{2}$

C. $m_1c_1+m_2c_2$　　D. $\dfrac{m_1c_1+m_2c_2}{m_1+m_2}$

13. 甲、乙两种物质,质量之比为4:1,吸收的热量之比为3:1,则它们升高的温度之比和比热之比,下列各组数据中可能成立的是

A. 3:4,1:1　　B. 2:6,2:1

C. 3:2,1:2　　D. 4:1,3:1

14．下列说法中正确的是

A．同一物体，运动得越快，物体的动能就越大

B．同一物体，位置越高，物体的机械能就越多

C．同一物体，温度越高，其分子热运动的动能就越多

D．同一物体，温度越高，它所具有的能量就越多

15．保持温度不变而增大压强时，下列现象可能出现的是

A．气体液化

B．原来沸腾的液体停止沸腾

C．固体熔解

D．正在蒸发的液体停止蒸发

16．下列关于分子间作用力的说法中，正确的是

A．分子处于平衡距离时，分子间相互作用力为零，既没有引力也没有斥力

B．两分子间的距离由平衡距离再增大时，分子间的引力加大，斥力减小，合力表现为引力

C．两分子间的距离由平衡距离再减小时，分子间的引力减小，斥力增大，合力表现为斥力

D．分子间的距离增大时，其间的引力和斥力都减小；分子间的距离减小时，其间的引力和斥力都增大

17．某煤油炉每分钟燃烧 4 g 煤油，煤油的燃烧值为 4.6×10^{7} J/kg，煤油燃烧放出的热量有 50% 被水和水壶吸收，如果铝制水壶的质量为 500 g，铝的比热为 840 J/(kg·℃)，壶内有 2 kg 水，水的初温是 18℃，问要经过多长的时间，才能将水烧开？

18．质量为 2 kg 的铁锤，每次都从 1 m 高处落下去打击质量为 4 kg 的铁块，共打击 500 次，假设重力对铁锤所做的功的 50% 被铁块吸收，则铁块的温度将升高多少？已知铁的比热为 462 J/(kg·℃)，取 $g=10$ N/kg.

19．一辆重量为 5×10^{4}N 的汽车，在平直公路上以 72 km/h 的速度匀速行驶时，遇到的阻力为车重的 0.02，每小时需汽油 6

kg,汽油的燃烧值为 4.6×10^7 J/kg,求这辆汽车发动机的效率.

20. 将 100 kg -10℃的冰与适量的温度为 85℃的热水混合,要求达到热平衡后系统为冰水共存状态,则所用的热水质量应为多少?不考虑冰与水组成的系统与外界的热交换,已知冰的比热为 2.1×10^3 J/(kg·℃),冰的熔解热为 3.36×10^6 J/kg.

21. 国产 165 型单缸四冲程汽油机的气缸直径为 65 mm,活塞冲程长 55 mm,满负荷工作时做功冲程的燃气平均压强为 9.58×10^5 Pa,飞轮的转速为每分钟 1500 转,求这种汽油机满负荷工作时做功的功率(不计摩擦损失).

第七讲 光　学

竞赛导入

(一) 光的直线传播

光在同一种均匀介质中沿直线传播.在不同介质中,或同一种不均匀的介质中,则不一定沿直线传播.

光在不同介质中传播的速度不同,在真空中传播的速度最大,速度为 $c=3.0\times10^8\mathrm{m/s}$.

"光线"是由一小光束抽象而建立的物理模型.光的传播伴随着能量的传播.

光的传播是独立的,即某一光束的传播与同时是否有其他光束在同一区域内传播无关,两光束相遇时互不干扰.

例如,日食和月食现象就可以根据光的直线传播来解释,图 7-1 表示日食时的情况.

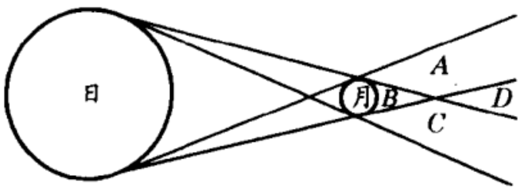


图 7-1

当地球上的观察者位于图中的区域 B 内时,太阳上各部分所发出的光均被月球挡住而射不到该处,所以在该区域内可见到日全食.当地球上的观察者位于图中的 D 区域内时,太阳边缘部分所发出的光线可射至该处而太阳中央部分发出的光线则被月球挡住而射不到该处,所以该区域内可见到日环食.而当地球上的观察

者位于图中的 A 区域(或 C 区域),则是太阳的下部分发出的光线被挡住,而上部分发出的光可射至该区域(或者相反),所以在图中的 A 区域或 C 区域内侧可见到日偏蚀.

另外,小孔成像、影的形成也都是由于光的直线传播而产生的.

(二) 光的反射

光在传播中遇到两种介质的分界面时仍返回原介质的传播现象叫光的反射.光的反射遵循反射定律.其内容是:反射光线在入射光线和法线所确定的平面内,反射光线与入射光线分居于法线的两侧;反射角等于入射角.

反射现象中,光路是可逆的.

平面镜和球面镜都是利用光的反射来产生作用的.

1. 像与物的概念

发光物体可以视为是由很多发光点组成的,物体上的每个发光点都可以视为是一个"物点",即可视为通常所称的"物".一个物点上发出的光束(发散光束)经一光学系统(如透镜、面镜或它们的组合)作用后,若成为会聚光束,则其会聚点为物的实像点;若成为发散光束,则其反向延长线的交点为物的虚像点;若成为平行光束,则不成像.

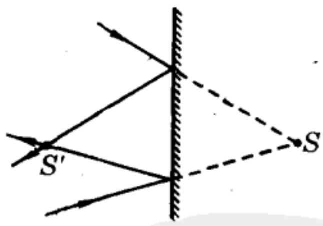


图7-2

2. 平面镜的成像

光束射到平面镜上,由反射定律可知,平面镜只改变光的传播方向,不改变光的会聚或发散程度.平面镜成像的特点是:对实物成一个与物等大小的正立虚像;对虚物平面镜则使之成一个等大小的正立实像.图 7-2 表示平面镜使"虚物"成实像的情形,其中 S 为虚物,而 S' 则为其对应的实像.

3．球面镜

反射面是球面的一部分，这种面镜叫球面镜．反射面如果是凹面的叫凹面镜，简称凹镜；反射面是凸面的叫凸面镜，简称凸镜．球面镜对光线的作用特点是：凹镜对光线有会聚作用，凸镜对光线有发散作用，如图 7－3 所示．平行于主光轴 OC 靠近主光轴的光线经凹镜反射后会聚于主光轴上的一点 F，则 F 点即为此凹镜的焦点．凹镜的焦点为实焦点，凸镜为虚焦点．可以证明焦距 $f=OF=\frac{R}{2}$（R 为球面的半径）．

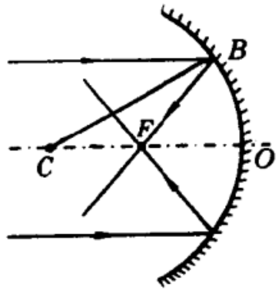


图 7－3

（三）光的折射

光在传播中通过两种介质分界面时改变传播方向的现象叫折射．光的折射遵循折射定律．折射定律的内容是：折射光线在入射光线和法线所确定的平面内，折射光线与入射光线分居于法线的两侧；当光线从空气斜射入其他透明介质时，折射角小于入射角，反之折射角大于入射角．

折射现象中，光路也是可逆的．

棱镜和各种透镜都是利用光的折射而产生作用的．

1．平行玻璃板

光斜射到平行厚玻璃板的上表面时，会发生折射，依据光的折射定律和光路的可逆性得知：$\angle 2=\angle 1$，这就是说从玻璃下表面射出的光线，它的传播方向不变，但发生了一段侧移 d．不难看出，玻璃板越厚，侧移越大，如图 7－4

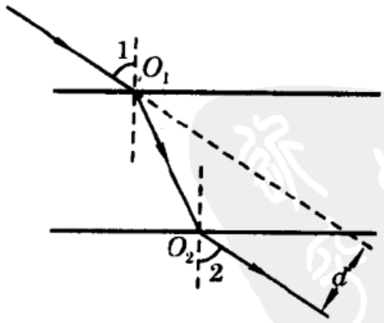


图 7－4

所示.

2．棱镜

用玻璃制成的、横截面为三角形的光学器件，叫做三棱镜，简称棱镜，它是利用光的折射工作的.

一条光线从棱镜的一个侧面射入，根据光的折射规律，光线从它的另一个侧面射出来的时候，方向发生了明显的改变，图 7－5 中$\angle A$是棱镜的顶角，BC是它的底面，通过棱镜的光线向它的底面偏折.

图 7－6 是棱镜成像的情况，物体通过棱镜成虚像，像是向着棱镜的顶角偏移的.

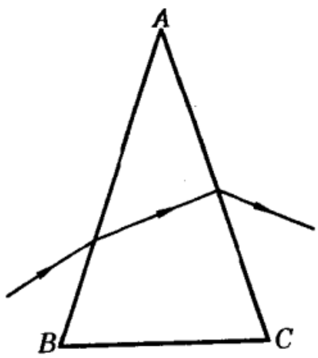


图 7－5

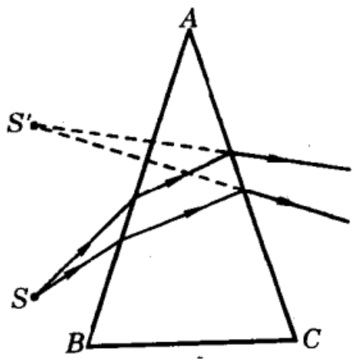


图 7－6

3．透镜对光线的作用

透镜是利用光的折射工作的.对光线起会聚作用的透镜称为凸透镜，对光线起发散作用的透镜称为凹透镜.

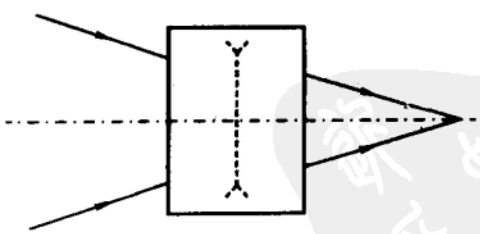


图 7－7

应该注意的是：这时所指的“会聚”和“发散”均是指通过透镜的折射光线相对于原入射光线而言的.如图 7－7 所示光路，尽管出射光线看上去呈“会聚”状，但它相对于原入射光线而

言,相互“远离”了,所以方框中的透镜应为凹透镜.

4. 透镜成像规律

(1) 凸透镜的成像规律(见下表)

物距 u	像的位置		像的性质		
	同侧还是异侧	像距 v	正立还是倒立	放大还是缩小	虚像还是实像
$u>2f$	异侧	$2f>v>f$	倒立	缩小	实像
$u=2f$	异侧	$v=2f$	倒立	等大	实像
$2f>u>f$	异侧	$v>2f$	倒立	放大	实像
$u=f$	不成像				
$u<f$	同侧	$\|v\|>u$	正立	放大	虚像

(2) 凹透镜成像规律:物体放在凹透镜前任何地方,总成正立、缩小的虚像.

5. 透镜成像的作图

透镜的成像情况还可以通过作图的方法得出,在作图中通常利用三条特殊光线.

凸透镜的三条特殊光线:

① 跟主轴平行的光线,经过凸透镜折射后通过焦点;

② 通过焦点的光线,经凸透镜折射后平行于主轴;

③ 通过光心的光线,经过透镜后方向不变.

凹透镜的三条特殊光线:

① 跟主轴平行的光线,经过凹透镜折射后发散,反向延长线过虚焦点;

② 延长线过虚焦点的光线,经过凹透镜折射后平行于主轴;

③ 通过光心的光线,经过透镜后方面不变.

6. 透镜成像公式

(1) 透镜成像公式

透镜成像的物距 u、像距 v 和焦距 f 之间的关系还可以用公式定量表示出来. 如图 7－8 所示为用透镜作图法作出的物像之间的光路图,再运用简单的几何知识即可得出凸透镜成像公式

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

上面的公式对于凹透镜成像也是适用的.

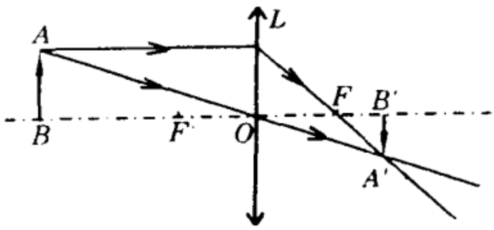


图 7－8

(2) 像的放大率

透镜所成的像的大小,跟物体相比较,可能是放大的、缩小的,也可能是大小相等的,为了说明像的放大情况,把像的长度 $A'B'$ 跟物体 AB 长度的比,叫做像的放大率,用字母 m 来表示

$$m=\frac{A'B'}{AB}$$

从图 7－8 的几何关系可知

$$m=\frac{|v|}{u}$$

若 $m>1$,像是放大的; $m<1$,像是缩小的; $m=1$,则像和物大小相等.

解法点拨

(一) 反射和折射现象中光路都是可逆的

任何一条实际光线,它在传播中不论其是否发生了反射或者折射、或者是发生了多次反射和折射,而由 A 点传到 B 点. 则若令传到 B 点的光线反向(即其传播方向改变 180°),这条光线将循原路而回到 A 点. 这就是光传播的规律之一——光路可逆原理.

光路可逆原理在解光学问题中有广泛的运用. 例如,甲从一平

面镜中看到乙的眼睛实际上是乙的眼睛处发出的光经平面镜反射后投射到了甲的眼睛中,甲看到的实际上是乙的眼睛在平面镜中的像,则由光路可逆原理就可以肯定乙一定能从此平面镜中看到甲的眼睛(实际上是甲的眼睛在平面镜中的像).又如图7-8中,物体AB经凸透镜而成像$A'B'$,则由光路可逆原理可以看到,若置一物体于$A'B'$位置,则它经过此透镜所成的像必为AB.

(二)关于透镜成像公式的证明

如图7-8,令$OF=f$,$AB=h$,$A'B'=h'$,$BO=u$,$OB'=v$,由于$\triangle ABO\backsim\triangle A'B'O$,故有

$$\frac{AB}{A'B'}=\frac{BO}{OB'}$$

即

$$\frac{h}{h'}=\frac{u}{v} \tag{①}$$

又由于$\triangle A'B'F\backsim\triangle LOF$,故有

$$\frac{OL}{A'B'}=\frac{OF}{FB'}$$

即

$$\frac{h}{h'}=\frac{f}{v-f} \tag{②}$$

由①②两式有

$$\frac{u}{v}=\frac{f}{v-f}$$

$$\therefore \quad vf+uf=uv$$

以uvf除上式中各项使得

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

【点面突破】

例1 在如图7-9中,两条光线是由同一发光点发出,经平面镜反射后形成的,完成光路,并确定发光点的位置.

解 如图7-10,过O点作法线ON,则$\angle AON$为反射角,由反射定律知入射角$\angle NOS=\angle AON$,可确定入射光线SO.同

理可画出另一入射光线 SO'，其两条入射光线的交点 S 即为要确定的发光点.

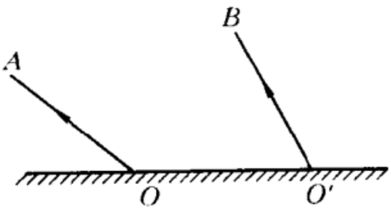


图 7－9

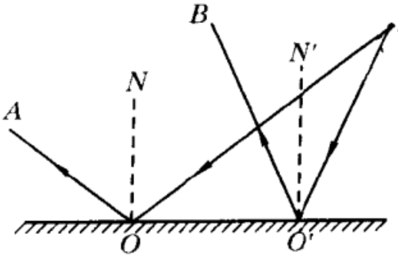


图 7－10

同学们可思考一下是否还有其他方法呢？(有，可利用平面镜的成像特点)

例 2 当太阳光跟水平方向成40°角时，为了把太阳光反射到很深的井底，应当把平面镜放在跟水平方向成多大角度的位置上？

解 依题意作出光路图，如图 7－11. SO 为太阳的入射光线，OP 为射向深井的反射光线，OQ 为水平线，ON 为法线.

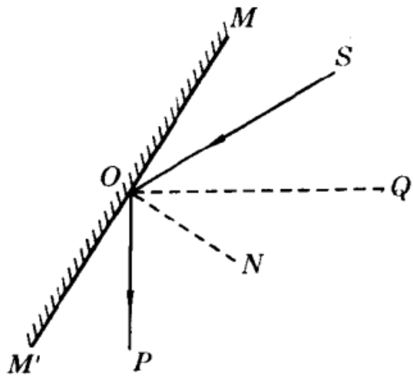


图 7－11

因为 $\angle SOQ = 40^\circ$

$\angle QOP = 90^\circ$

所以 $\angle SOP = 40^\circ + 90^\circ = 130^\circ$

$$\angle SON = \frac{1}{2} \times 130^\circ = 65^\circ$$

根据光的反射定律可知

$$\angle MOQ = \angle MON - \angle QON = 90^\circ - (65^\circ - 40^\circ) = 65^\circ$$

所以应当把平面镜放在跟水平方向成 65° 的位置上.

例 3 一个身高为1.8 m的人站在竖直悬挂的平面镜前，若此人能从镜中看到自己的全身像，那么该镜子的长度至少应有多长？

解 首先应明确，人能从镜中看到某个物体，是因为该物体射出的光经镜子反射后，进入了人的眼睛. 人若能从镜中看到自己的全身像，需满足的条件是，人的头顶和脚射出的光，经镜子反射后都能进入人的眼睛，即人像的上下两端与眼睛的连线必须都穿过镜子.

如图7－12所示，AB 表示人的全身，C 点表示人眼的位置. 根据平面镜成像的特点，作出人在镜中的像 $A'B'$. 将 A' 和 C、B' 和 C 分别用直线连接起来. 由前面的分析可知，图中的 EF 表示镜子至少应具有的长度.

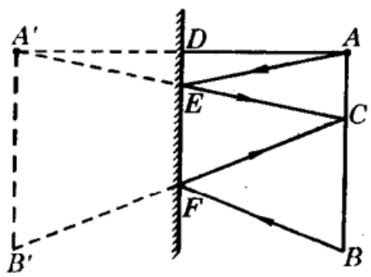


图7－12

因为 $A'B'/\!/EF/\!/AB$，D 为 AA' 的中点，所以 E、F 分别为 $A'C$、$B'C$ 的中点. 即 EF 为 $\triangle A'B'C$ 的中位线. 因此 $EF=\frac{1}{2}A'B'=\frac{1}{2}AB=\frac{1}{2}\times 1.8\ \text{m}=0.9\ \text{m}$.

所以镜子至少长0.9 m，此人才能在镜中看到自己的全身像.

例 4 在两相交平面镜 a、b 之间有一发光点 S，如图7－13所示. 试画出 S 发出的一条光线，使它分别经 a、b 两镜面各反射一次后，仍回到 S 点. 并说明你的作图依据.

解 分别作出 S 点关于 a 镜面的对称点 S_A 和关于 b 镜面的对称点 S_B，连接 S_A 和 S_B，令其连线与镜面 a 和 b 分别交于 A 点和 B 点. 则图7－14中的光线 $S\to A\to B\to S$ 即为所求.

作图依据是：由作法可知，S_A 和 S_B 分别为 S 在 a 镜和 b 镜中的像，则 S 发出的所有经 a 反射的光线，都好像是由 S_A 点发出的

一样，而这些光线中经 b 反射再射向 S 的光线则应该是一条朝着像点 S_B 入射的光线.因此所求光线由镜面 a 射向镜面 b 时，应该是在 S_A 和 S_B 两点的连线上.

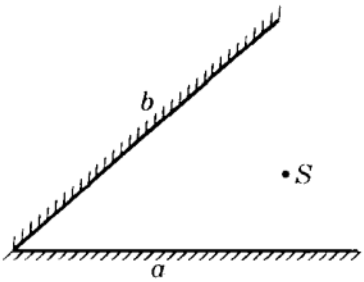


图 7－13

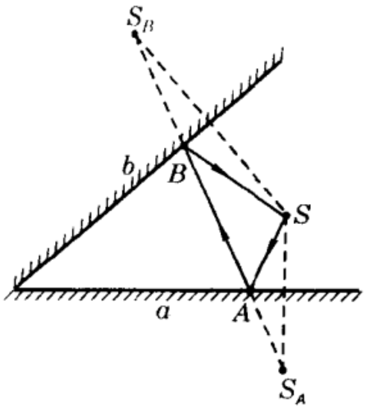


图 7－14

例 5 用笔尖垂直接触平面镜，笔尖的像距笔尖 5 mm，问镜子玻璃的厚度是多少?

解 镜子的后表面镀有水银，所以后表面 MM' 是反射面，如图 7－15 所示. S 为笔尖，S' 是 S 的像.根据平面镜成像的特点可知

$$OS = OS'$$

$$OS = \frac{1}{2}SS' = \frac{1}{2} \times 5\ \text{mm} = 2.5\ \text{mm}$$

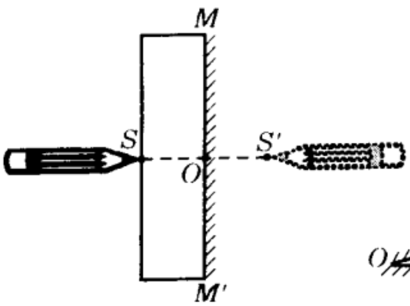


图 7－15

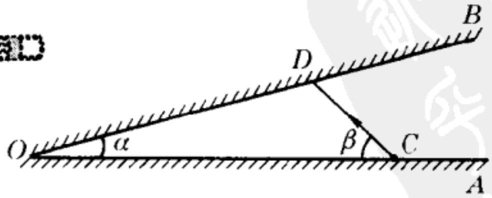


图 7－16

例 6 如图 7－16 所示，两平面镜 A 和 B 的镜面分别与图中纸面垂直，两镜面的交线过图中的 O 点，两镜面间的夹角 $\alpha=15^\circ$．今自 A 镜面上 C 点处沿与 A 镜面夹角 $\beta=30^\circ$ 的方向在纸面内射出一条光线，此光线在两镜面经多次反射后而不再与镜面相遇．设两镜面均足够大，$CO=1\ \text{m}$，试求在光线的多次反射中，最后一次反射是发生在哪块镜面上？

解 我们首先就一般情况进行讨论．如图 7－17，设光线第一次在平面镜 B 上发生反射时，CD 为入射光线，DE 为反射光线．又设图中的 A_1 为平面镜 A 的关于 OB 的对称镜面，则图中 DE' 与 DE 也关于 OB 对称，故

$$DE'=DE$$

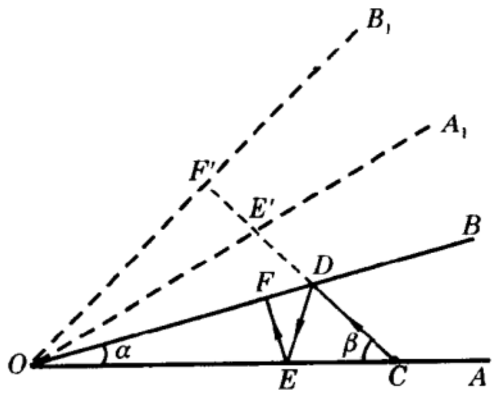


图 7－17

又由光的反射定律和图中的对称关系很容易得出：A、D、E' 三点在同一直线上，且 DE' 对平面镜 A_1 的入射角等于 DE 对平面镜 A 的入射角，因此光线由 $A\to D\to E$ 所经过的路程和它将进一步发生反射的情况，可以用光线在 D 处不发生反射而沿直线前进至镜面 A_1 上的情况来代替．同样的分析，对于 E 点反射后的光线 EF，则可用光线 $E'F'$ 来代替，其中平面镜 B_1 为平面镜 B 的关于 A_1 的对称镜面，F' 为直线 AD 与平面镜 B_1 的交点．显然，对于以后的各次反射，我们按照上法依次类推下

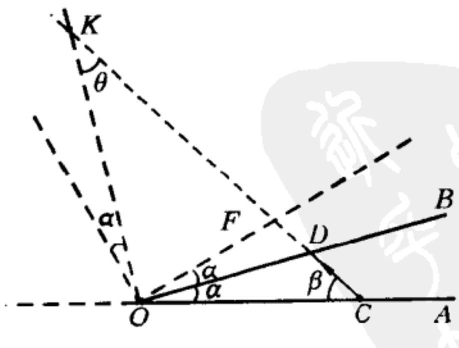


图 7－18

去,其等效关系都能照样成立.

根据以上分析,我们自 OB 出发,每隔 α 角画一块对称镜面,如图 7－18,令其自 OB 镜面起,依次为第 1、第 2、…、第 n、第 $(n+1)$ 块镜面,再作射线 CD,使其依次与所有各可能相交的镜面相交,设其相交的最后一块镜面为第 n 块,其交点为 K,则

$$\angle AOK = n\alpha$$

这样得出的图的意义是:CD 射线与每一块镜面相交一次,则相当于光线在 AB 两镜面间反射一次,在 K 点相当于发生最后一次反射,此后的光不再与第 $(n+1)$ 块镜面相遇,即光线此后将在 AB 两镜面间向外射出而不会与任一镜面相遇.

由图 7－18 可见,由于第 n 块镜面与 CD 射线相交,而第 $n+1$ 块镜面与 CD 射线不相交,故 n 值应满足的关系式是

$$n\alpha + \beta < 180° \leqslant (n+1)\alpha + \beta$$

$$n < \frac{180° - \beta}{\alpha} \leqslant n + 1$$

对于本题所给的情况有

$$\frac{180° - \beta}{\alpha} = 10$$

故得 $n=9$,即光线自 C 点发出后,还将分别在 A、B 镜面上总共发生 9 次反射,这样便可确定其最后一次反射是发生在平面镜 B 上.

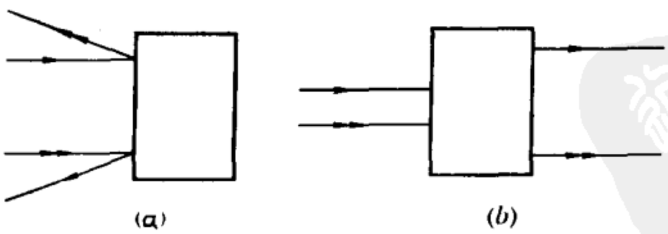


图 7－19

例 7　如图 7－19(a)、(b)的方框内各放有光学器件,单箭

头的出射光线与单箭头的入射光线相对应，双箭头的出射光线与双箭头的入射光线相对应．判定光学器件的种类，并填入适当位置，完成光路．

解 (*a*) 将对应的光线连接起来，形成光路，见图7－20(*a*)．根据光路分析，光学器件使光线反射的是面镜，再由入射光线是平行光反射光线会聚于镜前一点(焦点)，可判定是凹镜．

(*b*) 将对应的光线连起来，形成光路．根据光路分析，光线发生两次折射，应有两个透镜，再由入射光是平行光，折射后发散可判定第一次折射是凹透镜．由第一次折射光线的反向延长线可相交于一点，第二次折射光线平行可判定是凸透镜．如图 7－20(*b*)．

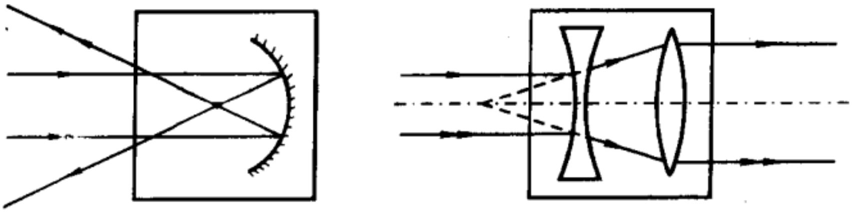

(*a*)　　(*b*)

图 7－20

例 8　在大沙漠里行走或在海上旅行，有时会看到高楼大厦及热闹的市场．其实，大沙漠或海面上并没有这些景物，这种现象叫“海市蜃楼”．出现“海市蜃楼”的原因是什么呢？

解　沙漠里的沙子被太阳晒得炽热，靠近沙漠表面的空气因受热膨胀而密度减小，上层的空气较冷而密度较大．当远处的光线从密度大的空气层射入密度小的空气层时发生折射使远处的景色出现在人们眼前，这就是沙漠上的“海市蜃楼”现象．同理，在太阳照射下，海面附近和海面上空，空气密度也不大相同，由于海水吸热，海面附近的空气较冷密度较大，光在不同密度的空气层中发生折射，出现“海市蜃楼”．

例 9　在做凸透镜成像实验时，当物体在光屏上成像后，用

不透光的硬纸板遮住透镜的一半，则此时成像的情况是

A. 物体成的像仍然是完整的

B. 物体成的像变成了半个

C. 光屏上的像消失了

D. 物体成的像虽然是完整的，但却缩小一半.

解 物体上的某一点经凸透镜成的实像，是这一点射向透镜的全部光线会聚成的，如图 7－21 所示，透镜的每一部分都有光入射，而经透镜每一部分折射的光都会聚在同一个像点处. 当把透镜的一半遮住时，射向透镜被遮部分的光不能通过透镜，但未被遮挡的另一半透镜所起的作用与原来没什么不同，即射向这一半透镜的光，经过折射后仍然会聚在原来的像点处. 所不同的只是会聚在像点的光线比原来少了，所成的像点比原来暗了.

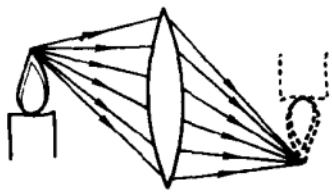


图 7－21

物体经凸透镜成的实像是由各个像点组成的. 物体上的每一点都能经半块透镜形成像点，即像点并没有因透镜被遮住了一半而减少，所以物体的像仍然是完整的. 透镜被遮住一半后其余的一半形状并没有变化，因此它的焦距就没有变化，像的位置和大小也就不会改变. 不同的只是整个像不如原来亮了. 由此可知正确选项是 A.

例 10 如图 7－22(a)所示，把反射面向上的凹镜放在容器内，在凹镜的焦点 F 处放一个点光源 S，然后往容器内注入水，使水面处于光源 S 和凹镜之间，要使光源 S 射到凹镜的光线仍平行射到空气中，光源的位置

A. 不变

B. 适当提高

C. 适当降低

D. 若水面高则升高，水面低则降低

解 若从光源射出的光进入水中发生折射，再从凹镜反射去思考这个问题，比较困难. 我们不妨逆向去想，设垂直于水面的平行光进入水中，作出它们被凹镜反射，再在水里发生折射的光路，见7－22(*b*)图所示，从图中可以看出它们的交点 Q 低于凹镜的焦点 F，根据光路的可逆性推理可见，应当把光源 S 放在 Q 点，它射出的光线被凹镜反射后才能平行射到空气中，所以应选择 C.

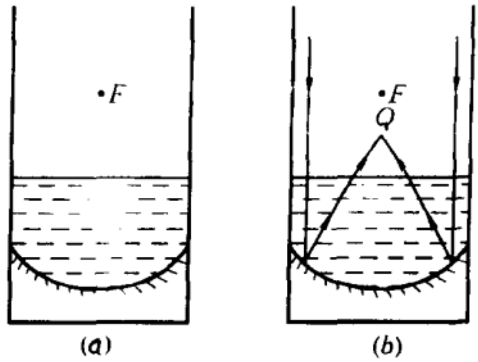


图 7－22

[illegible] 用焦距是 12 cm 的凸透镜，要得到放大 3 倍的像，物体应放在离透镜多远的地方？画出成像的光路图.

解 因凸透镜既可成放大的实像，又可成放大的虚像，所以本题有两解.

(1) 成放大的实像时，根据 $m=\dfrac{|v|}{u}$ 得 $v=3u$.

$$\because \quad \frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{u}-\frac{1}{3u}=\frac{1}{12}$$

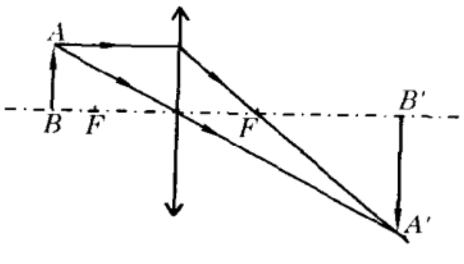
解得 $u=16(\text{cm})$. 光路如图 7－23(*a*)所示.

(2) 成放大的虚像时，$v=-3u$.

$$\because \quad \frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{u}-\frac{1}{3u}=\frac{1}{12}$$

解得 $u=8(\text{cm})$. 光路如图 7－23(*b*)所示.



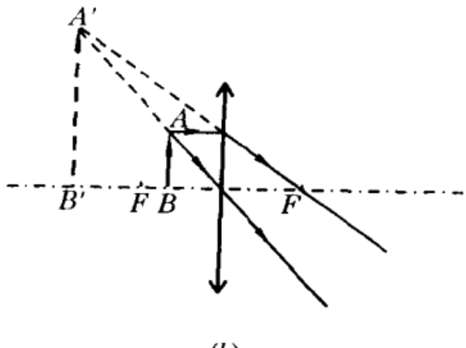


图 7-23

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1. 一个人站在平面镜前，镜中的像离他 1 m，当他后退 0.5 m 时，镜中的像离他______ m.

2. 已知凸透镜的焦距为 10 cm，把物体由距透镜 30 cm 处逐渐向透镜靠近，则在距透镜______ cm 处像开始比物大，在距透镜______ cm 处像由倒立变为正立.

3. 如图 7-24，有一个写着 F 字样的胶片放在教学用投影仪上，此时屏幕上刚好形成一个清晰的像. 请在屏幕上画出 F 的像. 如果要得到更大的清晰的像，应使投影仪__________（填"远离"或"靠近"）屏幕，并把透镜向__________（填"上"或"下"）移动.

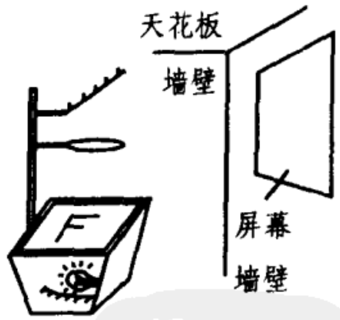


图 7-24

4. 如图 7-25 所示，水平地面上有障碍物 $ABCD$，较大平面镜 MN 在某一高度水平放置，试用作图法求眼睛位于 O 点从平面镜中所能看到的障碍物后方地面的范围. 如果想在原处看到更大范围的地面，水平放置的镜子的高度应______.

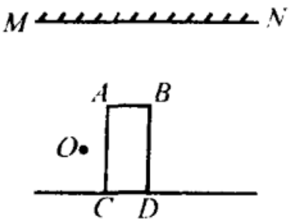


图 7－25

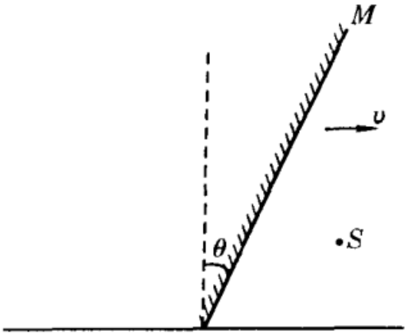


图 7－26

5．如图 7-26 所示，S 为静止的点光源，M 为与竖直方向成 θ 角的平面镜，若平面镜在水平方向做匀速直线运动，则点光源在平面镜中的虚像点 S' 的运动情况是

A．在水平方向上做速度为 $2v$ 的匀速直线运动

B．在水平方向上做速度为 $v\cos\theta$ 的匀速直线运动

C．在 SS' 连线上做速度为 $v\cos\theta$ 的匀速直线运动

D．在 SS' 连线上做速度为 $2v\cos\theta$ 的匀速直线运动

6．在凸透镜成像时，当物体由很远处向着透镜以速度 v 匀速移近，直到接触透镜的整个过程中

A．像的移动方向与物体的移动方向总相同

B．像与物体间的距离先减小后增加然后又减少

C．像的移动速度先大于 v 后小于 v

D．像的移动速度先小于 v 后大于 v

7．如图 7－27，以平面镜 MO 和 NO 为两个侧面的一个黑盒子里有一个点光源 S，黑盒子的另一侧面 EN 上开有一个小孔 P. 一位观察者在盒外沿 EN 走过时，他能几次看到 S 所发出的光？请画出光路图来证明你的回答.

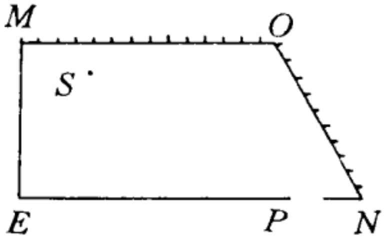


图 7-27

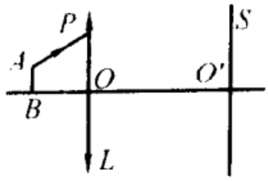


图 7-28

8. 如图 7-28，在透镜 L 左侧有一光源 AB，在透镜右侧的光屏 S 上可得到光源清晰的像. 在图中画出由 A 点发出的光线 AP 经凸透镜折射后的光路图.

9. 如图 7-29 所示，AB 表示一平面镜，P_1P_2 是水平放置的米尺，MN 是光屏，三者互相平行，屏 MN 上的 ab 表示一条缝(即 ab 之间是透光的). 某人的眼睛紧贴在米尺上的小孔 S 处(位置如图)，可通过平面镜看到米尺上的一部分刻度，试在本题的图上用三角板作出可以看到的部位，并在 P_1P_2 上把这部分涂以阴影标志.

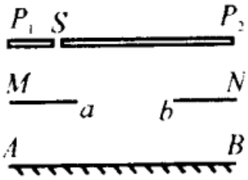


图 7-29

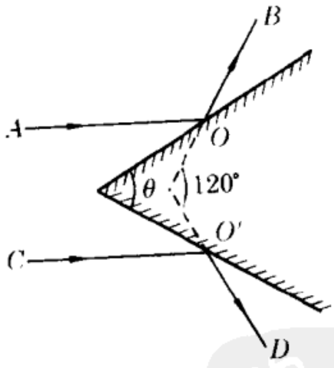


图 7-30

10. 两个平面镜互成 θ 角，两条平行光线 AO 与 CO' 分别射到两个平面镜上，其反射光线 BO 与 DO' 的反向延长线的夹角为 $120°$，如图 7-30 所示. 求出两平面镜的夹角 θ 的大小.

11. 水平天花板离地面的高度为 4 m，有一块平面镜贴在天花板上，一小孩持一手电筒用手电光照射到平面镜上并反射到地

面上，由此，平面镜上和地面上分别对应有一光斑 A 和光斑 B，设手电筒的筒口离地面的高度为 1 m，若小孩在原地转动手电筒，使得光斑 A 的移动速度为 12 m/s，试求此时光斑 B 的移动速度是多少？

12．物体与光屏之间放一凸透镜，调节物体的位置，在屏上得到比物体高 1 倍的像，把透镜向屏移动了 6 cm，在屏上得到高为物体一半的像，这个透镜的焦距是多少厘米？

13．某中学举办一次别开生面的"物理体育比赛"，运动员在竞赛之后要说明自己运用了哪些物理知识．比赛中有如下一个项目：从 A 点起跑，到 XY 线上抱起一个实心球，然后跑到 B 点，要求跑过的距离最短（图 7－31）．某同学在开始前先从终点 B 沿垂直于 XY 的路线跑去，越过 XY 线到达某点 C 后又转头沿直线 CA 一直跑向 A，当第二次经过 XY 线时在地面做了标记 D，比赛时他从 A 沿直线 AD 跑到 D．抱起球后沿直线 DB 跑到 B，别人问他这样做的道理，他只是笑着说受到了光学知识的启发．请你说明 C 点的准确位置，指出使他受到启发的光学规律，并证明他跑的跑程最短．

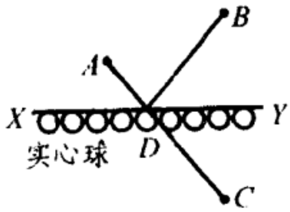


图 7－31

14．一路灯正对一个面积为 1 m^2 的窗户，光穿过窗户照在对面墙上．墙离窗 5 m，灯离窗 2 m，问墙被照亮的面积多大？

15．小河对岸临水竖一高 10 m 的杆子，一个身高为 1.6 m 的人站在河对岸．当此人距岸 2.4 m 时，恰能看见杆在水中的全部倒影，如果两河岸距水面均高 1 m，如图 7－32 所示，求小河的宽度．

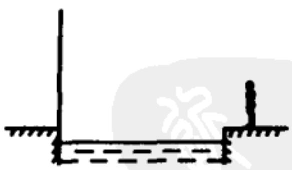


图 7－32

第八讲 电　　路

竞赛导入

(一) 简单的电现象

1. 两种电荷及其相互作用

自然界存在两种电荷,即正电荷和负电荷.同种电荷间相互排斥,异种电荷间互相吸引.

2. 物体带电的本质

构成物质的一切原子都由原子核和核外电子组成,原子核带正电,电子带负电.通常每个原子的正负电荷相等,整个原子呈现为不带电.由这样的原子组成的物体也是不带电的(即通常所说的是中性的).

物体的带电现象是由于其得到或者失去电子而产生的.原来不带电的物体,它失去电子时将带正电,它得到电子时将带负电.

3. 导体和绝缘体

容易导电的物体叫导体,不容易导电的物体叫绝缘体.导体中有能自由移动的电荷,例如金属导体中就有很多能自由移动的电子,这些电子称为自由电子.

导体和绝缘体间没有绝对的界限,在某一定条件下,绝缘体也可以变成导体.

4. 使物体带电的方法

(1)摩擦起电.

(2)感应起电.如图 8-1,使一个带电荷的物体 A 靠近一个原来不带电的导体 B,则在导体的靠近带电体的一端将出现与带电体上相异的电荷,在导体的远离带电体的一端将出现与带电体

相同的电荷,这种现象叫静电感应现象.

在图 8-1 中,使导体 B 与大地连接起来(例如以人的手指与 B 接触,此时即为 B 通过人体与大地相接触),则 B 右端的正电荷将分布到离 A 更远处(即分布到大地上的某处去了),此时再使 B 与大地断开,则 B 便成了一个带有与 A 异种电荷的物体.这种使导体 B 带电的方法叫感应起电.

图 8-1

(3)接触起电.将一个不带电的导体与一个原来带电的导体相接触,则接触后原来带电的物体上的部分电荷将转移到原来不带电的导体上,使这一导体也成为带电体.这种使原来不带电的物体带电的方法叫接触起电.

(二) 电流

1. 电流

电荷的定向移动形成电流.

规定正电荷移动的方向为电流的方向,则负电荷的移动方向和它所形成的电流的方向相反.

2. 电源

提供持续电流的装置叫电源,如干电池、蓄电池、发电机等都是电源.电源的作用是把其他形式的能转化为电能.例如干电池、蓄电池是把化学能转化为电能,而发电机则把机械能转化为电能.

3. 电流的效应

电流可以产生的效应有:热效应、化学效应、磁效应.

(三) 电路

1. 电路和电路图

把电源、用电器、开关用导线连接起来所组成的电流的路径叫电路.

用规定符号表示电路中各个元件所画出来的表示电路连接的

图叫电路图.

2. 串联电路、并联电路和混联电路

把组成电路的元件逐个依次连接起来的方法叫串联,在串联电路中,只要有一处断开则整个电路便成为断路.

把电路元件并列地接在电路的两点之间的连接方法叫并联.并联的每一条支路都是相对独立的.一条支路的通断不影响其他并联支路的通断.

包含有串联电路和并联电路的电路称为混联电路.

解法点拨

(一) 串联电路和并联电路的区分

在电路中,假设有电流由电源正极流向电源负极,在此电路中循此电流前进,若电流在流动全程中不发生分路现象,则此电路为串联电路.若此电流在某处可以分路,即既可以走甲处也可以走乙处,且走甲处的电流便不走乙处,走乙处的电流便不走甲处.这里甲、乙两者间的关系便是并联关系,此电路为并联电路.

(二) 电路的改画

电路图是用来反映电路中各元件之间的连接形式的.同样一个电路,其电路图可以有几种不同的表现方式,有些表现方式不够规范,因而难于从中看出电路中各元件间的连接关系,给电路的分析造成困难.对于这样的电路,可以将它改画,改画成更规范、更清楚地展现出各元件之间关系的电路.改画电路的原则是改画后的电路与原电路应该是完全等效的,即改画后电路中各元件间的连接关系与原图中是相同的.

改画电路时可采用如下的方法:由于电路中连接用的导线的电阻一般可忽略不计,故导线的各点以及由导线连接的点在电路中可以看作是同一点,为分析问题的方便,可以将它们用同一个字母表示:电路中的导线可以任意地拉长或者缩短(在此拉长或缩短的导线上,不能随意添加上别的电学元件);要特别注意各元件相

互连接的连接点(必要时可以用字母标记)在原始图和改画图中应一一对应,两连接点之间的元件也应一一对应.只有保证了这种对应关系,才能保证改画后的电路与原来的电路是完全等效的.

例如,图 8-2 所示的电路就可以改画为图 8-3 所示的电路.

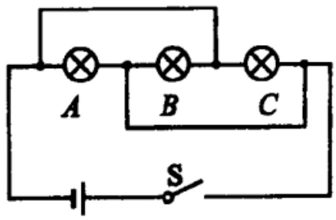


图 8-2

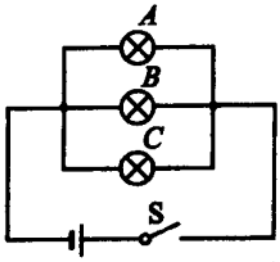


图 8-3

又如,图 8-4 为一个立方体框架,其每条棱的电阻均为 R,现由电流自图中 a 点流入而自 b 点流出,分析此电路时,可先采用"压扁法"把立体图改画成图 8-5 所示的平面图(图中每个电阻表示原图中立方体框架一条棱的电阻),进而又可以把图 8-5 改画成图 8-6 这种规范的图来进行分析.

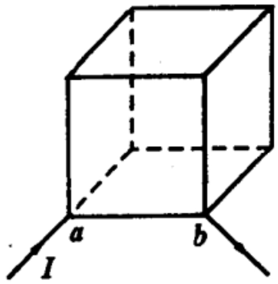


图 8-4

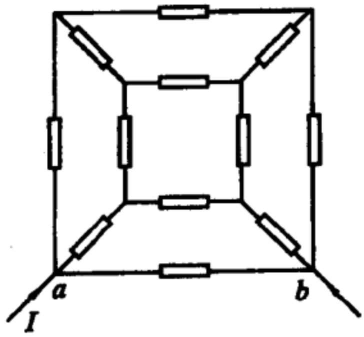


图 8-5

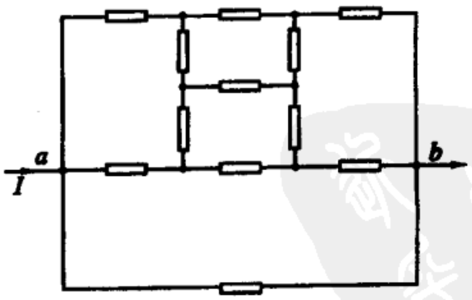


图 8-6

【点面突破】

例 1 如图 8－7，绝缘线悬挂两个小轻球 A 和 B，它们互相吸引，已知 A 球带正电荷，则

A. B 球一定带负电荷
B. B 球一定带正电荷
C. B 球一定不带电
D. 以上说法都不对

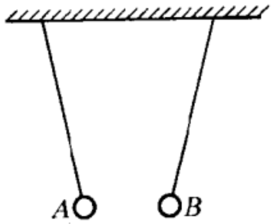


图 8－7

分析 电荷之间相互作用的规律是同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引．因此，两个带有异种电荷的物体间必互相吸引．另外，带了电的物体，还能吸引轻小物体，这个“轻小物体”，一般都是原来没有带电的．这一作用产生的原因是由于带电体对不带电物体的作用，使得不带电物体内的电荷发生重新分布．例如，在图 8－7 中，设 B 球上的电荷重新分布为靠近 A 的一侧集中一些负电荷，而远离 A 的一侧则集中一些正电荷（此时 B 球上的正电荷总量与负电荷总量还是相等的，即作为整体来说，B 球还是不带电的）．这样，A 球上的电荷对 B 球上负电荷（离得近些）的吸引力就大于对 B 球上正电荷（离得远些）的排斥力．这时，A 对 B 的总的作用力就表现为吸引力．

解 由以上分析可见，B 球可能是带负电的，也可能是不带电的．故本题应选答案 D．

例 2 A、B、C 是三个完全相同的带有绝缘柄的金属小球，已知其中有一个球带电而另外两个球不带电．今使

(1) A 球先后分别与 B、C 球相接触，再把 A、C 两球放在相距为 r 的两位置上，测出其间的相互作用力；

(2) 设法让三球恢复初始状态，然后让 C 球先后分别与 B、A

球相接触，再把 A、C 两球放在距离为 r 的两位置上，测出其间的相互作用力.

若两次测出的相互作用力表明，在第二种情况下，A、C 间的相互作用力变小了.由此可以判断出原来带有电荷的球是

A. A　　B. B

C. C　　D. 条件不足，无法判断

解　由于三球相同，则任意两球接触后再分开，其带电量必相等，则最后 A、C 两球的带电量必相等.第二种情况和第一种情况比较，A、C 间的相互作用力变小了，说明 A、C 两球的带电量也较少.而两种情况下三球的总带电量相等(即为最初带电球的带电量)，则只可能是经过相应的接触后，在第一种情况下 B 球未带走电量而第二种情况下 B 球带走了一部分电量(注意不可能是第一种情况下带走较少的电量而第二种情况下带走较多的电量)，由此可以肯定初始状态中：B 球不可能带电(若带电则两情况下 B 球均带走电量)；A 球应不带电(由第一种情况下 B 球不带走电量可知)；C 球带电(由第二种情况下 B 球带走电量可知).故本题应选答案 C.

例 3　以下关于静电现象的说法中，正确的是

A. 穿着化纤服装的人在晚上脱衣服时，常常会看见闪光并伴有轻微的“噼啪”声，这是由于摩擦起电所造成的现象

B. 摩擦起电产生的电压总是很低的，因此对人并不会造成伤害

C. 脱化纤服装时，由于摩擦起电所产生的电压可能高达几千伏以上

D. 脱化纤服装时，由于摩擦起电所产生的静电能量很微小，通常不会对人造成伤害

分析　摩擦使物体带电时产生的静电压有时是很高的，可以达到数千伏以上.夏天，高空云团之间由于静电现象而带有异种

电荷时，其间电压可高达数十万伏. 自然界的雷电现象就是由于分别带有正、负电荷的云团之间电压过高引起放电所造成的. 此过程中静电的能量是巨大的，对人或建筑物都可造成很大的损伤或破坏.

日常生活中发生在我们身边的静电现象，特别是摩擦起电现象也是常常可以见到的. 尽管摩擦起电常常能够产生很高的电压，但平时发生在我们身边的摩擦起电现象，产生的静电能量通常是很微小的. 例如脱化纤衣服时静电压可能高达数千伏，但其静电能量通常仅有几毫焦，这些静电仅能对人产生瞬间的冲击性电击，不会使人受到伤害，因为静电对人体的危害，不仅与电压有关，还与放电过程中释放的能量有关.

解 由以上分析可见本题应选的正确答案为 A、C、D.

例 4 图 8－8 是一个封闭的盒子，面板上有两个灯泡 M 和 N 以及三个接线柱 A、B、C，盒内有电源，并以导线在盒内将接线柱、灯泡和电源相连接. 今在盒外以导线将 A、B 两接线柱相连接时，M、N 两灯均不发光；以导线将 B、C 两接线柱相连接时，则灯 N 发光而 M 不发光；以导线将 A、C 两接线柱相连接时，则灯 M 发光而 N 不发光. 请根据以上结果将盒内的电路图画出来.

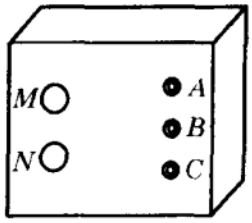


图 8－8

分析 以导线将 A、B 两接线柱相连接时，M、N 两灯均不发光，表明此时没有电流通过 M、N 两灯，这只能是在盒内的电路中：或者是 A、M、N、B 四者之间未连通，或者是虽然这四者间是连通的，但在这条连通的电路中不包含电源. 用导线将 B、C 两接线柱相连接时，N 灯发光，表明在盒内电路中，B、N、C 三者之

间是相连通的，且此连通电路中还应包含有电源. 同样，用导线将 A、C 两接线柱相连通而灯 M 发光，则表明在盒内电路中，A、M、C 三者之间是相连通的，且此连通电路中也包含有上述电源.

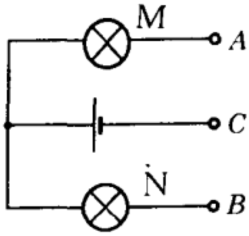


图 8-9

解 由以上分析知盒内电路中，B、N、C 间连通且有电源，A、M、C 间连通且有电源，而 A、M、N、B 间则不连通或连通而无电源. 于是可得盒内电路如图 8-9 所示.

例 5 在一走廊的中央安装有一路灯，现要求在走廊的两端各安装一开关，使这两开关都能独立地控制这盏灯，请画出这一电路.

解 电路如图 8-10 所示，其中开关 S_1、S_2 为单刀双掷开关，它们分别安装于走廊的两端，图中所示的状态（S_1 接于 a，S_2 接于 d）表示电路未接通，电灯不亮，但此时只要拨动两开关中的任何一个（如使 S_1 改接于 b）均可将电路接通而使灯发光，而后若再拨动任何一个开关，又可以使电路断开而灯熄灭. 这样由两个单刀双掷开关控制的电路便可在两处独立地控制同一盏灯了.

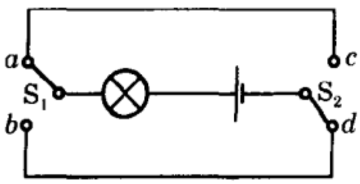


图 8-10

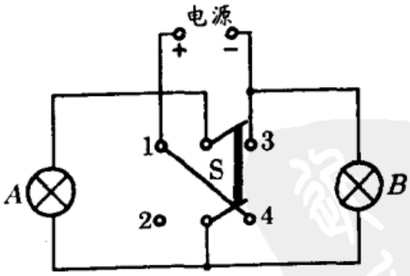


图 8-11

例 6 图 8-11 中，S 为双刀双掷开关，A、B 为两个相同的小灯泡，则下列说法中正确的是

A. S接于1、2时，A、B两灯为串联

B. S接于1、2时，A、B两灯为并联

C. S接于3、4时，A、B两灯为串联

D. S接于3、4时，A、B两灯为并联

解 S接于1、2时，电路可视为图8－12，其中电流方向如图中箭头所示，此时流过A的电流全部流过了B可见A与B是串联关系.

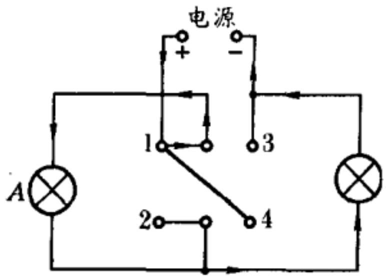


图8－12

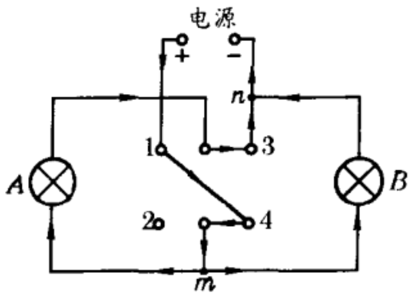


图8－13

S接于3、4时，电路可视为图8－13，其中电流方向如图中箭头所示.由图可见，此时由电源正极流入电路中的电流在m点时分为两支，其中一支通过灯A，另一支则通过灯B.其后，这两支电流又在n点汇合到一起，流回电源负极.这里，A灯与B灯是互相并联的.

综合以上得本题的正确答案为A和D.

例7 关于图8－14所示的电路，下列说法中正确的是

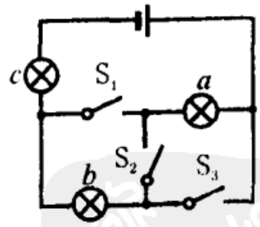


图8－14

A. S_1、S_2、S_3都闭合，则灯a、b、c都发光

B. S_1、S_2闭合，S_3断开，则只有灯b不发光

C. S_3闭合，S_1、S_2断开，只有灯c发光

D. S_2、S_3闭合，S_1断开，灯a、b不发光

解 S_1、S_2、S_3 都闭合时，则灯 a 和 b 均被短路（即电流将由 S_1、S_2、S_3 连通的导线中通过而不通过 a、b 两灯），此时仅在 c 灯中有电流通过，即只有 c 灯发光.

S_1、S_2 闭合而 S_3 断开时，b 灯被短路，而 a、c 两灯中则有电流通过，即此时只有 b 灯不发光.

S_3 闭合而 S_1 和 S_2 断开时，a 灯被断路，此时只有 a 灯中无电流通过，即有 b、c 两灯发光.

S_2、S_3 闭合而 S_1 断开时，a 灯被短路，而 b、c 两灯中则有电流通过，即此时只有 a 灯不发光.

综合上述可得，本题的正确答案为 B.

例 8 图 8－15 表示一个由均匀电阻丝制成的一个直径为 d 的半圆圈，其中 O 为圆心，a 为此半圆弧的中点. 今测得 O、a 两点间电阻为 R，则 b、c 两点间电阻为多少？

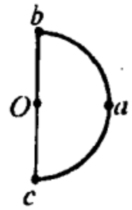


图 8－15

解 设此电阻丝单位长度的电阻值为 λ，则图 8－15 中，O、b、a 部分电阻丝的电阻值应为

$$R_{上}=\left(\frac{d}{2}+\frac{\pi}{4}d\right)\lambda$$

同样 O、c、a 部分电阻丝的电阻值应为

$$R_{下}=\left(\frac{d}{2}+\frac{\pi}{4}d\right)\lambda$$

而 O、a 两点间的电阻 R_{Oa} 是上述两部分电阻的并联值，即

$$R_{Oa}=\frac{R_{上}R_{下}}{R_{上}+R_{下}}=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}+\frac{\pi}{4}\right)d\lambda \qquad ①$$

而直径 bc 部分的电阻值则为

$$R_{直}=d\lambda$$

半圆弧 b、a、c 的电阻值为

$$R_{弧}=\frac{\pi}{2}d\lambda$$

b、c 两点间的电阻 R_{bc} 是上述 $R_{直}$ 与 $R_{弧}$ 的并联值,即

$$R_{bc}=\frac{R_{直}R_{弧}}{R_{直}+R_{弧}}=\frac{\pi}{\pi+2}d\lambda \qquad ②$$

由①②两式可得

$$\frac{R_{bc}}{R_{Oa}}=\frac{8\pi}{(\pi+2)^2}$$

$$\therefore \qquad R_{bc}=\frac{8\pi}{(\pi+2)^2}\cdot R_{Oa}=\frac{8\pi}{(\pi+2)^2}R$$

例 9 有一块均匀的半圆薄金属片,有一位同学先将它按图 8－16(1)所示的方式接在电极 A、B 之间,测得其电阻为 R,然后再将它按图 8－16(2)所示的方式接在电极 C、D 之间,此时测得半圆金属片的电阻值应为

A. R　　B. $2R$

C. $\frac{R}{2}$　　D. $\frac{R}{4}$

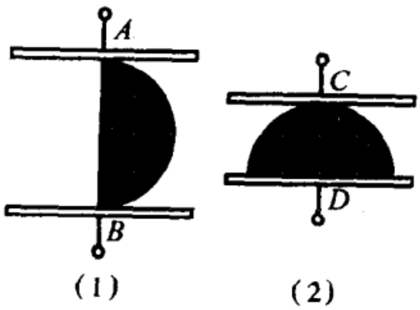


图 8－16

分析 均匀金属片为一半圆,它具有明显的对称性,因此,求解这一问题时可以从利用图形的对称这一特征来寻找解决问题的突破口.

解法一 不妨把图 8－16 所示的两半圆片都对称地分为两部分,如图 8－17(1)和(2)所示,则图 8－17(1)中,A、B 间的电阻为两个$\frac{1}{4}$圆片的电阻串联而得,由题述知 A、B 间电阻为 R,又每块$\frac{1}{4}$圆片的电阻应该相等,故得其中每块$\frac{1}{4}$圆片的电阻为$\frac{R}{2}$.而在图 8－17(2)中,C、D 间的电阻则应是由两块这样的$\frac{1}{4}$圆片的电阻并

联而得,故其间的电阻应为$\frac{1}{2}\times\frac{R}{2}=\frac{R}{4}$.

即图 8-16(2)中,C、D 间的电阻值应为$\frac{R}{4}$,故本题答案应为 D.

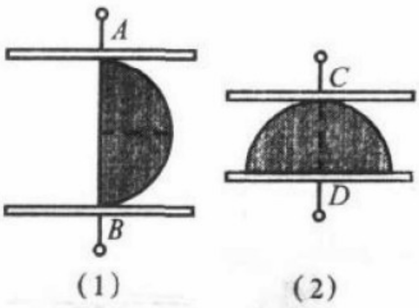


图 8-17

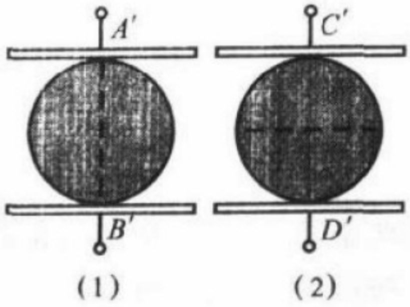


图 8-18

解法二 假设将图 8-16 所示的两半圆片均以另一相同的半圆片将其补充成为一完整的圆片,如图 8-18 所示,图 8-18(1)中,A'、B'间的电阻应由两块竖立的半圆的电阻并联而得,而每块竖立半圆片的电阻为 R,则 A'、B'间的电阻值应为$\frac{R}{2}$,即整个圆片的电阻值为$\frac{R}{2}$.而在图 8-18(2)中,这一整圆片的电阻又可看成是由图中上下两半圆片的电阻串联而成,这样便得到图 8-18(2)中每块半圆片的电阻值应为$\frac{1}{2}\times\frac{R}{2}=\frac{R}{4}$,这也就是图 8-16(2)中 C、D 间的电阻,由上同样得到本题应选的答案是 D.

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1. 金属导电靠________,电解液导电靠__________,日光灯管中的气体靠__________导电.

2. 先给一个验电器带电,验电器两金属箔张开一定的角度.然后再用另一物体去靠近验电器上端的金属球.则以下根据实验

现象所作出的分析判断中正确的是

A．若两金属箔张开的角度增大，说明靠近金属球的物体必定带有与验电器同种的电荷

B．若两金属箔张开的角度略有减小，说明靠近金属球的物体必定带有与验电器异种的电荷

C．用与丝绸摩擦过的玻璃棒靠近验电器的金属球，根据验电器两金属箔张开角度的变化可以判断验电器所带电荷的种类

D．用带有异种电荷的物体靠近并接触金属球，那么两金属箔张开的角度必定减小

3．下列所述的各现象中，与静电现象密切相关的是

A．与纯棉服装相比较，穿着的化纤服装更容易蒙上一层灰尘

B．利用太阳能电池的计算器在光线的照射下能正常使用

C．运油料的油罐车后有一条拖地的铁链

D．高大建筑物上装置有避雷针

4．某同学对日常观察到的静电现象作如下判断，其中正确的是

A．一个摩擦后带电的物体能吸引一个轻小物体，这个轻小物体必定也带电

B．一个带电体能吸引另一轻小物体，这个轻小物体可能带有与带电体异种的电荷

C．一个摩擦后带电的物体对另一轻小物体有推斥作用，这个轻小物体必定也带电

D．一个带电体对另一轻小物体有推斥作用，这个轻小物体有可能不带电

5．丝绸与玻璃棒摩擦后分开，玻璃棒带正电荷，这是因为

A．丝绸上的正电荷转移到玻璃棒上

B．玻璃棒上的负电荷转移到丝绸上

C. 由于摩擦在玻璃棒上产生了正电荷

D. 由于摩擦使玻璃棒上的部分负电荷消失了

6. 甲、乙、丙、丁四个物体,它们之间的相互作用情况是:丁吸引乙;乙排斥丙;丙吸引甲.已知丁带正电荷,那么对甲的带电情况的正确说法是

A. 甲必定带正电荷

B. 甲必定带负电荷

C. 甲可能不带电

D. 甲可能带正电

7. 以下关于摩擦起电的说法中正确的是

A. 轻小物体吸附在一个较大的物体上,表明该较大物体一定是一个带电体

B. 由于彼此相互摩擦而带电的两个物体总是带有异种电荷

C. 只有固体与固体相互摩擦才能产生摩擦起电的现象

D. 在摩擦起电现象中,相互摩擦的物体的电荷总量是保持不变的

8. 在图 8－19 所示的电路中,应该如何接通开关,才可使 A、B 两灯串联?又应该如何接通开关,才可使 A、B 两灯并联?

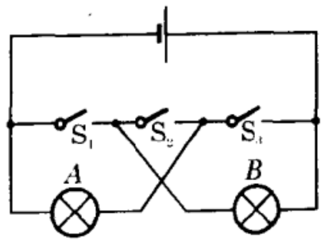


图 8－19

9. 甲、乙两办公室为了互相传呼的方便,在两个办公室里各装一个电铃,要使两个办公室的任何一方按开关都只能使对方的电铃发声,并且共用一个电源.请根据上述要求,设计出正确的电路图.

第八讲　电流的定律

竞赛导入

(一) 电流

1．电流的意义

电流的大小,它等于1s钟内通过导体一个横截面的电量.电流的定义式是

$$I=\frac{Q}{t}$$

2．电流的单位

电流的单位是安培,简称为安,用符号A表示.

$$1\ \mathrm{A}=1\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$$

此外其单位还有毫安(mA)和微安(μA).

1 A=1000 mA　　　　1 mA=1000 μA

3．电流的测量

电流用电流表测量.使用电流表时应该注意:①电流表要串联在电路中;②电流表的"+""-"接线柱接法要正确,应使电流由"+"接线柱流入电流表而由"-"接线柱流出;③被测电流不要超过电流表的量程;④绝对不允许不经过用电器而把电流表直接接在电源的两极上.

(二) 电压

1．电压的意义

电压是使电路中形成电流的原因.

2. 电压的单位

电压的单位是伏特,简称伏,符号是 V.

1 V 表示:在某段电路上,每通过 1 C 电量电流做功 1 J 时,这段电路两端的电压是 1 V. 即

$$1\ \mathrm{V} = 1\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}}$$

电压的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV).

$1\ \mathrm{kV} = 1000\ \mathrm{V}$ $\quad$ $1\ \mathrm{V} = 1000\ \mathrm{mV}$

$1\ \mathrm{mV} = 1000\ \mu\mathrm{V}$

3. 电压的测量

电压用电压表测量. 使用电压表时应该注意:①电压表应并联在电路中;②"+""-"接线柱接法要正确,应使电流自"+"接线柱流入电压表而自"-"接线柱流出;③被测电压不能超过电压表的量程.

(三) 电阻

1. 电阻的意义

电阻是用来表示导体对电流阻碍作用大小的物理量.

2. 电阻的单位

电阻的单位是欧姆,简称为欧,符号是 Ω. 较大的单位还有千欧(kΩ)、兆欧(MΩ).

$1\ \mathrm{M\Omega} = 1000\ \mathrm{k\Omega}$ $\quad$ $1\ \mathrm{k\Omega} = 1000\ \Omega$

1 Ω 的意义是:导体两端的电压是 1 V 时通过它的电流为 1 A,则这段导体的电阻就是 1 Ω.

3. 决定导体电阻大小的因素

电阻是导体本身的一种性质,它的大小取决于导体的材料、长度和横截面积. 同种材料的电阻与其长度成正比,与其横截面积成反比.

4. 变阻器

常用的变阻器有滑动变阻器和电阻箱. 应用滑动变阻器时,是

利用它改变接入电路的电阻线的长度,从而改变电路中的电阻.滑动变阻器不能显示出接入电路的电阻的具体数值.电阻箱则是一种能表示出阻值的变阻器.

5．半导体和超导体

导电性能介于导体和绝缘体之间的材料叫半导体,半导体有许多特殊的电学性能,可制成压敏元件、热敏电阻等.

某些材料在一定温度下,其电阻突然消失,这种现象叫超导现象,能产生超导现象的材料叫超导体.超导体具有极为诱人的应用前景.

(四) 欧姆定律

导体中的电流,跟导体两端的电压成正比,跟导体的电阻成反比.写成公式为

$$I = \frac{U}{R}$$

要特别注意的是:上式中的 I、U、R 都是对应于同一段电路的物理量,即 I 为通过某一段电路的电流,则 U 为加在这段电路两端的电压,R 为这段电路的电阻.

欧姆定律是电学中的一条重要定律,它在解决各种电路关系问题中有广泛的应用.根据它,已知一段电路中的电流、电压、电阻三者中的任意两个,便可求出第三个.

欧姆定律适用于金属导电和电解液导电.

(五) 串联电路和并联电路的规律

1．串联电路的规律(见图 9－1)

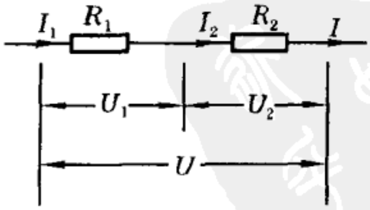


图 9－1

①串联电路中各处的电流相等

$$I_1 = I_2 = I$$

②串联电路的总电压等于各部分电路两端的电压之和

$$U = U_1 + U_2$$

③串联电路的总电阻等于各部分电路的电阻之和

$$R = R_1 + R_2$$

④串联电路各部分电路两端电压与该部分电路的电阻成正比

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

2．并联电路的规律(见图 9－2)

①并联电路中的总电流等于各支路中电流之和

$$I = I_1 + I_2$$

②并联电路中各支路两端的电压都相等，都等于并联电路的总电压

$$U_1 = U_2 = U$$

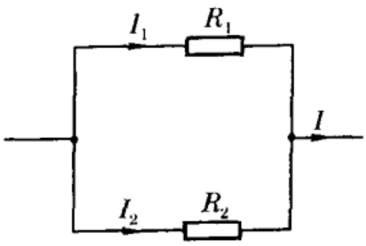


图 9－2

③并联电路的总电阻的倒数等于各并联电路的电阻的倒数之和

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

可见并联电路的总电阻小于其中任何一条支路的电阻.

④并联电路各支路中的电流与其电阻成反比

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

解法点拨 ANBO

(一) 关于欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$

首先要正确理解其意义，欧姆定律表述为：导体中的电流，跟导体两端的电压成正比，跟导体的电阻成反比. 对于一个导体来说其电阻是固定不变的(不包括气体导电现象及导体电阻随温度变化)，故通过它的电流是随加在它两端的电压变化而变化的，而其电阻则不会由于外加电压变化而变化，这样一来，算式 $R = \frac{U}{I}$ 是

成立的，但若据此而说导体的电阻与其两端的电压成正比则显然是错误的.

其次要注意的是此公式中 I、U、R 三个量是对应于同一导体（或同一段电路）的. 以甲导体两端的电压去除以乙导体的电阻是没有物理意义的.

（二）比例在串、并联电路计算中的运用

在串、并联电路的计算中，灵活运用比例关系有时可简化计算. 常用的比例关系主要有：在串联电路中，各电阻两端的电压与其电阻成正比，各电阻消耗的电功率与其电阻成正比；在并联电路中，各支路中的电流与其电阻成反比，多支路中消耗的电功率与其电阻成反比. 例如若有 R_1、$R_2\cdots R_n$ 共 n 个电阻串联，则其中第 a 个电阻R_a 两端的电压U_a 与第b 个电阻R_b 两端的电压U_b 之比为

$$\frac{U_a}{U_b}=\frac{R_a}{R_b}$$

而 U_a 与整个电路的总电压U 之比则为

$$\frac{U_a}{U}=\frac{R_a}{R_1+R_2+\cdots\cdots+R_n}$$

而若为上述的 n 个电阻并联，则其中通过第 a 个电阻的电流I_a 与通过第 b 个电阻的电流 I_b 之比为

$$\frac{I_a}{I_b}=\frac{R_b}{R_a}$$

而 I_a 与通过整个电路的总电流I 之比则为

$$\frac{I_a}{I}=\frac{1}{R_a\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n}\right)}$$

（三）求解某些较复杂电路的一些特殊方法

一般较为简单的电路，通常都是根据串、并联规律对其进行求解. 而对于复杂的电路，往往单靠串、并联规律尚难于解出，其中的某些题，利用一些特殊的方法，有时可以奏效.

1. 利用电路的重复性

如图 9－3 为一无限长网格状电路，电路中各电阻阻值或为 R、或为 r 均标在如图 9－3 中，若 $R=2r$，若电压 $U_{AB}=U$，则与图中点 3 相接的电阻 R 两端的电压 U_3 为多少？

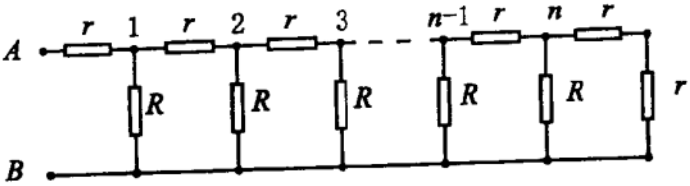


图 9－3

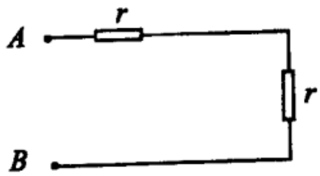


图 9－4

分析这一电路时，注意到 $R=2r$ 的关系，由此网络的最右端向左推移，可看到最后两个 r 串联后与 R 并联，其并联电阻为 r，这一 r 与其前面的 r 串联后又与 R 并联，成为第一次情景的重复，如此重复下去，这一电路最后等效成为图 9－4 的形式. 由此也容易得出图 9－3 中与点 3 相接的电阻 R 两端的电压 $U_3=\frac{1}{2^3}U_{AB}=\frac{1}{8}U$.

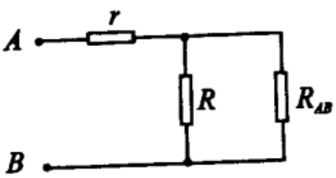


图 9－5

图 9－3 所示的电路，从另一个角度也可以利用其重复性来求解：即我们不妨说 A、B 两点间的总电阻为 R_{AB}，则若设想将电路最左部部分各取走一个 R 和一个 r 后，剩下电路 AB 为这样一个无限长的网络，则其电阻 AB 为 R_{AB}，这样，我们得到了如图 9－5 所示的电路，据此电路也可对本题求解(参见本讲“点面突破”例 19).

2. 利用电路的对称性

例如，空间有 A、B、C、D 四点，今在其任意两点之间均接入一个 $R=1\ \Omega$ 的电阻，求此时 A、B 两点间的电阻 $R_{AB}=$？此时，不妨假设有电流自 A 点流入此网络而自 B 点流出，则对于流过此

网络的电流来说，C、D 两点的位置是对称的（即在连接 CD 两点的电阻内，既无电流电由 C 流向 D，也无电流由 D 流向 C），故若撤走连接 CD 的电阻对原电路并无影响，故原电路等效为图 9－6 所示的电路，乃得 $R_{AB}=\frac{1}{2}R=\frac{1}{2}\Omega$.

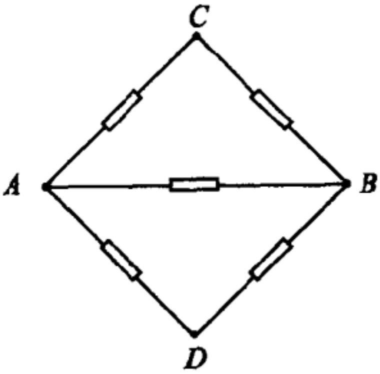


图 9－6

又如，图 9－7 表示一立方体框架，其每条棱的电阻均为 1 Ω，要求其两相对顶点 A、G 之间的电阻 $R_{AG}=$？这一问题则具有明显的对称性，设电流自 A 点流入自 G 点流出，则由于对称，AD、AB、AE 三条棱上的电压必然相等，由此可将电路中的 B、D、E 三点看成为是连接在一点的，同样又可以把电路中的 C、F、H 三点看成为是连接在一点的，这样，从电路的角度看，图 9－7 的框架连接就等效为图 9－8 的连接，A、G 之间的电阻乃为

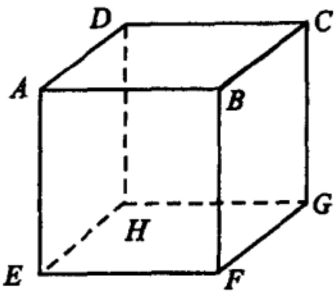


图 9－7

$$R_{AG}=\frac{1}{3}\Omega+\frac{1}{6}\Omega+\frac{1}{3}\Omega=\frac{5}{6}\Omega$$

图 9－8

由上两例我们可以看到，几何的对称当然可以构成电路的对称（如以上的后例），但电路的对称不一定要求有几何形体的对称（如以上的前例），我们在分析电路时，关键是要抓住其电学的特征来进行分析.

3. 假设电流电压，根据欧姆定律求解

对于一些复杂电路，假设通过它的总电流为 I，若能求出此电路中各部分的电压与 I 的关系，则可得出全电路的总电压与总电

流的关系,这样便可根据欧姆定律得出此电路的总电阻,进而便可对其他相关问题求解.

例如,在图9-7所示的电路中,设由A流向G的总电流为I,则由前述显然有:棱AD中的电流为$\frac{I}{3}$,以R表示一条棱的电阻,则棱AD两端的电压$U_{AD}=\frac{1}{3}IR$;AD中的电流又对称地分为DC和DH两路分别流向G,则DC中的电流为$\frac{I}{3}\times\frac{1}{2}=\frac{I}{6}$,棱$DC$两端的电压为$U_{DC}=\frac{1}{6}IR$;棱$CG$中的电流由$DC$和$BC$中的电流汇集而成,为$\frac{I}{3}$,则棱$CG$两端的电压$U_{CG}=\frac{1}{3}IR$.综合以上得$AG$两点间电压为

$$U_{AG}=U_{AD}+U_{DC}+U_{CG}=\frac{5}{6}IR$$

根据欧姆定律,可得AG间总电阻为

$$R_{AG}=\frac{U_{AG}}{I}=\frac{5}{6}R=\frac{5}{6}\Omega$$

【点面突破】

例1 绝缘体不容易导电,这是因为

A. 绝缘体中没有电子

B. 绝缘体中几乎没有电子

C. 绝缘体中有大量的自由电荷

D. 以上几条理由都不成立

分析 任何物体都是由大量的原子组成,每个原子内都包含有正电荷和负电荷(负电荷的携带者为电子),即每个原子内均包含有电子,故绝缘体内也有大量的电子.但绝缘体内虽有大量正电荷和负电荷,然而这些电荷却都很难自由移动,因此绝缘体不容易导电.

解 由以上分析可知，本题A、B、C所列三项理由均不成立，故本题应选D.

例2 当电流通过一条铜导线时，它立即产生下列的哪些效应

A. 热效应　　　　B. 磁效应

C. 化学效应　　　D. 以上各效应均不会立即产生

解 电流通过铜导线时，铜导线会立即发热，这是电流的热效应. 在导线的周围会同时形成磁场，这是电流的磁效应. 但不管通电多久，它并不会使铜导线发生化学变化，即不会产生化学效应. 故本题应选答案A和B.

例3 某种电解液导电时，其内既有正电荷(由正离子携带)移动，也有负电荷(由负离子携带)移动. 今测得1 min内，通过此导电液体的一个截面向左移动的正电荷的电量为4 C，通过同一截面向右移动的负电荷的电量为3 C，则此导电液体中的电流为多少?

分析 一定量的正电荷由物体A上移至物体B上，等效于同样电量的负电荷由物体B上移至物体A上. 这一结论可以这样来理解：设物体A和B原来均不带电，今自A上取出1 C正电荷移至B上，则最后结果是使A带1 C负电、B带1 C正电. 同样，使A、B均恢复为不带电后，若自B上取出1 C负电荷移至A上，其最后结果也是使A带1 C负电、B带1 C正电. 可见上述的两个过程对于电量的迁移效果来说是等效的.

解 题述在1 min内，通过导电液一截面向左移动的正电荷为4 C，同时还有3 C负电荷通过这一截面向右移动，依前述，后一负电荷的移动等效于3 C正电荷通过此截面向左移动. 这样上述正、负电荷移动的总效果，则为通过这一截面向左移动了正电荷3 C+4 C=7 C. 根据电流强度的定义式可得到此导电液中的电流为

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{7}{60}\text{A}=0.12\ \text{A}$$

例 4　一个电路中包含有三个相同的电阻，则这个电路有几种可能的连接法？

解　有四种可能的连接法.这四种可能的连接法分别是：三个电阻串联；三个电阻并联；将其中两个电阻串联后再与第三个电阻并联；将其中两个电阻并联后再与第三个电阻串联.

例 5　有五个电阻 R_1、R_2、R_3、R_4、R_5 依次串联在电路中，现要将它们改为并联，至少应往原电路中再接入几根连接导线？

解　连接电路如图 9－9，由图可见，至少要用四根连接导线（图中虚线表示再接入电路中的导线）.

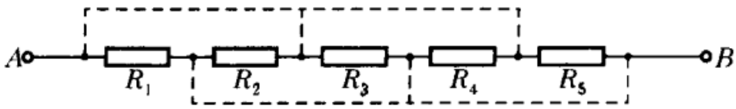


图 9－9

这一问题的求解思路是：如图 9－9，设 A、B 为原电路的两端，则为使五个电阻并联，就应使每个电阻均直接接于 A、B 之间，即每个电阻均一端接于 A，另一端接于 B. 今 R_1 的左端已接于 A，则其右端必接于 B，故应从 R_1 的右端引导线连至 B 点. 又由于 R_2 的左端与 R_1 相连，则 R_2 的左端也连于 B 点了，这样，R_2 的右端应与 A 点相连，……依此类推，可进而得出 R_3、R_4 两电阻两端的接法. 综合起来就是图 9－9 所示的接法.

例 6　根阻值均为 r 的电阻丝连接成如图 9－10 所示的电路. 试求 A、D 间的总电阻为多少？

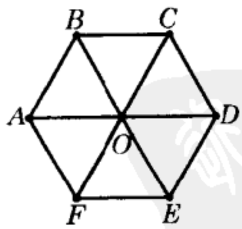


图 9－10

分析　此电路为一混联电路，无法直接用简单的串、并联关系求解. 但此电路有一明显的特点是其对称性，我们可以从电路对称

这一特点入手来寻求解题思路.

在图 9-10 中,设有电流自 A 点流入此电路而自 D 点流出此电路,则由于对称,应该有流往 AB 的电流 I_{AB}、流往 AF 的电流 I_{AF} 相等,即 $I_{AB}=I_{AF}$.现先假设撤去中间的电阻线 AO 和 OD,则图中的电流仅剩下 $A\rightarrow B$ 和 $A\rightarrow F$ 的上、下两支.这两支电流的一部分在图中的 O 点相遇.显然,由于上、下两支路完全对称,任何一支电流相对于另一支电流并不占有什么优势,则在 O 点不可能出现上支电流流入下支路或下支电流流入上支路的情况,即在上支路中,由 B 流向 O 的电流 I_{OB} 必全部由 O 流向 C 形成电流 I_{OC},有 $I_{BO}=I_{OC}$.同样,对于下支路中则有 $I_{FO}=I_{OE}$.此时我们还可以看出,AO 两点间的电压与 OD 两点间的电压是相等的,如果我们将电阻线 AO、OD 恢复接入,则将有 AO 和 OD 中的电流相等,即 $I_{AO}=I_{OD}$.这样,我们看到在图 9-10 中的电流分布情况是:电流自 A 点流入后分为三支(分别为 I_{AB}、I_{AO}、I_{AF}),这三支电流在 O 点相遇时互不干扰,即均不流入另一支的电路中去.由此,我们可以假设将电阻线 BOC 和电阻线 FOE 都自 O 点分离出来,形成如图 9-11 所示的电路,显然这一分离并不影响原电路中各处的电流分布.即在图 9-10 和图 9-11 的 AD 两点间加上相同电压时,通过这两电路的电流是相同的.因此,这两个电路是等效的,则两图中 A、D 间的电阻是相等的.

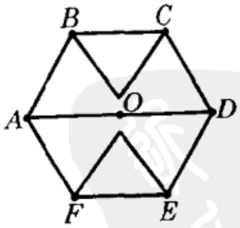


图 9-11

解 在图 9-11 中,B、C 间的电阻 R_{BC} 满足

$$\frac{1}{R_{BC}}=\frac{1}{2r}+\frac{1}{r}$$

$$R_{BC}=\frac{2}{3}r$$

图中上部分一条支路的电阻为

$$R_{上}=r+R_{BC}+r=\frac{8}{3}r$$

同样有 $R_{下}=\dfrac{8}{3}r$

图中中央电路的电阻为

$$R_{中}=2r$$

则 A、D 间的总电阻 R_{AD} 满足

$$\frac{1}{R_{AD}}=\frac{1}{R_{上}}+\frac{1}{R_{中}}+\frac{1}{R_{下}}$$

$\therefore$ $$R_{AD}=\frac{4}{5}r$$

即图 9－10 中，A、D 两点间的电阻为 $\dfrac{4}{5}r$.

例 7 图 9－12 中，$R_1=R_2=R_3=2\ \Omega$，$R_4=6\ \Omega$，求 A、B 两点间的电阻 $R_{AB}=?$

分析 设想有电流自 A 点流入此电路而由 B 点流出，注意到 A 点处以导线直接于电阻 R_4 的上端相连，则在电路中看来，R_4 的上端也就是 A 点．这样，当前述假设的电流流入 A 点时，将有一部分流经 R_4 而到达 B 点；另一部分则自左向右流过 R_1 而到达 R_3 的上端，还有一部分则自右向左流过 R_2 而到达 R_3 的上端，后两部分电流在 R_3 上端汇合后，合为一起自上至下流过电阻 R_3 而到达 B 点．由以上分析可见本电路可看成为由两并联支路组成：第一条支路是 R_4；第二条支路是先由 R_1 与 R_2 并联然后再与 R_3 串联而成．

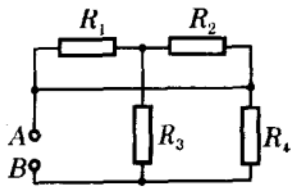


图 9－12

解 R_1 与 R_2 的并联电阻为

$$R_{12}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{2\times 2}{2+2}\Omega=1\ \Omega$$

R_{12}与 R_3 串联的电阻为

$$R_{123} = R_{12} + R_3 = 3\ \Omega$$

由于 A、B 间为两并联支路，故其总电阻 R_{AB}应满足

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_{123}} + \frac{1}{R_4}$$

代入数值可解得

$$R_{AB} = 2\ \Omega$$

例 8 图 9-13 中，电源电压稳定为 6 V，L 为灯泡，R 为一电阻器，现灯泡不亮，用电压表测得电阻两端的电压为 6 V，这一现象产生的原因是

A. 灯泡的灯丝和 R 的电阻丝都断了

B. 灯丝正常，可能是 R 的电阻丝断了

C. R 正常，可能是灯丝断了

D. R 正常，可能是连接电灯的两导线被短路了

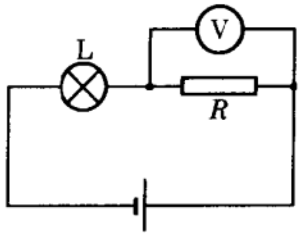


图 9-13

分析 若灯丝和 R 的电阻丝都断了，则 R 两端不可能有电压，电压表的示数应为零．若灯丝正常而 R 的电阻丝断了，则相当于电压表和灯泡串联接在电源两极之间，此时灯泡两端的电压为零，电压表将显示出电压两极间的电压，为 6 V．若 R 正常，而灯丝断了，则整个电路不通，R 两端的电压为零，电压表示数为零．若 R 正常而连接电灯的两导线短路，则整个电路相当于电阻 R 直接接于电源两极之间，则 R 两端的电压就是电源电压，电压表示数应为6 V.

由以上分析得，本题应选答案 B 和 D.

例 9　图 9－14 中，电源电压恒定，若将滑动变阻器的滑动片向右移动，则电流表和电压表的示数将发生的变化是

A. 两表示数都变大

B. 电流表示数变大，电压表示数变小

C. 电流表示数变小，电压表示数变大

D. 两表示数都变小

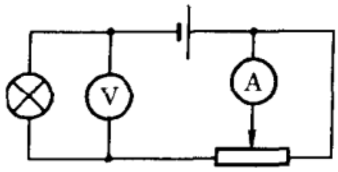


图 9－14

分析　在图 9－14 的电路中，滑动变阻器的右端部分被连接电流表的导线短路，即滑动变阻器的右端部分没有电流通过，电路中的电流只经过滑动变阻器的左端部分（以 $R_{左}$ 表示其电阻）和电灯（以 $R_{灯}$ 表示其电阻），以 U 表示电源电压，则根据欧姆定律知此电流的大小为

$$I=\frac{U}{R_{左}+R_{灯}} \tag{①}$$

这一数值，也就是电流表的示数. 而电压表显示的则是灯两端的电压，为

$$U_{灯}=IR_{灯}=\frac{R_{灯}}{R_{左}+R_{灯}}U \tag{②}$$

解　当滑动变阻器的滑片向右移动时，滑动变阻器接入电路中的电阻增大，即 $R_{左}$ 增大，由于此过程中 $R_{灯}$ 和 U 均保持不变，故由①式可见 I 将减小，即电流表的示数将减小；由②式可见 $U_{灯}$ 将减小，即电压表的示数将减小.

由以上可见本题应选答案 D.

例 10　图 9－15 中，L_1、L_2、L_3 为三盏电灯，R 为滑动变阻器，电源电压一定，三灯均发光。现将变阻器的滑动片稍微移动

一下,发现灯 L_2 变暗了.则此过程中

A. L_1 和 L_3 都变暗

B. L_1 变亮,L_3 变暗

C. L_1 变暗,L_3 变亮

D. L_1 和 L_3 都变亮

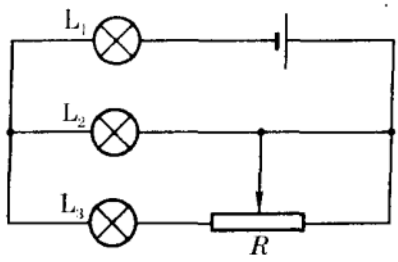


图 9-15

分析 此电路为一混联电路,其构成为:(以 R_1、R_2、R_3 分别表示灯 L_1、L_2、L_3 的电阻)R 的左端部分(其右端部分被短路)与 R_3 串联后再与 R_2 并联,这一并联电路与 R_1 则为串联.以 I_1、I_2、I_3 分别表示通过 L_1、L_2、L_3 的电流,以 U_1、U_2 表示灯 L_1、L_2 两端的电压,以 U 表示电源电压.由上分析的电路关系应有

$$U = U_1 + U_2 \quad ①$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad ②$$

解 L_2 变暗,表明通过灯 L_2 的电流 I_2 减小了,根据欧姆定律知灯 L_2 两端的电压

$$U_2 = I_2R_2$$

由于 R_2 不变,故知 U_2 必减小.而 U 也保持不变,则由①式可见 U_1 必增大,而通过灯 L_1 的电流

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}$$

R_1 不变,则 I_1 将增大,故灯 L_1 将变亮.

由上以分析已得出此过程中 I_2 减小,I_1 增大,则由②式可见 I_3 必增大.故灯 L_3 将变亮.

由上得到本题应选答案 D.

例 11 一位同学在用伏安法测量灯泡灯丝的电阻时,把电流表和电压表的位置接错了(如图 9-16 所示),这将造成

A. 电压表烧坏

B. 电流表烧坏

C. 灯泡烧坏

D. 灯泡未烧坏,但不发光

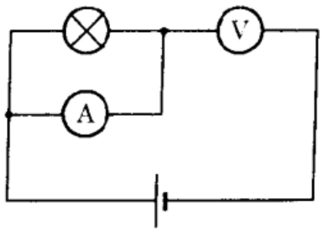


图 9-16

解 由图 9-16 中,电流表与灯泡并联后再与电压表串联,由于电流表电阻极小(通常予以忽略)而电压表的电阻极大,故整个电源电压均加在电压表上,在本实验选定的器材中,这一电压不会超过电压表的量程,故电压表不会损坏.此时流过电流表的电流也极小,当然也不会损坏电流表.而此时加在灯两端的电压则为零.灯中没有电流通过,灯不会损坏,当然也不会发光.

综合上述知本题的正确答案为 D.

例 12 用伏安法测电阻时,某同学连接的电路如图 9-17 所示.由此可知,他测得的结果

A. 比实际电阻值要大些

B. 与实际电阻值相等

C. 比实际电阻值要小些

D. 无法将其实验结果与实际电阻值进行比较

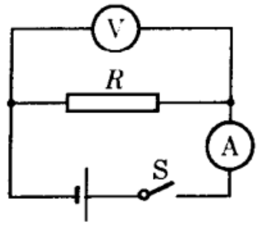


图 9-17

分析 伏安法测电阻的依据是欧姆定律

$$R = \frac{U}{I}$$

以实验所得的 U、I 值代入上式计算即得所测得的电阻值.显然,如果所用的 U 值和 I 值都准确的是此电阻两端的电压和通过此电阻的电流,则所得的 R 值也是准确的.但如果所用的 U 值或 I 值与真正加在 R 两端的电压值和通过 R 的电流值有差别,则会

导致最后计算出来的电阻值与其真实值有差别(这样便产生了实验误差).

在图 9-17 所示的电路中,电压表的两端与 R 的两端相并联,电压表显示的数值即是其两端的电压,也就是 R 两端的电压,故由实验所测得的 U 值是准确的,即它确实是电阻 R 两端的电压.而从电流的角度来看,这一电路相当于电压表与待测电阻 R 并联后再与电流表串联,故严格地说来,电流表显示的并不就是通过电阻 R 的电流,而是通过电阻 R 的电流与通过电压表的电流之和,相当于这一并联电路中的总电流.(注意:如前述,电压表相当于一个很大的电阻,故其内也有很小的电流通过,只是在一般情况下这一电流较之通过 R 中的电流小很多而常被忽略)

解 **当我们以图 9-17 中电流表和电压表的示数作为测量结果代入公式**

$$R=\frac{U}{I}$$

来计算待测电阻之值时,则所用的电流 I 值比真正通过待测电阻的电流大了一些,而所用的电压值则确实为电阻两端的电压,显然这样算出的结果将会比待测电阻的真实值要小一些.

可见本题的答案 C 为正确答案.

讨论 若以 R_V 表示电压表的电阻(即电压表接在电路中时相当于一个阻值为 R_V 的电阻接在电路中),以 R 表示待测电阻的真实值,以 $R_{测}$ 表示由图 9-17 所得的实验数据计算而得的待测电阻的值,以 U、I 表示图 9-17 中电压表、电流表的示数,则有

$$R_{测}=\frac{U}{I}$$

以 I_R、I_V 分别表示此时通过待测电阻的电流和通过电压表的电流,则有

$$I=I_R+I_V=\frac{U}{R}+\frac{U}{R_V}$$

由上两式得

$$R_{测} = \frac{RR_V}{R + R_V}$$

由此而产生的绝对误差为

$$\Delta = R - R_{测} = \frac{R^2}{R + R_V}$$

相对误差为

$$\delta = \frac{\Delta}{R} \times 100\% = \frac{R}{R + R_V} \times 100\%$$

显然,若 R_V 比 R 大得越多,则此实验结果的误差就越小.通常,R_V 约为数千欧至数十千欧,则对于数十欧,数欧乃至更小的待测电阻来说,由此产生的实验误差还是很小的.

例 13 图 9-18 中,A、B 间电压保持不变,$R_1 = R_2 = 8\ \Omega$,当开关 S 断开时,电流表的示数为 0.3 A,当开关 S 闭合时,电流表的示数为 0.4 A,则 R_3 的大小为

A. 8 Ω　　B. 4 Ω

C. $\frac{40}{7}$ Ω　　D. 以上都不对

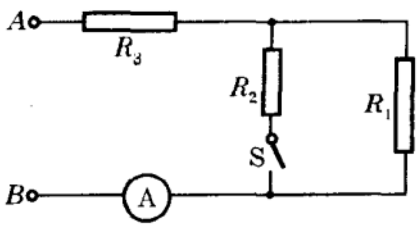


图 9-18

解 以 U 表示 A、B 间的电压,以 I 表示 S 断开时电流表的示数,以 I' 表示 S 闭合时电流表的示数,注意到 S 闭合时 R_1 与 R_2 为并联,由于 $R_1 = R_2$,则这部分并联电阻为 $\frac{R_1}{2}$.

根据欧姆定律,对于 S 断开的情况,应有

$$U = I(R_3 + R_1)$$

对于 S 闭合的情况应有

$$U = I'\left(R_3 + \frac{R_1}{2}\right)$$

由上述两式得

$$I(R_3+R_1)=I'\left(R_3+\frac{R_1}{3}\right)$$

将 $I=0.3$ A、$I'=0.4$ A，$R_1=8\ \Omega$ 代入上式，即可解得

$$R_3=8\ \Omega$$

故本题应选答案 A.

例 14 如图 9-19 所示的电路中，$R_1=4\ \Omega$，$R_2=6\ \Omega$，$R_3=12\ \Omega$，$R_4=4\ \Omega$，电源电压恒定不变为 $U=5.4$ V，电压表的电阻很大.

(1)求电压表的示数；

(2)用一个电阻很小的电流表换下电压表，求电流表的示数；

(3)将电流表与电源互换位置后，电流表的示数又为多少？

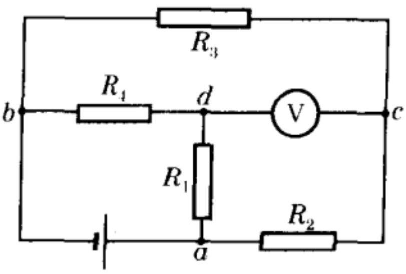


图 9-19

解 (1)由于电压表电阻很大，故可将图中 c、d 两点间视为断路，这样，原电路则变为由两条并联支路所组成：第一条支路由 R_1 和 R_4 串联而成，第二条支路由 R_2 与 R_3 串联而成.

第一支路中的电流为

$$I_1=\frac{U}{R_1+R_4}$$

电阻 R_1 两端的电压 U_1 为

$$U_1=I_1R_1=\frac{R_1}{R_1+R_4}U=\frac{4\times5.4}{4+4}\text{V}=2.7\ \text{V}$$

同样，电阻 R_2 两端的电压 U_2 为

$$U_2=\frac{R_2}{R_2+R_3}U=\frac{6\times5.4}{6+12}\text{V}=1.8\ \text{V}$$

此时，c、d 两点间的电压 U_{cd} 应为 a、d 两点间电压 U_{ad} 与 a、c 两点间电压 U_{ac} 之差，即

$$U_{cd} = U_{ad} - U_{ac} = U_1 - U_2 = 2.7\ \text{V} - 1.8\ \text{V} = 0.9\ \text{V}$$

这也就是此时接在 c、d 两点间的电压表的示数.

(2)若以一电流表换下电压表,则由于电流表的电阻很小,可以忽略,此时便可将 c、d 两点间看成是短路,这样从电路来讲便可将 c、d 两点视为一点.此时原电路便成为 R_1 与 R_2 并联、R_3 与 R_4 并联,两个并联部分再串联而成的电路.

以 R_{12}表示 R_1 与 R_2 的并联电阻,R_{34}表示 R_3 与 R_4 的并联电阻,则有

$$R_{12} = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \times 6}{4 + 6}\Omega = 2.4\ \Omega$$

$$R_{34} = \frac{R_3R_4}{R_3 + R_4} = \frac{12 \times 4}{12 + 4}\Omega = 3\ \Omega$$

此时电路中的总电流为

$$I = \frac{U}{R_{12} + R_{34}} = \frac{5.4}{2.4 + 3}\text{A} = 1\ \text{A}$$

以 I'_1 表示此时 R_1 中的电流,I'_4 表示此时 R_4 中的电流,则由并联分流的规律可求得

$$I'_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}I = \frac{6}{6 + 4} \times 1\ \text{A} = 0.6\ \text{A}$$

$$I'_4 = \frac{R_3}{R_3 + R_4}I = \frac{12}{12 + 4} \times 1\ \text{A} = 0.75\ \text{A}$$

以上求得的 I'_1 和 I'_4 表明,此时在 R_1 中有0.6 A电流由 a 流向 d,在 R_4 中有0.75 A电流由 d 流向 b,两者相比较,对于 d 点来说,流入0.6 A电流而流出0.75 A,这相差的0.15 A应该是由 c 点经电流表至 d 点来的.即此时电流表的示数是0.15 A,经过电流表的电流方向是由 c 点流向 d 点.

(3)若将电流表与电源交换位置,设如此变换后电源的正极靠近 c 点而负极靠近 d 点.同(2)的分析可得此时可将图中的 a、b 视为一点,则此时的电路为 R_2 与 R_3 并联、R_4 与 R_1 并联,两并

联部分再串联组成电路.

R_2 与 R_3 的并联电阻为

$$R_{23}=\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}=\frac{6\times 12}{6+12}\Omega=4\ \Omega$$

R_1 与 R_4 的并联电阻为

$$R_{14}=\frac{R_1R_4}{R_1+R_4}=\frac{4\times 4}{4+4}\Omega=2\ \Omega$$

电路中的总电流为

$$I''=\frac{U}{R_{23}+R_{14}}=\frac{5.4}{4+2}\text{A}=0.9\ \text{A}$$

R_3 中的电流为

$$I''_3=\frac{R_2}{R_2+R_3}I''=\frac{6}{6+12}\times 0.9\ \text{A}=0.3\ \text{A}$$

R_4 中的电流为

$$I''_4=\frac{R_1}{R_1+R_4}I''=\frac{4}{4+4}\times 0.9\ \text{A}=0.45\ \text{A}$$

同样可得此时接于 a、b 间的电流表的示数为 I''_4 与 I''_3 的差值,即为 0.15 A.

例 15 如图 9-20 所示,A、B 两点间串联接有三个电阻 R_1、R_2、R_3,其中 $R_1=5\ \Omega$,$R_3=20\ \Omega$.两个电压表的连接如图,已知电压表 V_1 的示数为 10 V,电压表 V_2 的示数为 25 V.求 A、B 两点间的电压 U 为多少?

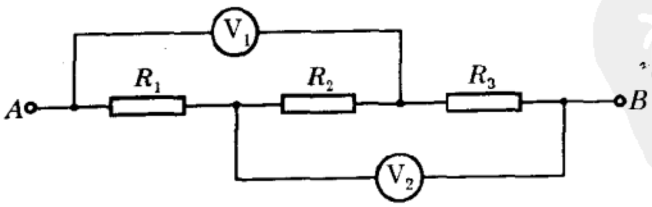


图 9-20

解 以 U_1、U_2、U_3 分别表示电阻 R_1、R_2、R_3 两端的电压,

则电压表 V_1 显示的是 U_1 与 U_2 之和,即

$$U_1 + U_2 = 10\ \text{V} \tag{①}$$

电压表 V_2 显示的则是 U_2 与 U_3 之和,即

$$U_2 + U_3 = 25\ \text{V} \tag{②}$$

另一方面,又设通过此电路的电流为 I,则

$$U_1 = R_1 I \qquad U_3 = R_3 I$$

$$\therefore \quad \frac{U_1}{U_3} = \frac{R_1}{R_3} = \frac{5}{20}$$

即

$$U_3 = 4U_1 \tag{③}$$

联立①、②、③式可解得

$$U_1 = 5\ \text{V}, \quad U_2 = 5\ \text{V}, \quad U_3 = 20\ \text{V}$$

故得 A、B 间的电压为

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 30\ \text{V}$$

例 16 图 9－21 中,电流表 A_1 和 A_2 的示数分别为 1 A 和 2 A. 今将 R_2、R_3、R_4 中的某两个电阻互换位置而其他条件不变时,两电流表的示数也不变,试求流过 R_1 的电流强度为多少?

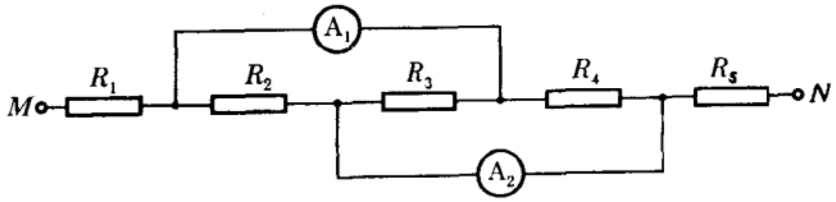


图 9－21

分析 为叙述方便,不妨假设图 9－21 中的电流是由 M 流向 N 的,则自 R_1 流出的电流,可以通过不同的途径流至 R_5,具体说来有以下三条:

$R_1 \to R_2 \to A_2 \to R_5$

$R_1 \to A_1 \to R_3 \to A_2 \to R_5$

$R_1 \to A_1 \to R_4 \to R_5$

显然，R_2、R_3、R_4 三者是互相并联的，而流经 R_2 和 R_3 的电流都流过电流表 A_2，流经 R_4 的电流则不流过电流表 A_2，故电流表 A_2 显示的电流值应为流过 R_2 和 R_3 的电流之和. 同样的分析可得，电流表 A_1 显示的电流值为流过 R_3 和 R_4 的电流之和. 若以 I_2、I_3、I_4 分别表示通过电阻 R_2、R_3、R_4 中的电流，以 I_{A1}、I_{A2} 分别表示电流表 A_1、A_2 的示数，则上述结论可表述为

$$I_3 + I_4 = I_{A1} \quad ①$$

$$I_2 + I_3 = I_{A2} \quad ②$$

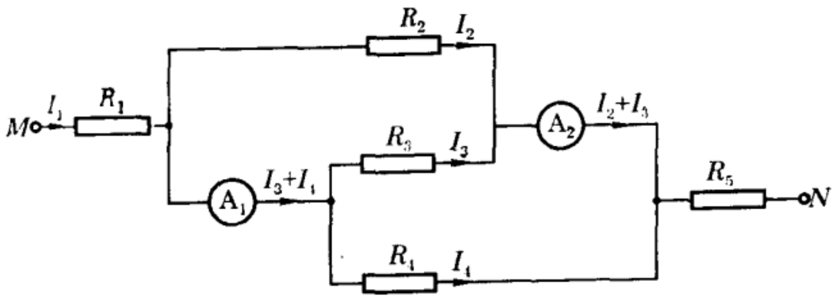


图 9－22

另外，图 9－21 也可以等效地画为图 9－22，则由图 9－22 看，上述的关系式①、②是显然成立的.

由题给已知数据，①、②式可写为

$$I_3 + I_4 = 1\ \text{A} \quad ③$$

$$I_2 + I_3 = 2\ \text{A} \quad ④$$

由③、④两式又可得 $I_2 = I_4 + 1\ \text{A}$ ⑤

解 (1)若为 R_2 与 R_3 互换而其他条件不变时两电流表示数不变，表明 R_2 与 R_3 应该相等，故有

$$I_2 = I_3 \quad ⑥$$

由③、④、⑥式可解得

$$I_2 = 1\ \text{A}, I_3 = 1\ \text{A}, I_4 = 0$$

此时流过电阻 R_1 的电流 I_1 为

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 = 2\text{A}$$

(2)若为 R_3 与 R_4 互换,依上述则应有

$$I_3 = I_4 \quad ⑦$$

由③、④、⑦式可解得

$$I_2 = 1.5\ \text{A}, I_3 = 0.5\ \text{A}, I_4 = 0.5\ \text{A}$$

此时流过电阻 R_1 的电流 I_1 为

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 = 2.5\ \text{A}$$

(3)若为 R_2 与 R_4 互换,依上述应有

$$I_2 = I_4 \quad ⑧$$

⑧式与⑤式相矛盾,这两者是不能同时成立的.说明题述的"某两个电阻互换"只可能是 R_2 与 R_3 互换或者是 R_3 与 R_4 互换而不可能是 R_2 与 R_4 互换.

例 17 有一个密封的小盒,盒面上有 A、B、C、D 四个接线柱,已知盒内有五个相同的电阻接于各接线柱之间.今以欧姆表测得各接线柱间的电阻分别为

$$R_{AC} = 3\ \Omega \qquad R_{BD} = 1.5\ \Omega$$

$$R_{AB} = R_{BC} = R_{CD} = R_{DA} = r$$

(1)请画出盒内电阻的连接图;

(2)求出 $r = ?$

分析 根据 $R_{AB} = R_{BC} = R_{CD} = R_{DA}$,看到每相邻两接线柱间的电阻都相等,可以猜想到盒内电阻在这四个接线柱间的分布应有对称性.显然,如果将四个电阻分别在每两个相邻的接线柱间接入一个,这一结构是明显对称的.进一步,通过简单的计算可以得出,如果将第五个电阻接在两相对的接线柱之间,仍能保证各相邻接线柱间的电阻相等.但这一电阻究竟是应接在 A、C 之间还是 B、D 之间,则应由其他条件来确定.

又由已知条件有 $R_{AC}>R_{BD}$，可见第五个电阻应接在 B、D 两接线柱之间.

解 (1)盒内电路如图 9－23 所示.

(2)以 R 表示盒内每个电阻的阻值，则在测 A、C 间的电阻时，可以假设有电流由 A 流至 C，由于明显的对称关系，图中处于对角线位置上的电阻中将没有电流通过，即该电阻在这种情况下不起作用，或者说此时在电路中若将该电阻撤去对电路不会发生影响，则此时电路的电阻仅由位于四边形四边上的四个电阻来决定，这一阻值(R_{AC})应等于相邻两边的两个电阻串联后(阻值为 $2R$)，再由两条这样的串联电阻并联而得(阻值为 R)，所以应有

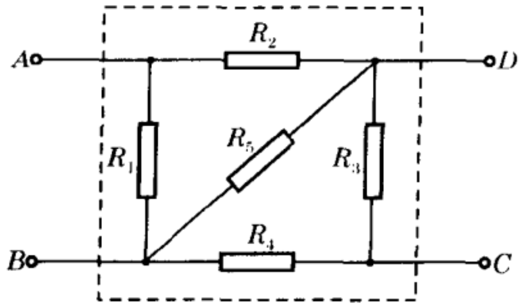


图 9－23

$$R_{AC}=R$$

由于已知 $R_{AC}=3\ \Omega$，故得盒内每个电阻的阻值为

$$R=3\ \Omega$$

为求电阻 R_{AB}，不妨设有电流自 A 点流入而自 B 点流出，则电流自 A 点流入后将分为两支，一支经连接 AB 的电阻 R_1 直接流向 B；另一支则由 A 经 R_2 流向 D，在 D 点再分为两小支，其一小支经对角线电阻 R_5 流向 B，另一小支则经 R_3 和 R_4 而流向 B 由此可得到以下的关于电阻的计算.

R_3、R_4 串联后与 R_5 并联的总电阻为

$$R_{345}=\frac{R_{34}\times R_5}{R_{34}+R_5}=\frac{2R\times R}{2R+R}=\frac{2}{3}R$$

R_2 与 R_{345} 串联的总电阻为

$$R_{2345}=R_2+R_{345}=\frac{5}{3}R$$

A、B 间的总电阻 R_{AB} 为 R_1 与 R_{2345} 的并联电阻，故有

$$R_{AB}=\frac{R_1\times R_{2345}}{R_1+R_{2345}}=\frac{R\times\frac{5}{3}R}{R+\frac{5}{3}R}=\frac{5}{8}R=\frac{15}{8}\Omega$$

和以上同样的分析和计算可以得到 R_{BC}、R_{CD}、R_{DA} 均为 $\frac{15}{8}\Omega$，即

$$r=\frac{15}{8}\Omega$$

例 18 图 9－24 所示的网状电路中含有四个六边形，已知六边形每边的电阻都是 $r=1\ \Omega$，求 A、H 间的总电阻 $R_{AH}=?$

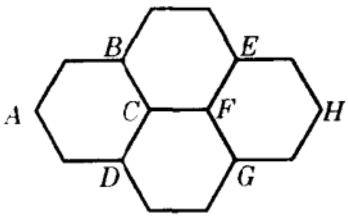


图 9－24

分析 本电路有明显的对称性，根据其对称的特征，可以得到如下的解法.

设想此电路中有电流自 A 点流入而自 H 点流出，由于图形是以过 $ACFH$ 的直线为对称轴的，则各对称电路段上分布的电流应该相同(如 AB 段中的电流与 AD 段中的电流相等，BC 段中的电流与 DC 段中的电流相等……)，这样，如假设以无电阻的导线将 B、D 两点连结起来时，则此导线中不会有电流(因 B、D 两点处于对称地位，则不可能有电流由 B 流至 D，也不可能有电流由 D 流至 B)，即此导线的连入并不会使原电路中的电流发生变化，但这样一来，电路中的 B、D 两点就可以看成是一点，故可想像地令 B、D 两点靠近到成为一点而和原电路是等效的. 同理，也可以把 E、G 两点靠近到成为一点而和原电路是等效的. 这时，原电路便可看成是由左(B、D 合拢成一点后的左侧部分)、右(E、G 合拢

成一点后的右侧部分)、中(上述两汇合点之间的部分)三部分串联而成了,而这左、中、右三部分每部分的电阻则可以用简单的串、并联法则求出.

解法一 如上令 B、D 两点合拢成一点,则此汇合点左侧为 AB 和 AD 两段电路并联而成,其电阻以 $R_{左}$ 表示之,则有

$$R_{左}=\frac{1}{2}R_{AB}=\frac{1}{2}\times 2r=r$$

同理,令 G、E 两点合拢成一点,则此汇合点右侧部分电路的电阻为

$$R_{右}=r$$

上述两汇合点中间部分的电路则可视为三条并联支路并联而成,其中上、下两条支路都是简单地由三条六边形的边构成,其电阻均为 $3r$. 中间一条支路则较为复杂,它的两端各由两条六边形的边并联(BC 与 DC 并联,EF 与 GF 并联)而成,中间则包含一条六边形的边(CF),故这条支路的总电阻为

$$\frac{r}{2}+r+\frac{r}{2}=2r$$

现以 $R_{中}$ 表示上述两汇合点中间部分的总电阻,则 $R_{中}$ 应该满足

$$\frac{1}{R_{中}}=\frac{1}{3r}+\frac{1}{2r}+\frac{1}{3r}$$

$$\therefore \qquad R_{中}=\frac{6}{7}r$$

故得 A、H 间的总电阻为

$$\begin{aligned}R_{AH}&=R_{左}+R_{中}+R_{右}\\&=r+\frac{6}{7}r+r=\frac{20}{7}r\end{aligned}$$

解法二 假想把 CF 段对称地分为上、下两半,则每半均为长度与原 CF 相等而截面积为原 CF 的一半,故每半的电阻均为 $2r$. 显然由于对称可以假定由 B 流至 C 的电流将经由 CF 的上半通过而不进入 CF 的下半,由 D 流至 C 的电流将经由 CF 的下半通过

而不进入 CF 的上半.这样我们便可把原电路对称地裂为上、下两半,在上、下两半的电路中,仅仅是将 CF 段等效地变为两根电阻各为 $2r$ 的导体分别接入上下两半的电路,而电路的其他部分则均不发生变化.这时,A、H 间的电路便分成为由上下两部分电路并联而成,以 $R_上$ 和 $R_下$ 分别表示这两部分的电阻,则有

$$R_上 = R_{AB} + R_{BE} + R_{EH}$$

$$= 2r + \frac{3r \times 4r}{3r + 4r} + 2r = \frac{40}{7}r$$

同理有 $$R_下 = \frac{40}{7}r$$

故得 A、H 间的总电阻为

$$R_{AH} = \frac{R_上 \times R_下}{R_上 + R_下} = \frac{20}{7}r$$

例 19 图 9－25 表示由很多 $R = 1\ \Omega$ 的相同电阻组成的无穷网络,求 A、B 间的总电阻 $R_{AB} = ?$

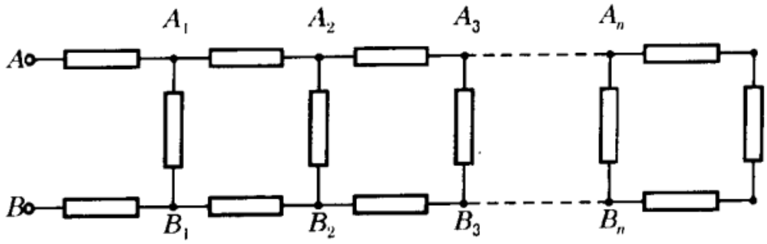


图 9－25

分析 由于题给的是一无穷网络,故若将题中的网络按照其原组成规律增加一格或者减少一格,则仍然为一个由原组成规律组成的无穷网络,其总电阻应不发生变化.

解法一 设 $R_{AB} = x$,设想自 A、B 处照原网格增加一格,即在图 9－25 中的 A、B 间再接一电阻 R,并自 A 处向左接一电阻 R 至 A_0 点,自 B 处向左接一电阻 R 至 B_0 点,则 A_0、B_0 的右侧与 A、B 的右侧均为一无穷网络,且其结构相同,故应有

$$R_{A_0B_0}=R_{AB}=x$$

而依上述组成法，$R_{A_0B_0}$应等于 R 与 x 并联后再与 $2R$ 串联之总电阻，即

$$x=2R+\frac{Rx}{R+x}$$

∴ $$x^2-2Rx-2R^2=0$$

解上面二次方程并取合理值有

$$x=(1+\sqrt{3})R=(1+\sqrt{3})\Omega$$

解法二 设想将图 9－25 中左端的三个电阻取走，则剩下以 A_1、B_1 为起始点的仍是一个无穷网络，它与原无穷网络电阻相等. 这样可得到和解法一同样的方程和结论.

分析 设自 A 点流入网络的电流为 I(则自 B 点流出的电流也为 I)，在 A_1 点，有电流 αI 流向 B_1，有电流 $(1-\alpha)I$ 流向 A_2. 对于 A_1 点和 A_2 点来说，其右侧可以看成是相同的无穷网络，则流入该点的电流在流出时，其分配比例应该相同，则自 A_2 点流向 B_2 点的电流应为 $(1-\alpha)\alpha I$.

解法三 如上设有电流 αI 由 A_1 点直接流向 B_1 点，则由此得到 A_1、B_1 间的电压为

$$U_{A_1B_1}=\alpha IR$$

另外，A_1、B_1 间的电压也应该等于 A_1、A_2 点间的电压 $U_{A_1A_2}$、A_2、B_2 间的电压 $U_{A_2B_2}$ 与 B_2、B_1 间的电压 $U_{B_2B_1}$ 三者之和，即

$$U_{A_1B_1}=U_{A_1A_2}+U_{A_2B_2}+U_{B_2B_1}$$
$$U_{A_1A_2}=(1-\alpha)IR$$
$$U_{A_2B_2}=\alpha(1-\alpha)IR$$
$$U_{B_2B_1}=(1-\alpha)IR$$

即 $$\alpha IR=(1-\alpha)IR+\alpha(1-\alpha)IR+(1-\alpha)IR$$

整理得 $$\alpha^2+2\alpha-2=0$$

解上方程,并取合理值得

$$\alpha=\sqrt{3}-1$$

据此可得 A、B 间的电压 U_{AB} 为

$$\begin{aligned}U_{AB}&=U_{AA_1}+U_{A_1B_1}+U_{B_1B}\\&=IR+\alpha IR+IR\\&=(1+\sqrt{3})IR\end{aligned}$$

故得 A、B 间的电阻为

$$R_{AB}=\frac{U_{AB}}{I}=(1+\sqrt{3})R=(1+\sqrt{3})\Omega$$

例 20 图 9-26 为一均匀电阻丝焊接成的框架电路,框架由三个正方形组成,正方形每边的电阻均为 r,求框架的 A、E 两点间的电阻 R_{AE} 的大小.

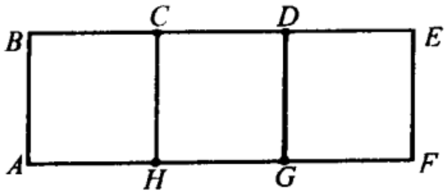


图 9-26

分析 此电路中,各电阻的关系不是简单的串联关系或者简单的并联关系,因此,无法直接应用串联电阻公式或并联电阻公式来求解.

而根据电阻的定义式

$$R=\frac{U}{I}$$

可见,如能求出某一段电路两端的电压与此时通过此电路的电流的比值,则这一比值就是此电路的电阻,这样,我们不妨假设此电路中有电流由 A 流至 E,则若能把此时 A、E 间的电压与电流间的函数关系表示出来,则可由前式求出 R_{AE} 了.

解法一 如图 9-27,设有电流 I 在此电路中由 A 点流向 E

点，又设流经电路的 AH、HG、GF 部分的电流分别为 αI、βI、θI，则流经电路的 HC、GD 部分的电流分别为 $(\alpha-\beta)I$、$(\beta-\theta)I$，流经电路的 BC、CD、DE 部分的电流分别为 $(1-\alpha)I$、$(1-\beta)I$、$(1-\theta)I$，各电流的方向如图．

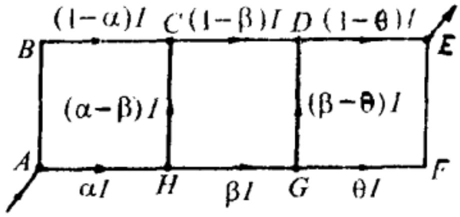


图 9－27

现考察 A、C 两点间的电压 U_{AC}，它等于 A、B 两点间的电压 U_{AB} 与 B、C 两点间的电压 U_{BC} 之和，即

$$\begin{aligned}U_{AC}&=U_{AB}+U_{BC}\\&=(1-\alpha)Ir+(1-\alpha)Ir\\&=2(1-\alpha)Ir\end{aligned}$$

另一方面，U_{AC} 还可以等于 A、H 两点间的电压 U_{AH} 与 H、C 两点间的电压 U_{HC} 之和，即

$$\begin{aligned}U_{AC}&=U_{AH}+U_{HC}\\&=\alpha Ir+(\alpha-\beta)Ir\\&=(2\alpha-\beta)Ir\end{aligned}$$

由上两式得到

$$2(1-\alpha)=2\alpha-\beta \qquad ①$$

同样，对于 H、D 两点间的电压 U_{HD}，应有

$$\begin{aligned}U_{HD}&=U_{HC}+U_{CD}\\&=(\alpha-\beta)Ir+(1-\beta)Ir=(1+\alpha-2\beta)Ir\end{aligned}$$

和

$$\begin{aligned}U_{HD}&=U_{HG}+U_{GD}\\&=\beta Ir+(\beta-\theta)Ir\\&=(2\beta-\theta)Ir\end{aligned}$$

由上两式可得

$$1+\alpha-2\beta=2\beta-\theta \qquad ②$$

对于 G、E 两点间的电压 U_{GE}，则有

$$U_{GE}=U_{GD}+U_{DE}$$
$$=(\beta-\theta)Ir+(1-\theta)Ir=(1+\beta-2\theta)Ir$$
$$U_{GE}=U_{GF}+U_{FE}=\theta Ir+\theta Ir=2\theta Ir$$

由上两式可得

$$1+\beta-2\theta=2\theta \quad ③$$

联立①、②、③式可解得

$$\alpha=\frac{5}{8} \qquad \beta=\frac{1}{2} \qquad \theta=\frac{3}{8}$$

故得 A、E 间的电压为

$$U_{AE}=U_{AH}+U_{HG}+U_{GE}$$
$$=\alpha Ir+\beta Ir+2\theta Ir=\frac{15}{8}Ir$$

则 A、E 间的电阻为

$$R_{AE}=\frac{U_{AE}}{I}=\frac{15}{8}r$$

说明 以上解法是此类问题的一种常用解法，作为常用解法的介绍，故写得较为详细，但这一解题途经并非最简捷的途径.

本题的电路有一定的对称性，根据对称，则图 9－27 中流经 AH 和 DE 中的电流应该对应相等，流经 ABC 和 GFE 中的电流应该对应相等，流经 CD 和 HG 中的电流应该对应相等，流经 HC 和 GD 中的电流应该对应相等. 根据这一对称特征，可得如下较为简单的解法.

解法二 由于 CD 和 HG 中的电流相等，且此两电流之和应为 I，故有

$$\beta=\frac{1}{2}$$

对于 A、C 间的电压 U_{AC} 应有

$$U_{AC}=\alpha Ir+(\alpha-\beta)Ir$$

和 $$U_{AC}=2(1-\alpha)Ir$$

∴ $$\alpha+\alpha-\beta=2(1-\alpha)$$

$$\therefore \qquad \alpha = \frac{\beta + 2}{4} = \frac{5}{8}$$

由于 GFE 中的电流与 ABC 中的电流对应相等,即

$$\theta I = (1 - \alpha) I$$

$$\therefore \qquad \theta = 1 - \alpha = \frac{3}{8}$$

(以下同解法一,略)

例 21 用同样的电阻均为 r 的导线,将 n 个点彼此成对地连接起来,求这一系统的任意两点之间的电阻.

分析 为求得 n 为任一数值下本题的结论,这里先取 $n=4$ 的情况来进行讨论,如图 9-28,设有 A、B、C、D 四点,其中任意两点间均以电阻为 r 的导线相连,现需求 A、B 两点间的电阻,为此,我们不妨设有电流自 A 点流入此系统而由 B 点流出,电流自 A 点进入此系统时,将分为三支,即 $A \to B$ 和 $A \to C \to B$ 和 $A \to D \to B$. 从对称角度来看,可以认为在此电路中 D 点和 C 点的位置是对称的,故在连接 C、D 两点的导线中,C 和 D 谁也不占有优势,即此导线中将既不可能有由 C 流向 D 的电流,也不可能有由 D 流向 C 的电流,此时此导线中无电流通过,则从此时形成电流的通路来说,相当于 C、D 间没有直接连接导线一样,即此时图 9-29 的电路与图 9-28 的电路是等效的,而由图 9-29 来求 A、B 间的电阻 R 则是较为简单的工作了,我们以 R_{AB} 表示直接接于

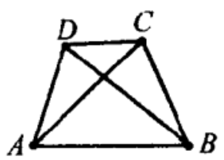


图 9-28

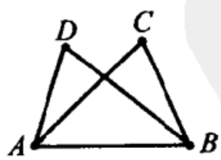


图 9-29

A、B 两点间的导线的电阻，以 R_{ACB} 表示连接导线 ACB 的电阻，以 R_{ADB} 表示连接导线 ADB 的电阻，则由并联电阻公式有

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_{AB}}+\frac{1}{R_{ADB}}+\frac{1}{R_{ACB}}$$

即
$$\frac{1}{R}=\frac{1}{r}+\frac{1}{2r}+\frac{1}{2r}$$

∴
$$R=\frac{1}{2}r$$

解 由以上分析，设有 n 个点如题述连接，对于其中某任意两点间的电阻 R 来说，这一系统的电路将等效于类似图 9－29 的电路，即没有与这两点直接相连的导线均可略去不计，这样，在这两点之间就只并联有 $(n-1)$ 条支路，其中有一条支路的电阻为 r，(对应于直接接在这两点间的那条导线)，另外还有 $(n-2)$ 条支路，它们的电阻均为 $2r$，由此可得这两点间的电阻 R 应满足

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{r}+\underbrace{\frac{1}{2r}+\cdots+\frac{1}{2r}}_{(n-2)\text{项}}$$

即
$$\frac{1}{R}=\frac{1}{r}+\frac{n-2}{2r}$$

∴
$$R=\frac{2r}{n}$$

稍经检验可以看出，上式对于 $n=2$ 和 $n=3$ 时都是同样成立的，即 $R=\dfrac{2r}{n}$ 就是包含有 n 个点的这样的系统内任意两点间电阻的表达式.

例 22 制造恒温箱需要一根 12 Ω 的电阻丝，如何将一根足够长的电阻丝截下一段使之刚好等于 12 Ω，可供取用的器材是：电源（电压未知）. 10 Ω 的定值电阻 1 个，电流表 1 个，导线若干.

解 本题可按下面的三个步骤来求解.

1. 以电源、定值电阻 R_0 和电流表连接成一电路，读出此时电流表的读数 I_0，则知此电源的电压为 $U=I_0R_0$；

2．计算出 $R=12\Omega$ 时对应的电流 I，即设以 $R=12\Omega$ 的电阻替代上述的定值电阻 R_0 接入电路中，则此时电路中的电流 I 应为

$$I=\frac{U}{R}=\frac{R_0}{R}I_0$$

3．如图 9－30，将电阻丝 AB 接入电路中，使活动触头 P 在无绝缘层的电阻丝上(由图中的 B 端开始)逐步移动，同时注视电流表的读数，当电流表的读数变化到等于上述计算出的 I 值时，那么此时接入电路的电阻丝(即图 9－30 中的 AP 段)就是所需要截取的 12Ω 的电阻丝.

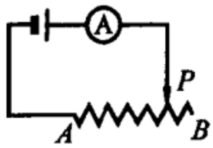


图 9－30

例 23 通常在实验室里用伏安法测定未知电阻 R_x 的值，但若现在只有一只电流表、一只已知的定值电阻 R_0、滑动变阻器、干电池和导线，如何测出一个未知电阻 R_x 的阻值.

分析 测定未知电阻阻值的依据是欧姆定律，据此有 $R=\frac{U}{I}$，由于题目中未给出电压表，则如何确定电压值便成为本题的关键，题目只给出电流表这惟一的测量工具，应设法将欲测的电压值转换成测量电流来获得，根据 $U=IR$，式中 I 值可直接测得，R 可利用所给的已知电阻，便有 $U_0=I_0R_0$，而要借用 U_0 来求出未知电阻，就要使未知电阻两端的电压与 U_0 相等，为此需将 R_x 与 R_0 并联在电路中．

解 测量步骤如下.

1．按图 9－31(1)连接电路，闭合开关，调节滑动变阻器选择便于读取的电流值测量此时通过电阻 R_0 的电流 I_0；

2．保持滑动触头的位置不变(即使滑动变阻器接入电路中的阻值不变)，如图 9－31(2)连接电路，闭合开关，测出通过未知电阻 R_x 的电流 I_x，由于(1)(2)两情况下加在 R_0 和 R_x 上的电压未

变,故应有

$$I_0R_0=I_xR_x$$

即得待求电阻之值为

$$R_x=\frac{I_0R_0}{I_x}$$

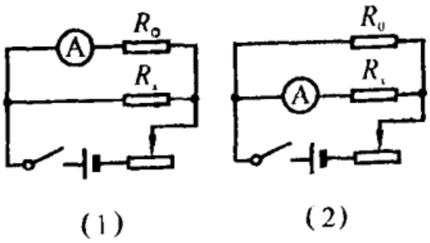


图 9-31

说明 以上的例 22 和例 23 很类似,但前一题的测量电路中未用滑动变阻器而后一题中用了滑动变阻器,其原因在于:很多情况下,一个电源向外提供的电压都是不变的,例 22 就是在这种认定下来求解的.但是,严格地说来,同一电源向不同电阻供电时,其提供的电压可能不同,即将同一电源,先后分别对 R_0 和 R_x 供电,其提供的电压可能不等,这样便无法得出等式 $I_0R_0=I_xR_x$.而例 23 的电路,正是严格地保证了加在 R_0 和 R_x 上的电压相等.

例 24 实验室有下列器材:电流表一只(0~0.6 A;0~3 A),电压表一只(0~6 V;0~15 V),滑动变阻器(0~10 Ω)一只(用以限制通过待测电阻中的电流),电源(6 V)一个,开关一个,导线若干.请用上述规格的器材来测量阻值约 8 Ω 的一个待测电阻的阻值.要求实验中电表不超过其量程,且电表的指针都能偏过刻度盘的中线(或靠近中线).

(1)画出实验电路图;

(2)指明电流表和电压表各应选用何量程;

(3)实验中对滑动变阻器接入电路的阻值有何要求.

分析 (1)实验中应采用的电路如图 9-32 所示,图中 R_x 为待测电阻,R_0 为滑动变阻器.

(2)在图 9-32 所示的电路中,以 U 表示电源电压,则当 R_0 以其全部电阻接入电路中时,电路中总电阻最大,其电流值则最小,约为

$$I_{小}=\frac{U}{R_x+R_0}$$

$$\approx\frac{6}{8+10}\text{A}=0.33\text{ A}$$

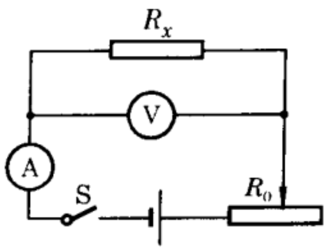


图 9－32

当滑动变阻器的滑动片调至最左端即其接入电路的电阻为零时，电路中的总电阻最小，此时电路中的电流值最大，约为

$$I_{大}=\frac{U}{R_x}\approx\frac{6}{8}\text{A}=0.75\text{ A}$$

即此电路中的电流仅可以在 0.33～0.75 A 的范围内变化，而题目要求实验时电表不超过其量程，且表的指针都能偏过刻度盘的中线(或靠近中线)．显然，如果电流表选用 0～3 A 的量程，指针位于刻度盘中线处对应的电流为 1.5 A，而此电路中最多仅有电流 0.75 A，故不符合要求．而如果选用 0～0.6 A 的量程，则此电路中的最小值也超过了此时刻度盘中线对应的电流值(0.3 A)，但其最大电流值却可以通过调节滑动变阻器接入电路的电阻值来予以限制使之不超过 0.6 A．所以，应选用电流表的量程为 0～0.6 A．

电源电压为 6 V，则待测电阻上的电压最多只能达到 6 V，对应于电压表的两个量程，根据题述要求，显然只能选用 0～6 V 这一量程．

(3)依上述为使电路中的电流不超过已选定的电流表的量程(0.6 A)，则滑动变阻器接入电路的电阻不能太小，为此，我们可以求出当电路中电流 I 刚好为 0.6 A 时滑动变阻器接入电路的电阻，令此电阻值为 R_1，则有

$$I=\frac{U}{R_x+R_1}$$

$$\therefore\quad R_1=\frac{U}{I}-R_x\approx\frac{6}{0.6}\Omega-8\ \Omega=2\ \Omega$$

即为保证实验中通过电流表的电流不超过其量程，滑动变阻器接

入电路的电阻值不能小于 2 Ω.

另外我们再看一下这样电压表的指针偏转能否满足题目要求.由图 9－32 可见,电压表显示的是待测电阻 R_x 两端的电压,现以 U_x 表示之,由串联分压的关系有

$$U_x = \frac{R_x}{R_x + R_0'}U$$

上式中 R_0'表示变阻器接入电路的电阻值,由上有

$$10\ \Omega \geqslant R_0' \geqslant 2\ \Omega$$

以 $U=6$ V, $R_x \approx 8$ Ω 及 R_0'的取值范围代入前式可解得

$$2.7\ \text{V} \leqslant U_x \leqslant 4.8\ \text{V}$$

对于电压表取 0~6 V 的量程来说,上述数值是能满足“不超过量程,且表的指针都能偏过刻度盘的中线(或靠近中线)”这一要求的.

解 **综合以上分析可得:(1)电路图如图 9－32;(2)电流表应选的量程为 0~0.6 A,电压表应选的量程为 0~6 V;实验中滑动变阻器接入电路的阻值应不小于 2 Ω.**

例 25 做电学实验时需要测量约 0.5 A 的电流,但是实验室当时只有一个量程为 0.3 A 的电流表,如果还有 12 V 学生电源、0~50 Ω 的滑动变阻器、电炉用的电阻丝以及若干导线和开关,有什么简单办法可以把电表的量程临时近似地改为 0.6 A?画出电路图,并简述操作步骤.

分析 在电路中,电流表相当于一个很小的电阻(由于这一电阻很小,在通常情况下是忽略不计的),电流表所显示的电流值,就是通过这个很小电阻的电流.题给电流表的量程为 0~0.3 A,即为通过这个表本身的电流最多只能是 0.3 A.现在要用这个表来显示比 0.3 A 更大的电流,当然不是要这个更大的电流直接通过原电流表,那么,能采用的办法就是与这个表并联接入一个电阻,使其中的一部分电流由并联支路中而不直接走原电流表中

通过.

对于一定的并联电阻来说,按并联电路的规律,这样通过原电流表的电流与通过并联电阻的电流是与它们各自的电阻值成反比的.比如,若并入的电阻与原电流表的电阻相等,则两者中通过的电流应该相等,即如果原电流表显示为0.1 A时,并联电阻中也有0.1 A电流通过,则这两部分通过的总电流为0.2 A;同样,如果原电流表显示为0.2 A时,则这两部分通过的总电流为0.4 A….这样,如果我们把这两部分合起来看成一个新的改装的电流表的话,它的量程就应该是原电流表量程的2倍,即 这一"新表"允许通过的最大电流是原电流表允许通过的最大电流的2倍.对于这个改装的新表来说,则只要将原电流表表盘上所有刻线的数值都乘以2即可.

那么,怎样找到一个与原电流表的电阻值相等的电阻呢?我们又采用了一个反向的思路:即如果以一个电阻与一电流表并联而接入电路中时,若两者中通过的电流相等,则表明两者的电阻值是相等的.

由以上思路,我们得出了以下的做法.

解 (1)将电流表、滑动变阻器、开关S和学生电源连接组成如图9-33所示的电路.

(2)使滑动变阻器的滑动片置于图9-33所示的最右端位置(这样接入电路的电阻值最大),闭合开关S(由欧姆定律知此时电路中的电流为$I_{\max}=\dfrac{12\ \text{V}}{50\ \Omega}=0.24\ \text{A}$,是不会超过电流表的量程0.3 A的).

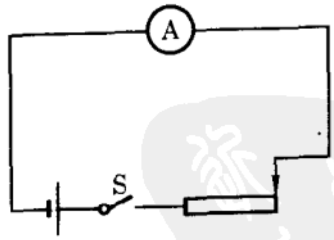


图9-33

(3)缓慢移动滑动变阻器的滑动片,使它接入电路的电阻逐渐减小,而电路中的电流则逐渐增大,直至电流表显示的数值刚好为0.3 A为止.

(4)保持滑动变阻器上滑动片的位置不动,将一段稍长的电炉用电阻丝并联在电流表的两接线柱间(如图9-34),可见到此时电流表的示数变小(原因是并入电炉丝的分流作用所致).

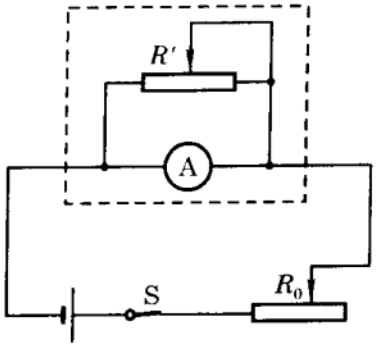


图9-34

(5)调节并入的电炉丝的长度,使电流表的示数刚好为0.15 A(即指于电流表刻度盘的正中央),此时流过电流表和流过电炉丝 R' 的电流均为0.15 A,表明两者的电阻相等.

(6)改装完毕.图9-34虚线框中的整体即可作为一个量程为0.3 A×2=0.6 A的电流表使用.使用中,通过这个改装后的电流表的电流为原电流表显示值的2倍.

说明 为什么说图9-34中,当原电流表示数变为0.15 A时,原电流表的电阻与接入电路的电炉丝的电阻相等呢?这是因为电流表的电阻很小(通常为零点几欧或零点零几欧),比此时电路中的另一电阻 R_0(接入电路的电阻约为40 Ω)小很多,这样,当有一电阻 R' 与原电流表并联时,将使图9-34所示电路的总电阻减小而其总电流则增大.但显然这种减小后的总电阻相对于原来电路的总电阻来说,变化是很微小的,几乎相当于没有变化,则电路中的总电流也几乎没有变化.原来未并入 R' 时电路中的电流为0.3 A,则并入 R' 后电路中的总电流仍可认为是0.3 A,但此时电流表中只有0.15 A电流通过,当然,另外的0.15 A必由并入的电炉丝 R' 中通过,这两并联电路中通过的电流相等,则其电阻必相等.

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1．一条均匀电阻丝的电阻为 R，长度为 l，今将此电阻丝均匀地拉长到 $2l$，则其电阻将变为

A．$\frac{1}{4}R$　　B．$\frac{1}{2}R$

C．$2R$　　D．$4R$

2．用电流表测量电流时，为什么一般都先用较大的量程？而当测得电流在较小的量程范围内时，又应改变为用较小的量程，这样做有什么好处？

3．两个电阻串联后接入电压为 9 V 的电路中时，测得其电流为 1 A．若将它们并联后再接入 9 V 的电路时，则通过干路的电流为 4.5 A．求这两个电阻的阻值各为多少？

4．两个电阻 $R_2=\frac{1}{9}R_1$，将它们并联后接入电路中，则通过 R_1 的电流是干路中电流的

A．$\frac{1}{9}$　　B．$\frac{1}{10}$

C．$\frac{9}{10}$　　D．$\frac{8}{9}$

5．图 9－35 中，电源电压不变，L 是小灯泡，在滑动变阻器的滑动片 P 自变阻器的左端 a 逐渐移至右端 b 的过程中，灯 L 的亮度变化情况是

A．逐渐变亮

B．逐渐变暗

C．先变亮再变暗

D．先变暗再变亮

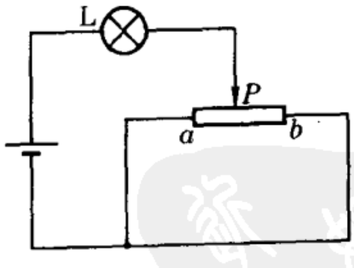


图 9－35

6．图 9－36 中，三个电阻的阻值都是 10 Ω，a、b 间的电压恒为 6 V，则当开关 S 闭合时，电压表的示数为多少？当开关 S 断开

时,电压表的示数又为多少?

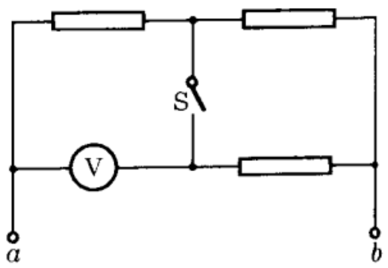


图 9-36

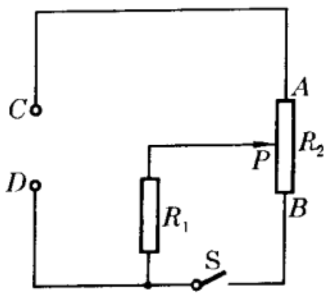


图 9-37

7. 如图 9-37 所示的电路中,$R_1=200\ \Omega$,R_2 为滑动变阻器,其最大阻值为 200 Ω,C、D 间电压保持 12 V 不变.求

(1)开关 S 断开时,移动滑片 P,R_1 两端能获得的最大电压与最小电压各为多少?

(2)开关 S 闭合时,使滑动片 P 置于变阻器 A、B 之中点,此时通过 R_1 的电流为多少?

8. 如图 9-38 所示,由同种材料组成、横截面积相同的电阻丝 R_1、R_2、R_3 和阻值为 30 Ω 的电阻 R_0 串联在电路中,S 为单刀多掷开关,它可分别与触点 1、2、3、4 相接触,电压表的示数恒为 24 V.当 S 从一个触点转移到另一个相邻的触点时,电流表的示数改变量均为0.2 A.若电阻丝 R_1 的长度为 10 cm,则电阻丝 R_2、R_3 的长度各应为多少?

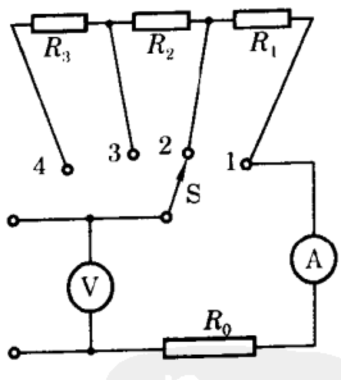


图 9-38

9. 有一个量程为 100 mA 的毫安表,我们要测它的电阻.现将它跟一个电阻箱串联,再接到电源两极上,调节电阻箱的阻值,使毫安表指针指到量程最大处,此时电阻箱阻值为 18 Ω.再调节电阻箱的阻值,使毫安表的指针指到刻度盘的中点,这时电阻箱的阻值为 38 Ω.设电源电压恒定,则此毫安表的电阻是多少欧?

10．图 9－39 是某同学用伏安法测电阻时的电路．已知仪器是完好的，实验操作也是正确的，但由实验测量结果所算得的待测电阻 R 之值却只有其真实值的一半．试分析产生这一现象的原因．并提出改进此实验的方法．

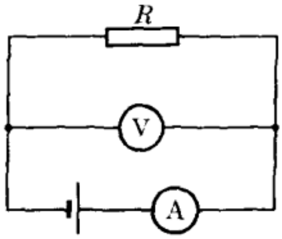


图 9－39

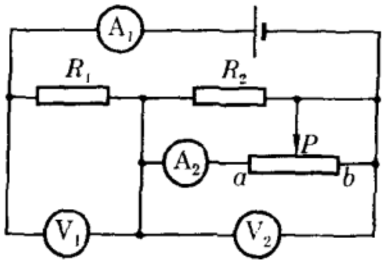


图 9－40

11．图 9－40 所示的电路中，电源电压不变，当滑动变阻器的滑片 P 从 b 端往 a 端移动时，各电流表、电压表示数的变化情况是

A．A_1、V_1 示数变大，A_2、V_2 示数变小

B．A_1、V_1 示数变小，A_2、V_2 示数变大

C．A_1、V_1、A_2 示数变大，V_2 示数变小

D．A_2、V_2 示数变小，V_1 示数变大，A_1 示数不变

12．一个量程为 150 V、内电阻为 20 kΩ 的电压表，把它和一只高阻值的电阻串联后，接入 110 V 的电路中，电压表的示数为 5 V，则这只电阻的阻值为多少？

13．有一个电流表，其内电阻为 100 Ω，满度电流为 3 mA．要把它改装为一个量程为 3 A 的电流表，需并联一个多大的分流电阻？要把它改装成量程为 6 V 的电压表，需串联一个多大的分压电阻？

14．图 9－41 中，a、b 间电压为 12 V，$R_1=R_2=R_3=6\ \Omega$，则电压表和电流表的示数各为多少？

15．图 9－42 中，$R_1=8\ \Omega$，$R_3=4\ \Omega$，电压表 V_1 的示数为 14 V，V_2 的示数为 10 V，则电阻 R_2 的阻值为多大？

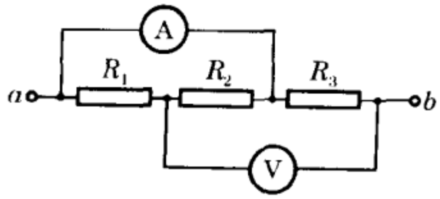


图 9－41

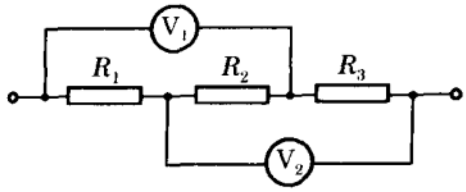


图 9－42

16．有一个密封的小盒，盒内有几个阻值相同的电阻连成电路，盒外有四个接线柱 1、2、3、4．现测得：接线柱 1、2 间的电阻值是接线柱 1、3 间电阻值的 2 倍．接线柱 1、3 间的电阻值与接线柱 2、4 间的电阻值相同．试画出盒内电路的组成，要求电阻个数最少．

17．将两个电阻 R_1 和 R_2 串联以后，接到恒定电压的电源上．已知 $R_1=6\ \text{k}\Omega$，此时如果用一个内阻为 $R_V=4\ \text{k}\Omega$ 的电压表来测量 R_1 两端的电压，则其示数为 30 V；若用此电压表去测 R_2 两端的电压，则其示数为 20 V．试求此电源的电压．

第十讲　电功　电功率

竞赛导入

(一) 电功

1. 电功的意义

电流所做的功叫电功,如电流通过电动机将重物提起,电流通过电阻使电阻发热,电流通过电解池使其中发生化学变化……,都是电流做了功.电流做功的过程是把电能转化为其他形式的能的过程,电流做了多少功,就有多少电能转化为其他形式的能.

2. 电功的计算公式

电功的计算公式是

$$W=UIt$$

上式中 W 表示电流在一段电路上在时间 t 内所做的功,U 为这段电路两端的电压,I 为此时通过这一电路的电流.

3. 电功的单位

电功的单位属功的单位,为焦耳(J),所以

$$1\ \mathrm{J}=1\ \mathrm{N\cdot m}=1\ \mathrm{V\cdot A\cdot s}=1\ \mathrm{V\cdot C}$$

日常生活中还用到一个电功的单位称为“度”,即千瓦时(kWh)

1 度 $=1\ \mathrm{kWh}=1\ \mathrm{kW}\times 1\ \mathrm{h}=3.6\times 10^{6}\ \mathrm{J}$

4. 电功的量度

日常生活中用电能表来计量电功,电能表也被称为电度表.

电能表的示数是以千瓦时(即“度”)为单位的.

(二) 电功率

电功率是表示电流做功快慢的物理量,其计算公式为

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

对于只包含有电阻的纯电阻电路(电动机工作时,就不是纯电阻电路),由于 $U = IR$,故电功率的公式也可写为

$$P = I^2R = \frac{U^2}{R}$$

电功率的单位属功率的单位,为瓦特(W),简称为瓦.

$$1\ \text{W} = 1\ \text{J/s} = 1\ \text{V} \cdot \text{A}$$

另外,千瓦也是电功率的常用单位.

$$1\ \text{kW} = 1000\ \text{W}$$

(三) 焦耳定律

电流通过导体产生的热量跟电流的二次方成正比,跟导体的电阻成正比,跟通电的时间成正比,即

$$Q = I^2Rt$$

这一结论叫焦耳定律.

(四) 生活用电

1. 家庭电路的组成

家庭电路是用来给各种家用电器供电的.它包含有零钱和火线两根导线,零线与火线之间的电压为 220 V.

家庭电路中,通常包含有电能表、闸刀开关、保险丝、插座及电灯、电视机、洗衣机、电冰箱等各种用电器,这些用电器都是并联在零钱与火线之间的.

2. 家庭电路中电流过大的原因

火线与零线之间发生短路现象或者是家用电器的总功率过大,均能使家庭电路中的电流过大.电路中电流过大时,将导致保险丝烧断,有时甚至造成更严重的事故.

3. 安全用电常识

一般情况下,只有不高于 36 V 的电压对人体才是安全的.

家用电路中引起的触电事故,都是由于人体直接或间接跟火

线连通使得有较大电流通过人体而造成的.

简单地说来,安全用电的原则是:不接触低压带电体,不靠近高压带电体.

解法点拨

(一) 注意区分用电器的额定功率和实际功率.

1. 额定功率

用电器正常工作所需要的电压叫它的额定电压,在额定电压下工作时,用电器的功率称为其额定功率.一般用电器铭牌上所标示的电压和功率,即为此用电器的额定电压和额定功率.

对于纯电阻性的用电器(例如白炽电灯泡、电炉),根据其铭牌上所标示的电压和功率,即可求出其电阻$\left(R=\frac{U_{额}^2}{P_{额}}\right)$,据此进而便可进行其他相关的计算,而特别得注意的是,对于非纯电阻性的用电器(例如电动机),就决不能用公式$R=\frac{U_{额}^2}{P_{额}}$去计算它的电阻.

2. 实际功率

实际使用某一用电器时,其获得的电压有可能等于它的额定电压,也有可能不等于其额定电压.这样,它工作时的电功率也就可能与其额定功率相等,也可能与其额定功率不等,用电器此时有消耗的功率叫它的实际功率.

(二) 电功和电热

在纯电阻路中,电流所做的功全部转化为热能,并不能转化为其他形式的能,故有

$$W=Q$$

而在非纯电阻电路中,电流所做功只有一部分转化为热能而另一部分则转化为其他形式的能(如电动机做功时就有一部分电能转化为机械能),故有

$$W>Q$$

由上，值得注意的是对电功、电热的计算公式应用时要看其应用条件，而不能盲目“套用”，具体说来是

1. $W=IUt$、$Q=I^2Rt$ 是在任何电路中都适用的公式；

2. $W=\frac{U^2}{R}t$、$W=I^2Rt$、$Q=IUt$、$Q=\frac{U^2}{R}t$ 都是只有在纯电阻电路中才成立的公式. 如果把这些式子盲目地用在非纯电阻电路中，则肯定是错误的.

【点面突破】

例 1 三个相同的电阻 R_1、R_2、R_3，每个电阻允许消耗的最大功率都是 10 W. 现将它们连接成图 10－1 所示的电路，则此电路允许消耗的总功率最多为多少？

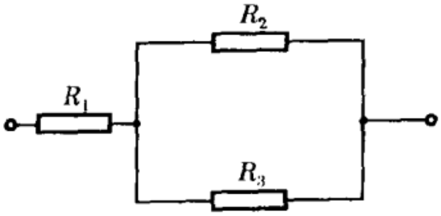


图 10－1

解 以 I_1、I_2、I_3 分别表示通过电阻 R_1、R_2、R_3 中的电流，以 P_1、P_2、P_3 表示此三电阻在电路中消耗的电功率，由于

$$R_1=R_2=R_3$$

显然应有

$$I_2=I_3=\frac{1}{2}I_1$$

根据公式 $P=I^2R$ 可得

$$P_2=P_3=\frac{1}{4}P_1$$

可见在此电路中，电阻 R_1 消耗的电功率是最大的，取 R_1 消耗的功率达到最大允许值，即

$$P_1=10\ \text{W}$$

此时有

$$P_2 = P_3 = \frac{1}{4}P_1 = 2.5\ \text{W}$$

则此电路中允许消耗的最大电功率为

$$\begin{aligned} P &= P_1 + P_2 + P_3 \\ &= 10\ \text{W} + 2.5\ \text{W} + 2.5\ \text{W} = 15\ \text{W} \end{aligned}$$

例 2 四个灯泡，A 和 B 都标有“220V，100W”的字样，C 和 D 都标有“220V，40W”的字样，将它们如图 10－2 连接在 220V 的电路中，则最亮的灯和最暗的灯各是哪盏？

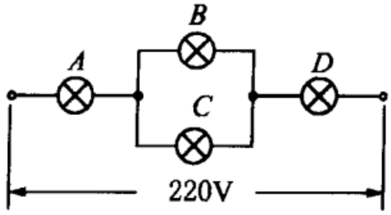


图 10－2

解 根据各灯所标的额定电压和额定功率，可知各灯在正常发光时灯丝的电阻分别为

$$R_A = R_B = \frac{U_A^2}{P_A} = \frac{220^2}{100}\Omega = 484\ \Omega$$

$$R_C = R_D = \frac{U_C^2}{P_C} = \frac{220^2}{40}\Omega = 1210\ \Omega$$

在图 10－2 所示的电路中，各灯上的电压均达不到其额定电压，则各灯均不能正常发光，此时则可比较各灯的实际功率来比较各灯的亮暗情况. 我们仍可以由上得出的

$$R_A = R_B < R_C = R_D \qquad ①$$

作为判断依据，以 I_A、I_B、I_C、I_D 表示此时通过各灯的电流，以 P'_A、P'_B、P'_C、P'_D 表示此时各灯的实际功率. 由于 B、C 两灯为并联，而 B 灯电阻小于 C 灯电阻，故有

$$I_B > I_C$$

由于 A 灯和 D 灯都是接在干路中，其电流等于 B、C 两灯中电流之和，故有

$I_A = I_D > I_B > I_C$

根据公式　　$P' = I^2R$

由①、②两式可得

$$P'_D > P'_A \quad (\because I_A = I_D, R_D > R_A)$$

$$R'_A > P'_B \quad (\because I_A > I_B, R_A = R_B)$$

又以 U 表示B、C 并联部分的电压,根据公式

$$P' = \frac{U^2}{R}$$

由①式有 $R_B < R_C$,故有

$$P'_B > P'_C$$

综合以上三个不等式为

$$P'_D > P'_A > P'_B > P'_C$$

故得结论为:在图 10-2 所示的电路中,D 灯最亮,C 灯最暗.

例 3　在测定小灯泡的功率的实验中,我们要测定额定电压为 2.5V 的小灯泡的额定功率,实验操作过程中,手和眼的分工应该是

A. 手移动滑动变阻器的滑动片,眼看电流表的指针

B. 手移动滑动变阻器的滑动片,眼看电压表的指针

C. 手移动滑动变阻器的滑动片,眼看小灯泡是否发光

D. 手按开关,眼看电流表的指针

解　测小灯泡的额定功率,在闭合开关前,应将滑动变阻器的滑动片置于正确位置,使得闭合开关后,加在小灯两端的电压较小,然后再移动滑动变阻器的滑动片进行调节,使加在小灯上的电压逐渐增大直至达到其额定电压时为止(注意加在小灯上的电压不能再增加以免其超过额定电压而可能使小灯烧坏).读出此时小灯两端的电压值和通过小灯的电流,两者的乘积便是小灯的额定功率了.

操作中,为使小灯两端的电压逐渐增大到其额定电压而不超过其额定电压,应该是手移动滑动变阻器的滑动片,眼看电压表的

示数.故本题应选B.

例4 某电源电压一定,当把电阻 R_1 和 R_2 并联后接在此电源两极间时,R_1 上的电功率为 36 W,R_2 上的电功率为 18 W.若把 R_1 和 R_2 串联后接在此电源两极间时,此串联电路上消耗的总电功率为多少?此时 R_1 上消耗的电功率为多少?

解 以 U 表示电源电压,根据电功率的公式 $P=\frac{U^2}{R}$ 可得 R_1 和 R_2 并联于电源两极间时有

$$\frac{U^2}{R_1}=36\ \text{W} \quad ①$$

$$\frac{U^2}{R_2}=18\ \text{W} \quad ②$$

由上两式显然可见 $R_2=2R_1$.

当 R_1 和 R_2 串联以后接于电源两极间时,以 P_3 表示此串联电路的总功率,则有 $P_3=\frac{U^2}{R_1+R_2}=\frac{U^2}{3R_1}$ ③

由①、③两式解得 $P_3=12\ \text{W}$

又设在此串联电路中 R_1 和 R_2 各自的电功率分别为 P_1 和 P_2,则由于两者中的电流相等,故有

$$P_1:P_2=R_1:R_2=1:2$$

同时 $$P_1+P_2=P_3=12\ \text{W}$$

∴ $$P_1=4\ \text{W}$$

即 R_1 和 R_2 串联接入电路中时,它们消耗的总功率为 12 W,其中 R_1 上消耗的电功率为 4 W.

例5 一只灯泡直接连接在一个电压恒定的电源两极之间时,它得到的电功率为 9 W.若改以较长导线将此灯安装到较远处仍用原来的电源时,由于输电导线有电阻,输电导线上要损失一部分电功率,此时灯泡获得的实际功率为 4 W.求这时输电导线上损失的电功率为多少?

解 以 R 表示灯的电阻，P_1、P_2 表示灯在前后两次获得的功率，U_1、U_2 表示前后两次加在灯两端的电压，故有

$$P_1=\frac{U_1^2}{R}$$

$$P_2=\frac{U_2^2}{R}$$

$$\therefore \qquad \frac{U_1}{U_2}=\frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}=\frac{\sqrt{9}}{\sqrt{4}}=\frac{3}{2}$$

在第二次的线路中，我们以 R' 表示传输导线的电阻，则此电路相当于 R' 与 R 串联后接于电源两极之间，而电源电压仍为 U_1，即此串联电路的总电压为 U_1，而灯上此时电压为 U_2，则输电导线上损失的电压 U' 应满足

$$U'=U_1-U_2=\frac{3}{2}U_2-U_2=\frac{1}{2}U_2$$

以 P' 表示此时输电线路上损失的功率，以 I 表示此时电路中的电流，则有

$$\frac{P'}{P_2}=\frac{IU'}{IU_2}=\frac{U'}{U_2}=\frac{1}{2}$$

$$\therefore \qquad P'=\frac{1}{2}P_2=2\ \mathrm{W}$$

例 6 一容器内盛有质量为 2 kg、温度为 75℃ 的水，由于热的散失，水温每分钟降低 11℃. 为了保持水温在 75℃ 不变，使用一电热丝对水加热，已知对电热丝供电的电压为 220 V，则电热丝的电阻应为多少?

解 容器内的水每分钟内向外散失的热量为

$$\begin{aligned}Q&=cm(t_0-t)\\&=4.2\times10^3\times2\times11\ \mathrm{J}=9.24\times10^4\ \mathrm{J}\end{aligned}$$

显然，若电热丝在每分钟内也能产生 9.24×10^4 J 的热量，则容器内的水吸热量与放热量相等，从而可以使其温度保持不变，由

此,根据焦耳定律应有

$$Q = I^2Rt' = \frac{U^2}{R}t'$$

故得此电阻丝的电阻值应为

$$R = \frac{U^2}{Q}t' = \frac{220^2}{9.24 \times 10^4} \times 60\ \Omega = 31.4\ \Omega$$

例 7 现有"110V,100W"、"110V,40W"、"110V,25W"的灯泡各一个,把它们接在 220 V 的电源上,要使三灯都正常发光,设备有各种电阻可供选用,试分析最佳组合方案是什么?并画出所采用的电路.

分析 三灯正常发光时,通过它们的电流为其各自的额定电流,这一电流值分别为

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{100}{110}\text{A} = 0.91\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{40}{110}\text{A} = 0.37\ \text{A}$$

$$I_3 = \frac{P_3}{U_3} = \frac{25}{110}\text{A} = 0.23\ \text{A}$$

由于三灯的额定电压都是 110 V,故它们均不可直接接于电源两极之间,而必须用另外的合适电阻与之串联后接入电路中,利用串联分压的道理使灯恰好获得其额定电压而正常发光.这样也就导致了串入的附加电阻要消耗一部分电功率,对于本题只要求灯正常发光的要求来说,这部分功率是浪费了.题目要求的"最佳组合",就是要在保证三灯正常发光的前提下,使这部分浪费的功率越少越好.而电源的输出功率等于三灯正常消耗的功率加上这部分浪费的功率.于是,题目要求的最佳组合又可转化为:在保证三灯正常发光的前提下,使电源的输出功率越小越好.电源的输出功率 $P = UI$,其中 $U = 220$ V 是常量,即要求通过电源的 I 值越小越好.

一种可以采用的情况是：将三灯并联后，再与一个合适的电阻串联，再接入电路，此时电源输出的电流为三灯电流之和，即

$$I_A = I_1 + I_2 + I_3 = 1.51\ \text{A}$$

另外一种可以采用的情况是：使其中两灯并联作为一部分，再将第三灯作为第二部分，比较这两部分的电阻，再取一合适电阻与其中电阻较大的部分并联，使所取合适电阻能使最后第一、二两部分的电阻相等，则将这两部分串联接入电路中时，每部分必都分得 110 V 电压而使各灯能正常发光. 例如，若使题述的第一、二两灯并联作为第一部分，题述的第三灯再与一合适电阻并联作为第二部分，这样两部分串联后接入电路，此时电源的输出电流为

$$I_B = I_1 + I_2 = 1.28\ \text{A}$$

显然，上述的第二方案优于第一方案，而第二方案中还可以选择灯的不同组合来减少电源的输出电流. 由前述的 I_1、I_2、I_3 比较，可得能使电源输出电流最小的方案应该是以第一灯作为第一部分，以第二、三灯和一合适电阻三者并联作为第二部分，这时电源的输出电流为

$$I_C = I_1 = 0.91\ \text{A}$$

电源的输出电流不可能小于一盏灯的电流，也就不能比上述的 I_C 再小. 可见，上述的最后一个方案是最佳方案.

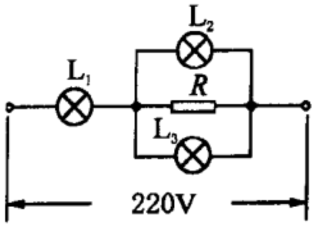


图 10－3

解法一　由上分析，最佳方案的电路如图 10－3 所示，其中 L_1 代表“110V，100W”的电灯，L_2 代表“110V，40W”的电灯，L_3 代表“110V，25W”的电灯，R 为选用的一个“合适电阻”，其阻值可计算如下.

由于 L_1、L_2、L_3 都正常发光，则它们各自均通过自己的额定电流，则由图可见通过 R 中的电流应为

$$\begin{aligned} I_R &= I_1 - (I_2 + I_3) \\ &= 0.91\ \text{A} - (0.37 + 0.23)\text{A} = 0.31\ \text{A} \end{aligned}$$

此时，加在 R 两端的电压应为 $U_R = 110$ V，则由欧姆定律

可得

$$R=\frac{U_R}{I_R}=\frac{110}{0.31}\Omega=355\ \Omega$$

而此时 R 的发热功率为

$$P_R=I_R^2R=0.31^2\times355\ \text{W}=35\ \text{W}$$

故得所选用的电阻 R 的规格应为：阻值为 355 Ω，额定功率不小于 35 W.

解法二 最佳方案的电路如图 10－3 所示，由于此时的电路由前后两部分串联而成，且前后两部分的电压均为 110V，则前后两部分消耗的电功率必相等，故得电阻 R 消耗的电功率满足

$$P_R+P_2+P_3=P_1$$

$$\therefore \quad P_R=R_1-(P_2+P_3)$$

$$=100\ \text{W}-(40+20)\text{W}=35\ \text{W}$$

注意到 R 两端的电压

$$U_R=110\ \text{W}$$

则可得 R 之值为

$$R=\frac{U_R^2}{P_R}=\frac{110^2}{35}\Omega=355\ \Omega$$

即得所采用的电阻 R 的规格应为：阻值为 355 Ω，额定功率不小于 35 W.

例 8 一个灯泡 A 标有“6V，3W”，一个灯泡 B 标有“4V，4W”，将它们串联接入某一电路中时，其中恰有一灯正常发光，试求此电路的电压为多少？

分析 根据两灯所标示的额定电压（U_A、U_B）和额定功率（P_A、P_B）可求出两灯的额定电流 I_A 和 I_B 分别为

$$I_A=\frac{P_A}{U_A}=\frac{3}{6}\text{A}=0.5\ \text{A}$$

$$I_B=\frac{P_B}{U_B}=\frac{4}{4}\text{A}=1\ \text{A}$$

进而,可求得两灯的电阻 R_A 和 R_B 分别为

$$R_A = \frac{U_A}{I_A} = \frac{6}{0.5}\Omega = 12\ \Omega$$

$$R_B = \frac{U_B}{I_B} = \frac{4}{1}\Omega = 4\ \Omega$$

解法一 由比较两灯的电压作出判断如下:

设 A 灯正常发光,则此时 A 灯两端的电压为 $U_{A1}=6\ \text{V}$,以 U_{B1}表示此时 B 灯两端的电压,则由串联电路的规律有

$$\frac{U_{A1}}{R_A}=\frac{U_{B1}}{R_B}$$

$$\therefore \qquad U_{B1}=\frac{R_B}{R_A}U_{A1}=\frac{4}{12}\times 6\ \text{V}=2\ \text{V}$$

说明此时 B 灯上的电压未超过其额定电压,B 灯不会损坏,这种情况是可以的,此时整个电路的总电压为

$$U = U_{A1} + U_{B1} = 6\ \text{V} + 2\ \text{V} = 8\ \text{V}$$

又设若 B 灯正常发光,则此时 B 灯两端的电压为 $U_{B2}=4\text{V}$,以 U_{A2}表示此时 A 灯两端的电压,则由串联电路的规律有

$$\frac{U_{A2}}{R_A} = \frac{U_{B2}}{R_B}$$

$$\therefore \qquad U_{A2} = \frac{R_A}{R_B}U_{B2} = \frac{12}{4}\times 4\ \text{V} = 12\ \text{V}$$

说明此时 A 灯上的电压已超过其额定电压,如果是这样,A 灯将被烧毁,可见这种情况是不能成立的.

综合以上可见本题只有一个惟一确定的答案是此电路的电压应为 8 V.

解法二 由比较两灯中的电流作出判断如下:

设 A 灯正常,则通过此电路的电流为 $I_A=0.5\ \text{A}$,显然,这不超过 B 灯的额定电流,此时 B 灯不会被损坏,此时 B 灯两端的电压应为

$$U_{B3} = I_A R_B = 0.5 \times 4\ \text{V} = 2\ \text{V}$$

则整个电路的总电压为

$$U = U_{A3} + U_{B3} = 6\ \text{V} + 2\ \text{V} = 8\ \text{V}$$

又设 B 灯正常,则通过此电路的电流为 $I_B = 1$ A,显然,这一数值超过 A 灯的额定电流,将导致 A 灯烧毁,说明这种情况是不可能的.

综合以上同样得到本题只有一个惟一确定的答案是此电路的电压为 8 V.

例 9 设法将已烧断的白炽灯泡的灯丝搭起来,再接入原电路中使用,则

A. 灯的电功率将较原来增大

B. 灯的电功率将保持不变

C. 灯的电功率将较原来减小

D. 条件不够,无法比较前后两情况下灯的电功率的大小

解 灯丝烧断以后,将其搭起来再接入电路时,由于两相搭部分往往要错开一段,故搭接后构成电流通路部分的灯丝的总长度一般要比原来灯丝的总长度小.这样,后一情况下灯丝接入电路中的电阻也就随之减小了,根据电功率的公式

$$P = \frac{U^2}{R}$$

可知,在前后两情况下加在灯上的电压不变,而后者的电阻较小,则后者的电功率将较大.所以,将已烧断的灯丝搭起来再使用时,灯的电功率将变大.在这样做时,通常我们看到将断灯丝搭起来再使用的灯泡显得比原来更亮一些,也就是这个原因.

由上可见,本题的正确答案为 A.

例 10 远距离输电时输电线的电阻为 R,输送的电功率为 P,为了使输电线上的热损耗不超过其输送功率的 4%,输电电压应为多少?

分析 以电压 U 输送一定电功率 P 时,输电线路中的电流为

$$I = \frac{P}{U}$$

由于输电线有电阻 R,则在输电线上造成的热损耗的功率为

$$P' = I^2R = \left(\frac{P}{U}\right)^2 R$$

对于一定的 P 和 R 来说,P'与 U 的平方成反比. 可见要在某一定电路上输送一定的电功率时,若输电电压越高,则线路上损耗的电功率就越少.

解 设以电压 U 输电时,输电线路上损耗的功率 P'恰为其输送的总功率 P 的 4%,即

$$P' = P \times 4\%$$

即
$$\left(\frac{P}{U}\right)^2 R = P \times 4\%$$

∴
$$U^2 = RP \div 4\%$$

$$U = 5\sqrt{RP}$$

即为达到题述要求,则输电电压应不低于 $5\sqrt{RP}$.

例 11 白炽灯泡的钨丝在通电正常工作时的温度约为 2000℃,实际上钨丝的电阻是随温度变化而变化的,以 R_t 表示钨丝在 t℃时的电阻,以 R_0 表示钨丝在 0℃时的电阻,则两者有下述的关系

$$R_t = R_0(1 + 0.0045t)$$

那么,一只"220V,100W"的白炽灯泡的灯丝在不通电时(设其温度为 20℃)的电阻为多少?

解 此灯泡正常工作时的灯丝电阻为

$$R_t = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100}\Omega = 484\ \Omega$$

由题述公式,可求得此灯丝在 0℃ 时的电阻为

$$R_0 = \frac{R_t}{1+0.0045t}$$

$$= \frac{484}{1+0.0045\times 2000}\Omega = 48.4\ \Omega$$

而在温度 $t' = 20℃$ 时，此灯丝的电阻则应为

$$R'_t = R_0(1+0.0045t')$$

$$= 48.4\times(1+0.0045\times 20)\Omega = 52.8\ \Omega$$

例 12　在图 10－4 所示的电路中，A、B 间接有电压恒定的电源，若在 C、D 间接入电压表时，其示数为 8 V；若在 C、D 间接入一电流表时，其示数为 0.5 A；若在 C、D 间接入某一电阻 R_0 时，则三个电阻消耗的电功率相等，试求接入电阻 R_0 时电路中消耗的总电功率为多少？

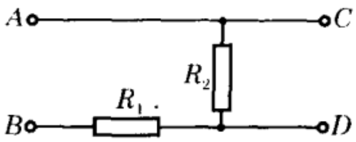


图 10－4

解　在 C、D 间接入电阻 R_0 时，电路为 R_0 与 R_2 并联后再与 R_1 串联. 依题述此时三电阻消耗的电功率相等，由于此时 R_0 与 R_2 两者功率相等，且为并联则两者两端的电压也相等，由电功率的公式 $P=\frac{U^2}{R}$ 显然可见应有

$$R_0 = R_2$$

此时流经 R_1 的电流为流经 R_2 与流经 R_0 的电流之和，故流经 R_1 的电流应为流经 R_2 的电流的 2 倍，而此时 R_1 与 R_2 的电功率相等，由电功率的公式 $P=I^2R$ 可见应有

$$R_2 = 4R_1$$

以 U_{AB} 表示 A、B 两点间的电压（即电源电压），则当 C、D 两

点间接入电压表时，电压表所显示的是电阻 R_2 两端的电压 U_2，此时 R_1 与 R_2 的关系是串联，以 U_1 表示此时 R_1 两端的电压，则由串联电路的规律应有

$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{R_1}{R_2}=\frac{1}{4}$$

$$\therefore \qquad U_1=\frac{1}{4}U_2=\frac{1}{4}\times 8\ \text{V}=2\ \text{V}$$

$$\because \qquad U_{AB}=U_1+U_2=2\ \text{V}+8\ \text{V}=10\ \text{V}$$

在 C、D 间接入电流表则相当于把电阻 R_2 短路，此时电流表量得的是流过电阻 R_1 的电流，并且由于 R_2 被短路，则此时电阻 R_1 两端的电压就是电源电压 U_{AB}，由此，根据欧姆定律可求出 R_1 的阻值为

$$R_1=\frac{U_{AB}}{I_1}=\frac{10}{0.5}\Omega=20\ \Omega$$

$$\therefore \qquad R_2=R_0=4R_1=80\ \Omega$$

如前述，在 C、D 间接入电阻 R_0 时，全电路为 R_0 与 R_2 并联后再与 R_1 串联，R_0 与 R_2 并联的电阻值为

$$R_{20}=\frac{R_2R_0}{R_2+R_0}=\frac{80\times 80}{80+80}\Omega=40\ \Omega$$

此时全电路的总电阻 $R_{总}$ 为

$$R_{总}=R_1+R_{20}=20\ \Omega+40\ \Omega=60\ \Omega$$

此时全电路消耗的总功率为

$$P_{总}=\frac{U_{AB}^2}{R_{总}}=\frac{10^2}{60}\text{W}=1.67\ \text{W}$$

例 13 某同学家里的电能表表面上标有 3000 r/kWh，他做了一个实验，让家里的用电器全部工作，测得电能表转盘转 100 转需时 150 s，由此他算出了他家所有用电器的总功率. 他是如何计算的？这一总功率为多少？

解 3000 r/kWh 的意义是 3000 r/kWh，即电路中每消耗 1

kWh 的电能，电能表的转盘便要转 3000 转. 据此，可进行如下计算.

电能表转盘转 100 转，电流所做的功为

$$W = 1\ \text{kWh} \times \frac{100}{3000}$$
$$= 3.6 \times 10^6 \times \frac{1}{30}\text{J} = 1.2 \times 10^5\text{J}$$

这些功是电流在 150s 内所做的，则其对应的电功率即该同学家的总电功率为

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1.2 \times 10^5}{150}\text{W} = 800\ \text{W}$$

例 14 某同学家的照明电路发生故障，用验电笔测试室内的各电线和接在电路中的用电器时，氖管均发光，检查保险丝也没有断，但灯泡不亮，其他用电器也不能工作，其故障可能是

A. 停电

B. 入户电源火线某处断路

C. 入户电源零线某处断路

D. 入户电源的火线与零线短路

解 用验电笔检查电路各处和接在电路中的用电器时，氖管都能发光，表明这些地方与电源火线是相通的. 所以题述的 A、B 两项是不可能的. 但此时用电器不能工作，表明电流不能通过，电路可能在某处发生了断路，并且这一断路造成的结果是使得整户的各用电器都不能工作，则断路处必在干路上，即在入户线上，依前述在入户火线处断路是不可能的，则此断路现象必发生在入户零线上. 即题述答案 C 是可能的.

另外，如发生入户电源零线与火线短路，则必出现电流过大而立即烧断保险丝而导致入户火线断路，这样，同样不可能使验电笔的氖管在检查室内电路时发光. 即答案 D 也是不可能的.

综合以上可见本题的正确答案为 C.

例 15 在图 10－5 所示的电路中，无论开关 S 闭合还是断开，小灯都发出同样亮度的光，已知 $R_1=R_3=90\ \Omega$，$R_2=180\ \Omega$，a、b 间的电压恒定为 $U=54\ \text{V}$，试求小灯的电功率.

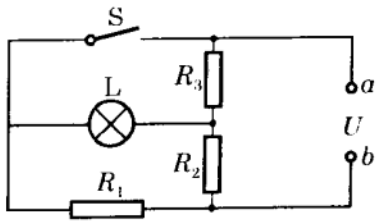


图 10－5

分析 S 断开时，图 10－5 的电路成为形如图 10－6(1)所示的电路，S 闭合时，图 10－5 的电路成为形如图 10－6(2)所示的电路．两情况下两灯都发出同样亮度的光，说明两情况下小灯的功率是相同的，两情况下小灯两端的电压也是相等的.

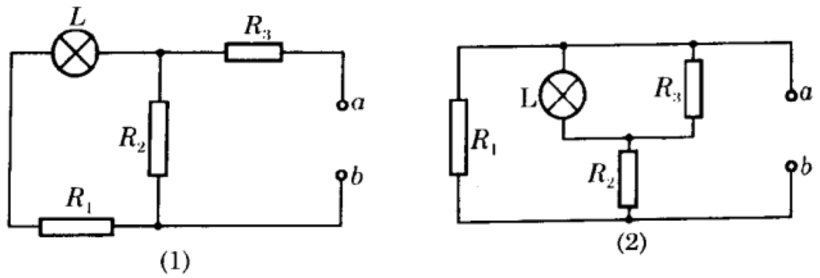


图 10－6

解 以 R_L 表示小灯的电阻，在图 10－6(1)中，L 与 R_1 串联后再与 R_2 并联，以 R_{12L}表示这部分的并联总电阻，应有

$$\frac{1}{R_{12L}}=\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_1+R_L}$$

$$\therefore \qquad R_{12L}=\frac{R_2(R_1+R_L)}{R_2+R_1+R_L}$$

而 a、b 间的总电阻则为

$$R=R_3+R_{12L}$$

根据串联分压的规律可得此时并联部分电路上的电压为

$$U_{12L}=\frac{R_{12L}}{R}U$$

对于电灯L所在的支路,再次运用串联分压的规律可得此时电灯上的电压为

$$U_L=\frac{R_L}{R_1+R_L}U_{12L}=\frac{R_L}{R_1+R_L}\cdot\frac{R_{12L}}{R}U$$

$$=\frac{R_2R_LU}{R_3(R_1+R_2+R_L)+R_2(R_1+R_L)}$$

在图10-6(2)中,灯L与R_3并联后再与R_2串联而接于a、b之间,并联部分的电阻为

$$R_{3L}=\frac{R_3R_L}{R_3+R_L}$$

R_{3L}与R_2串联后的总电阻为

$$R_{23L}=R_2+R_{3L}$$

通过这一电路的电流为

$$I_{23L}=\frac{U}{R_{23L}}$$

此时灯两端的电压为

$$U'_L=I_{23L}R_{3L}=\frac{R_{3L}}{R_2+R_{3L}}U$$

$$=\frac{R_3R_LU}{R_3R_L+R_3R_2+R_2R_L}$$

由于前述应有$U_L=U'_L$,即

$$\frac{R_2R_LU}{R_3(R_1+R_2+R_L)+R_2(R_1+R_L)}=\frac{R_3R_LU}{R_3R_L+R_3R_2+R_2R_L}$$

整理上式可得

$$(R_2^2-R_3^2)R_L=R_3^2R_1+R_3^2R_2+R_3R_2R_1-R_2^2R_3$$

将$R_1=R_3=90\ \Omega$,$R_2=180\ \Omega$代入上式可解得小灯的电阻为

$$R_L=30\ \Omega$$

在图10-6(2)中

$$R_{3L}=\frac{R_3R_L}{R_3+R_L}=\frac{90\times30}{90+30}\Omega=22.5\ \Omega$$

灯 L 两端的电压为

$$U'_L=\frac{R_{3L}}{R_2+R_{3L}}U$$
$$=\frac{22.5}{180+22.5}\times 54\ \text{V}=6\ \text{V}$$

则小灯的功率为

$$P=\frac{U_L^2}{R_L}=\frac{6^2}{30}\text{W}=1.2\ \text{W}$$

即在题述的两种情况下，小灯的电功率均为 1.2 W.

例 16 把一个“10V,2W”的灯泡 A 接到某一电路中，电源电压为 U 保持不变，线路电阻为 r，灯泡实际消耗的功率是 2 W. 换上另一个“10 V,5 W”的灯泡 B 接到这一电路中，灯泡 B 实际消耗的功率有没有可能反而小于 2 W. 如果有可能，请问电源电压 U 和线路电阻 r 应满足什么条件？

解 灯泡 A 和灯泡 B 的电阻可由其标示的额定电压和额定功率求得，分别为

$$R_A=\frac{U_A^2}{P_A}=\frac{10^2}{2}\Omega=50\ \Omega$$

$$R_B=\frac{U_B^2}{P_B}=\frac{10^2}{5}\Omega=20\ \Omega$$

当灯泡 A 接入电路中时，其电功率为

$$P_A=\left(\frac{U}{R_A+r}\right)^2R_A$$

以 $P_A=2$ W、$R_A=50\ \Omega$ 代入上式便有

$$\frac{1}{5}\text{A}=\frac{U}{R_A+r}$$

$$\therefore\quad U=\left(10+\frac{r}{5}\right)\text{V} \qquad ①$$

当灯泡 B 接入此电路时，B 实际消耗的功率为

$$P'_B=\left(\frac{U}{R_B+r}\right)^2 R_B$$

若要求 $P'_B<2$ W,则为

$$\left(\frac{U}{R_B+r}\right)^2 R_B<2\ \text{W}$$

$$\therefore \qquad \frac{U}{R_B+r}<\frac{1}{\sqrt{10}}\text{A} \qquad ②$$

以①式代入②式便为

$$\frac{10+\frac{r}{5}}{20+r}<\frac{1}{\sqrt{10}}$$

解上不等式可得

$$r>10\sqrt{10}\ \Omega \qquad ③$$

故得将灯泡 B 接入题述电路使其功率反而小于 2W 是有可能的,其条件是

$$r>10\sqrt{10}\ \Omega$$

$$U=\left(10+\frac{r}{5}\right)\text{V}$$

说明 (1)本题涉及用电器的“额定功率”和“实际功率”,解题中应对两者注意区分.

(2) 在本题的解答中,有人将③式所得的结果返回代入①式中便得到本题的条件为

$$r>10\sqrt{10}\ \Omega$$

$$U>(10+2\sqrt{10})\ \text{V}$$

这种表示是错误的.因为这样一来,只要求 r 和 U 各自取大于某一值的任何值都可以,显然,这样的任意取值将无法使题述的条件(A 灯接于电路中获得 2W 的实际功率)得到满足,即与题给的条件不相符了.

例如,若取 $r'=50\ \Omega$、$U'=50$ V,它们分别能满足 $r'>$

$10\sqrt{10}\ \Omega$ 和 $U'>(10+2\sqrt{10})$ V,但以此数据代入则 A、B 分别接入电路的实际功率各为

$$P''_A=\left(\frac{U'}{R_A+r'}\right)^2R_A=\left(\frac{50}{50+50}\right)^2\times 50\ \text{W}=12.5\ \text{W}$$

$$P''_B=\left(\frac{U'}{R_B+r'}\right)^2R_B=\left(\frac{50}{20+50}\right)^2\times 20\ \text{W}=10.2\ \text{W}$$

显然与题述要求是不相符的.

例 17 图 10－7 中,L 为某一仪器上作为指示灯用的小灯泡,其额定电压为 0.9 V,额定功率为 9 mW,S 为单刀双掷开关.今将 S 接于触点 1 时,通过调节 R 使 L 正常发光后,电流表有某一示数;将 S 接于触点 2 时,通过调节 R 使 L 正常发光后,电流表又有另一示数,已知上述两示数中,一个为 0.1 A,一个为 1 A.求

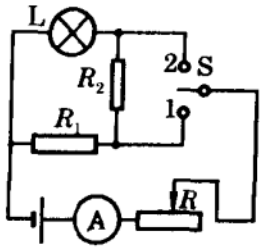


图 10－7

(1) 电流表示数为 1 A 时,S 是接于图中的哪一个触点?

(2) 图中电阻 R_1 和 R_2 的值各为多少?

分析 题述两次情况下灯都正常发光,即两次灯都达到额定功率,两次通过灯的电流都相等.

当 S 接于触点 1 时,L、R_1、R_2 部分的电路是 L 与 R_2 串联后再与 R_1 组成并联电路;当 S 接于触点 2 时,L、R_1、R_2 部分的电路是 R_1 和 R_2 串联后再与 L 组成并联电路.由于两情况下 L 中的电流相同,故可看出 S 接于触点 1 时 R_1 中的电流较大,对应地将使电流表的示数也较大.

解 (1) 由上分析知,电流表示数为 1A 时,S 是接于图中的触点 1.

(2) 灯 L 正常发光时,通过它的电流 I_L 为

$$I_L=\frac{P_L}{U_L}=\frac{9\times 10^{-3}\ \text{W}}{0.9\ \text{V}}=0.01\ \text{A} \qquad ①$$

此时小灯 L 的电阻值为

$$R_L = \frac{U_L}{I_L} = \frac{0.9\ \text{V}}{0.01\ \text{A}} = 90\ \Omega \qquad ②$$

S 接于触点 1 而小灯正常发光时，流过 R_1 的电流为

$$I_1 = \frac{R_L + R_2}{R_1} I_L$$

题述此时电流表的示数为 1A，即

$$I_L + I_1 = I_L + \frac{R_L + R_2}{R_1} I_L = 1\ \text{A} \qquad ③$$

S 接于触点 2 而小灯正常发光时，流过 R_1 和 R_2 的电流为

$$I'_1 = \frac{R_L}{R_1 + R_2} I_L$$

题述此时电流表的示数为 0.1 A，即

$$I_L + I'_1 = I_L + \frac{R_L}{R_1 + R_2} I_L = 0.1\ \text{A} \qquad ④$$

由①、③两式解得

$$R_L + R_2 = 99R_1 \qquad ⑤$$

由①、④两式解得

$$R_L = 9(R_1 + R_2) \qquad ⑥$$

由②、⑤、⑥三式解得

$$R_1 = 1\ \Omega, R_2 = 9\ \Omega$$

例 18 某电热饮水器上有甲、乙两根电热丝，将甲单独接在电源上，10 min 可将饮水器内的水加热至沸腾；将乙单独接在同一电源上，使初温和质量相同的水加热至沸腾，需时间 15 min. 设不考虑电阻丝阻值随温度的变化及热量损失，电源电压不变，问将两根电阻丝串联使用，使初温和质量相同的水加热至沸腾，需多长时间？若将两根电阻丝并联使用，又需多长时间？

分析 题述各种情况下，都是使初温和质量都相等的水加

热至沸腾，即各种情况下所需的热量都一样，亦即各种情况下电流通过电阻的发热量相等.

解 以 U 表示电源电压，R_1 和 R_2 分别表示电阻甲和乙的阻值，Q 表示将题述容器内的水加热至沸腾所需的热量. t_1 和 t_2 表示单独使用电阻甲和单独使用电阻乙时加热水至沸腾所需要的时间，则有

$$Q = \frac{U^2}{R_1}t_1 \qquad ①$$

$$Q = \frac{U^2}{R_2}t_2 \qquad ②$$

以 t_3 表示将甲、乙两电阻丝串联使用而加热水至沸腾所需的时间，注意到它们串联的总电阻为 $R_3 = R_1 + R_2$，则应有

$$Q = \frac{U^2}{R_3}t_3 = \frac{U^2}{R_1 + R_2}t_3 \qquad ③$$

以 t_4 表示将甲、乙两电阻丝并联使用而加热水至沸腾所需的时间，注意到它们并联的总电阻 R_4 满足关系式 $\frac{1}{R_4} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$，故有

$$Q = \frac{U^2}{R_4}t_4 = \left(\frac{U^2}{R_1} + \frac{U^2}{R_2}\right)t_4 \qquad ④$$

由①、②、③式解得

$$t_3 = t_1 + t_2 = 10\ \text{min} + 15\ \text{min} = 25\ \text{min}$$

由①、②、④式解得

$$t_4 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{10 \times 15}{10 + 15}\text{min} = 6\ \text{min}$$

即若将两电阻丝串联使用，加热这些水至沸腾需时 25 min；若将两电阻丝并联使用，加热这些水至沸腾需时 6 min.

例 19 电热淋浴器分为储水式和无水箱式两种. 储水式淋浴器要用较长时间把箱中的水加热，待水温达到要求后再用水

箱中的热水淋浴;无水箱式淋浴器使冷水流过电热器就达到要求的温度,而立即从喷头流出供淋浴.请你利用以下数据通过计算说明,家庭中不宜使用无水箱式电热淋浴器.已知冷水温度为16℃,淋浴所需热水温度为38℃,淋浴所需热水流量为4×10^{-3} m^3/min,水的比热为4.2×10^3 J/(kg·℃),家庭照明电路允许通过的最大电流约为10 A.

分析 家用电热淋浴器,如采用储水式的,则它对加热水的电流的大小没有一定的要求(电流较小可在较长时间内将储水箱内的水加热至一定的温度),因而可采用不超过家庭照明电路允许的电流来进行工作,显然,这是可以的.但若采用无水箱式电热淋浴器,由于它对电流的大小有一定的要求,而这一要求如果超过家用照明电路允许通过的最大电流,则此淋浴器便不能在这一电路中工作.

解法一 从电流方面考虑.

设此无水箱式淋浴器正常工作时通过的电流为I,则依题述在1min内流过此淋浴器的水质量为

$$m = \rho V = 1\times10^3\times4\times10^{-3}\text{kg} = 4\text{ kg}$$

这些水流过淋浴器后,其温度由$t_1=16℃$升至$t_2=38℃$,所需吸收的热量为

$$\begin{aligned}Q &= cm(t_2-t_1)\\ &=4.2\times10^3\times4\times(38-16)\text{J} = 3.7\times10^5\text{ J}\end{aligned}$$

以上热量应由电热提供,即

$$Q = IUt$$

$$\therefore \quad I=\frac{Q}{Ut}=\frac{3.7\times10^5}{220\times60}\text{A} = 28\text{ A}$$

可见无水箱式淋浴器若要正常工作,其所需电流为28 A,这大大超过了家用照明电路允许的最大电流10 A.即将它安装在家用照明电路中是不行的.所以,普通家庭中采用无水箱式电热淋浴

器是不合适的.

解法二 从水的流量方面考虑.

设取家庭照明电路中允许的最大电流 $I_0=10\ \mathrm{A}$ 作为向淋浴器供电的电流,则这一电流在时间 $t=1\ \mathrm{min}$ 内能产生的热量为(注意家用照明电路的电压为 $U=220\ \mathrm{V}$)

$$Q' = I_0Ut = 10\times220\times60\ \mathrm{J} = 1.32\times10^5\ \mathrm{J}$$

以这些热量对一定量的水加热,使其温度刚好由 $t_1=16℃$ 升至 $t_2=38℃$,则这部分水的质量 m' 应满足

$$Q' = cm'(t_2-t_1)$$

$$\therefore \quad m' = \frac{Q'}{c(t_2-t_1)} = \frac{1.32\times10^5}{4.2\times10^3\times(38-16)}\mathrm{kg} = 1.43\ \mathrm{kg}$$

这部分水的体积为

$$V' = \frac{m'}{\rho} = \frac{1.43}{1\times10^3}\ \mathrm{m^3} = 1.43\times10^{-3}\ \mathrm{m^3}$$

使这些水在 1min 内流过淋浴器,则其流量为 $1.43\times10^{-3}\ \mathrm{m^3/min}$,这和此淋浴器要求的正常流量 $4\times10^{-3}\mathrm{m^3/min}$ 相差甚远,说明以家用照明电路尽其最大可能为无水箱式淋浴器供电,在保证其水温达到要求的情况下,则其流量远远达不到要求.

解法三 从水温方面考虑.

设取家庭照明电路中允许的最大电流 $I_0=10\ \mathrm{A}$ 作为向淋浴器供电的电流,则这一电流在时间 $t=1\ \mathrm{min}$ 内能产生的热量为

$$Q' = I_0Ut = 10\times220\times60\ \mathrm{J} = 1.32\times10^5\ \mathrm{J}$$

以这些热量对初温为 $t_1=16℃$、质量为 4kg 的水加热,设其加热后的水温为 t_2',则应有

$$Q' = cm(t'_2-t_1)$$

$$\therefore \quad t_2' = \frac{Q'}{cm}+t_1$$

$$=\frac{1.32\times10^{5}}{4.2\times10^{3}\times4}℃+16℃=23.9℃$$

这一结果与热水器正常工作加热后的水温38℃相差很多，说明以家用照明电路尽其最大可能为无水箱式电热淋浴器供电，在保证其流量达到正常要求的情况下，则其加热后的水温远远达不到要求.

例 20 某暗盒内是由若干定值电阻连接成的电路，从该电路中向盒外引出了四个端钮 1、1′和 2、2′.

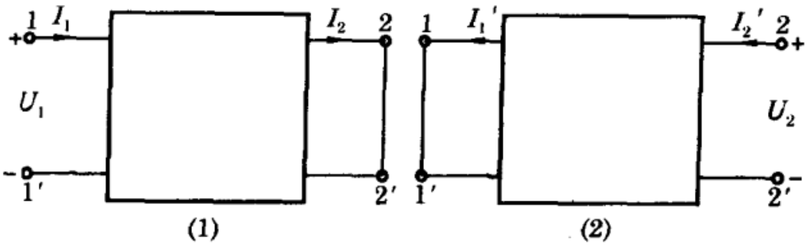


图 10－8

① 当将 2、2′端短接，1、1′端加电压 $U_1=9.0$ V 时，测得 $I_1=3.0$ A，$I_2=3.0$ A，电流方向如图 10－8(1)所示. 且测得此时 1、2 两端钮间的电压不为零.

② 当将 1、1′端短接，2、2′端加某一电压 U_2 时，测得 $I_1'=1.0$ A，$I_2'=1.5$ A，电流方向如图 10－8(2)所示.

(1) 试判断确定暗盒内能满足上述条件的最简单的电路并计算构成此电路的各个电阻的阻值.

(2) 若在 1、1′端接电压 $U=6.0$ V 的电源而在 2、2′端接 $R_L=6.0\ \Omega$ 的负载时，该负载获得的功率 P_L 是多少?

分析 在图 10－8(1)所示的情况下，注意到流入盒内的电流必等于流出盒内的电流，故由盒内流向端钮 1′的电流大小也必与 I_1 相等，即为 3.0 A，由于题述 $I_1=I_2$，故可断定此情况下盒内的全部电流的流向为 1→2→2′→1′，则由欧姆定律可知此电路

上的总电阻为

$$R_1=\frac{U_1}{I_1}=\frac{9.0}{3.0}\Omega=3.0\ \Omega$$

这一阻值可以由若干个电阻串联或者并联而得，而作为最简单的形式，则只需一个电阻，这一电阻 R_1 可接于 1 与 2 之间或 1′与 2′之间. 若 R_1 接于 1 与 2 之间则 1′与 2′之间为以导线直接接通而无电阻，此时 1、2 之间的电压不为零而 1′与 2′间的电压则为零；若 R_1 接于 1′与 2′之间则 1 与 2 之间为以导线直接接通而无电阻，此时 1′与 2′之间电压不为零而 1 与 2 之间电压为零. 依题述条件有此时 1、2 间电压不为零，可见 R_1 只能接在 1 与 2 之间.

由图 10－8(1)所给出的条件我们还可以作出判断：1 与 1′间既没有以导线直接接通，也没有以电阻相连通，因为如果有上述情况的话，则都会发生由 1 流入的电流 I_1 会发生分流而不可能出现 $I_2=I_1$ 的情况. 另外，由于此时我们已将 2 与 2′在盒外以导线短接，则无法判断出在盒内 2 与 2′之间是否有导线相连或有电阻相连.

由图 10－8(2)所示的情况可以看出，由于 $I'_2\neq I'_1$，则电流 I'_2 自端钮 2 流入盒内后，必发生了分流，其中一部分(I'_1)流向端钮 1(由前分析，知这部分电流必经过电阻 R_1)，另一部分($I'_2-I'_1$)则不经电阻 R_1 而分流流向端钮 2′. 可见盒内在 2 与 2′间必接有某一电阻 R_2(这里应为一电阻而不可能是以导线短接，因为如为短接，则 I'_2 将全部经由此导线流向 2′而导致 $I'_1=0$，这与题述条件不符)，同样，作为最简电路，我们只需考虑它作为一个电阻便可以了. 这样，此时便组成了由 R_1 和 R_2 并联而成的电路，由并联电路的规律应有

$$R_1I'_1=R_2(I'_2-I'_1)$$

$$\therefore\quad R_2=\frac{I'_1}{I'_2-I'_1}R_1=\frac{1.0}{1.5-1.0}\times3.0\ \Omega=6.0\ \Omega$$

解 (1) 盒内最简电路如图 10－9 所示，其中 $R_1=3.0\ \Omega$，$R_2=6.0\ \Omega$.

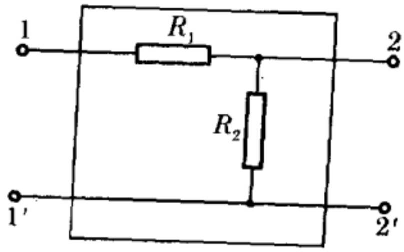


图 10－9

(2) 若在图 10－9 的 1、1′端接电压 $U=6.0$ V 而在 2、2′间接负载电阻 $R_L=6.0\Omega$ 时，电路为 R_2 与 R_L 并联后再与 R_1 串联，而 R_2 与 R_L 并联的电阻为

$$R_{2L}=\frac{R_2R_L}{R_2+R_L}=\frac{6.0\times6.0}{6.0+6.0}\Omega=3.0\ \Omega$$

全电路的总电阻为

$$R=R_1+R_{2L}=6.0\ \Omega$$

电路中的总电流为

$$I=\frac{U}{R}=\frac{6.0}{6.0}\text{A}=1.0\ \text{A}$$

则流过 R_L 的电流为

$$I_L=\frac{1}{2}I=0.5\ \text{A}$$

负载电阻 R_L 此时获得的功率为

$$R_L=I_L^2R_L=0.5^2\times6.0\ \text{W}=1.5\ \text{W}$$

例 21 一个滑动变阻器 R 与一个固定电阻 R_0 串联后，接到电压恒为 U 的电源上，调节 R 的大小时，此电路消耗的电功率随之变化，求

(1) R 取何值时此电流消耗的总功率最大？为多少？

(2) R 取何值时 R_0 上消耗的电功率最大？为多少？

(3) R 取何值时变阻器上消耗的功率最大？为多少？

解 (1) 此电路消耗的总功率为

$$P=IU$$

依题述，U 为定值，则 I 值越大，此电路消耗的总功率越大，

而由欧姆定律有

$$I=\frac{U}{R+R_0}$$

显然，当 R 调至极小，即 $R=0$ 时，此电路消耗的电功率最大，为

$$P=\frac{U}{R_0}\cdot U=\frac{U^2}{R_0}$$

(2) 固定电阻 R_0 上消耗的电功率为

$$P_{R_0}=I^2R_0$$

由于 R_0 为定值，则 I 值越大，P_{R_0} 也越大，由前述有当取 $R=0$ 时，I 有极大值，则对应的 P_{R_0} 为其最大值

$$P_{R_0}=\frac{U^2}{R_0}$$

比较(1)、(2)两个结果可以看到，两者是相等的. 事实上由于此时 $R=0$，则变阻器上不消耗功率，全电路上消耗的功率也就是固定电阻上消耗的功率.

(3) 变阻器上消耗的电功率应为

$$P_R=I^2R=\left(\frac{U}{R_0+R}\right)^2\cdot R=\frac{R}{(R_0+R)^2}U^2$$

显然，由于 U 为定值，故当 $\frac{R}{(R_0+R)^2}$ 取值最大时，则 P_R 之值最大.

为求 $\frac{R}{(R_0+R)^2}$ 的最大值，我们进行如下的数学变换：

$$\frac{R}{(R_0+R)^2}=\frac{R}{(R_0-R)^2+4R_0R}$$

$$=\frac{1}{\frac{(R_0-R)^2}{R}+4R_0}$$

由于

$$\frac{(R_0-R)^2}{R}\geqslant 0$$

故得
$$\frac{1}{\frac{(R_0-R)^2}{R}+4R_0}\leqslant\frac{1}{4R_0}$$

$$\therefore \quad P_R\leqslant\frac{U^2}{4R_0}$$

即得当 $R=R_0$ 时，变阻器消耗的功率达到最大值，为

$$P_{Rm}=\frac{U^2}{4R_0}$$

附带还可以指出：由于此时是 R 取值与 R_0 相等，故 R 与 R_0 上各自消耗的功率也相等，即 R_0 上消耗的功率也为 $\frac{U^2}{4R}$. 并且此时 R 与 R_0 两者上的电压也相等，即 R 两端的电压为电源总电压的一半.

例 22 有四个电阻器，其阻值分别为 $R_1=1\ \Omega$、$R_2=2\ \Omega$、$R_3=3\ \Omega$ 和 $R_4=4\ \Omega$，现要求将它们都接入电路中，并使其总电阻等于 1 Ω. 如果在这种连接方式下，通过 R_4 的电流强度为 3 A，试求在 1 min 之内，电阻器 R_3 上产生的热是多少？

分析 欲使 R_1、R_2、R_3、R_4 四个电阻组合成的电路的总电阻值为 1 Ω，则组成此电路时，必定要符合下面的条件：

(1) $R_1=1\ \Omega$ 的电阻不能单独成为一条支路而和其他电阻并联，如 R_1 作为单独一条支路与其他电阻并联，则此电路的总电阻必小于 R_1，即必会小于 1 Ω. 故 R_1 只能和别的电阻串联后再接入电路中.

(2) 若以 $R_4=4\ \Omega$ 为一条独立的支路，则由另三个电阻组成的电路的总电阻应为 $\frac{4}{3}\Omega$（它和 R_4 的并联总电阻为 1 Ω）. 显然，由 R_1、R_2、R_3 三个电阻是无法组成一个电阻为 $\frac{4}{3}\Omega$ 的电路的.

(3) 若以 $R_3=3\ \Omega$ 为一条独立的支路，则由另外三个电阻组成的电路的总电阻应为 $\frac{3}{2}\Omega$（它和 R_3 的并联总电阻为 1 Ω），同

样，由 R_1、R_2、R_4 三个电阻是无法组成一个电阻为 $\frac{3}{2}\Omega$ 的电路的.

(4)若以 $R_2=2\ \Omega$ 为一条独立的支路，则由另外三个电阻组成的电路的总电阻应为 2 Ω. 而由 R_1、R_3、R_4 三个电阻组成一个电阻为 2 Ω 的电路是可能的，即由 R_1 与 R_3 串联后再和 R_4 并联，其总电阻恰为 2 Ω，并且，这种组成是能得到总电阻为 2 Ω 的惟一组合. 以这一组合和 R_2 并联，这样便得到了题述要求的总电阻为 1 Ω 的电路，如图 10－10 所示.

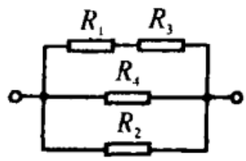


图 10－10

综合以上分析我们还可以看到，图 10－10 是满足题述要求的惟一电路.

解 电路如图 10－10 所示.

由于 R_4 支路和 R_1、R_3 支路电阻相等，则通电时此两支路上的电流相等. 依题述当通过 R_4 的电流为 3 A 时，则通过 R_3 的电流 I_3 也是 3 A. 则电阻 R_3 在 1 min 内的发热量为

$$Q=I_3^2R_3t=3^2\times3\times60\ \text{J}=1420\ \text{J}$$

例 23 要利用电流的热效应来制作一床电功率为 80 W 的电热毯，已知电源电压为 220 V，求

(1)应选用阻值为多大的电阻丝?

(2)若手边有裹了绝缘层的三种电阻丝可供选用，它们的规格分别是

A. 电阻率为 $2.017\times10^{-5}\Omega\cdot\text{m}$，截面积为 $1(\text{mm}^2)$

B. 电阻率为 $2.017\times10^{-4}\Omega\cdot\text{m}$，截面积为 $1(\text{mm}^2)$

C. 电阻率为 $2.017\times10^{-6}\Omega\cdot\text{m}$，截面积为 $1(\text{mm}^2)$

那么应选用哪一种电阻丝为宜? 为什么?

(提示：导体的电阻大小可以根据公式

$$R=\rho\frac{l}{S}$$

来计算,上式中 ρ 为导体的电阻率,l 为导体的长度,S 为导体的截面积)

解 (1)所用电阻丝的电阻应为

$$R=\frac{U^2}{P}=\frac{220^2}{80}\Omega=605\ \Omega$$

(2)根据题给公式可得应选用的电阻丝的长度为

$$l=\frac{RS}{\rho}$$

故得三种电阻丝的长分别为

$$l_A=\frac{605\times1\times10^{-6}}{2.017\times10^{-5}}\text{m}=30\ \text{m}$$

$$l_B=\frac{605\times1\times10^{-6}}{2.017\times10^{-4}}\text{m}=3\ \text{m}$$

$$l_C=\frac{605\times1\times10^{-6}}{2.017\times10^{-6}}\text{m}=300\ \text{m}$$

可见,应选用 A 种电阻丝制作,取 30 m 长的 A 种电阻丝按 1.5 m 长迂回均匀排列并固定在底毯上即可.

取 B 种电阻丝不恰当的原因是:由于 B 种电阻丝仅长 3 m,80 W 的功率集中在 3 m 长的电阻丝上放出将会使电阻丝的温度过高而不安全.另外,整个床面的受热也不均匀,即有电阻丝处很热,而很大面积无电阻丝处则将仍然是冷的.所以不宜选用.

取 C 种电阻丝不恰当的原因是:C 种电阻丝需要的长度为 300 m,这样,电阻丝过长,重量会过重,材料多也导致造价过高,而且即使将电阻丝密排布满整个床面也难于排下,故也不宜选用.

例 24 一位游客准备估算登山缆车的效率,他从地图上查到,缆车的起点和终点的海拔高度分别为 230 m 和 840 m,两地的水平距离为 1200 m.一只缆车运载 15 个人上山的同时,有另一只同样的缆车与它共用同一滑轮组,运载 8 人下山,每个人的体重(质量)约为 60 kg,缆车的自重(质量)为 600 kg,他还用直尺粗测了钢缆的直径,约为 2.5 cm. 拖动钢缆的电动机的铭牌上标明,它

的额定功率为 45 kW，管理人员说，在当时那种情况下，电动机的实际功率约为其额定功率的 60%．实际测得缆车完成一次运输所用的时间为 7 min．请你帮助他估算一下此缆车的机械效率．

分析 本题提供的数据很多，但其中有一些是不必要的．我们只需根据题目要求，从中取用必要的数据就行了．

按机械效率的定义，是指一台机械所做的有用功与其消耗的总功之比．本题中，电动机所做的功是这一登山缆车所消耗的总功，而缆车所做的有用功则应为将 15－8＝7 人由山底升高至山顶所做的功．（注意这是由于同时有一缆车载 8 人下山，一缆车载 15 人上山，故系统在这一过程的总效果仅等效于将 7 人运上了山）

解 以 m 表示一人的质量，Δh 表示缆车终点和起点的高度差，则缆车在题述过程中所做的有用功为

$$W_{有}=7mg\Delta h$$

此过程中电动机所做的功为

$$W_{总}=P_0t\times 60\%$$

上式中 P_0 为电动机的额定功率．由上两式可求得缆车的机械效率为

$$\eta=\frac{W_{有}}{W_{总}}=\frac{7mg\Delta h}{P_0t\times 60\%}=\frac{7\times 60\times 10\times(840-230)}{45\times 10^3\times 7\times 60\times 60\%}=22.6\%$$

例 25 电烙铁使用前需要一定的预热时间，因而即使暂时不用也要将它接在电源上，但这样既费电又会造成烙铁头氧化而不易沾锡．所以有时采用如图 10－11 所示的电路，在暂时不需焊接时，断开开关 S，使电烙铁处于预热状态；当需要焊接时，闭合开关 S，就能很快达到焊接温度．现给一个

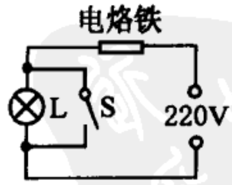


图 10－11

"220V,25W"的电烙铁预热,若灯泡 L 在预热状态时的电阻为 800 Ω,则在预热状态下电烙铁消耗的功率为多少瓦?整个电路消耗的功率是电烙铁正常工作时消耗功率的百分之几?

解 电烙铁的电阻为

$$R_1=\frac{U_{额}^2}{P_{额}}=\frac{220^2}{25}\Omega=1936\ \Omega$$

当电烙铁处于预热状态时,整个电路为电烙铁与灯泡 L 串联,此时电路中的总电阻为

$$R=R_1+R_L=1936\ \Omega+800\ \Omega=2736\ \Omega$$

此时电路中的电流为

$$I=\frac{U}{R}=\frac{220}{2736}\text{A}=0.08\ \text{A}$$

此时电烙铁消耗的功率为

$$P'=I^2R_1=0.08^2\times1936\ \text{W}=12.4\ \text{W}$$

此时整个电路消耗的功率为

$$P=I^2R=0.08^2\times2736\ \text{W}=17.5\ \text{W}$$

电烙铁正常工作时,其消耗的功率为其额定功率,故得此时整个电路消耗的功率占电烙铁正常工作时消耗的功率的百分比是

$$\frac{P}{P_0}=\frac{17.5}{25}\times100\%=70\%$$

例 26 在图 10-12 所示的电路中,直径为 d 的圆环是用粗细均匀的电阻丝制成的,其阻值为 R. 图中 A、B、…H 诸点为圆环的等分点,A 点固定. P 为滑片,滑片 P 能沿圆环滑动,并保持良好的接触,电源电压恒定. 当闭合开关 S 后,滑片 P 沿圆环顺时针滑动时,图中各电表的示数会发生变化. 甲、乙两同学按此图

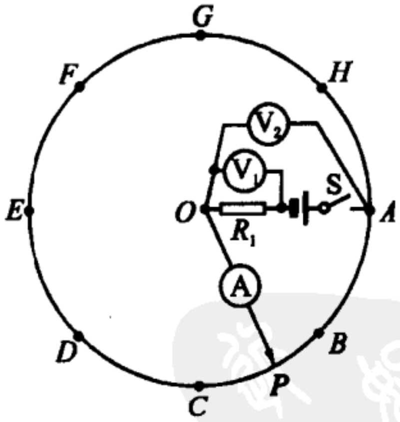


图 10-12

电路,分别做实验,并记下当滑片 P 在某些位置时各电表的示数,如下表 1、表 2 所示.

表 1　甲同学测得的实验数据

滑片 P 的位置	位置 B	位置 C	位置 D	位置 E	位置 F	位置 X	位置 A
电流表 A 的示数(A)	0.25	0.20	0.18	0.17	0.18	0.19	
电压表 V_1 的示数(V)	3.75	3.00	2.70	2.55	2.70	2.85	
电压表 V_2 的示数(V)	2.25	3.00	3.30	3.45	3.30	3.15	

表 2　乙同学测得的实验数据

滑片 P 的位置	位置 B	位置 C	位置 D	位置 E	位置 F	位置 G	位置 X'
电流表 A 的示数(A)	0.24	0.17	0.13	0.11	0.09	0.08	
电压表 V_1 的示数(V)	3.60	2.55	1.95	1.65	1.35	1.20	
电压表 V_2 的示数(V)	2.40	3.45	4.05	4.35	4.65	4.80	

根据上述实验数据,回答下列问题:

(1)根据表 1 中的实验数据,请你通过计算分析,完成表 1 中位置 A 下的空格,在图 10－12 上标出位置 X(大致位置).

(2)根据表 1 和表 2 中的实验数据,请你通过比较分析来说明甲、乙两同学测得的实验数据不同的原因(请画出电路图说明)

(3)根据(2)中的分析,请你考虑:当滑片滑到 G、A 之间的某一位置 X' 时,则表 2 中位置 X' 下的空格可能的数据可以是下列的哪几组:

A. 0.05 A,0.75 V,5.25 V

B. 0.07 A,1.05 V,4.95 V

C. 0.16 A,2.40 V,3.60 V

D. 0.25 A,3.75 V,2.25 V

E. 0.30 A,4.50 V,1.50 V

F. 0.35 A,5.25 V,0.75 V

分析 圆周被 A 点和 P 点分为优弧 $\overset{\frown}{AP}$ 和劣弧 $\overset{\frown}{AP}$ 两部分，在电路中这两部分弧并联以后，再和电阻 R_1 串联，然后与电源和开关相连就组成了这一电路. 图中，电流表测得的是此电路中的总电流即通过电源的电流，电压表 V_1 测得的是电阻 R_1 两端的电压，电压表 V_2 测得的是两弧线电阻并联部分的电压，所以，V_1 和 V_2 两表的示数之和即为电源电压.

当滑片 P 在圆周上滑动时，优弧 $\overset{\frown}{AP}$ 和劣弧 $\overset{\frown}{AP}$ 的长度都会发生变化，由此导致并联部分的电阻发生变化，则电路中的总电阻和电流都发生变化，各表的示数因而随之变化.

解 (1)由表1知，电源电压

$$\begin{aligned} U &= U_{V1} + U_{V2} \\ &= 3.75\ \text{V} + 2.25\ \text{V} = 3.00\ \text{V} + 3.00\ \text{V} = \cdots \\ &= 6.00\ \text{V} \end{aligned}$$

电阻 R_1 的阻值为

$$R_1 = \frac{U_{V1}}{I} = \frac{3.75}{0.25}\Omega = 15\ \Omega$$

滑片 P 接于位置 A 时，圆环接入电路中的电阻为零，故得此时电流表的示数为

$$I_A = \frac{U}{R_1} = \frac{6.00}{15}\text{A} = 0.40\ \text{A}$$

此时，电压表 V_2 被短路，则电压表 V_1 和 V_2 两表的示数分别为

$$U_{V1} = U = 6.00\ \text{V}$$

$$U_{V2} = 0$$

由表1中可以看出，三只电表在位置 X 时的示数，应与位置 C 和位置 D 间的某一位置上三只电表的示数相同，由此电路的对

称性可知,这一位置和位置 X 是对称的,故知 X 位置应在 D、C 区间的对称区间 F、G 区间中的某一位置.

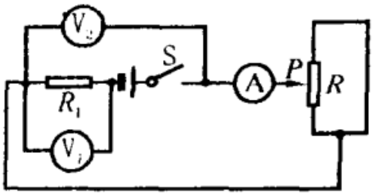


图 10-13

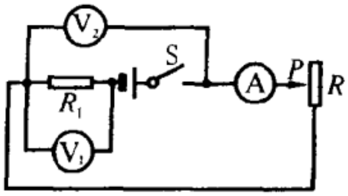


图 10-14

(2)图 10-12 的电路可等效地画为图 10-13,图中 R 为整个圆周的电阻.当滑片 P 由 R 的一端逐渐移至 R 的另一端时,电路中的总电阻先逐渐变大,然后又逐渐变小,这样,在 S 闭合时,电路中的电流则将先减小,后变大,这正是甲同学记录的情况.

而乙同学的实验中都是电流表示数单调地减少,说明电路中的电阻是单调地增加的,即圆环接入电路的电阻单调地增加,这时的电路相当于图 10-14 所示的情况,即这是由于滑片尚未滑到的圆环某处发生了断路所致.因为滑片滑到位置 G 时,I_A 还单调变小,故可断定断路位置应在 G 位置之后.

(3)根据表 1 中的数据,可求得圆环电阻丝的总阻值 R,取表 1 中位置 C 的数据,此时圆环的优、劣两弧分别为全圆周的 $\frac{3}{4}$ 和 $\frac{1}{4}$,则这两段的电阻应分别为 $\frac{3}{4}R$ 和 $\frac{1}{4}R$,其并联总电阻则为

$$R_{并}=\frac{\frac{3}{4}R\times\frac{1}{4}R}{\frac{3}{4}R+\frac{1}{4}R}=\frac{3}{16}R$$

又由表 1 中的数据知此时并联部分的电压(即电压表 V_2 的示数)为 3.00 V,通过此并联电路的总电流为 0.20 A.则由欧姆定

律有

$$I_{并}=\frac{U_{并}}{R_{并}}$$

即 $$0.20\ \text{A}=\frac{3.00\ \text{V}}{\frac{3}{16}R}$$

∴ $$R=80\ \Omega$$

在乙同学的实验中，由上已得到圆环上的断路处在 G、A 两点之间，为分析各种可能情况，可根据断路点十分靠近 G 点和十分靠近 A 点两种极端情况来作出判断.

①若断路点十分靠近 G 点，则 P 越过断点后由此位置到 A 位置的过程中，电流值 I'_A 不会小于

$$I'_{\text{Amin}}=\frac{U}{R_{GHA}+R_1}=\frac{U}{\frac{R}{4}+R_1}$$

$$=\frac{6.00}{20+15}\text{A}=0.17\ \text{A}$$

电压表 V_1 的示数将不小于

$$U'_{\text{V1min}}=I'_{\text{Amin}}R_1=0.17\times15\ \text{V}=2.55\ \text{V}$$

而电压表 V_2 的示数将不大于

$$U'_{\text{V2max}}=U-U'_{\text{V1min}}=6.00\ \text{V}-2.55\ \text{W}=3.45\ \text{W}$$

当滑片 P 接到 A 点时，便有电流表示数的最大值 I'_{Amax} 和电压表 V_1 的示数的最大值 U'_{V1max}

$$I'_{\text{Amax}}=\frac{U}{R_1}=\frac{6.00}{15}\text{A}=0.40\ \text{A}$$

$$U'_{\text{V1max}}=U=6.00\ \text{A}$$

$$故应有\begin{cases}0.17\ \text{A}<I'_{AX'}<0.40\ \text{A}\\2.55\ \text{V}<U'_{\text{V1}}<6.00\ \text{V}\\0<U'_{\text{V2}}<3.45\ \text{V}\end{cases}$$

②若断路处十分靠近 A 点，则滑片 P 由 G 位置到断路位置的过程中，电流值 I''_A 不会小于

$$I''_{\text{Amin}}=\frac{U}{R+R_1}$$

而电压表 V_1 的示数将不小于

$$U''_{\text{V1min}}=I''_{\text{Amin}}R_1=0.06\times15\ \text{V}=0.95\ \text{V}$$

则电压表 V_2 的示数将不大于

$$U''_{\text{V2max}}=U-U''_{\text{V1min}}$$
$$=6.00\ \text{V}-0.95\ \text{V}=5.05\ \text{V}$$

故应有 $\begin{cases}0.06\ \text{A}<I''_{\text{AX}''}<0.08\ \text{A}\\0.95\ \text{V}<U''_{\text{V1}}<1.20\ \text{V}\\4.80\ \text{V}<U''_{\text{V2}}<5.05\ \text{V}\end{cases}$

综合以上分析，可以判定 A 选项是错的，因为 0.05 A<0.06 A，0.75 A<0.95 A，5.25 V>5.05 V；C 选项是也是错的，因为 0.16 A<0.17 A，2.40 V<2.55 V，3.60 V>3.45 V．而 B、D、E、F 四个选项全部符合要求，均为正确选项．

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1．图 10－15 所示的电路中，电源电压不变，开关 S 闭合时，电灯 L 正常发光，现在要求在 S 断开时，电灯 L 仍能正常发光，那么滑动变阻器的滑动片 P 应该

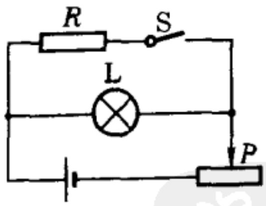


图 10－15

A．不动

B．向右移动

C．向左移动

D．先向右移动，然后再向左移动

2．关于电功和电热，以下说法中正确的是

A．电流在电路中所做的功一定等于电热

B．电流在电路中所做的功一定大于电热

C. 在电路中包含有电动机、电解槽时，电流做的功将转化为机械能、化学能、热能，此时，电功必大于电热

D. 在电路中仅有电阻时，电功等于电热

3. 一个电阻接在某电路中，每分钟产生的热量为 Q，若要它每分钟产生的热量为$\frac{1}{4}Q$，则可行的办法是

A. 将它两端的电压改为原来的$\frac{1}{4}$

B. 将它对折以后接入电路中

C. 将它两端的电压改为原来的$\sqrt{4}$倍

D. 将 A、B 两项措施同时采用

4. a、b 两根电热丝，给 a 加电压 U，它 3 min 放出的热量为 Q；给 b 加电压 U，它 6 min 放出的热量为 Q.

(1) 若将 a、b 串联起来加上电压 U，它们共同放出热量 $2Q$ 所需的时间是

A. 2 min　　B. 4 min

C. 9 min　　D. 18 min

(2) 若将 a、b 并联起来，加电压 U，它们共同放出热量 $2Q$ 所需的时间是

A. 2 min　　B. 4 min

C. 9 min　　D. 18 min

5. 灯泡 A 上标有“220V,100W”，灯泡 B 上标有“220V,25W”，若将 A 和 B 串联起来接于电路中，为使两灯均不至损坏，则此电路的电压应不超过

A. 440 V　　B. 330 V

C. 275 V　　D. 220 V

6. 输电线电阻为 0.5 Ω，输送的电功率为 100 kW，用 1 kV 的电压输电时，输电线路上的电流和消耗的电功率为

A. 2000 A, 100 kW

B. 100 A, 5 kW

C. 100 A,100 kW

D. 2000 A,2000 kW

7. 在远距离输电时,输电线的电阻一定,那么,输电线上损失的功率

A. 跟输送的电功率成正比,跟输电电压成反比

B. 跟输送的电功率成反比,跟输电电压成正比

C. 跟输送的电功率的平方成正比,跟输电电压的平方成反比

D. 跟输送的电功率的平方成反比,跟输电电压的平方成正比

8. 如图 10－16,电工在检查电路故障时,发现开关 S 闭合后,灯 L 不亮.用测电笔测试 C、D 两处时,发现两处都能使氖管发光,而测试 A、B 两处时,只有在 A 点时氖管才发光,则故障可能是

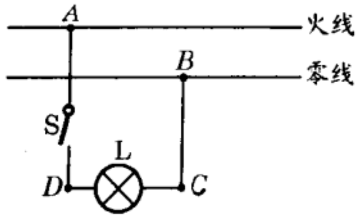


图 10－16

A. 火线、零线短路

B. 零线没有接地

C. B、C 之间的某处断路

D. 灯 L 短路

9. 照明电路干路两端的电压为 220 V,今在某电灯旁并联接入一个大电炉,发现灯的亮度变暗,其原因是

A. 干路上的电流减小了

B. 电炉从灯那里分出了部分电流

C. 干路上的电流变大,干路上损耗的电压增多

D. 干路上损耗的电压不变,但电灯两端的电压变小了

10. 当有人触电时,应及时采取的措施是

A. 立即将触电人拉开

B. 立即去找电工来处理

C. 切断零线或者切断火线

D. 要立即切断电源，或者用干燥的竹竿、木棒将电线挑开，然后再进行急救

11. 有两个定值电阻 R_1 和 R_2，将它们并联到电源上，它们消耗的电功率分别为 P_1 和 P_2，如果把它们串联起来再接在同一电源上，它们消耗的总功率应为多大？

12. 有一小灯泡，当它与 40 Ω 的电阻串联后接在 6 V 的电源上时，恰好能正常发光，这时小灯泡的功率为 0.2 W. 那么，这个小灯泡的规格是怎样的？

13. 电灯 L_1 上标有"12V, 36W"，电灯 L_2 上标有"24V, 18W"，如果将它们串联后接到 36 V 的电源上，将会出现什么现象？

14. 一灯泡上标有"220V, 60W"，若其工作电压比其额定电压降低了 10% 时，则它消耗的实际功率比其额定功率降低了百分之几？此时其实际功率为多少？

15. 有一个定值电阻 $R_0=3\ \Omega$，将它先后与两个电阻 R_1 和 R_2 分别串联，再接在同一个电压不变的电源上. 已知 R_1 与 R_2 的阻值不同，要使 R_1 与 R_2 在相等的时间内产生相等的热量，则 R_1 与 R_2 的值应该满足什么条件？

16. 试分析下列电路故障的原因：

(1) 在晚上开灯一段时间后，某户人家的电灯突然全部熄灭，而邻居家的电灯还亮着.

(2) 在某教室闭合一个开关后大楼里的电灯都熄灭了.

(3) 某一盏电灯在开关闭合后一闪就不亮了，而其他灯仍然亮着.

17. 安装在电子手表中的国产组纽扣电池，工作电压为 1.5 V，工作电流约为 6 μA，它可连续工作 18 个月，则其电流共做功多少？

18. 将一只标有"220V, 60W"的白炽灯泡接在 110 V 的电源

上，根据公式 $P=\frac{U^2}{R}$ 可知它的实际功率将变为其额定功率的 $\frac{1}{4}$，即 15 W. 而实际上它消耗的功率要高于 15 W，这是什么原因？

19. 一台电动机，其电阻为 10 Ω，接在照明电路中使用，通过它的电流为 5 A，则该电动机消耗的功率为多少？它的发热功率为多少？转变为机械能的功率为多少？该电动机的效率为多少？若此电动机匀速地提起重物，物体重为 8500 N，则物体上升的速度为多大？

20. 由两个电灯 L_1 和 L_2、一个蓄电池、一个开关 S 及若干导线组成的电路，当开关断开时，L_1、L_2 均发光，当开关闭合后，L_1 不发光，L_2 仍发光，则发生这种现象的原因可能是开关 S 的

A. 一个接线柱处断路了

B. 两个接线柱直接和电源两极相并联了

C. 两个接线柱直接和灯 L_1 的两接线柱相并联了

D. 两个接线柱直接和灯 L_2 的两接线柱相并联了

21. 一电热器由两条不同的电阻丝并联构成，这个电热器与一个阻值固定的电阻 R_0 串联后接在电压为 U 的恒定电源上，如图 10－17 所示. 若由于某种原因，电热器中有一条电阻丝烧断，另一条完好. 用这个烧断一条电阻丝的电热器给水加热，与原来完好的电热器给同样质量、同样初温的水加热，使水温升高相同温度所需时间相同，设电热均完全被水吸收，固定电阻 $R_0=12$ Ω，并测得电阻 R_0 的发热功率与电热器烧断一条电阻丝后的发热功率之比为 4∶1. 若不考虑 R_0 及电阻丝的阻值随其中电流的变化而变化，求电热器中完好的电阻丝及烧断的电阻丝原来的电阻各是多少？

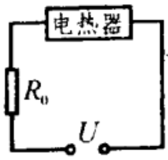


图 10－17

第十一讲　电　和　磁

竞赛导入

(一) 磁场

1. *磁场*

磁体和电流周围都存在有磁场,磁极之间的相互作用是通过磁场来进行的.磁场是一种特殊的物质,其基本特征是对放入其中的磁体或电流有力的作用.

磁场有方向,我们规定小磁针北极(N 极)在磁场中某点所受到的磁场力的方向为该点处磁场的方向.

2. *磁感线*

磁感线是用来形象地描述磁场的假想曲线,磁体周围的磁感线都是从磁体的北极出来而回到南极.其特征是磁感线的任何一点的方向都跟放在该点的小磁针的北极所受磁场力的方向一致,即与该点的磁场方向一致.

3. *地磁场*

地球本身是一个巨大的磁体,其周围存在着由它形成的磁场.这个磁体的北极(称为地磁北极)在地球的地理南极附近,而这个磁体的南极(称为地磁南极)则在地球的地理北极附近.磁针在地球表面上能指南北,就是由于它受地磁场作用的结果.

4. *电流的磁场*

电流能在其周围产生磁场,这一现象又称为电流的磁效应,最初是由丹麦科学家奥斯特发现的.

通电螺线管可以形成与条形磁铁相类似的磁场,其所形成的磁场的极性与电流方向有关,这一关系可以用安培定则来判定.

电磁继电器、电话的听筒等工作时都利用了电流的磁效应.

5. 磁场对电流的作用

磁场的一个重要性质是对磁场中的电流有力的作用.实验表明:磁场力的方向与磁场的方向和电流的方向有关,这一关系可以用左手定则来确定:伸开左手,使大拇指与其余的四指垂直,并且都跟手掌在同一平面内,把左手放入磁场中,让磁感线垂直穿入掌心,使伸开的四指指向电流的方向,那么,拇指所指示的方向就是通电导体在磁场中的受力方向.

通常也把通电导体在磁场中所受到的作用力叫安培力.

(二) 电磁感应

1. 感应电流

闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时,导体中就产生电流,这种现象叫电磁感应,所产生的电流叫感应电流.

导体中感应电流的方向,跟导体的运动方向和磁场的方向有关.可以用右手定则来判断:伸开右手,使大拇指跟其余四个手指垂直,并且都跟手掌在一个平面内,把右手放入磁场中,让磁感线垂直穿入手心,大拇指指向导体运动的方向,则其余四指指的方向就是感应电流的方向.

2. 发电机和电动机

发电机是根据电磁感应的原理而制成的,它是把组成闭合电路的线圈放到磁场中转动,因而在线圈中产生感应电流.发电机中所进行的能量转化是把机械能转化为电能.

电动机是根据通电导体在磁场中受力作用而工作的.它是把通电线圈放在磁场中,线圈受磁场力作用而发生转动,从而把电能转化为机械能.

3. 交流电

线圈在磁场中转动时,由于其在前半周和后半周线圈切割磁感线的方向改变了,故感应电流的方向也将发生周期性地变化,这种周期性变化的电流叫交流电.线圈转动一周的时间就是交流电

的周期.1 s 内有多少个周期就是交流电的频率.在一个周期里,交流电的方向改变两次,我国日常用的交流电周期为 0.02 s,频率为 50 Hz,电流的方向每秒钟改变 100 次.

4. 电能的输送

电流通过导线时,由于导线有电阻,则导线要发热,由此造成了在电能的输送过程中不可避免的能量损失.为了减少电能在输电线上的损失又不减少输电的功率,必须升高输电电压,减小输电电流.因此,远距离输电采用高压输电,电压的改变则是通过变压器来完成的.

解法点拨 JIEFA DIANBO

(一) 通过磁感线来形象化地认识磁场

磁场,既看不见也摸不着,但又确实是客观存在的,法拉第首创了用磁感线来形象化地描述磁场.了解了一个磁场的磁感线的分布,就能根据它来判断这一磁场对其他磁体(永磁体或通电螺线管等)及电流的作用.因此,每涉及一个磁场,要讨论它本身的特征或者是它对别的物体的作用时,首先都要把这一磁场的磁感线分布情况弄清楚,这样才便于根据它来分析和解决磁场中的问题.

(二) 要注意线圈的绕向和它所形成的磁场的关系

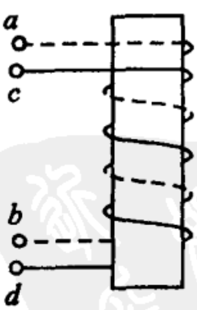
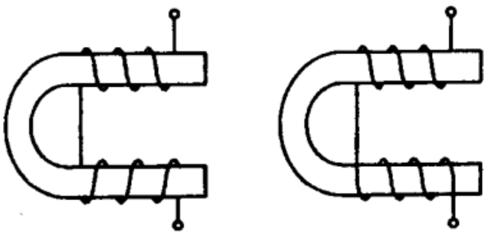


图 11-1

如图 11-1 为一双线线圈,在向 ab 和 cd 两线圈中通电,欲使其形成一磁场时,就要注意使两线圈中的电流绕行方向相同,使两者分别形成的磁场方向相同而互相加强以形成一个加强的共同的磁场,而若使两线中的电流方向相反,则两者形成的磁场方向相反便互相削弱.因此,这时若将 bd 连接而将 a、c 两端与电源两极相接或者是将 a、c 连接而将 b、d 两端分别与电源两极相接,则将造成两线圈所形成的磁场刚好互相抵消.反之若先将 ac 连接为一点、将 bd 连接为一点再把这两点分别与电源两极相接,或者是

将 b、c 相接后再将 a、d 分别与电源两极相接，则两线圈形成同方向的磁场而互相加强.



(1) (2)

图 11－2

同样，如图 11－2 所示，为使蹄形电磁铁产生磁场，则图 11－2(1)线圈的绕法是错误的，图 11－2(2)中线圈的绕法才是正确的.

【点面突破】

例 1 下列各种情况中，哪种情况可以确定钢棒原来是否有磁性？并说明理由.

(1) 将钢棒的一端接近磁针的南极，两者互相排斥.

(2) 将钢棒的一端接近磁针的北极，两者互相吸引.

(3) 将钢棒的一端接近磁针的北极，两者互相吸引，将钢棒的这一端接近磁针的南极，两者互相吸引.

(4) 将钢棒的一端接近磁针的北极，两者互相吸引，将钢棒的这一端接近磁针的南极，两者互相排斥.

解 (1) 将钢棒的一端接近磁针的南极，两者互相排斥，根据同性磁极互相排斥这一规律知此时钢棒接近磁针南极的一端本身也应该是一个磁体的南极，即钢棒原来是带有磁性的.

(2) 将钢棒的一端接近磁针的北极，两者互相吸引，根据异性磁极互相吸引和磁极对原来没有磁性的铁质物体有吸引作用这两个规律可知，此时有两种可能性：一为钢棒原来带有磁性，其靠近

磁针北极的一端为其本身的南极;一为钢棒原来不带有磁性.故由此不能断定钢棒原来是否带有磁性.

(3) 由于钢棒的同一端与磁针的两极都是互相吸引的,说明钢棒原来不可能带有磁性(如带有磁性,则其靠近磁针的一端必为某一磁极,即不是南极便是北极,这样,当以这一端先后靠近磁针的两极时,其中必有一次是互相吸引而另一次则为互相排斥).

(4) 由于钢棒的一端与磁针的南极间有排斥现象,说明钢棒的这一端也是磁南极,即这条钢棒原来是带有磁性的.

例 2 两条外形相同的钢棒,一条带有磁性,一条没有磁性,如何区分它们?

解法一 将一条钢棒甲的一端接触另一钢棒乙的中部,使两棒身互相垂直构成形如"T"字的形状.此时,若两者不互相吸引,则乙棒是带有磁性的,判断的理由如下:

有磁性的钢棒,其两端为两磁极,磁性最强,对铁质物体的吸引力也最强,而其中部则对铁质物体也无吸引作用.因此,在上述做法中,若甲棒带有磁性,以其一端接触乙棒,是以甲的一个磁极与乙接触,当然两者会互相吸引;若乙棒带有磁性,而甲棒接触的是乙棒的正中部,此处乙棒也不能对甲产生吸引,故两者间不会互相吸引.

解法二 找来另一不带磁性的铁质物体,如小刀、铁钉等均可.以甲、乙两棒的一端去靠近它们,能产生吸引作用的棒是带有磁性的棒,不能产生吸引作用的棒是没有磁性的棒.

解法三 以一细线分别系于两棒的中部将两棒悬挂起来,并适当调节使棒悬挂时在水平位置处于平衡,此时,必有一棒总是要维持在南北方向上平衡,则此棒是带有磁性的;而必有另一棒则可在任何水平方向上平衡,比如可在东西方向上也维持平衡,则此棒是不带磁性的.

例 3 图 11－3 是一种火警报警器的原理图.正常时,绿灯

亮;当发生火警时,红灯亮,电铃响,从而达到报警的目的,试说明这种火警报警器的工作原理.

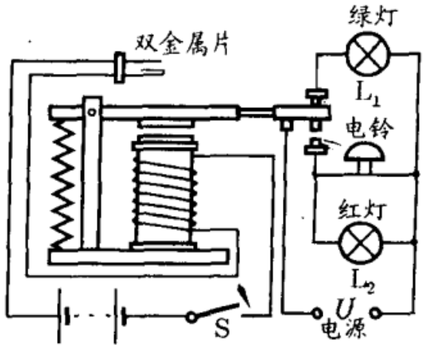


图 11-3

解 这火警报警器的工作电路由电铃、红灯、绿灯、电源和电磁继电器的触点部分组成.在正常时,上部触点闭合,绿灯亮.当发生火警时,空气温度升高,双金属片膨胀闭合,电磁铁通电,把衔铁吸下,上触点分开,绿灯熄灭,下触点闭合,红灯亮,电铃响,起到报警的作用.

例 4 一个同学自己绕制了一个 U 型电磁铁,并用它做了一个电铃,接线如图 11-4 所示.但试用时却不响,请你帮他找出原因.

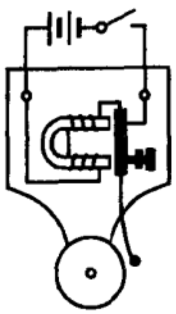


图 11-4

图 11-5

解 这个电铃有两处错误,一处是 U 型电磁铁的绕线错了,这样绕线的电磁铁,通电后两端不能产生较强的磁性,原因是 U 型电磁 铁的两个通电螺线管产生的磁性互相抵消了,应改成图 11-5 所示的绕线才对.另一处错误是连接电路时,将一根导线接在了衔铁上.这样接线的电铃,当闭合开关后,螺线管中总有电流通过,电磁铁总有磁性,会吸住衔铁不放,起不到电铃的作用.正确的接法是将这根导线接在螺钉上,没有闭合开关时,衔铁与螺钉相接

触,闭合开关时,电磁铁吸引衔铁,铃锤敲打铃盖,而此时衔铁与螺钉分开,使得电路断开,电磁铁失去磁性,衔铁在簧片的弹力作用下回到原位置,并与螺钉接触,使电路又成为通路,电磁铁又吸引衔铁,如此往复,即发出铃声.

例 5 在一个绝缘水平桌面上,沿东西方向放置有一根导线,若在导线中通以电流,其方向从东至西,则此导线对桌面的压力有无变化?

解 导线中通以电流后,地磁场对该通电导线将有力的作用,由此,使导线对桌面的压力可能会发生变化.

导线所在处的地磁场磁感线的方向可以认为是由南指向北的,而导线中的电流方向则是由东至西,根据左手定则可以判断出此时磁场作用于通电导线的力的方向是向下的.再根据导线在桌面上受力平衡的关系可以知道:当导线中通有电流时,它对桌面的压力将增大.

例 6 图 11-6 中,MN、PQ 为两条在同一水平面内的互相平行的光滑长直金属导轨.其间有沿竖直方向的磁场,在两导轨上另外还搁置有两条可以自由滑动的金属导体棒 ab 和 cd,导体棒与导轨之间有良好的电接触.最初,ab 和 cd 均处于静止.现对 cd 施一水平力作用使其在导轨上向右滑动,则在 cd 向右滑动的过程中

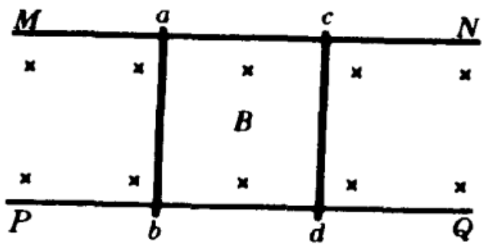


图 11-6

A. ab 棒也将随之向右滑动

B. ab 棒仍维持静止

C. ab 棒将向左滑动

D. 条件不够,无法判断 ab 棒的运动情况

解 ab、cd 两棒和两棒间的导轨恰组成一闭合电路，当 cd 棒在导轨上向右滑动时，cd 棒做切割磁感线的运动，因而在这一闭合电路中将产生感应电流．由右手定则可以判断出：棒 cd 内的感应电流的方向是$d\to c$，故得棒 ab 内的电流方向是$a\to b$．这样，从另一方面看，ab 又是一根处于磁场中的通电导体，它必然要受到磁场对它的力的作用．由左手定则可以判断出：ab 棒受到的磁场力的方向是水平向右．并且，注意到此时 ab 棒在水平方向不受其他外力作用，故原来静止的 ab 棒在这个磁场力的作用下，必然要向右运动．即本题的答案 A 是正确的．

例 7 远距离输电为什么要用高压输电，如果输送的电功率一定，将输电电压升高到原来的 10 倍，则输电线上损失的功率将变为原来的多少？

解 电流通过导体时，由于导体有电阻，故导体将要发热，而对应于输电导线的电阻使输电导线在输电过程中所发的热，则通常不能被人们所利用而向空中散失了．因此人们要设法减少这部分损失的能量．输电线上发热的功率为

$$P_{损} = I^2R_{线} = \left(\frac{P}{U}\right)^2R_{线}$$

上式中，I 为输电线中的电流强度，P 为输送的功率，U 为输电电压，$R_{线}$ 为输电线的电阻．显然，对于某一给定的输电电路来说，$R_{线}$ 为某一确定的值，则在输送一定的电功率 P 时，U 越大则 $P_{损}$ 越小．所以，人们为了减少在输电线路上的损失，在远距离输电时，都采用高压输电．

根据前式，我们可以看到，输电线上损失的功率与输电电压的平方成反比，故若将输电电压升高到原来的 10 倍时，输电线上损失的功率将变为原来的$\frac{1}{100}$．

例 8 一台水泵每秒钟可将 90 kg 水抽到 10 m 高处，水泵的效率为 80%，用一台电动机通过皮带传动来带动它，皮带传动

的效率为 85%.现有三台电动机,额定功率分别为 10 kW、12 kW 和 20 kW,应选用哪一台?

分析 每一台电动机都有一定的额定功率,在实际中要根据负载所需的功率来选用电动机的功率,使电动机的额定功率等于或稍大于负载所需的功率.若选用的电动机的额定功率太小,电动机会被损坏;选用的电动机的额定功率太大,又会造成浪费.因此,本题可根据水泵抽水时所做有用功的功率以及水泵和皮带传动的效率来求出电动机的输出功率,从而确定该选用哪一台电动机.

解 将 90kg 水抽高 10m 所需做的功为

$$W_{有用} = Gh = 90 \times 9.8 \times 10\ \text{J} = 7840\ \text{J}$$

以 P 表示此时电动机的输出功率,则有

$$W_{有用} = \eta_1 \eta_2 Pt$$

$$P = \frac{W_{有用}}{\eta_1 \eta_2 t} = \frac{7840}{80\% \times 85\% \times 1}\text{W} = 11.5\ \text{kW}$$

可见应选用额定功率为 12 kW 的电动机.

例 9 有时施工工地上的照明电路需要用很长的导线由电源引至工地.如果在工地上使用一只“220V,100W”的灯泡来照明,发现灯泡的亮度比其正常工作时暗一些.经实测得知该灯泡此时的实际功率只有 81 W.求此时导线上消耗的电功率.不考虑灯泡灯丝电阻在两种情况下的差别.

解 灯泡灯丝的电阻为

$$R_L = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100}\Omega = 484\ \Omega$$

当用很长的导线将灯泡接在电源上时,相当于灯泡与一个电阻 R 串联,由题述知此时灯泡消耗的实际功率为 $P' = 81$ W,则此时灯泡两端的电压为

$$U' = \sqrt{P'R} = \sqrt{81 \times 484}\text{V} = 198\ \text{V}$$

则此时导线电阻 R 上分得的电压为

$$U_R = U - U' = 220\ \text{V} - 198\ \text{V} = 22\ \text{V}$$

此时通过电路的电流即为通过灯泡的电流,为

$$I = \frac{U'}{R_L} = \frac{198}{484}\text{A} = \frac{9}{22}\text{A}$$

故得此时导线上消耗的电功率为

$$P_{线} = IU_R = \frac{9}{22} \times 22\ \text{W} = 9\ \text{W}$$

实战冲刺
SHIZHANCHONGCI

1. 中国古代四大发明之一的__________具有指南北的特性,这是由于地球是一个巨大的__________,地磁北极在__________附近,地磁南极在__________附近,在地球的周围存在着______________.

2. 奥斯特实验表明,通电导线周围存在着____________,这就是电流的________效应,电流产生的磁场的方向跟______________有关.

3. 通电螺线管外部的磁场跟__________的磁场一样,它两端的极性跟螺线管中的__________方向有关,可用______________来判定.

4. 电话由__________、____________两个基本部分组成,人说话时__________把声音振动转化为强弱变化的电流,电流经过____________,它将变化的电流转化为振动,使人听到声音.

5. 要增强电磁铁的磁性,可以

A. 改变电流的方向

B. 增加螺线管的匝数

C. 抽掉螺线管中的铁心

D. 减小电流

6. 周期性地____________的电流叫做交变电流.我国供生产和生活用的交变电流,周期是__________ s,频率是________ Hz,

电流方向每秒钟改变__________次.

7. 发电机主要由__________和____________两部分组成,大型发电机采用____________不动而__________旋转的方式发电.

8. __________导线在磁场里受到________的作用,它的方向既跟__________的方向垂直,又跟__________的方向垂直.

9. 下列各电器中,应用通电导体在磁场中受磁场力作用的原理而制成的是

A. 电磁继电器　　B. 发电机

C. 电话　　D. 电动机

10. 将一直流电动机模型安装好以后,下列现象可能发生的是

A. 将电源两极对调,线圈转动方向不变

B. 将磁铁两极对调,线圈转动方向不变

C. 将电源两极对调,磁铁两极也对调,则线圈将反向转动

D. 将电源的两极对调,磁铁的两极也对调,线圈的转动方向不变

11. 由一台电动机带动一台发电机,发电机发出的电再带动这台电动机旋转,这样两台机器互相配合就能一直工作下去,这种设想能实现吗? 为什么?

12. 与热机比较,电动机的优点有:

(1) ____;

(2) ____;

(3) ____.

13. 关于发电机和电动机,下列说法中正确的是

A. 发电机和电动机都是利用电能来工作的

B. 直流发电机和交流发电机构造相同

C. 直流发电机和直流电动机的工作原理是一样的

D. 直流发电机和直流电动机的构造是一样的

14. 在下列的家用电器中,应用直流电动机工作的是

A. 电熨斗　　　　B. 电冰箱

C. 电吹风　　　　D. 电动剃须刀

15. 应用你所了解的知识解释:为什么生产、生活中大规模使用的都是交流电而不是直流电?

16. 某发电站向用户输送的电功率为 1000 kW,若输电导线的总电阻为 1 Ω,当输电电压为 2000 V 时,输电线路上损失的热功率为多少? 若改为 10^5 V 高压输电,输电线路上损耗的热功率又是多少?

第十二讲　能源的开发和利用

竞赛导入

(一) 能的多种形式

1．能的概念

一个物体能够做功，我们就说它具有能量．能做的功越多，这个物体的能量也就越多．

2．能以多种形式存在

自然界的能以多种形式存在，常见的有：机械能（包括动能和势能）、内能、电能、化学能、核能、太阳能等等．

3．能的转化

能可以由一种形式转化为另一种（或几种）形式，转化过程中能的总量保持不变，即一种形式的能减少了多少，它转化成的另一种（或几种）形式的能便对应地增加了多少．例如，一个物体在没有阻力的空间中下落时，它的势能减少了多少，则其动能便增加了多少．又如，电流通过电动机时，电能转化为机械能和内能，此时，电能的减少量便等于机械能的增加量与内能的增加量之和．

(二) 能源

1．能源

凡是能提供能量的物质资源，均可称为能源．

2．化石能源

煤、石油、天然气是由古代动植物在长期地质变迁中形成的，统称为化石能源．化石能源是当今人类利用的重要能源．但其储量是有限的，因此应积极开发其他能源．

3．一次能源和二次能源

化石燃料、水能、风能、原子核能等是由自然界直接提供的能源称为一次能源．电能是由一次能源转化而来的能源，称为二次能源．

（三）核能

1．放射性现象

原子由原子核和核外电子组成，人们通过对放射性元素放出来的射线进行研究开始了对原子核内部结构的研究．

放射线包含有三种成分，即 α 射线、β 射线和 γ 射线．α 射线由带正电的 α 粒子组成，α 粒子就是氦原子核；β 射线带负电，是高速运动的电子流；γ 射线不带电，是一种波长很短的电磁波．

2．原子核的组成

原子核由质子和中子组成，质子带正电，其电量与电子电量相等，中子不带电，两者的质量相差很小，都约为电子质量的 1840 倍．原子核内的质子数叫核的电荷数，它等于该元素的原子序数．质子和中子的总数叫核的质量数，它等于该元素相对原子质量的整数部分．

原子核内平时没有电子，当核内发生某种反应时，一个中子可以变成一个质子和一个电子，并且这个电子将立即飞出原子核，这就是 β 射线的来历．

3．核能

原子核的某些改变过程中能释放出巨大的能量，人们将其称为核能．获得核能有两种途径：一种是原子核的裂变，一种是原子核的聚变．

某些较重的原子核（如铀核）受到中子轰击时，能分裂成大小相差不多的两个部分，这种现象叫裂变．

较轻的核结合成较重的核的过程叫聚变．太阳就是在其内部进行着大规模的聚变，而释放出大量的能量，其释放的能量是以电磁波的形式向外辐射的．

利用核能发电的电站叫核电站.目前世界上已建成运转的核电站都是利用原子核裂变的链式反应放出的核能来发电的.

(四)太阳能

1. 太阳能的优点

①太阳能十分巨大;②太阳能供应时间长久,可以说是一种永久性能源;③太阳能分布广泛,获取方便,无需开采挖掘,也无需运输;④安全清洁,不污染环境.

2. 开发利用太阳能的条件

一种途径是把太阳能转化成内能以供应用,另一种途径是通过光电转换装置把太阳能直接转化成电能.

【点面突破】

例1 关于能源和能源的利用,下列说法中不正确的是

A. 由于我国煤和石油的储量十分丰富,所以太阳能和核能的开发在我国并不十分重要

B. 能源的利用过程,实质上是能的转化和传递过程

C. 现在人类社会使用的能源主要是煤、石油和天然气

D. 煤、石油和天然气的化学能归根到底是来自太阳能

解 煤、石油和天然气是由古代的动植物在长期的地质变迁中形成的,动物食用植物,而植物则是靠吸收太阳能而生长的,所以可以说煤、石油和天然气的化学能归根到底是来自太阳能.目前人类使用的能源主要还是煤、石油和天然气,这些燃料燃烧时,其化学能转化为内能,内能又转化为机械能和电能.人类在生产和生活中需要各种形式的能,我们可以根据需要把能源的能转化为各种形式的能以供利用,所以能源的利用过程实质上是能的转化和传递过程.我国的煤和石油尽管储量丰富,但终究有限,且利用后不能再生,总有用完的日子,所以开发利用新能源,特别是核能和太阳能,是解法能源问题的出路,是十分重要的.

综合上述可知本题的四个说法中,错误的是A.

例 2 下列关于核能的说法中正确的是

A. 物质是由原子组成的,原子中有原子核,所以利用任何物质都可以得到核能

B. 到目前为止,人类获得核能有两种途径,即利用原子核的裂变和聚变

C. 原子弹和氢弹都是利用原子核裂变的原理制成的

D. 自然界只有在人为条件下才可能发生原子核的聚变

解 原子核只有通过其发生裂变和聚变时,才能释放核能,这也是目前人们利用核能的两个途径.但是,并不是所有的原子核都能发生裂变或者聚变,所以,并不是利用任何物质都可以得到核能.

原子弹是利用重核的裂变的链式反应放出巨大能量而制成的,而氢弹则是利用轻核聚变释放巨大能量而制成的.

自然界除了人为条件下可产生核聚变反应之外,还存在着非人为条件下的核聚变.如太阳和许多恒星内部都在进行着大规模的聚变反应.

综合以上可见,本题的四个说法中,只有B项是正确的.

例 3 在我国广东省南澳岛上,有一座南澳风电厂,利用当地丰富的风力资源来发电.目前它的总装机容量为 1.68 MW,如果 1 年累计满负荷发电时间为 200 天,那么它 1 年至少可节约常规能源——无烟煤多少吨?已知无烟煤的燃烧值为 3.4×10^7 J/kg.

解 风电厂 1 年能提供的电能为

$$\begin{aligned}W &= Pt\\ &=1.68\times10^6\times3600\times24\times200\ \text{J}\\ &=2.9\times10^{13}\ \text{J}\end{aligned}$$

说质量为 m 的无烟煤完全燃烧,可释放的能量与上述电能相等,则应有

$$mq = W$$

$$\therefore \quad m = \frac{W}{q} = \frac{2.9\times10^{13}}{3.4\times10^{7}}\text{kg} = 8.5\times10^{5}\text{ kg} = 850\text{ t}$$

即这一风力发电站每年可节约无烟煤 850 t.

实战冲刺 SHIZHANCHONGCI

1．核电站的核心是______，它以铀为核原料，放出的核能转化为高温高压蒸气的______能，再通过汽轮机发电转化为______能.

2．只有用__________轰击铀核，铀核才能发生裂变，放出能量.铀核裂变时，同时放出中子，又可以轰击其他铀核，使它们也发生裂变，这种裂变不断自行进行下去的现象叫做____________.

3．关于核能的下列说法中，不正确的是

A．核电站是利用原子核裂变的链式反应产生的能量来发电的

B．如果对裂变的链式反应不加控制，在极短的时间内就会释放出巨大的能量，发生猛烈爆炸

C．氢弹是利用轻核聚变制成的核武器

D．原子弹是利用轻核聚变和重核裂变而制成的核武器

4．关于太阳能的下列各种说法中，正确的是

A．太阳能是可供人类利用的一种新能源，它是一次能源

B．太阳能分布广阔，获取方便，处处可以利用

C．太阳能安全、清洁，利用太阳能不会给环境带来污染

D．对于人类来说，太阳能几乎可以说是一种取之不尽用之不竭的永久性能源

5．我国研制生产了一种电子高效节能灯，一只 11 W 的这种灯照明亮度相当于 60 W 的白炽灯，如果把国内 7000 万只 60 W 的白炽灯都换成这种灯，按每灯每天使用 1 h 计算，1 年可以节电多少度？

参 考 答 案

第一讲 力学中基本物理量的测量

1. B 2. D 3. B、D 4. B 5. A 6. A 7. C 8. D 9. 米,微米,千克,秒 10. 左,右,右 11. 小些 12. ① 测量结果偏小;② 测量结果偏大;③ 无影响;④ 测量结果可能偏大也可能偏小;⑤ 测量结果偏大;⑥ 测量结果偏小. 13. 因为移动游码,游码所对的刻度线读数等于给天平的右盘添加了同样质量的一个砝码. 将物体放在左盘内,砝码在右盘内,就能根据盘内砝码质量和游码所对的刻度值很快得出物体的质量. 14. 能. 用刻度尺量出 A 木板的边长 L_A,用天平分别测出两木板的质量 m_A 和 m_B,由于两木板厚薄、质地均相同,故有 $\frac{m_A}{m_B}=\frac{S_A}{S_B}$,即 B 木板面积 $S_B=\frac{m_B}{m_A}S_A=\frac{m_B}{m_A}L_A^2$.

15. 0.25,10.0625

第二讲 直线运动 声现象

1. C 2. D 3. C 4. A 5. C 6. C 7. A 8. 1.6 9. 南,3

10. 24.5 m/s 11. 地球 12. 声音要靠介质来传播,真空不能传播声音

13. $\frac{v_2^2-v_1^2}{v_2}$ 14. 12 h 15. 150 m 16. 1400 m/s 17. 100 km

18. 12 辆 19. 30 km,0.5 h 20. av_0/b 21. 600 m/s

22. (1) $T=\frac{1}{H}$,(2) 约 1×10^{10} 年

第三讲 密度 力和运动

1. D 2. B 3. B 4. B 5. C 6. A、C 7. B 8. D 9. C、D

10. A 11. 均匀,不均匀 12. 20 13. 不会 14. 右 15. 需加水 0.6 kg

16. 54.83% 17. 2.73×10^3 kg/m³ 18. 2.35×10^3 kg/m³ 19. 将铅笔的下端缠绕适量的保险丝,使它能分别浮立在甲、乙两种液体中,根据缠保险

丝的铅笔浸入水中的深度可以进行比较．因为浮在液面的物体受到的浮力等于它的重力,同一支缠丝的铅笔的重力一定,它在甲、乙两种液体中受到的浮力相等．由阿基米德定律可知,浮力一定时,液体的密度大,则物体排开液体的体积就小．因此,缠丝的铅笔浸入液体中的深度大,则这种液体的密度就小． 20.(1) 90.8 kg,50 kg;(2) 大磅秤示数不变,小磅秤示数变大．
21. 提示:利用重垂线． 22. 缓慢拉时,上面的 a 绳先断;猛地一拉时,下面的 b 绳先断．

第四讲 压强 浮力

1. A 2. A 3. B 4. B 5. B 6. B 7. A、C 8. B 9. C 10. B 11. C 12. A 13. C 14. A 15. B 16. C 17. 567 18. 70 cmHg 19. 85 cmHg,75cmHg 柱 20. 27∶17 21. 11.47 22. 0.83×10^3 kg/m^3 23. 1∶1∶1,…,$\frac{2G}{S}$ 24. 740 Pa,0.076 m 25. 两块玻璃间因空气被排走,就没有大气压强,但玻璃外侧面却存在大气压强,大气对两块玻璃施加很大的压力,故难分开．让一块玻璃在另一块表面滑动或将两块玻璃间的水烘干,玻璃就分开了．26. 5.3×10^{18} kg 27. 不能．因为刘明用吸管吸汽水,实际上是借助于大气压大于嘴里的气体压强而将汽水压进嘴里．而石健的嘴将汽水和大气隔开,汽水就无法流进嘴里． 28. 0.2 m

29. $\rho_2=\frac{\rho(V_1+V_2)-\rho_1V_1}{V_2}$ 30. (1) 25 cm;(2) 4.9×10^{-4}N

31. 0.6×10^3 kg/m^3 32. 不大于 74.2 kg

第五讲 简单机械 功和能

1. D 2. A 3. C 4. D 5. C 6. A 7. ABC 8. D 9. B 10. C 11. D 12. 2 13. 变小 14. 6.03×10^4 15. 6×10^4N, 4 m/s 16. 3.92×10^5 17. 3.75,80%

18. 让其中一块木板放在沟的一侧并露出一小截,另一木板则搭在沟的另一侧和第一块木板上,一人站在第一块木板的一端让另一人过河．

19. (1) 784 N,(2) 523 N 20. 1.1×10^3 kg/m^3 21. 20 cm 22. 0.12 W

23. 86% 24. 300 N 25. 1×10^3 kg/m^3 26. 1.76 kg

第六讲 热　　学

1. 温度高,热能　2. D　3. D　4. C　5. A　6. C　7. C　8. B　9. A　10. C　11. D　12. D　13. A、C　14. A、C　15. A、B　16. D　17. 7.8 min　18. 2.7℃　19. 26%　20. 3.03 g< $m_{水}$ <100 g　21. 2.2 kW

第七讲 光　　学

1. 2　2. 20,10　3. 如图 1 远离,下　4. 上移,如图 2　5. D　6. A,B,D

图 1

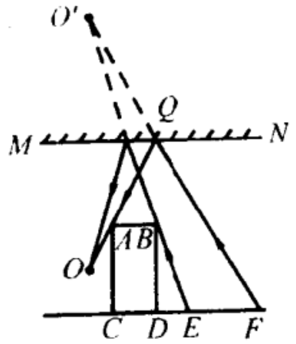


图 2

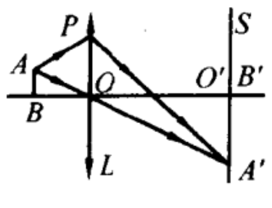


图 3

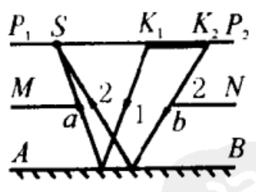


图 4

7. 可 4 次看到 S 的光(光路图略)　8. 如图 3　9. 如图 4　10. $\theta=60°$　11. 28 m/s　12. 4 cm　13. 事实上该同学跑到的 C 点应为关于 XY 轴与 B 点相对称的位置,由于 A、C 两点之间以线段距离为最短,所以直线 AC 与 XY 轴的交点 D 即为该同学的抱球位置,这样从 A 到 D 再到 B 的距离与 AC 之间的距离相等且为最短．显然该同学是受到了平面镜成像特点的光学知

识启发而作出了这个科学的选择．

14．12.25 m^2　15．18 m

第八讲　电　　路

1．自由电子，正、负离子，离子和电子　2．A，C　3．A，C，D　4．B，C　5．B　6．C，D　7．B，D　8．S_1、S_3 均断开，只有 S_2 闭合时为两灯串联；S_1、S_3 均闭合，只有 S_2 断开时为两灯并联　9．从电源上并联接出两条支路，每条支路上各有一个开关和一个电铃．使第一支路上的开关置于甲办公室而其电铃则置于乙办公室，第二支路上的开关置于乙办公室而其电铃则置于甲办公室．

第九讲　电流的定律

1．D　2．用电流表测电流时，一般都先用较大的量程是为了防止因被测电流过大超过电流表的量程而损坏电流表．而当测得电流在较小的量度范围之内时，又应改用较小的量程，这样，才能使电流表的指针偏转的角度足够大而使测量结果显示准确　3．3 Ω和6 Ω　4．B　5．D　6．4 V，6 V　7．(1) 12 V，6 V (2) 24 mA　8．20 cm，60 cm　9．2　10．待测电阻太大，可将电流表改为内接　11．C　12．420 kΩ　13．0.1 Ω，1900 Ω　14．12 V，2 A　15．6 Ω　16．1、3 间接有一电阻，2、4 间接有一电阻，3、4 间以导线短接　17．80 V

第十讲　电功　电功率

1．B　2．C，D　3．D　4．(1) D，(2) B　5．C　6．B　7．C　8．C　9．C　10．D　11．$\dfrac{P_1P_2}{P_1+P_2}$　12．“2V，0.2W”或“4V，0.2W”　13．L\ －2 被烧毁，L_1 完好但不发光　14．19%，48.6 W　15．$\sqrt{R_1R_2}=3\ \Omega$　16．(1) 这家的入户线发生断路(如总保险丝被烧断等)，(2) 该电灯的支路上火线与零线短路，(3) 该电灯被烧坏　17．426 J　18．此时电阻丝的温度低于它在额定功率下的温度，故它此时的电阻值低于它在额定功率下的电阻值　19．1100 V，250 V，850 V，77%，0.1 m/s　20．C　21．24 Ω，8 Ω

第十一讲　电和磁

1．指南针，磁体，地理南极，地理北极，磁场　2．磁场，磁，电流的方向

3. 条形磁铁,电流,安培定则 4. 话筒,听筒,话筒,听筒 5. B 6. 改变方向,0.02,50,100 7. 线圈,磁场,线圈,磁场 8. 通电,磁场力,电流,磁场 9. D 10. D 11. 不能,发电机和电动机工作时都不可避免地要发热而损耗能量,即它们的效率都不可能达到100%,这样在题述循环过程中参与循环的能量将越来越少而最后导致发电机和电动机都会停止运行 12. (1) 开动和停止都比较方便,(2) 构造简单,造价低,占地少,(3) 效率高,对环境没有污染 13. D 14. D 15. 通过变压器,可以很容易改变交流电的电压,由此,可用高压输送交流电而使得电能输送过程中损耗的电能很少;另外也可以通过变压器改变交流电的电压以适应不同用电器对电压高低的不同要求 . 但直流电却不具备上述的优点,故日常生产、生活中多数都是使用的交流电而不是直流电 . 16. 250 kW,0.1 kW

第十二讲　能源的开发和利用

1. 反应堆,内,电 2. 中子,链式反应 3. D 4. A,B,C,D
5. 1.25×10^9 度