

JIANGLIAN KETANG

讲出生动 关注讲练课堂

练出精彩 重温课本细节

总主编 蒋念祖

丁翌平

主 编 徐玉太

冯小秋

讲练课堂

高二物理



东北师范大学出版社



JIANGLIAN
KETANG

总主编 蒋念祖

丁翌平

讲练课堂

高二物理

主 编 徐玉太

冯小秋

东北师范大学出版社·长春

图书在版编目(CIP)数据

讲练课堂·高二物理/蒋念祖,丁翌平主编. —长春:
东北师范大学出版社, 2003.5

ISBN 7 - 5602 - 3376 - 7

I. 讲... II. ①蒋...②丁... III. 物理课—高中—
教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 024924 号

☐责任编辑:崔俊英 ☐封面设计:魏国强

☐责任校对:张小磊 ☐责任印制:栾喜湖

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街 5268 号(130024)

销售热线:0431—5687213

传真:0431—5691969

网址:<http://www.nnup.com>

电子函件:sdcbs@mail.jl.cn

东北师范大学出版社激光照排中心制版

长春市良原印刷厂印装

长春市二道区和顺西街 2 号 130031

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

幅面尺寸:148mm×210mm 印张:8 字数:313 千

印数:0 001 — 6 000 册

定价:10.00 元

出版说明

《讲练课堂》是一套面向广大中学生的同步类教辅丛书。整套丛书经过精心策划和专家反复论证,由全国知名中学的优秀特高级教师主持编写。其显著特点在于:

1. 立足于教材而又高于教材。

本书以人教版最新教材为蓝本,紧扣教学大纲,力图对各项知识要点进行有效的梳理,以打牢学生的知识基础。同时加强课内资源与课外资源的整合,以提高学生的解题技巧和综合能力。

2. 题型设计新颖,并具有很强的针对性。

在习题的编选上尽量不选陈题、旧题,使原创题、创新题保持较大比例,力求体现近年来教学和考试的新成果,给人以境界一新的感觉。同时根据教学大纲,就各个知识点、能力要求有针对性地设置习题,做到有的放矢。

如今名目繁多的练习册令人眼花缭乱,如何能“风景这边独好”?

如果非要找一个答案,那么我们可以十分自信地告诉您,《讲练课堂》做到了:在学生心求通而未得,口欲言而未能之时,用易学、易变通的方式,用妥帖的语言,深入浅出,使学生在思维中顿悟,在理解中提升,在运用上熟练。

尽管我们对本丛书的出版工作高度重视,作风严谨,态度认真,但疏漏之处在所难免,恳请读者不吝赐教。

《讲练课堂》编辑组

2003年5月



CONTENTS

第十二章 固体、液体和气体	1
整体感知	1
典型例析	2
能力测试	20
知识链接	28
第十三章 电 场	31
整体感知	31
典型例析	32
能力测试	45
知识链接	51
第十四章 恒定电流	53
整体感知	53
典型例析	57
能力测试	72
知识链接	77
第十五章 磁 场	78
整体感知	78
典型例析	80
能力测试	90
知识链接	96
第十六章 电磁感应	98
整体感知	98
典型例析	99
能力测试	126
知识链接	141
第十七章 交变电流	143
整体感知	143

典型例析	145
能力测试	161
知识链接	167
第十八章 电磁振荡和电磁波	169
整体感知	169
典型例析	170
能力测试	178
知识链接	181
第十九章 光的传播	183
整体感知	183
典型例析	184
能力测试	196
知识链接	201
第二十章 光的波动性	204
整体感知	204
典型例析	204
能力测试	209
知识链接	211
第二十一章 量子初步论	214
整体感知	214
典型例析	215
能力测试	224
知识链接	226
第二十二章 原子核	228
整体感知	228
典型例析	229
能力测试	240
知识链接	243
* 第二十三章 相对论简介	244
整体感知	244
知识链接	245

第十二章

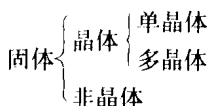
[固体、液体和气体]

② 整体感知

一、固体和液体

1. 晶体和非晶体

(1) 固体的分类



(2) ① 单晶体具有天然的规则的几何形状,多晶体和非晶体不具备这一特征.

② 单晶体、多晶体有一定的熔点,非晶体没有一定的熔点.

③ 单晶体在一些物理性质上表现为各向异性,多晶体、非晶体不显示各向异性.

2. 固体的微观结构

组成晶体的物质微粒依照一定的规律在空间中整齐地排列,微粒的热运动表现为在一定的平衡位置附近不停地做微小振动.

晶体外形的规则性及物理性质显示各向异性可以用物质微粒的规则排列来解释.

3. 液体的微观结构

液体分子的排列接近于固体,分子间距离小,相互作用很大,液体分子的热运动主要表现为在平衡位置附近做微小的振动,但平衡位置不断变化.

液体具有流动性,物理性质表现为各向同性.

4. 液体的表面现象

液体的表面张力、浸润、不浸润现象、毛细现象均是分子力作用的表现.

5. 液晶

液晶一方面像液体具有流动性,另一方面又像晶体,分子在特定的方向上排列比较整齐,具有各向异性.

二、气体的状态参量

1. 温度.宏观上表示物体的冷热程度.微观上是分子热运动的平均动能的标志.热力学温度 T 与摄氏温度 t 的关系为 $T = t + 273 \text{ K}$.

2. 体积.气体体积实指容器的体积.

3. 压强.宏观上是指大量气体分子撞击容器壁,使容器壁受到的持续稳定的压力.微观上气体产生的压强与温度和气体分子数密度有关.

三、气体实验定律

1. 波义耳定律. m 一定, T 不变, $pV = C$. 相关特殊问题, 打气、抽气及 $p - V$ 图像分析等.

2. 查理定律. m 一定, V 不变, $\frac{p}{T} = C$. 相关特殊问题, 判断水银柱、活塞的移动方向及 $p - T$ 图像分析.

3. 盖·吕萨克定律. m 一定, p 不变, $\frac{V}{T} = C$. 涉及特殊问题, $V - T$ 图像分析.

四、理想气体方程和克拉珀龙方程

m 一定的理想气体满足 $\frac{pV}{T} = C$, 而任何理想气体都满足克拉珀龙方程, 即 $pV = nRT$, 注意 R 的取值与单位选择有关.

五、气体分子的理论

通过对压强和温度的微观理解, 很容易分析几个气体实验定律.

典型例析

1. 下列关于晶体和非晶体的说法正确的是().

- A. 晶体具有规则的几何形状, 故不具有规则几何形状的物体就一定不是晶体
- B. 玻璃球具有规则的几何形状, 故玻璃球是晶体
- C. 许多金属通常没有规则的几何形状, 但这些金属仍然是晶体
- D. 一块立方体形状的橡胶, 虽然有规则的几何形状, 但橡胶仍然是非晶体

思路剖析 单晶体具有天然的规则的几何形状, 而多晶体、非晶体的天然形状通常是不规则的, 即不具有规则几何形状的物体可能是多晶体, 也可能是非晶体, 故选项 A 错误.

玻璃是非晶体, 玻璃球虽然有规则的几何形状, 但这个规则的形状不是天然形成的, 而是人为形成的, 故选项 B 错误.

许多金属通常没有规则的几何形状, 但由于它们是由许多小晶体(晶粒)组成的, 故它们实质上仍然是晶体, 故选项 C 正确.

橡胶属于非晶体, 立方体形状的橡胶具有规则的几何形状是人为加工的结果, 并不是天然形成的, 故选项 D 正确.

解答示范 C、D

特别提示 只有单晶体才具有天然的规则的几何形状, 多晶体和非晶体不具备这一特征, 故不能仅根据物体是否有规则的几何外形来判断此物体是晶体还是非晶体.

2. 下列关于晶体和非晶体在物理性质上的差别的说法正确的是().

- A. 晶体具有各向异性, 是指每一种晶体内部的各种物理性质都与方向有关
- B. 若物体整体表现为各向同性, 则此物体一定是非晶体

C. 用烧热的钢针去接触正面涂有很薄石蜡的云母片反面,熔化的石蜡呈椭圆形,这只能说明云母晶体的导热性能表现为各向异性

D. 非晶体的各种物理性质在各个方向上都是相同的,即非晶体具有各向同性

思路剖析 晶体具有各向异性是指晶体内部的力学性质、热学性质、电学性质、光学性质等物理性质中的一种或数种性质与方向有关,而并非说每一种晶体内部的每一种物理性质都与方向有关,故选项 A 错误.

由于多晶体和非晶体都具有各向同性,若物体整体表现为各向同性,则此物体可能是多晶体,也可能是非晶体,故选项 B 错误.

用烧热的钢针去接触正面涂有很薄石蜡的云母片反面,熔化的石蜡呈椭圆形,这只能说明云母晶体的导热性表现为各向异性,云母晶体的其他物理性质是否是各向异性,要用其他相关实验证明,故选项 C 正确.

非晶体具有各向同性,故选项 D 正确.

解答示范 C、D

3. 下列关于晶体和非晶体的说法错误的是().

A. 组成晶体的物质微粒是按空间点阵排列的

B. 晶体的各向异性是由于晶体内部的物质微粒有规则的排列的缘故

C. 非晶体各向同性是由于组成非晶体的物质微粒在各个方向都按相同的规则周期性地排列着的

D. 多晶体各向同性是由于组成多晶体的物质微粒具有各向同性

思路剖析 晶体具有天然的、规则的几何形状,晶体具有各向异性,其中的晶体是指单晶体.单晶体具有这样的特性是由于组成单晶体的物质微粒按一定的规则周期性排列.组成非晶体的物质微粒的排列是不规则、无序的,由于微粒的数目非常多,平均起来各个方向的物理性质相同.多晶体是由许多小晶体(晶粒)组成的,每一个小晶体都具有规则的几何形状和各向异性,但大量的、大小和方向各异的小晶体杂乱无章地排列着组成多晶体,这些特性就不能明显地表现出来了,即多晶体没有规则的几何外形,不显现各向异性.

解答示范 C、D

特别提示 多晶体的不显现各向异性与非晶体的各向同性(或者说根本不存在各向异性的特点)本质上是不同的.

4. 下列各种说法正确的是().

A. 不同元素或化合物的晶体,不可能有相同的空间点阵结构

B. 同一种元素或化合物可以有几种不同的空间点阵结构的晶体,而且它们的物理性质可能不相同

C. 同一种元素或化合物处于固态时,不可能既以晶体形态存在,又以非晶体形态存在

D. 晶体和非晶体在适当条件下可以相互转化

思路剖析 由于不同元素或化合物的晶体可以有相同的空间点阵结构,如碳(C)族中的金刚石、硅(Si)和锗(Ge)都有金刚石型结构,故选项 A 错误。

同一种元素或化合物可以有几种不同的空间点阵结构的晶体,如碳有金刚石和石墨两种结构。锡(Sn)的化合物中灰锡为金刚石型结构,而白锡为正方体结构。雪花也有不同的结晶形状,但大多为六角形结构。由同种物质生成的不同类型的晶体,它们的物理性质可能极不相同,如石墨和金刚石,故选项 B 正确。

同一种物质处于固态时,既可能是晶体,也可能是非晶体,如天然的石英是晶体,而熔融过的石英却是非晶体。把晶体硫放在坩埚内加热至熔化,并使其温度超过 300°C ,然后把它倒入冷水中,它就变成非晶体硫,随着时间的推移,非晶体会逐渐转化为晶体,故选项 C 错误,选项 D 正确。

解答示范 B,D

5. 液体表面具有收缩趋势的原因是()。

- A. 液体具有流动性
- B. 在液体表面层里,液体分子间距离较大,分子间只有引力,没有斥力
- C. 表面层上方的气体分子对表面层里的液体分子有吸引力
- D. 在液体的表面层里,液体分子间距离比液体内部分子间距离稍大,液体分子间的引力大于斥力

思路剖析 液体表面层具有收缩趋势的原因是,液体表面层中的分子分布情况与液体内部分子的分布情况不一样。

在液体内部,液体分子几乎是一个挨着一个排列的,分子间的相互作用力比较大,但分子间相互作用的引力和斥力大小基本相等,任何一个在液体内部的分子都可以看成受力平衡的。

在液体的表面层里的分子,由于它们跟表面层外的气体接触,而气体分子的作用要远小于液体内部分子对它们的作用,因此可以看成在表面层里的液体分子都受到一个指向液体内部的分子力作用,这使得液体表面层具有一个特殊的性质,即进入表面层的液体分子一部分会先后回到液体内部去,而液体内部一些动能较大的分子也会进入表面层,同时,表面层内一些动能特别大的分子也会穿出表面层成为气体分子中的一员,这就使得表面层里的分子分布比液体内部稀疏。由于分子间距离变大,分子间引力和斥力都减弱,但斥力减弱得更多,故在液体表面层里的分子表现为互相吸引,使得液体表面层具有收缩趋势。

解答示范 D

6. 下列关于液体的表面张力的说法正确的是()。

- A. 表面张力是液体表面层中两个分子之间的相互作用力
- B. 表面张力是液体表面层中分子间相互作用的宏观表现

C. 表面张力的方向与液面垂直

D. 表面张力在液体表面各个方向上都有

思路剖析 表面张力是指液体表面各部分之间存在相互吸引的力,是分子力的一种表现.表面张力的方向与液体表面相切,并且垂直于相互作用的两部分液面的分界线.如果液面是平面,表面张力就在这个平面内.如果液面是曲面,表面张力就在这个曲面的切面上.

由于液体表面层(跟气体接触的液体薄层)的分子分布比液体内部分子分布稀疏,分子间相互作用的引力大于斥力,分子力表现为引力,使得液体表面层具有收缩趋势,表面层中任何两部分之间存在相互吸引力——表面张力,所以表面张力并不是液体表面层中两个分子之间的相互作用力,而是液体表面层各部分之间的相互作用力,是分子力的一种宏观表现,故选项 A 错误,选项 B 正确.

如果在液体表面任意画一条分界线,把液体分成两部分,则这两部分液面间的相互作用力一定和分界线垂直且与液面相切,即表面张力的方向一定与两部分液面的分界线垂直且与液面相切.过液面上某一点可沿不同方向画液面分界线,故表面张力在液体表面各个方向都有,故选项 C 错误,选项 D 正确.

解答示范 B,D

7. 下列各种现象中,不是由于液体表面张力引起的是().

- ① 小孩用细管蘸肥皂液,吹出圆球形的肥皂泡
- ② 漂浮在水面上的小木船
- ③ 漂浮在水面上的缝衣针
- ④ 人可以平卧在水面上
- ⑤ 散落在水平玻璃板上的水银呈扁平的球状
- ⑥ 布雨伞、布帐篷虽然纱线间有空隙,但不漏水

A. ①⑤⑥

B. ②③④

C. ②④

D. ②⑤

思路剖析 因为表面张力使液体表面有收缩的趋势,物体体积相同时球形的表面积最小,故①、⑤是表面张力引起的.②是水对船的浮力和船重力共同作用的结果.③中缝衣针的密度比水的密度大,但能漂浮在水面上,是由于缝衣针放在水面上时,压缩水面使水面下凹,由于水面有收缩趋势,从而使水面对针产生一个向上的托力,正是这个托力与针重力平衡,针才漂浮在水面上,故③是表面张力引起的.④引起原因同②.⑥中当雨水把纱线浸湿后,在纱线间隙中形成一层水膜,当雨水顺着布面流过水膜时,水膜微微下凹,表面张力的作用使雨水不会漏下.

解答示范 C

8. 宇宙飞船中有一敞口容器,里面装有一部分液体,当飞船起飞后并进入预定轨道绕地球做圆周运动时,下列对容器中液体的描述正确的是().

- A. 若液体浸润容器壁,则液体将沿容器壁流散
- B. 若液体不浸润容器壁,则液体将沿容器壁流散
- C. 若液体浸润容器壁,则液体表面将呈球形
- D. 若液体不浸润容器壁,则液体表面将呈球形

思路剖析 在液体能够浸润器壁的情况下,附着层里液体分子间表现的斥力作用使附着层有扩展的趋势,而液面边界处的表面张力以及液体重力的作用均使附着层有缩小的趋势,当这两种趋势平衡时,液体在接近器壁处向上弯曲。

解答示范 当宇宙飞船进入预定轨道绕地球做圆周运动时,容器中液体处于完全失重状态,此时由于附着层里液体分子间表现的斥力作用较液体边界处的表面张力作用强,附着层的面积不断扩展,使得容器中液体沿器壁流散,故选项 A 正确,选项 B 错误。

在液体不浸润容器壁的情况下,附着层里液体分子间表现的引力作用使附着层有收缩的趋势,而液面边界处的表面张力作用以及液体重力作用均有阻碍附着层收缩的趋势,当两种趋势平衡时,液体在接触器壁处向下弯曲。当宇宙飞船在预定轨道上绕地球做圆周运动时,容器中的液体处于完全失重状态,液体重力阻碍附着层收缩的作用消失,由于附着层中的液体分子间表现的引力作用比液面边界处的表面张力作用强,附着层面积不断缩小最终成一点,使得液体在表面张力作用下表面呈球形,故选项 C 错误,选项 D 正确。

9. 下列关于毛细现象的说法正确的是()。
- A. 只有浸润液体在毛细管里升高的现象,才叫做毛细现象
 - B. 毛细现象是由于液体附着层里液体分子间表现出的斥力作用和表面层里液体分子间表现出的引力作用共同产生的结果
 - C. 若水能沿较长的毛细管上升的最大高度为 h ,那么水一定能从高为 h' ($h' < h$) 的同样管径的毛细管上端流出来
 - D. 毛细现象中,毛细管中液体上升的高度与毛细管内径大小有关,而与液体的性质无关

思路剖析 浸润液体在毛细管中液面升高、不浸润液体在毛细管中液面降低的现象,都叫毛细现象,故选项 A 错误。

毛细现象是由表面层和附着层的特殊性质引起的。当毛细管插在浸润液体中,附着层里液体分子力的推斥作用使附着层内液体沿管壁上升,从而引起液面弯曲,呈凹形弯月面使液体表面变大,又由于表面层的表面张力的收缩作用,管内液体也随之上升,直到表面张力向上的拉引作用与管内升高的液柱的重力作用平衡时,液体停止上升。同样道理,当毛细管插在不浸润液体中时,附着层里液体分子力的吸引作用使附着层沿管壁下降,使液面弯曲呈凸形弯月面,由于表面张力的收缩作用,使管内液面下降,故选项 B 正确。

当毛细管插在浸润液体中,表面张力向上的拉引作用与管内升高的液柱的重力作用平衡时,液体就停止上升,故无论容器中液面上方的毛细管多长,毛细管内液面均呈凹形弯月面,管内液体不可能从管口流出(除非重力的这种作用效果消失),所以选项 C 错误。

液体在毛细管中上升或下降的高度与毛细管的内径大小和液体的性质有关,将材料相同但内径不同的毛细管插入同一种液体中,毛细管内径越小,上升或下降的高度越大,不同的液体在相同的毛细管中,上升或下降的高度不同,故选项 D 错误。

解答示范 A

10. 下列各种现象中,能用来说明毛细现象的有()。

- A. 老师用红墨水钢笔批改作业时,常用一支粉笔在批改过的地方滚一下,这样在合上作业本时,红墨水就不会粘到另一页纸上
- B. 把玻璃管的裂口放在火焰上烧熔,它的尖端就变圆
- C. 在较潮湿的土地上,如果用木板拍打地面,会发现该处更加潮湿,甚至会渗出水来
- D. 建楼房时,要在地基上涂一层沥青或铺一层油毡

思路剖析 用红墨水钢笔批改过的地方常有较多的红墨水,用粉笔在批改过的地方滚一下能将未渗入纸里的红墨水吸走。粉笔能吸红墨水,是由于粉笔中有大量的毛细管,当粉笔与红墨水接触时,墨水就沿这些毛细管上升进入粉笔,故选项 A 正确。

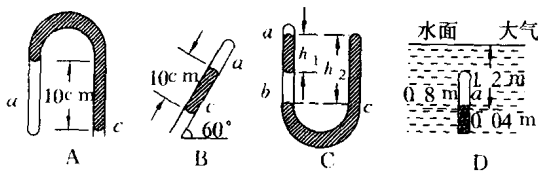
玻璃管的裂口放在火焰上烧熔,它的尖端就变圆,这是液体表面张力作用的结果,所以选项 B 错误。

土壤中有很多毛细管,地下的水分可沿着这些毛细管上升到地面。在较潮湿的土地上,用木板拍打地面,会使土壤中的毛细管更密更细,地下的水分更容易上升到地面上来,使得被拍打的地方更加潮湿,故选项 C 正确。

建楼房时,在地基上涂一层沥青或铺一层油毡,是防止土壤中的水分由于毛细管的作用沿砖墙上升,故选项 D 正确。

解答示范 A,C,D

11. 求下图中被封闭气体 a 的压强。其中 A,B,C 图中的玻璃管内都灌有水银, D 图中的小玻璃管浸没在水中。大气压强 $p_0 = 101 \text{ kPa}$ 。(1 cmHg = 1333.22 Pa,下同)



思路剖析 求解压强的问题属于力学问题。根据对非气体的对象进行受力分析,由物体的运动状态列出相应的运动方程,而对液柱受力分析可以求得管内外的压强关系。运用平衡条件可以得到有关液柱产生压强的特点。

解答示范 A图中, c 点向上的压强为 p_0 , 向下的压强为 $p_a + 10\rho g$. 由平衡知 $p_0 = p_a + 10\rho g$,

得 $p_a = p_0 - 10\rho g = 87.7 \text{ kPa}$.

B图中对液柱受力分析(如图所示), 受重力, 两边气体压力和管的支持力的作用. 由沿管方向的平衡条件 $\rho g l S \sin 60^\circ + p_a S = p_0 S$, 得

$p_a = p_0 - 10 \sin 60^\circ \cdot \rho g = 89.5 \text{ kPa}$.

C图中, b 中的压强为 $p_0 + \rho g h_2$, 可得 c 中的压强为 $p_0 - \rho g h_1 = p_0 + \rho g h_2 - \rho g h_1$.

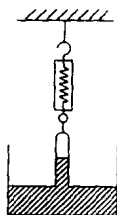
D图中 $p_a = p_0 + \rho g h = 113 \text{ kPa}$.

特别提示 液柱封闭气体的压强, 表面上看是大气压强加減液柱产生的附加压强, 实际上是属于力学中的平衡问题. 如果液柱本身不平衡, 那计算压强就不仅仅是加減的问题.

12. 如右图所示, 一端封闭的薄壁玻璃管中有一些空气和一段水银柱, 将它倒置在水银槽中, 上端与弹簧测力计相连, 则弹簧测力计的示数为 ().

- A. 玻璃管的重力与弹簧测力计的重力之和
- B. 玻璃管的重力与露出液面的一段水银柱的重力之和
- C. 大气向上的压力减去玻璃管的重力
- D. 玻璃管、弹簧测力计及露出液面的一段水银柱三者的重力之和

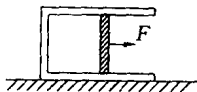
思路剖析 本题可以选择不同的对象进行受力分析, 由平衡方程得到解答.



解答示范 方法一. 取玻璃管为分析对象进行受力分析(如左上图所示). 由平衡条件得 $T + pS = p_0 S + mg$, 所以 $T = (p_0 - p)S + mg$, 而 $p = p_0 - \rho g h$, 因而 $T = \rho g h S + mg = m_{\text{管}} g + mg$, 答案选 B.

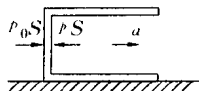
方法二. 取玻璃管和露出液面的水银柱为研究对象, 由于所选对象四周都受到大气压强的作用, 因此大气对此对象的合力为零, 受力分析如右上图所示. 由平衡得 $T = m_{\text{管}} g + mg$. 结果与方法一相同.

13. 如图所示, 汽缸质量 m_1 , 活塞质量 m , 缸内封闭气体质量可忽略, 汽缸置于光滑水平面上. 已知大气压为 p_0 , 活塞横截面积为 S , 活塞与汽缸壁接触紧密摩擦可不计. 当用一水平恒力 F 拉活塞时, 活塞和汽缸能保持相对静止而向右加速运动, 则此时缸内气体压强为_____.



思路剖析 本题可以对活塞或汽缸进行受力分析,由活塞或汽缸的运动状态(即具有的加速度)列出运动方程,要求加速度可以对活塞和汽缸这一整体受力分析得到.

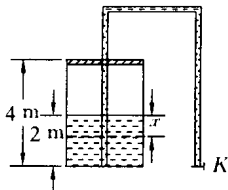
解答示范 活塞、汽缸共同向右加速.对整体分析,由牛顿第二定律得 $F = (m + m_1)a$.再分析汽缸水平方向受力,如图



所示,由牛顿第二定律得 $p_0 S - p S = m_1 a$,

$$\text{联立得 } p = p_0 - \frac{m_1 F}{(m_1 + m) S}.$$

14. 如图所示,容器高 4 m,内装 2 m 深的水,水上方有压强为 101 kPa 的空气,装满水的 U 形管直插容器底部.当打开阀门 K 后,容器中水面将下降____ m.(取 101 kPa = 10 m 水柱压强)



思路剖析 打开阀门 K 后,由于 K 上方的压强大于大气压强,水将从管内流出.容器中水不断减少,使得气体的体积增大,压强减小,K 上方的压强也减小,当 K 上方的压强减小到 101 kPa 时,水将不再流出,这就是最后状态.

解答示范 对阀门口的液面分析可知,由于向下的压强(容器内气体的压强和内外液面高度差产生的压强)大于向上的大气压强,所以打开阀门后水将向外流.随着容器中水的减少,气体的体积将增大,因而压强将减小,最后使阀门口的液面上下压强都相等,达到新的平衡.

设容器液面下降 x .

$$\text{对气体 } p_1 = p_0, V_1 = 2S, V_2 = (2 + x)S$$

$$\text{根据波义耳定律得 } p_0 \times 2 = p_2 \times (2 + x)$$

$$\text{由平衡条件得 } p_2 + \rho g(2 - x) = p_0$$

$$\text{即 } 10 \times 2 = (10 - 2 + x) \times (2 + x), \text{解得 } x = 0.39 \text{ m}.$$

15. 一容积为 $V_0 = 4 \text{ L}$ 的气瓶,瓶内气压为 $p_1 = 202 \text{ kPa}$.

- (1) 将它与一个容积为 $V = 1 \text{ L}$ 的气筒相连,若缓慢打入 $p_0 = 101 \text{ kPa}$ 的气体两次,气瓶内的压强为多少?
- (2) 若用两个真空 $V = 1 \text{ L}$ 小瓶同时分装气体,分装后瓶内气压为多少?
- (3) 若用两个真空 $V = 1 \text{ L}$ 小瓶依次分装气体,分装后瓶内气压为多少?

思路剖析 打气和抽气问题.表面上看是变质量的问题,实际上只要研究包括原来容器中的气体和又打进去的气体,问题就变成一定量的气体,把开始的状态应化为同一状态,开始状态的体积就可以相加了.其实,在把开始两部分气体化为同一状态时,还是运用的波义耳定律,我们发现,不进行这一过程,在温度不变的情况下,两部分气体合为一部分气体,可以推广应用这一公式 $p_1 V_1 + p_2 V_2 = p V$.气体分装实际上是气体不断膨胀的过程,这与抽气情况类似,每一步都是保持质量不变的过程,都可以运



用波义耳定律.

打气可以先把容器内原来的气体体积化为 101 kPa 压强下的体积,这样,打进去的气体体积可以与之相加,再运用波义耳定律求解,也可以运用变形公式 $p_1 V_1 + p_2 V_2 = pV$,这样更简单.分装气体尤其是分次分装,每一步都可以运用波义耳定律求解.

解答示范 (1) 气瓶内的气体和气筒两次打入的气体看成一个气体系统,由波义耳定律可得 $p_1 V_0 + n p_0 V = p V_0$,代入数据得 $p = 252.5 \text{ kPa}$.

(2) 两个小瓶同时分装气体后,小瓶内的压强和气瓶内的压强相等,可列式为

$$p_1 V_0 = p V_0 + 2 p V, \text{ 代入数据得 } p = 134.67 \text{ kPa}.$$

(3) 设原来气瓶内的压强为 p_0 ,第一个小瓶分装时 $p_0 V_0 = p_1 (V_0 + V)$, p_1 为分装后气瓶内气体的压强,第二个小瓶分装时 $p_1 V_0 = p_2 (V_0 + V) \cdots$

可得第 n 个小瓶分装时 $p_{n-1} V_0 = p_n (V_0 + V)$

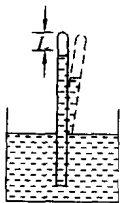
$$\text{整理得 } p_n = \frac{p_0 V_0^n}{(V_0 + V)^n}$$

注意这一关系式对依次抽气是普遍适用的.这一问中相当于 $n = 2$ 的情况,代入数据得

$$p_2 = 129.3 \text{ kPa}.$$

16. 粗细均匀,一端封闭的玻璃管开口向下竖直插在水银槽中,这时管内水银柱比槽内水银面高出 h ,水银柱在玻璃管内封有一定质量气体,空气柱长度为 L ,如图所示.若保持水银面外玻璃管长度不变,而使玻璃管绕与液面接触点倾斜一定角度,这时玻璃管内空气柱长度为 L' , L 与 L' 的关系是().

A. $L' > L$ B. $L' < L$ C. $L' = L$ D. 无法确定



思路剖析 先假设气体体积不变,因此气体压强也不变,但由于倾斜后液柱高度发生变化,使液柱失去平衡,因此我们可以判断液柱移动的方向,液柱的移动又会导致气体体积的变化,从而使压强变化,压强变化后再平衡时液柱的高度差与原来不同.

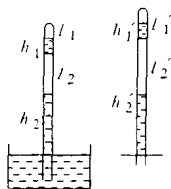
解答示范 玻璃管未倾斜时,由平衡条件知 $p + \rho gh = p_0$,玻璃管倾斜后假设气体体积不变,气体压强不变,但高度差变小,因此现在 $p + \rho gh < p_0$,液柱失去平衡,液柱在内外压强作用下向上移动,空气柱长度将减小,即 $L' < L$,空气柱长度减小,体积减小,压强增大.达到新的平衡后,又会满足 $p' + \rho gh' = p_0$,因此由于压强增大,新的玻璃管内外高度差将比原来小.

特别提示 这一方法可以称之为“失去平衡法”,在判断一些关于“变化”的问题中,此方法很有效.这一方法的原理是,由于外界条件的变化,如果气体体积不变,气体压强因温度不变而不变,这样封闭气体的液柱或活塞等就会失去平衡,这样我们就能判断液柱或活塞等移动的方向,再根据最后平衡条件判断最后状态与开始状态的不同.

17. 如图所示,上端封闭粗细均匀的玻璃管,开口向下竖直插在水银槽中,管内有两段

空气柱和两段水银柱, $l_1 = 4 \text{ cm}$, $l_2 = 8 \text{ cm}$, $h_1 = 6 \text{ cm}$, $h_2 = 66 \text{ cm}$, $p_0 = 99.7 \text{ kPa}$. 欲使上端空气柱长度增加 2 cm , 并保持稳定, 则应将玻璃管向上提高多少距离?

思路剖析 玻璃管插进去后封闭了两部分气体, 研究的对象就是这两部分气体, 温度不变, 应用波义耳定律, 开始状态的上下气体的压强和体积都已知, 由最后状态上部气体的体积求得上部气体的压强, 同时可知下部气体的压强, 由此可求下部气体的体积即长度, 由长度关系得向上提高的距离.



解答示范 由题目中的长度关系可知, 中间空气柱的压强为 $p_2 = p_0 - \rho g h_2 = 11.9 \text{ kPa}$, 顶端空气柱的压强 $p_1 = p_2 - \rho g h_1 = 3.9 \text{ kPa}$.

对顶端气体分析, 开始状态 $p_1 = 3.9 \text{ kPa}$, $V_1 = l_1 S = 4S$, $V'_1 = l'_1 S = (l_1 + 2) S = 6S$, 由波义耳定律可求得后来顶端气体的压强 p'_1 .

$$p_1 V_1 = p'_1 V'_1, \text{ 得 } p'_1 = 2.7 \text{ kPa}$$

这样可得到中间气体后来的压强为 $p'_2 = p'_1 + \rho g h_1 = 10.6 \text{ kPa}$.

对中间气体分析, 开始状态 $p_2 = 11.9 \text{ kPa}$, $V_2 = l_2 S = 8S$, 而 $p'_2 = 10.6 \text{ kPa}$, 因此由波义耳定律可求得后来中间气体的体积 $V'_2 = l'_2 S$.

$$\text{由 } p_2 V_2 = p'_2 V'_2, \text{ 解得 } l'_2 = 9 \text{ cm}$$

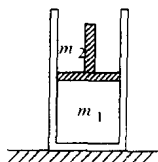
所以管提高的距离从图中可知

$$\Delta h = l'_1 + h_1 + l'_2 + h'_2 - l_1 - h_1 - l_2 - h_2$$

$$\Delta h = 6 + 6 + 9 + 67 - 4 - 6 - 8 - 66 = 4 \text{ cm}.$$

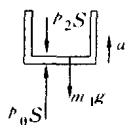
特别提示 玻璃管问题要注意长度关系与压强之间的关系.

18. 如图所示, 一圆筒形汽缸静置于地面上. 汽缸筒的质量为 m_1 , 活塞连同手柄的质量为 m_2 , 汽缸内部横截面积为 S , 大气压强为 p_0 , 平衡时汽缸内气体长度为 L_1 . 现用恒力 F 向上提活塞, 最后汽缸和活塞一起向上做匀加速运动. 求此时汽缸内气体的长度 L_2 (温度不变, 不计摩擦及气体质量).



思路剖析 静置于地面上时, 对活塞受力分析, 根据平衡条件得开始状态气体的压强 p_1 , 加速时, 对整体分析求加速度, 再对汽缸或活塞运用牛顿运动定律求得气体最后状态的压强, 由波义耳定律求解 L_2 .

解答示范 开始平衡, 设气体压强为 p_1 , 对活塞进行受力分析得 $p_0 S +$



$$m_2 g = p_1 S, \text{ 得 } p_1 = p_0 + \frac{m_2 g}{S}, \text{ 向上提时, 整体做加速运动, 对整体分析得 } F - (m_1 + m_2) g = (m_1 + m_2) a, \text{ 得加速度为 } a = \frac{F}{m_1 + m_2} - g, \text{ 对汽缸受力分析 (如图所示), 由}$$

$$\text{牛顿运动定律得 } p_0 S - m_1 g - p_2 S = m_1 a \quad p_2 = p_0 - \frac{m_1 F}{S(m_1 + m_2)}. \text{ 对气体由波义耳}$$